ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA Y CONTROL POR VOZ DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA DE UNA VIVIENDA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

RICHAR A. MORENO CORONEL

DIRECTOR: ING. NELSON SOTOMAYOR

Quito, MAYO 2005

DECLARACIÓN

Yo Richar Agustín Moreno Coronel, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Richar Agustín Moreno Coronel

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Richar Agustín Moreno Coronel, bajo mi supervisión.

Ing. Nelson Sotomayor

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas y cada una de las cosas que me ha dado, en especial por rodearme de personas valiosas, quienes han aportado de forma invalorable para mi formación, además por brindarme la fortaleza para culminar mi carrera, a mis padres Vicente y Esperanza quienes han estado siempre a mi lado brindándome todo su amor y guía, a mis hermanas Jenny y Janeth, gracias muchas gracias por estar ahí en los momentos mas difíciles. A Paulina por su amor y tenacidad para hacerme alcanzar esta meta, por luchar a mi lado día tras día llenando mi vida de felicidad. A todos mis amigos por todos los momentos maravillosos que compartimos en especial a Nelson por darme su ayuda desinteresada, al Ing. Nelson Sotomayor, por su trabajo constante y acertada dirección en la ejecución del proyecto. A todos mis maestros por compartir sus conocimientos y depositar su confianza en mí.

Gracias, mil gracias a todos, todo cuanto soy es gracias a ustedes.

RICHAR

DEDICATORIA

A los seres que más amo, por ser la luz de mi vida, alimento de mi alma y la razón para luchar cada día, mis hijos Sebastián e Isaac. A mi amada compañera Paulina, a mis padres, hermanas, y amigos, no me queda duda que sin su ayuda no habríamos culminado nuestro proyecto.

RICHAR

CONTENIDO

CONTENIDO.....i
RESUMEN.....iii
PRESENTACIÓN.....v

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.....1
1.1 AHORRO DE ENERGÍA.....1
1.1.1 BUENAS PRÁCTICAS.....2
1.1.2 ILUMINACIÓN.....3

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS BÁSICOS.....9
2.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....9
2.1.1 LÁMPARAS Y SUS COMPONENTES.....11
2.2 CASA INTELIGENTE.....31
2.3 SENSORES.....34
2.3.1 SENSORES DE PRESENCIA.....34
2.4 ACTUADORES.....37
2.4.1 RELÉS.....38
2.4.2 CONTACTORES.....39
2.4.3 TIRISTORES.....40
2.5 RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE VOZ.....41
2.5.1 TRATAMIENTO DE LA PALABRA.....46

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.....52
3.1 LINEAMIENTO DEL PROYECTO.....52
3.1.1 CONTROL DE LA ILUMINACIÓN.....53
3.1.2 CONTROL DEL CIRCUITO DE FUERZA.....53
3.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ VOICE DIRECT™ II SRK.....54

3.2.1 CARACTERÍSTICAS.....54
3.2.2 VOICE DIRECT™ II SRK.....54
3.2.3 SELECCIÓN DE MODOS.....59
3.2.4 SELECTIVIDAD PARA ENTRENAMIENTO Y RECONOCIMIENTO...59
3.2.5 ENTRENAMIENTO DEL VOICE DIRECT™ II.....60
3.2.6 RECONOCIENDO PALABRAS.....66
3.3 MICRÓFONO INALÁMBRICO Y RECEPTOR.....72
3.3.1 ESPECIFICACIONES.....72
3.4 SISTEMA DE CONTROL A DISTANCIA POR RADIOFRECUENCIA (CONTROL REMOTO Y RECEPTOR).....72
3.5 SENSORES DE PRESENCIA LX22 (INFRARED MOTION SENSOR).....73
3.5.1 ESPECIFICACIONES.....74
3.5.2 FUNCIONES.....74
3.5.3 INSTALACIÓN.....75
3.6 PARTES CONSTITUTIVAS DEL PROYECTO.....78
3.6.1 ARQUITECTURA.....78
3.6.2 SOFTWARE CONFIGURADOR.....93

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS.....98

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....114
ANEXOS.....116

RESUMEN

Una parte importante de la energía eléctrica se utiliza en iluminación, ya sea en almacenes, oficinas, viviendas, e industrias; es extraño entonces, que la conservación de la energía con proyectos de ahorro de energía no resulte prioritaria, ya que evidentemente se supone que el uso de la energía eléctrica es un costo fijo que no puede ser reducido sustancialmente. Sin embargo se sabe que eso no es cierto, y que un ahorro de energía si es posible si se aprende a usar únicamente lo necesario, o si de alguna manera se hace uso de la tecnología para optimizar el uso de la energía.

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema que permita ahorrar energía, controlando el encendido y apagado de luminarias en una vivienda, en base a sensores de presencia. Además se implementará un sistema de control por voz de circuitos de iluminación y fuerza.

Para probar el correcto funcionamiento del sistema, éste será implementado en el Laboratorio de Control del Departamento de Automatización y Control Industrial. El sistema controlará dos circuitos de iluminación y uno de fuerza.

Al implementar conjuntamente con el sistema de ahorro de energía, un sistema de control por voz, se está llegando cada vez a lograr metas inimaginables por el hombre, pues, con el simple hecho de que alguien pronuncie una palabra puede tener el control total de un proceso. Las tecnologías modernas pueden ayudar a vivir en confort realzando nuestro estilo de vida, como también ayudar a manejar una gran cantidad de sistemas y aparatos distribuidos en todo el hogar, utilizando muchos de los recursos en forma más adecuada. Una correcta utilización de estas tecnologías da como resultado bajos costos, sin embargo, no se puede tomar algo como regla general porque ningún hogar esta constituido de la misma forma, es así, que para la instalación de productos de tecnología moderna se debe tener en cuenta factores tales como: la construcción de la casa, la ubicación geográfica, el uso que cada uno de los integrantes de la familia hace de estos sistemas y las opciones que se han elegido para automatizar el hogar.

La inversión en uno de estos sistemas, es bastante económica si se toma en cuenta los ahorros que se obtendrán a largo plazo.

Con este proyecto solo se dará una pequeña aplicación a lo que podría significar un gran avance en el uso del sistema de reconocimiento de voz, tanto para sistemas de control como para las telecomunicaciones.

PRESENTACIÓN

Si bien existe gran información acerca de los sistemas de ahorro de energía, el presente proyecto pretende hacer uso de aquella información y de las nuevas tecnologías eléctricas y electrónicas como son los sensores, actuadores y reconocimiento de voz, para tener como resultado la automatización de una vivienda, obteniendo un mejoramiento en el uso de los recursos energéticos, lo cual a la vez se ve reflejado en el costo de los mismos a favor de la economía y confort del usuario.

Mediante la realización del proyecto se pretende dar una solución eficiente al ahorro de energía eléctrica en las industrias en general y particularmente en las viviendas, además realizar el control por voz de circuitos de iluminación y fuerza en una vivienda. Todo esto se logrará integrando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, así, se utilizará la *instrumentación* para la adquisición y tratamiento de las señales, *los sistemas de control y microprocesadores* en el tratamiento de datos y ejecución de sentencias y la *electrónica de potencia* en el accionamiento y control de los elementos actuadores finales.

El presente proyecto está organizado de la siguiente manera:

En el capítulo uno se da una introducción, sobre la importancia de realizar sistemas de ahorro de energía.

En el capítulo dos se efectúa un estudio general de cada uno de los componentes que podrán ser utilizados en un sistema de ahorro de energía, partiendo de cómo es concebida una casa inteligente, así como también los sistemas de iluminación, sensores y actuadores, interfaz de estos últimos con el sistema de control, sistema de adquisición de datos y finalmente el reconocimiento de voz. Todo esto, para que al final del capítulo se pueda tomar la mejor decisión para la implementación del sistema.

En el tercer capítulo se detalla el diseño y construcción del sistema de control eléctrico y electrónico, el cual constará del acondicionamiento de la señal de salida de los sensores, tratamiento de las señales de entrada al microcontrolador, señales de salida del microcontrolador, interfaz entre la señal de salida del micro y los actuadores, programación del chip de reconocimiento de voz. Al final del capítulo se

presenta el diseño del sistema completo acoplado todas sus partes. Además se detalla el programa de control del sistema, el cual ha sido descargado en el microcontrolador PIC16F876.

En el cuarto capítulo se presenta todas las pruebas y resultados del sistema instalado en uno de los laboratorios del Departamento de Automatización y Control Industrial de la Escuela Politécnica Nacional.

En el capítulo quinto de este proyecto se hace uso de la experiencia recogida en la realización del proyecto para dar las conclusiones y recomendaciones pertinentes, con respecto a este sistema para futuros estudios o mejoras al mismo

Por último se presentan los anexos, en los cuales se da a conocer los planos globales del diseño, esquemático, tarjeta impresa y listado de elementos. Así como también las hojas de datos del sistema de reconocimiento de voz.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Si bien el proyecto que se presenta se centrará en alcanzar los objetivos propuestos, inicialmente se hará un estudio general del sistema y sus futuras ampliaciones. Dado que se utilizarán sólo algunos de los diferentes tipos de sensores con el fin de ahorrar energía en circuitos de iluminación. Si se pretendiese adicionar otros tipos de sistemas para ahorrar energía (otro tipo de cargas), todo se reduciría a incrementar los sensores, actuadores, es decir la arquitectura adicional, además de incrementar las subrutinas necesarias al programa principal del microcontrolador que será el encargado de realizar el control del sistema.

1.1 AHORRO DE ENERGÍA

Al usar la energía ineficientemente se crean residuos en todas las etapas de su ciclo de vida y se generan impactos con implicaciones locales, regionales y globales, dado que la energía es esencial tanto como medio de producción o como un contribuyente a la mejor calidad de vida es necesario tener un sistema sostenible caracterizado por su habilidad de proporcionar los servicios requeridos sin agotar los recursos, por lo tanto el uso eficiente de los mismos tanto desde una perspectiva económica como social, es el primer paso para lograrlo y continúa con el incremento en el uso de recursos renovables y el uso controlado de los no renovables, mediante tecnologías avanzadas.

Mucho se ha escrito y hablado de las barreras técnicas y financieras para la eficiencia energética, pero el consenso dentro de la comunidad económica es que falta compartir las experiencias y buenas prácticas entre las empresas, al igual que una información clara acerca de cómo se pueden aplicar mejor los principios de eficiencia energética en varios sectores de la economía [1].

El uso eficiente de la energía tiene implicaciones en la competitividad de las empresas, en la estabilidad y vulnerabilidad de la economía y también en el medio ambiente. El mejoramiento de la eficiencia energética genera ganancias para todos, en donde los beneficios ambientales y económicos pueden ser observados

simultáneamente. La eficiencia energética se refiere a la relación (cociente) entre la energía consumida para elaborar un producto y la energía que le fue aplicada.
Actualmente se pueden lograr reducciones en el consumo de la energía de hasta 50% en algunos casos, por ejemplo los sistemas de iluminación instalados hace más de 10 años tienen grandes posibilidades de lograr ahorros importantes si son actualizados.
Las actividades en donde se pueden aplicar controles para un uso eficiente de la energía en una industria son principalmente:

- Buenas prácticas de limpieza y mantenimiento
- Iluminación.
- Aire acondicionado
- Aire comprimido.
- Calentamiento y enfriamiento de agua
- Motores
- Producción de vapor y cogeneración.
- Refrigeración

1.1.1 BUENAS PRÁCTICAS

El primer paso para mejorar la eficiencia energética es mediante buenas prácticas, las cuales involucran [1]:

- Inspecciones para promover la conservación.
- Programas de entrenamiento en la operación de equipos de alto consumo energético.
- Programación de actividades en equipos de alto consumo energético.
- Apagado de equipos cuando no se encuentren en uso.
- Mayor control de procesos de calentamiento y enfriamiento.
- Instalación de equipos de monitoreo de energía.
- Proteger tanques y tuberías con material aislante y
- Reparación de fugas.

Las buenas prácticas generalmente pueden ahorrar grandes cantidades de energía especialmente en plantas antiguas. El mantenimiento de los equipos es otra medida importante para mejorar la eficiencia.

1.1.2 ILUMINACIÓN

La iluminación corresponde generalmente del 10 al 20% del consumo total de electricidad en la industria y en general del 20 al 25% de la electricidad total consumida en un país [1]. En una instalación comercial típica el 50% o más de la energía se gasta por la operación de equipos obsoletos, un mantenimiento inadecuado o el uso ineficiente del recurso.

Ahorrar energía en la iluminación requiere la reducción de la electricidad consumida en la fuente o la reducción del tiempo en que la fuente de iluminación se encuentra encendida.

Esto se puede lograr mediante:

- Disminución de la potencia, lo cual involucra reemplazar las lámparas o accesorios.
- Reducción del tiempo que las luces están encendidas, esto es mejorar los controles de iluminación y educar a los usuarios en cuanto al apagado de luces innecesarias.
- Uso de la luz solar, lo cual reduce el consumo de la energía mediante el reemplazo de luces eléctricas por luz natural, esto puede representar ahorros de un 40 a 60% del uso de electricidad para iluminación.
- Realización de mantenimientos simples, lo que preserva la calidad de la iluminación y permite menores niveles iniciales de iluminación.

Las técnicas y tecnologías aplicables para disminuir el consumo de energía en la iluminación incluyen:

a) Controles de iluminación

La energía extra consumida por las luces cuando se encienden es despreciable y la única consideración que se debe tener en cuanto a las veces en que las luces deben encenderse y apagarse, es la reducción en su vida útil debido a los encendidos

frecuentes. La reducción en el consumo puede lograrse simplemente mediante la promoción entre las personas de apagar las luces innecesarias o mediante el uso de equipos apropiados.

b) Niveles apropiados de iluminación.

c) Uso de bombillas apropiadas

Las bombillas incandescentes consumen un 75% más de electricidad que las bombillas eficientes, por lo tanto lo primero que se debe hacer es reemplazar las primeras por las segundas, especialmente en establecimientos comerciales, pues menos del 5% de la energía que se consume se utiliza como iluminación útil.

Dentro de las opciones de iluminación eficiente se encuentran las bombillas compactas fluorescentes (4 veces más eficientes), lámparas halógenas (2 veces más eficientes), tubulares fluorescentes y de descargas de alta intensidad.

Tabla 1.1 Opciones para reemplazar bombillas incandescentes

Halógenas	Para iluminar productos
Compactas fluorescentes	Para evitar cambiar los plafones. Útiles en corredores de hoteles
Tubulares fluorescentes	Para iluminación general
Alta presión sodio	Para uso en exteriores o donde la luz blanca no sea problema, por ejemplo seguridad
Lámparas LED	Para señales de salida

El mejorar la eficiencia energética en la iluminación no solo permite lograr ahorros económicos, también permite mejorar el confort y desempeño de los empleados, además mejora la imagen de la compañía como un integrante de la comunidad ambientalmente responsable.

Los balastos electrónicos para luces fluorescentes permiten, mediante el uso de semiconductores, incrementar la frecuencia eléctrica de 60 hertz (Hz) a niveles mucho mayores (20.000 a 40.000 Hz), logrando que la lámpara opere virtualmente sin parpadear y consuma de 12% a 25% menor potencia que con balastos estándar.

Tabla 1.2 Oportunidades de ahorro [1].

ANTIGUAS	NUEVAS	AHORROS EN USD POR LÁMPARA POR AÑO	RECUPERACIÓN
Incandescentes	Fluorescentes compactas	$ 12 energía + $3 O y M *	*1 año*
4 o mas plafones para incandescentes o fluorescentes en un mismo circuito	Sensores de presencia	$4 a $16 energía + $ 4 O y M *	*6 meses*
Iluminación para seguridad incandescentes o vapor de mercurio	Metal halide (blancas) o sodio (amarillas)	$ 40	*2 años*
Lámparas fluorescentes y balastos de mas de ocho años	*Lámparas T8 con balastos electrónicos*	*$5*	*1 año*

* Operación y mantenimiento

Tabla 1.3 Algunas lámparas ahorradoras del mercado

Nombre del producto	Potencia (W)	Tiempo de vida (Hrs)	Temperatura de color	CRI	THD %	Factor de potencia
GE FLE20TBX/HPF/SPX27	20	10000	2700	82	20	0.95
GE FLE30QBX/HPF/SPX27	30	10000	2700	82	20	0.95
LOA 2620 Circline	20	12000	2800	84	33	0.95
MaxLite SKM311EA/EB	11	10000	2700-6500	84	15	0.97
MaxLite SKM311EA/EB	22	40000	2700-6500	84	15	0.97
MaxLite SK SK130 ER	30	40000	2700-6500	84	15	0.97
Panasonic EFT15E28.UHD	15	10000	2800-5000	84-88	25	0.90

Panasonic EFT20E28.UHD	20	10000	2800-5000	84-88	30	0.90
Prolight EH18W (EH18WL)	19	70000	3000	84	33	0.90
Prolight CL20H	20	10000	3000	84	33	0.90
Prolight HR40/32/RJ	34	70000	3000	85	33	0.95

Donde:

Distorsión armónica total (THD)

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y la primera armónica o fundamental. Su valor se ubica entre 0% e infinito. Es el parámetro de medición de distorsión más conocido, por lo que es recomendable para medir la distorsión en parámetros individuales (I y V). Al igual que el Cd es útil cuando se trabaja con equipos que deben responder sólo a la señal fundamental, como en el caso de algunos relevadores de protección.

$$THD = \frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_1} * 100\%$$

Cofactor de distorsión (Cd)

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y su valor eficaz (rms). Su valor se ubica entre 0% y 100%.También se conoce como THD y es el índice mas ampliamente usado en Europa. Con una distorsión baja, Cd cambia notoriamente, por eso se recomienda su uso cuando se desea conocer el contenido armónico de una señal.

$$C_d = \frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_{rms}} * 100\%$$

CRI= Índice de reproducción del color (ver sección 2.1)

Los productos recomendados son aquellos que tienen:

Factor de potencia mayor o igual a 0.90

THD menor al 33%

Tiempo de vida de al menos 8.000 horas

CRI de 80 o más [1].

La operación y funcionamiento de las empresas representa gran consumo de energía tanto en iluminación como en el funcionamiento de equipos y maquinaria. A continuación se muestra algunas actividades que pueden ahorrar energía, al mismo tiempo ahorrando dinero.

Tabla 1.4 Posibilidades de ahorro de energía [1].

POSIBILIDAD	RAZÓN	RECOMENDACIÓN
lámparas fluorescentes de 26 mm de diámetro	Las lámparas fluorescentes de 26 mm consumen un 10% menos de energía y cuestan lo mismo que las de 38 mm	Al cambiar lámparas instale de 26 mm de diámetro
Usar balastros electrónicos	Estos balastros consumen un 20 % menos de electricidad que los electromagnéticos y pueden manejar de 4 a 8 tubos cada uno	En zonas donde se enciendan más de 4 lámparas cercanas instalar balastros electrónicos
¿Ha revisado recientemente los niveles de iluminación en los lugares de trabajo?	Las zonas no críticas por ejemplo los corredores se encuentran sobreiluminadas. En las zonas donde se necesita mayor iluminación por ejemplo bibliotecas, talleres, etc., esta se puede reducir en actividades a deshora. El nivel general de iluminación en las zonas más iluminadas puede ser reducido a un nivel moderado apoyado por iluminación mas intensa para tareas especificas	Examinar los niveles de iluminación en todas las zonas de trabajo. Disminuir la iluminación en zonas no importantes quitando lámparas de las luminarias multitubos. Para trabajos específicos usar iluminación localizada
Aprovechar al máximo la luz que entra por las ventanas	La mayoría de las personas prefiere trabajar con luz natural. Si la luz natural es adecuada se usará menos luz artificial.	Comprobar con que frecuencia y eficiencia se limpian las ventanas. Asegurarse de que las persianas estén abiertas durante los periodos diurnos excepto cuando sea necesario controlar la intensidad. Mover objetos que interfieran

		con la luz natural. Estudiar la colocación de los lugares de trabajo Comprobar que las claraboyas se usen eficientemente.
Limpiar las luminarias	Los difusores o lámparas sucias reducen enormemente la luz emitida. Esto puede significar que se enciendan más puntos de luz	Asegurarse que las luminarias se limpien periódicamente.
Hay suficientes interruptores de luz	Para mantener los costos de inversión de su instalación bajos, los bancos de luces son generalmente controlados desde un solo interruptor; esto significa que la iluminación de toda la zona esta hecha sobre la base de todo o nada.	Instalar los interruptores necesarios para mejorar el control independiente de las luminarias individuales o de los grupos de estas. El fraccionamiento debe realizarse de manera que pueda aprovecharse al máximo la luz natural así como considerando las zonas de trabajo.
Apagar las luces en las zonas que no se usan frecuentemente	Generalmente no se piensa mucho de la iluminación de los lugares que no se usan a menudo	Instale detectores de luz que permitan un control automático de esta.
Usar fotoceldas para controlar automáticamente las luces	Las fotoceldas regulan automáticamente la iluminación dependiendo de la luz natural	Instalar fotoceldas para regular la iluminación interna
Reemplazar las bombillas incandescentes normales por Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo	Las lámparas fluorescentes compactas consumen entre 50 y 80% menos electricidad, duran 12 veces más y reducen los costos de mantenimiento ya que se necesitan cambiar con menos frecuencia.	Cambiar las bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes de bajo consumo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS BÁSICOS

En este capítulo se realiza un estudio general de cada uno de los sistemas que se pueden utilizar para diseñar un sistema de ahorro de energía, tales como iluminación, lámparas y componentes, sensores, actuadores, reconocimiento de voz, así como también una pequeña introducción a lo que significa una casa inteligente.

2.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

En términos generales, la iluminación artificial tiene como objetivo prolongar la actividad humana a lugares y horarios en que falta la luz natural. Por otra parte, la iluminación tiene por objeto proveer energía luminosa en cantidad y calidad suficiente y eficiente para crear un ambiente de seguridad, y mejorar la visibilidad y productividad dentro de un ambiente confortable, además es una herramienta de producción y un factor de seguridad muy importante.

A la iluminación se la puede clasificar por su uso, en residencial, industrial, comercial y de espacios abiertos. Existen dos objetivos con la iluminación industrial. La necesidad física de asegurar la visión exacta de lo que se va a hacer, y crear e influir en una respuesta emocional favorable. Una de las características más importantes de las radiaciones visibles, es el color. Estas radiaciones, además de suministrar una impresión luminosa, proporcionan una sensación del color de los objetos que nos rodean.

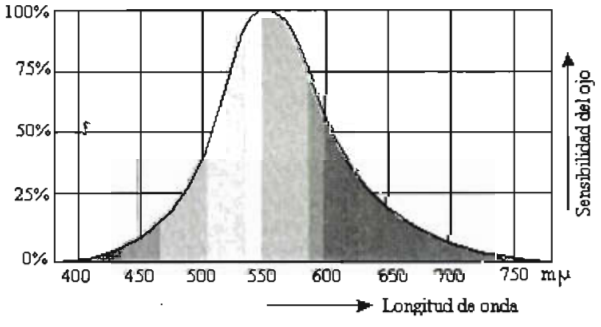


Figura. 2.1 Curva internacional de Sensibilidad del ojo humano

El ***índice de reproducción del color*** *(CRI)* de la luz artificial, es una escala del efecto de una fuente de luz a la apariencia del color de un objeto, comparado con la apariencia de su color bajo una fuente de luz de referencia. Se expresa en una escala de 1 a 100, en la que 100 indica que no existe desviación de color. Por otra parte, un bajo CRI sugiere que los colores de los objetos aparecerán no naturales bajo esa fuente de luz. A continuación se da unos ejemplos del CRI para lámparas:

Incandescentes: 100

Fluorescentes blanco frío: 62	Standard: 25
Fluorescentes Blanco caliente: 53	De lujo: 70
Fluorescentes compactas: 80-85	Blanco: 80
Vapor de mercurio: 22-52	Sodio baja presión: 0-18

Aditivos metálicos: 65-85

Otro dato digno de tener presente en luminotecnia, es el conocido con el nombre de "Temperatura del Color". Considerado el cuerpo negro como radiante teóricamente perfecto, éste va cambiando de color a medida que se va aumentando su temperatura, adquiriendo al principio el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo, el blanco, el blanco azulado, y finalmente el azul.

De esta idea nace la **"Temperatura del Color"**, y se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de esta con el color del cuerpo negro a una determinada temperatura. Así, por ejemplo, el color de la llama de una vela es similar al de un cuerpo negro calentado a 1.800 ºK, por lo que se dice que la temperatura de color de la llama de una vela es de 1.800 ºK.

La **probabilidad de confort visual** (VCP) es un sistema para evaluar el confort del deslumbramiento. El método es una evaluación subjetiva que se expresa como el porcentaje de ocupantes de un lugar que son molestados por deslumbramiento directo. Se afecta por la luminosidad de las luminarias a diferentes ángulos de visión, tamaño de la luminaria, tamaño del local, altura de montaje, nivel de iluminación y reflectividad superficial de las paredes del local. Se debe dar como especificación en las luminarias de buena calidad, y se mide en porcentaje.

2.1.1 LÁMPARAS Y SUS COMPONENTES

Desde la primera lámpara de Edison, hace ya más de 100 años, se ha ido acumulando una gran experiencia en el campo de la iluminación, que supone una parte muy importante en el conjunto de la electricidad.

A lo largo de estos años se han descubierto nuevos tipos de lámparas a las que se han ido adaptando una serie de componentes y aparatos auxiliares, tales como casquillos, portalámparas, reactancias, etc, a fin de mejorar su eficiencia. Las lámparas pueden ser de muchas clases, cada una de ellas con sus particularidades y características específicas.

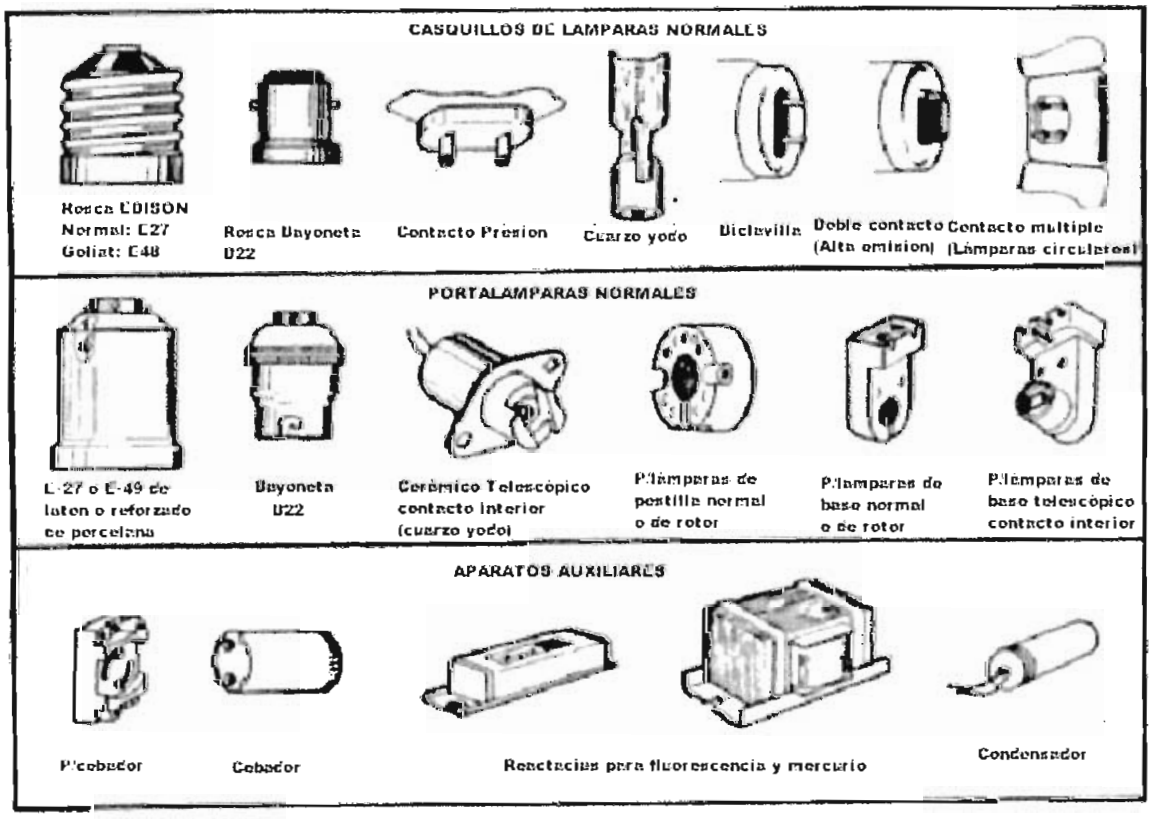


Figura. 2.2 Accesorios para lámparas

2.1.1.1 Lámparas de incandescencia

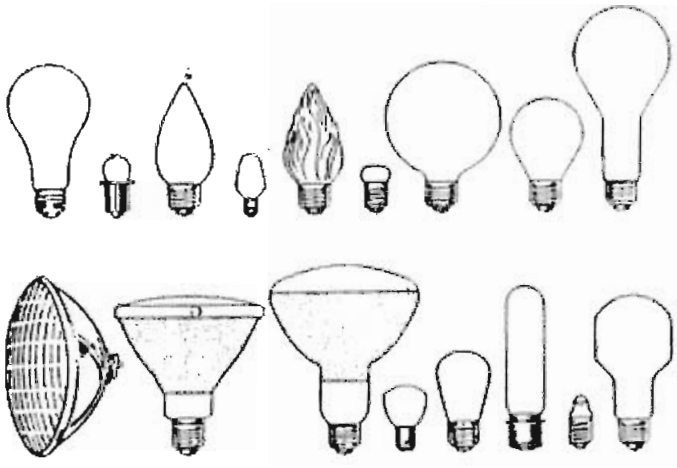
La incandescencia es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.

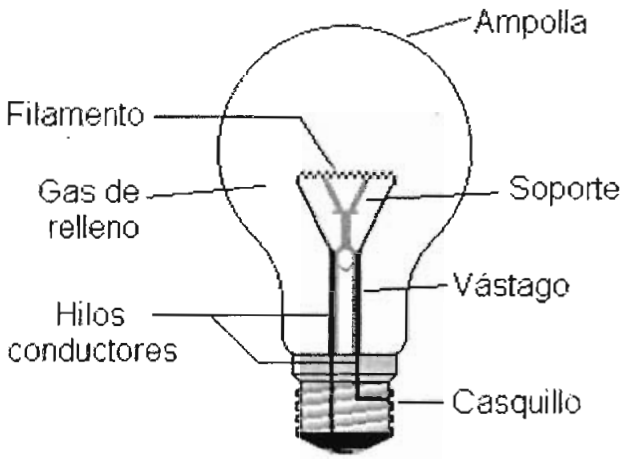
Muchos han sido los materiales utilizados para la construcción de filamentos, pero en la actualidad el material de uso exclusivo es el tungsteno o wolframio, cuya temperatura de fusión es del orden de 3.400 ºC. Con este tipo de filamentos se puede llegar a temperaturas normales de trabajo del orden de 2.500 a 2.900 ºC, lo cual permite fabricar lámparas de incandescencia de una vida útil relativamente grande, con rendimientos también grandes, sobre todo si se los compara con los obtenidos tan sólo hace unas cuantas décadas.

El filamento entraría en combustión con el oxígeno del aire si no se lo protege mediante una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado de un gas inerte. Un factor importante que condiciona la vida de un filamento, es el llamado "fenómeno de evaporación". Dicho fenómeno consiste en que debido a las elevadas temperaturas del filamento, este emite partículas que lo van adelgazando lentamente, produciendo finalmente su rotura. Para evitar en parte este fenómeno, los filamentos se arrollan en forma de espiral y la ampolla se rellena con un gas inerte a una determinada presión. El gas inerte de relleno suele ser de una mezcla de nitrógeno y argón, aunque también suele utilizarse kriptón exclusivamente [2].

La ampolla constituye la envoltura del filamento y del gas de relleno, siendo su tamaño función de la potencia eléctrica desarrollada. El material que se utilizó para las primeras lámparas era el cristal, aunque en la actualidad el vidrio a la cal es el más utilizado.

Su forma no está supeditada fundamentalmente a ningún concepto técnico, siguiendo generalmente criterios estéticos o decorativos, por lo que se fabrican según una extensa variedad de formas. El modelo estándar es el más corrientemente utilizado.





Partes de una bombilla

Figura. 2.3 Partes y formas comúnmente utilizadas para lámparas de incandescencia

El casquillo tiene como misión la de recoger los dos hilos que salen del filamento, a través del vidrio, hacia el exterior; al mismo tiempo sirve como elemento de unión con la red de alimentación. Existe una gran diversidad de formas y tamaños de casquillos, aunque los más comúnmente utilizados son los de rosca Edison E-27, para potencias inferiores a los 300W, y la rosca E-40 o Goliat, en lámparas de igual o superior potencia.

Para un buen conocimiento del comportamiento de estas lámparas, es necesario tener en cuenta la curva de distribución espectral de las diferentes radiaciones que

la componen. En la Figura. 2.4 se muestra la distribución espectral de una lámpara de incandescencia, tipo estándar, de 500W, en función de la energía radiada.

De esta curva se deduce que la energía radiada por estas lámparas tiene un carácter continuo y que gran parte de la energía se encuentra en la zona de los colores rojos, mientras que solamente una pequeña parte lo hace en la zona del color violeta. Por lo que se deduce que la luz radiada por este tipo de lámparas se asemeja a la luz solar.

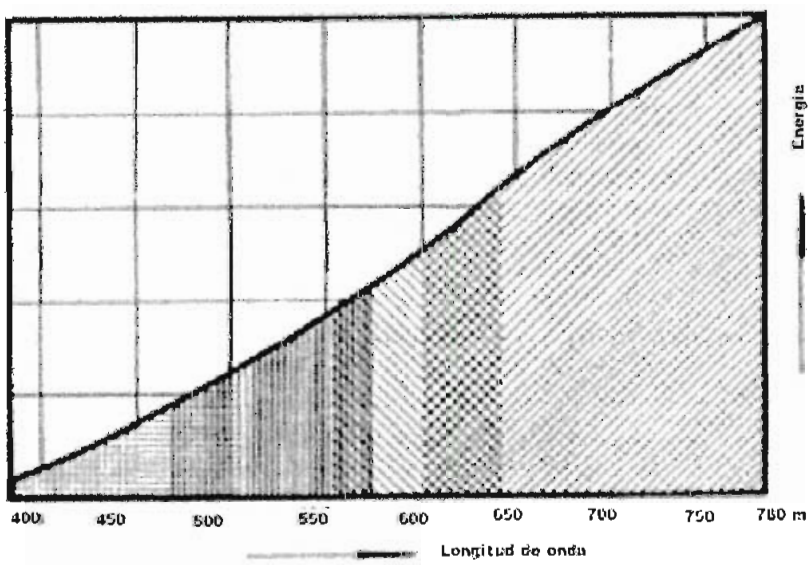


Figura. 2.4 Distribución espectral de una lámpara de incandescencia

La duración de una lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea ésta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

Para determinar la vida de una lámpara se dispone de diferentes parámetros según las condiciones de uso definidas.

- La vida individual es el tiempo transcurrido en horas hasta que una lámpara se estropea, trabajando en unas condiciones determinadas.
- La vida promedio es el tiempo transcurrido hasta que se produce el fallo de la mitad de las lámparas de un lote representativo de una instalación, trabajando en unas condiciones determinadas.
- La vida útil es el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación a mantenerlas. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.
- La vida media es el tiempo medio que resulta tras el análisis y ensayo de un lote de lámparas trabajando en unas condiciones determinadas.

La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1000 horas para las normales, para las halógenas es de 2000 horas para aplicaciones generales y de 4000 horas para las especiales.

La eficacia luminosa o rendimiento de una lámpara se expresa como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida,

$$R = \frac{\phi}{P}\left[Lm/W\right]$$

La eficacia de las lámparas de incandescencia es la más baja de todas las lámparas y es del orden de 8 [Lm/W] para lámparas de pequeña potencia y del orden de 20 Lm/W para las de gran potencia.

No se debe confundir la eficacia de una lámpara con el rendimiento de la transformación "energía eléctrica - energía luminosa". Casi la totalidad de la energía eléctrica aplicada a las lámparas se transforma en calor, y solamente una pequeñísima parte se transforma en luz, es difícil encontrar rendimientos peores.

El flujo luminoso de las lámparas de incandescencia no es constante a lo largo de toda su vida. La causa hay que buscarla en el fenómeno de la evaporación del filamento, ya que por una parte las partículas de tungsteno desprendidas por el filamento se depositan sobre la pared interna de la ampolla ennegreciéndola, y por otra parte el adelgazamiento experimentado por dicho filamento hace que aumente su resistencia, lo que provoca una disminución de la potencia absorbida. Ambos efectos provocan una disminución del flujo total emitido.

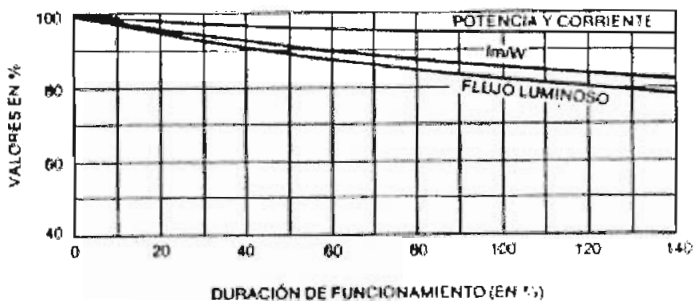


Figura. 2.5 Valores en porcentaje de los principales parámetros de la lámpara de incandescencia a lo largo de su vida útil.

A lo largo de la vida media de una lámpara de incandescencia, la depreciación de su flujo va aumentando progresivamente y resulta ser del orden del 20% cuando alcanza su vida media. Se considera como vida media de una lámpara al promedio de las vidas o duraciones de un grupo de ellas funcionando en condiciones normales. Este es un dato muy importante a tener en cuenta en cualquier tipo de lámpara, ya que de él dependerá, fundamentalmente, el mayor o menor rendimiento económico de la instalación.

La vida media de una lámpara de incandescencia se estima en unas 1.000 horas, esta es la menor de todas las lámparas, no obstante, por sus características es la que más se utiliza en el alumbrado de viviendas [2].

La tensión de alimentación de una lámpara de incandescencia es un factor que afecta a todas sus variables, resistencia eléctrica del filamento, corriente, potencia, flujo luminoso, eficacia luminosa y vida media. Se ha representado todas estas variables en la Figura. 2.6, de la cual se puede obtener interesantes conclusiones.

Es interesante observar cómo varía la vida media de una lámpara, en función de la tensión. Un aumento de la tensión de un 30% deja a la lámpara prácticamente sin vida, mientras que una disminución del 10% aumenta la vida en un 400%.

Referente al valor de la resistencia eléctrica del filamento de una lámpara de incandescencia, no resulta ser constante con la tensión, como sería de esperar. Ello se debe a que al aumentar la tensión aumenta su temperatura y con ella su resistencia, como consecuencia de que el tungsteno tiene un coeficiente positivo de temperatura relativamente grande.

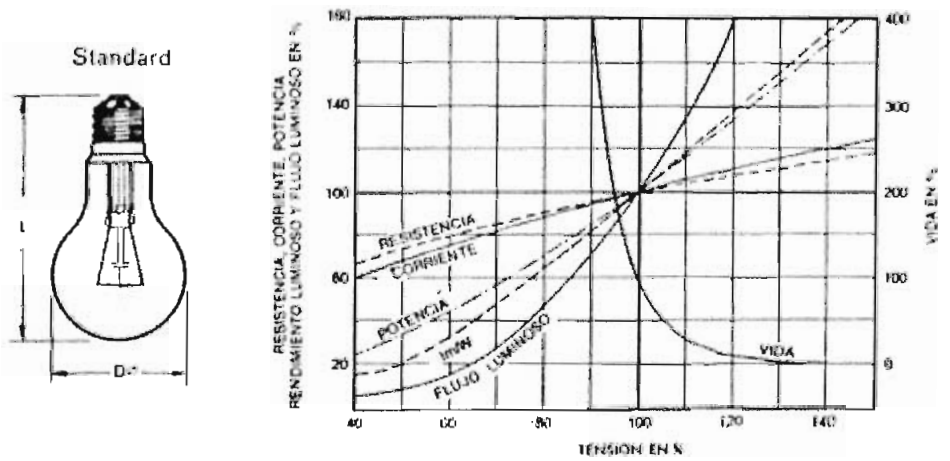


Figura. 2.6 Variables de la lámpara de incandescencia en función del voltaje de alimentación.

El resto de los valores siguen un comportamiento lógico, tal y como puede apreciarse. Como se ha observado la vida extremadamente corta de las lámparas incandescentes, su pequeña eficacia luminosa, y la enorme influencia que tiene la tensión sobre sus características fundamentales, pese a ello y con una antigüedad de más de 100 años, las lámparas incandescentes siguen alumbrando la casi totalidad de los hogares, ya que no existe nada mejor que las sustituya.

Tabla 2.1 Lámparas de incandescencia estándar

Potencia lámpara W	Flujo luminoso Lm		Relleno	Dimensiones		Casquillo
	125V	220V		L mm	D mm	
15	140	125	Vacío	105	60	E-27
25	240	225	Vacío	105	60	E-27
40	490	430	Gas	105	60	E-27
60	820	730	Gas	105	60	E-27
100	1560	1380	Gas	105	60	E-27
150	2350	2100	Gas	140	80	E-27
200	3250	2950	Gas	173	80	E-27
300	5100	4750	Gas	233	110	E-40
500	9500	8450	Gas	267	130	E-40
7580	14800	13500	Gas	300	150	E-40
1000	20300	18500	Gas	300	150	E-40
1500	31000	27700	Gas	335	170	E-40
2000	43000	40000	Gas	380	200	E-40
Eficacia luminosa 8 a 20 Lm/W. Temperatura de color 2600 °K						

2.1.1.2 Lámparas fluorescentes

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido se tendrá diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas como consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia. Este fenómeno consiste en que determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión transforman esta radiación invisible en otra de onda más larga y que se encuentra dentro del espectro visible. La

lámpara fluorescente normal consta de un tubo de vidrio de un cierto diámetro y longitud variable según la potencia, recubierto internamente de una capa de sustancia fluorescente. En los extremos de este tubo se encuentran los cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotérreos que facilitan la emisión de electrones. El tubo está relleno de gas argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio.

Conectada la lámpara en su correspondiente circuito, la corriente eléctrica que atraviesa los electrodos, los calienta y les hace emitir electrones, iniciándose la descarga si la tensión aplicada entre los extremos es suficiente. El calor producido, evapora rápidamente el mercurio por lo que la descarga se mantiene en una atmósfera de mayor conductividad, mezcla de gas argón y del vapor de mercurio. Los electrones así obtenidos, en su recorrido de un extremo a otro del tubo, chocan con los átomos de mercurio y la energía desprendida en el choque se transforma en radiaciones ultravioleta y por lo tanto invisibles, pero capaces de excitar la capa fluorescente que recubre el interior del tubo, con lo que se transforman en luz visible.

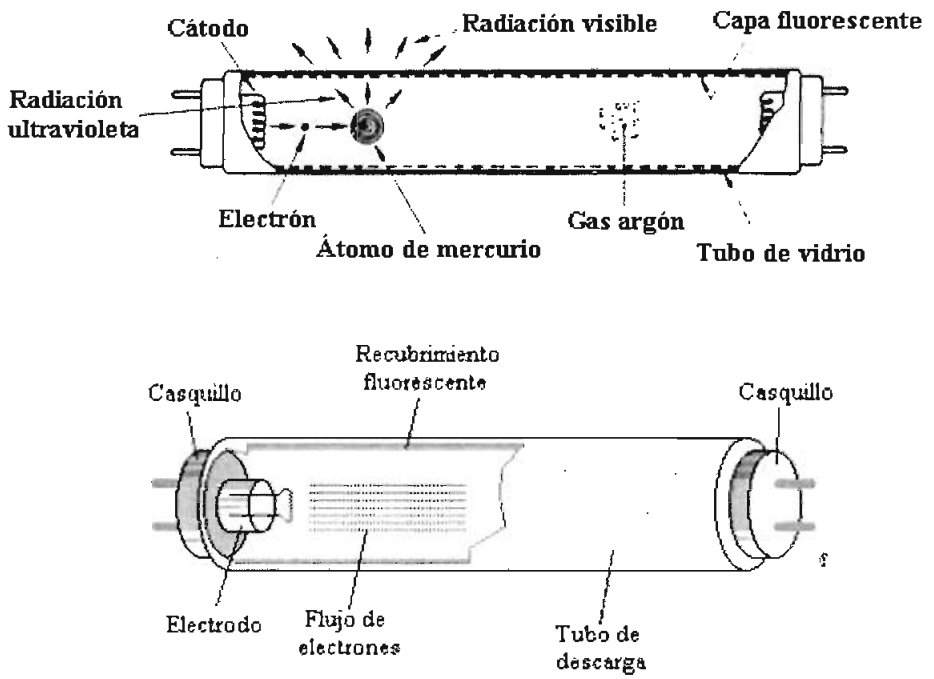


Figura 2.7 Componentes de la lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes, como todas las de descarga, presentan una resistencia al paso de la corriente que disminuye a medida que esta se incrementa. Este efecto

las llevaría a la autodestrucción si no se les coloca algún elemento que controle la intensidad que circula por ellas; este elemento es una reactancia cuyo nombre específico para este caso es "balasto". La reactancia o balasto está formada por una bobina de hilo de cobre esmaltado con su correspondiente núcleo magnético. Este conjunto va introducido dentro de un contenedor metálico, y todo ello impregnado al vacío con resinas capaces de penetrar hasta el interior de los más pequeños huecos existentes entre espiras; con ello se consigue un considerable aumento de la rigidez dieléctrica de la bobina, una mejor disipación del calor formado, y una total eliminación de las posibles vibraciones del núcleo magnético [2].

Las funciones que debe cumplir una reactancia, en el orden en que se realizan al poner en funcionamiento un tubo fluorescente, son:

1.- Proporcionar la corriente de arranque o precalentamiento de los filamentos para conseguir de éstos la emisión inicial de electrones.

2.- Suministrar la tensión de salida en vacío suficiente para hacer saltar el arco en el interior de la lámpara.

3.- Limitar la corriente en la lámpara a los valores adecuados para un correcto funcionamiento.

En la Figura. 2.8 se muestra el circuito fundamental de funcionamiento de una lámpara fluorescente con su balasto y su interruptor de puesta en marcha (cebador).

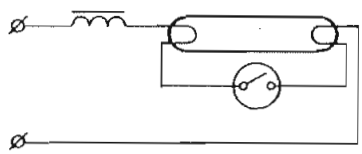


Figura. 2.8 Lámpara fluorescente con balasto e interruptor

Si se aplica tensión al circuito, no circulará corriente por el mismo, ya que no puede establecerse la descarga, por falta de electrones. Si ahora se cierra

momentáneamente el interruptor, el circuito se cierra a través del balasto y de los filamentos del tubo, los cuales iniciarán la emisión de electrones.

Al abrir el interruptor, se crea una sobretensión como consecuencia de la autoinducción de la bobina del balasto, y encontrándose el tubo fuertemente ionizado como consecuencia de la emisión de electrones se iniciará la descarga en el seno del gas de relleno y posteriormente en el vapor de mercurio. Así cebado el tubo, quien limita la corriente es el balasto y en los bornes de la lámpara quedará la tensión de arco necesaria para mantenerlo. Esta tensión de mantenimiento del arco depende principalmente de la longitud del tubo y suele estar comprendida entre 40 y 100 V.

Todo lo dicho sobre el funcionamiento de la lámpara es perfectamente válido, a excepción del interruptor manual de puesta en funcionamiento, que deberá ser sustituido por un interruptor automático "Cebador". El cebador esta constituido por una pequeña ampolla de vidrio llena de gas argón a baja presión en cuyo interior se encuentran dos electrodos; uno de ellos o los dos son laminillas de diferente coeficiente de dilatación que por la acción del calor pueden doblarse ligeramente. En paralelo con estos dos electrodos se encuentra un condensador cuya misión es la de evitar en lo posible las interferencias en las bandas de radiodifusión y TV que este interruptor automático pueda ocasionar. Estos dos elementos van alojados en un pequeño recipiente cilíndrico de aluminio o de material aislante.

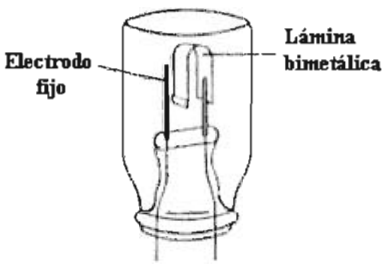


Figura. 2.9 Cebador

Así constituido el cebador, su funcionamiento puede resumirse de la siguiente manera:

Al conectar el circuito a la red toda la tensión queda aplicada entre los dos electrodos del cebador, como consecuencia de la proximidad a que se encuentran se establece entre ellos y a través del gas de relleno un pequeño arco, el cual produce un aumento de la temperatura en la lámina y en consecuencia su deformación hasta ponerse en contacto con la fija cerrando con ello el circuito de caldeo de los filamentos. Al cesar el arco, la laminilla bimetálica se enfría y por tanto vuelve a su posición inicial abriendo bruscamente el circuito, provocando en la reactancia la sobretensión ya prevista, que inicia la descarga en el tubo. Puesta en funcionamiento la lámpara, como la tensión entre sus extremos disminuye a un valor igual al de formación del arco, ya no es capaz de iniciar entre los electrodos del cebador ese pequeño arco y en consecuencia no vuelven a unirse.

Se ha supuesto que a la primera interrupción del cebador la lámpara inicia la descarga, pero si ello no ocurre, el cebador volverá a cerrar y abrir su contacto hasta que la tensión entre sus extremos disminuya al valor de formación del arco.

Finalmente hay que destacar que los polvos fluorescentes que recubren el interior del tubo constituyen posiblemente el elemento más importante de esta fuente de luz ya que el 90% de la luz emitida por los tubos se debe a su acción.

Las investigaciones llevadas a cabo en el campo de la química han permitido descubrir nuevos materiales fluorescentes que mejoran sensiblemente la transformación de las radiaciones ultravioleta en luz visible, al mismo tiempo que permiten la obtención de tonalidades diversas de luz. La adecuada dosificación en la mezcla de estas nuevas materias ha permitido la fabricación de una amplia gama de lámparas fluorescentes, con unas características de emisión a diferentes temperaturas de color y con rendimientos cromáticos distintos.

La extensa gama de tonalidades aparecidas en el mercado, y después de una lógica racionalización, ha quedado establecida en tres categorías básicas según la temperatura de color:

1ª) Tonalidades cálidas (2.700-3.100 ºK)

2ª) Tonalidades frías (3.800-4.500 ºK)

3ª) Tonalidades luz de día (6.500-7.500 ºK)

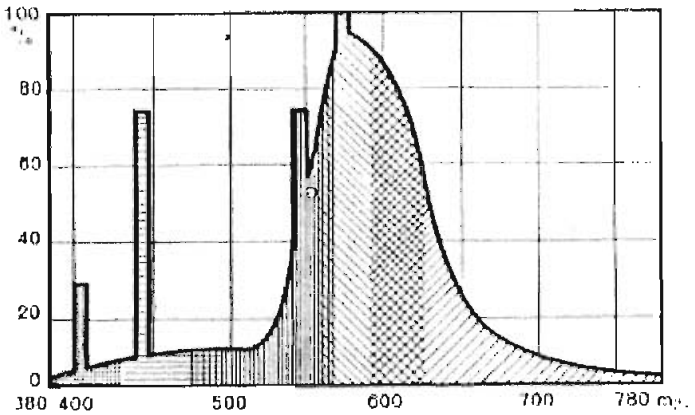


Figura. 2.10 Distribución espectral de una lámpara fluorescente

La Figura. 2.10 muestra la curva de distribución espectral relativa de una lámpara fluorescente de tono "Blanco cálido".

La vida media de los tubos fluorescentes es del orden de 7.500 horas y la depreciación del flujo emitido para la vida media es aproximadamente del 25%.

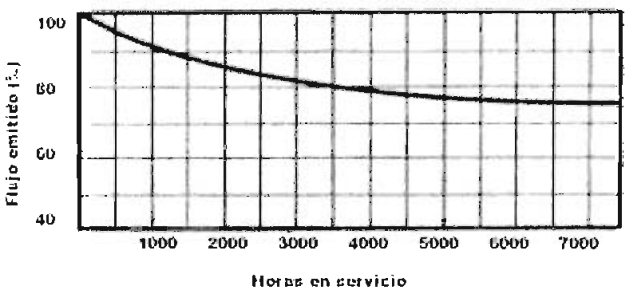


Figura. 2.11 Flujo emitido en porcentaje de la lámpara fluorescente a lo largo de su vida útil.

Hasta no hace mucho los modelos que normalmente se fabricaban correspondían a las potencias de 20 W, 40 W, y 65 W, con una longitud variable con la potencia y un diámetro de 36 mm. En la actualidad estos modelos están siendo sustituidos por otros tres tipos de mayor rendimiento luminoso, de potencias 18 W, 36 W y 56 W, de igual longitud y con un diámetro de tan sólo 26 mm [2].

El funcionamiento de las lámparas fluorescentes puede verse sensiblemente afectado por diversos factores tales como temperatura y humedad ambiente, número de encendidos y tensión de alimentación. La máxima emisión luminosa de los fluorescentes se produce a temperaturas comprendidas entre 38 y 49 ºC, experimentando una pérdida de un 1% por cada grado de variación, ello es debido a la enorme influencia que tiene la temperatura sobre la producción de rayos ultravioleta.

La presencia de aire húmedo en las proximidades de un tubo fluorescente puede formar una película de humedad sobre el mismo, variando la carga electrostática de la superficie del tubo y haciendo necesarias unas tensiones de arranque superiores a las normales. Este efecto puede eliminarse en gran parte disponiendo sobre la pared externa del tubo una delgada capa de silicona que dispersa la película de agua permitiendo el arranque en mejores condiciones.

La "muerte" de un tubo fluorescente, es casi siempre consecuencia del agotamiento de sus electrodos. El momento más perjudicial para su integridad es siempre el arranque, de lo que puede deducirse que existirá una relación entre el número de encendidos y la vida del tubo. La duración de la vida de los tubos fluorescentes suele indicarse para una frecuencia de encendidos de uno cada tres horas.

El flujo luminoso y la potencia de un tubo fluorescente se ven afectados por la variación de la tensión de alimentación, tal y como se puede ver en la Figura. 2.12.

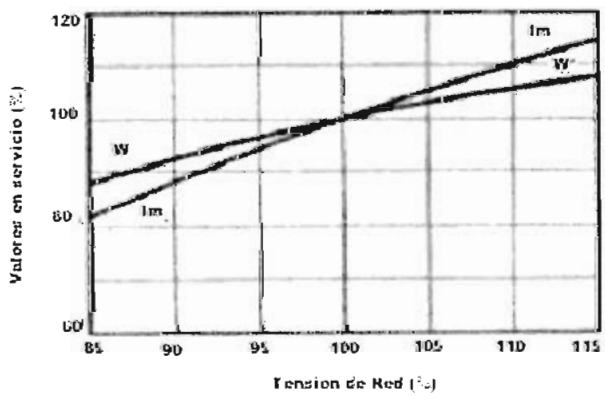


Figura. 2.12 Variables de la lámpara fluorescente en función del voltaje de alimentación

La tensión mínima para la cual se mantiene el arco suele ser del 75% de la nominal. La eficacia de una lámpara fluorescente, tomada como la relación entre el flujo luminoso y la potencia de la lámpara es del orden de 55 a 82 Lm/W. Esta es la eficacia que suelen dar los fabricantes, aunque en realidad la eficacia real resultará ser la relación entre el flujo luminoso y la potencia activa total consumida; en este caso se tendrá que la eficacia será notablemente menor, de 33 a 68 Lm/W.

Finalmente cabe decir que la luz de los fluorescentes es especialmente indicada en todos aquellos lugares donde se necesite una iluminación de calidad. Así, es imprescindible en oficinas, tiendas, talleres, y salas o salones de actos.

Tabla 2.2 Lámparas fluorescentes

Pot lámpara W	**Tono de luz**	**Intensidad de servicio A**	**Potencias**		**Flujo luminoso Lm**	**Dimensiones**		**Casquillo**
			Balasto W	Total W		L mm	D mm	
18	Luz día	0.37	12	30	1000	590	26	Biclavillo
	Blanco frío				1150			
	Blanco universal				1050			
	Blanco cálido				1150			
36	Luz día	0.43	10	46	2500	1200	26	Biclavillo
	Blanco frío				3000			
	Blanco universal				2500			
	Blanco cálido				3000			
58	Luz día	0.67	13	61	4000	1500	26	Biclavillo
	Blanco frío				4800			
	Blanco universal				4000			
	Blanco cálido				4800			
Tensión de alimentación 220 V, Eficacia luminosa 55 a 82 Lm/W Temperatura de color 2700 a 7500 °K								

2.1.1.2.1 Consideraciones eléctricas sobre los tubos fluorescentes

Como ya se ha visto, son tres los elementos fundamentales en los circuitos con lámparas fluorescentes: tubo, balasto y cebador. Eléctricamente el tubo equivale a

una carga puramente resistiva, mientras que el balasto supone una carga fuertemente inductiva, así, el conjunto lámpara-balasto equivale a una carga inductiva con un bajo factor de potencia.

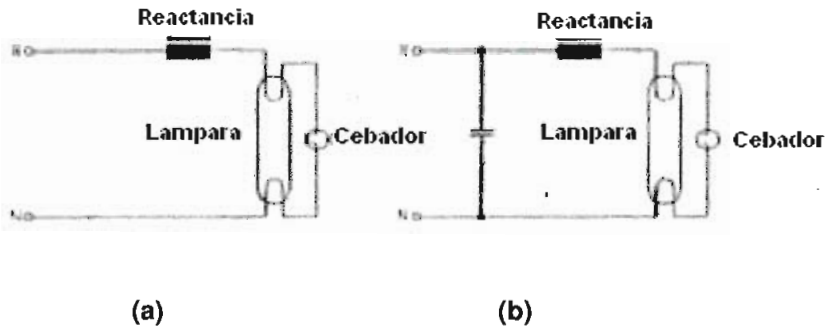


Figura. 2.13 lámparas fluorescentes (a) sin capacitor (b) con capacitor

Por ejemplo, las características eléctricas de un tubo fluorescente de 36 W, son:

Tensión de alimentación 220 V.

Intensidad nominal 0,43 A.

Potencia del tubo 36 W.

Potencia del balasto 12 W.

Potencia total 36 + 12 = 48 W.

De estas características se deduce la potencia aparente total consumida,

$S = U\, I_{ap} = 220 * 0{,}43 = 94{,}6$ VA.

Por lo tanto el factor de potencia del conjunto tubo-reactancia, será:

$$\cos\varphi = \frac{W_a}{W_{ap}} = \frac{48}{94{,}6} = 0{,}507 \quad ; \quad \operatorname{sen}\varphi = 0{,}861$$

Esto quiere decir que la intensidad aparente que consume el circuito, $I_{ap} = 0{,}43$ A, se descompone en una parte activa y otra reactiva:

$I_a = 0{,}43 \cdot 0{,}507 = 0{,}218\ A$; $I_r = 0{,}43 \cdot 0{,}861 = 0{,}370\ A$

Disponiendo de un condensador a la entrada del circuito, capaz de suministrar la intensidad reactiva que consume el circuito, se consigue que el conjunto tubo-reactancia trabaje con un factor de potencia igual a la unidad. Siendo:

$$I_r = \omega C V \Rightarrow C = \frac{I_r}{\omega V} = \frac{0.370}{2 * \pi * 60 * 220} = 4.46 \mu F$$

Para una frecuencia de 60 Hz.

Con un condensador de estas dimensiones, además de conseguir la bonificación correspondiente a un factor de potencia unidad, se consigue que la intensidad por el circuito quede reducida a un valor de intensidad aparente igual a la activa (0,218 A.), con el consiguiente ahorro de sección. En la práctica no existirá el condensador de 4.46 uF, por lo que habrá que colocar el de valor más próximo tomado por defecto.

En ocasiones no interesa llegar a un factor de potencia unidad, quedando fijado en un valor más bajo. Normalmente las casas fabricantes de reactancias dan el valor del condensador necesario para un factor de potencia de 0,90, es decir,

$\cos\varphi_1 = 0{,}90$; $\operatorname{tag}\varphi_1 = 0{,}484$

Y siendo:

$\operatorname{tag}\varphi_1 = \dfrac{I_r - I_{rc}}{I_a}$; $I_{rc} = I_r - I_a \operatorname{tag}\varphi_1$

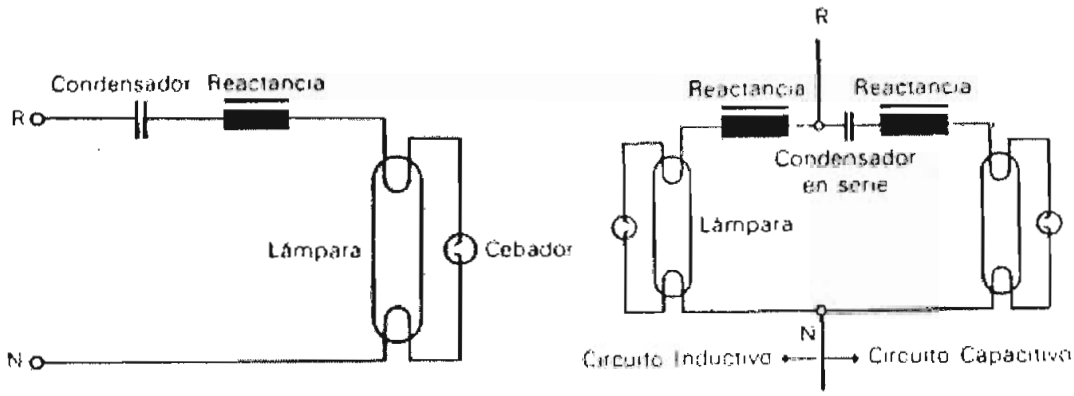
Se tiene que:

$I_{rc} = 0{,}370 - 0{,}218 \cdot 0{,}484 = 0{,}265\ A.$

Y para esta intensidad, le corresponde un condensador:

$$C = \frac{0.265}{220 * 2 * \pi * 60} = 3.20 \mu F$$

En la mayoría de las aplicaciones las lámparas fluorescentes van en parejas, por lo que en vez de recurrir a un montaje con dos reactancias se suele utilizar una sola, disponiendo los dos tubos en serie, tal y como indica la Figura. 2.13. El condensador necesario puede calcularse de forma similar.



Un fenómeno de especial trascendencia se produce durante el funcionamiento de las lámparas fluorescentes: se trata del llamado "efecto estroboscópico". Puesto que el arco de una lámpara funciona con corriente alterna de 60 ciclos por segundo, las corrientes de las lámparas se anulan 120 veces por segundo, disminuyendo su intensidad luminosa casi a cero en esos momentos. Por este motivo aparece el llamado efecto estroboscópico que produce la sensación de que los cuerpos en movimiento lo hacen a velocidad menor que la real, aparece una especie de sombra a su alrededor y el parpadeo luminoso aumenta la fatiga visual.

Naturalmente es necesario compensar o corregir este fenómeno si se desea tener un alumbrado en perfectas condiciones. Para ello será necesario desfasar las tensiones de unas lámparas con respecto a otras, de forma que cuando un grupo de ellas pase por cero haya otras que se encuentren en un máximo. La forma más simple de conseguir esto es alimentar las lámparas en grupos de tres, a una red trifásica, de forma que las lámparas, conectadas entre cada una de las fases y el neutro se encontrarán siempre con un desfase de 120º. Cuando no se disponga de una red trifásica también se puede compensar el efecto estroboscopio mediante la

utilización de un condensador en serie con el circuito de una de las lámparas del grupo de dos.

Con el condensador conectado en serie en una de las lámparas, lo que consigue es alimentarla con una intensidad desfasada 90º con respecto a la otra, y por consiguiente, cuando una de ellas pase por cero la otra se encontrará en un máximo. Calculando el condensador de forma que la impedancia que presente sea aproximadamente la mitad de la que representa la reactancia inductiva se consigue evitar el efecto estroboscópico y hacer que el conjunto de estos dos tubos funcione con un factor de potencia próximo a la unidad.

Las reactancias a las que se ha hecho referencia hasta ahora tienen unas pérdidas consideradas como normales, pero que no obstante podrían ser notablemente inferiores, aumentando el rendimiento de los circuitos.

Existe un tipo de reactancias denominadas de "bajas pérdidas", que consumen una potencia que suele ser el 60% menor que las reactancias de tipo normal. Mediante estas reactancias de bajas pérdidas el ahorro de explotación resulta notable, cuestión de fácil demostración con un simple estudio económico. Sea un hipotético almacén que dispone de 1.000 lámparas de 36 W. funcionando a 220 V., durante 8 horas diarias y 215 días al año. Las características eléctricas de una reactancia normal y otra de bajas pérdidas, son [2]:

Tabla 2.3 reactancias normales vs reactancias de bajas pérdidas

DATOS DE COMPARACIÓN	REACTANCIA N.	REACTANCIA B.P.
Tensión de red	220 V.	220 V.
Potencia en lámpara	36 W.	36 W.
Potencia en la reactancia	12 W.	4,5 W.
Potencia total	48 W.	40,5 W.
Intensidad en lámpara	0,43 A.	0,43 A.
Rendimiento de equipo	0,75 %	0,88 %

La potencia ahorrada sería de:

1.000 * 8 * 215 * (12 - 4,5) = 12.900.000 Wh. = 12.900 Kwh.

Y estimando el precio del Kwh. a Y ctvs, el ahorro anual resultará ser de:

12.900 * Y = 12900Y ctvs/año

Naturalmente una reactancia de bajas pérdidas cuesta más que una normal, ya que está muy sobredimensionada, pero con otro simple cálculo se puede llegar a la conclusión de que se pueden amortizar en un tiempo corto. Los fabricantes aseguran para las reactancias una vida media de 10 años, por lo que el ahorro mínimo previsto en este tiempo sería de 129.000Y Ctvs.

El rendimiento del equipo, visto como el cociente de la potencia consumida por el tubo y la total consumida por el equipo, será en cada uno de los casos:

$$\gamma = \frac{36}{48} = 0{,}75\% \quad ; \quad \gamma = \frac{36}{40{,}5} = 0{,}88\%$$

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas. El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por ennegrecimiento de la superficie de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

2.1.1.2.2 Pequeñas lámparas s fluorescentes

Este tipo de lámparas denominadas Dulux, PL, etc, están basadas en el principio de descarga en vapor de mercurio a baja presión, similar al de las lámparas fluorescentes convencionales. Su principal atributo es su reducido tamaño, comparable al de las lámparas de incandescencia.

La eficacia luminosa es del orden de 40 Lm/W., su vida media de unas 6.000 horas y la temperatura de color de 2.700 ºK. La depreciación del flujo luminoso para su vida

media es del 20%. Se fabrican en cuatro potencias 5W, 7W, 9W y 11W., y tienen la particularidad de que el cebador va incorporado en la base de la lámpara. El balasto es común para las cuatro lámparas y su conexión es naturalmente en serie. También se pueden conectar dos lámparas en serie con un sólo balasto, a excepción de la de 11W., que no es posible debido a su elevada tensión de lámpara.

Tabla 2.4 Pequeñas lámparas fluorescentes

Modelo	Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones	
			Balasto W	Total W		l1	l2
5 W	5.5	0.180	4.5	10	250	82	105
7 W	6.9	0.175	4.3	11.2	400	112	135
9 W	8.7	0.170	4.1	12.8	500	144	167
11 W	11.4	0.155	3.4	14.8	900	212	235
Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 45 a 69 Lm/W. Temperatura de color 2700 °K Periodo de arranque 2 a 4 minutos							

Las características expuestas dotan a estas lámparas de buenas razones para sustituir a las de incandescencia en aquellos lugares de elevada utilización, como hoteles, restaurantes, locales de venta, etc. El principal inconveniente es que el nivel de iluminación nominal no se alcanza hasta después de transcurridos tres minutos.

2.2 CASA INTELIGENTE

El objeto del control inteligente es gestionar de manera óptima las instalaciones de la vivienda, poniendo especial énfasis en conseguir tres objetivos:

Confort.

Ahorro energético.

Ahorro de recursos humanos.

Los controles inteligentes incorporan las siguientes características:

Capacidad de memorizar sucesos.

Integración de todos los sistemas.

Telecontrol y telemantenimiento.

La información es recibida en tiempo real desde elementos captadores o entradas, estos pueden ser: pulsadores, sensores de movimiento, termostatos, fotosensores, sensores de intrusión, detectores de gases, lectores de tarjetas magnéticas, etc. Procesando esta información de acuerdo al programa de control ingresado en el controlador, el sistema decide la acción a tomar en cada caso, tomando en cuenta el entorno en que se encuentra la vivienda.

Para determinar **¿Cómo funciona una casa inteligente?** lo primero es poner atención a las necesidades que tiene cada usuario. Uno de los elementos importantes para poder comandar una casa inteligente es el sistema de sensores y actuadores, existen sistemas automáticos y otros para dirigir manualmente o mediante la voz. Mediante el sistema de control se puede comandar la televisión, la vídeo casetera, la antena satelital, el equipo de música, los canales de cable y además controlar los artefactos y luces de todo el hogar. Los celulares son un recurso bastante utilizado por estos sistemas pues este puede funcionar como cualquier control remoto.

Mediante el uso de la nueva tecnología de reconocimiento de voz se pueden agregar mejoras a los sistemas de automatización por ejemplo si se desea realizar una secuencia de acciones en un determinado proceso se podría utilizar una grabadora digital para guardar la información, para luego ser escuchada por el sistema de reconocimiento de voz, incorporando en el mismo, control con comandos de voz

Otro recurso importante para la automatización del hogar son las computadoras. Con ellas se puede programar los eventos que se desee por horarios, días específicos, o por algún motivo especial. En las pantallas de las mismas se puede observar el plano de la casa o la fotografía de los distintos ambientes, posicionándose en cada uno de ellos se puede realizar el monitoreo de diversos eventos.

También los sistemas de automatización pueden iniciar acciones, como por ejemplo simular la presencia de personas en el hogar produciendo distintos eventos preprogramados, esto implica que se puede brindar mayor seguridad agregando el concepto de la simulación de presencia a los sistemas de alarmas.

En una casa inteligente también se puede controlar la apertura o cierre de puertas, persianas, inclusive oscurecer ventanales. Estas tecnologías no son ciencia ficción y no son sólo para un grupo privilegiado, pues la inversión en uno de estos sistemas, en comparación, es económica si se toma en cuenta los ahorros que se obtiene a largo plazo.

Al introducir sensores en el hogar se puede detectar o determinar algunas condiciones así:

Los timers pueden ser considerados sensores de tiempo porque al sentir el paso del tiempo responden automáticamente, sin pensar conscientemente y están determinados como controladores automáticos.

Los detectores de luz se utilizan en forma primordial para que enciendan luminarias automáticamente cuando oscurece y de no ser así encender y apagar ante un requerimiento del usuario.

Con los detectores de humo no sólo pueden hacer sonar una alarma, sino también prender alguna luz, abrir una ventana o realizar una llamada telefónica de emergencia.

Los detectores mecánicos o magnéticos se utilizan para saber si alguna ventana, puerta de salida o del garaje está abierta o cerrada.

Los detectores de humedad normalmente se utilizan para detectar el desborde de agua de una bañera o piscina. También pueden usarse para determinar si es necesario que se active el sistema de riego del jardín.

Hay una gran cantidad de detectores que pueden ser utilizados. Algunos pueden detectar las condiciones del tiempo o el consumo de electricidad que utilizan los electrodomésticos, entre ellos se encuentran: detectores de aceleración, altitud, color, densidad, energía, fuego, llamas, flujo, humedad, magnetismo, presión, radiación, velocidad, bloqueo, volumen, viscosidad y peso.

2.3 SENSORES

Un sensor es cualquier dispositivo que detecta una determinada acción externa. Los sensores existen desde siempre porque el hombre los tiene incluidos en su cuerpo. El hombre experimenta sensaciones como calor o frío, duro o blando, fuerte o flojo, agradable o desagradable, pesado o no, y poco a poco le ha ido añadiendo adjetivos a estas sensaciones para cuantificarlas como fresco, tibio, templado, caliente, es decir, que día a día ha ido necesitando el empleo de magnitudes medibles más exactas.

En general se habla de sensores, pero se pueden distinguir las siguientes definiciones:

Sensor: es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica. Además los sensores pueden ser activos o pasivos.

Sensor activo: Es un sensor que requiere una fuente externa de excitación como las RTD o células de carga.

Sensor pasivo: Es un sensor que no requiere una fuente externa de excitación como los termopares o fotodiodos.

Existe una gran variedad de sensores en el mercado y se los puede clasificar de diversas formas tomando en consideración diferentes aspectos como: principio de funcionamiento (inductivo, capacitivo, resistivo, etc), variable que sensan (presión, temperatura, humedad, etc), en activos y pasivos, etc

Los sensores pasivos son aquellos que simplemente miden señales del entorno, ejemplo de esto son interruptores, botones, etc. Los sensores activos por el contrario producen un estímulo y miden su interacción en el entorno, además necesitan más energía, más procesamiento, ejemplo de estos son los sensores de: ultrasonido, láser, infrarrojos etc.

A continuación se realizará exclusivamente el estudio de los sensores de presencia puesto que se hará uso de estos para el diseño del sistema de ahorro de energía.

2.3.1 SENSORES DE PRESENCIA

Los sensores de presencia entre otras cosas detectan la presencia de las personas en un entorno, haciendo uso de diferentes características que estas poseen como:

Temperatura (único ser vivo), Movimiento (todo lo demás es estático), Perfil (sistema sofisticado de imágenes), Color (el resto es diferente)

Entre los componentes de un sistema de ahorro de energía se encuentran los sensores de movimiento o presencia, estos como es fácil deducir envían una señal al controlador cuando alguien o algo ingresa al perímetro controlado.
El sistema es ideal entonces para ahorrar energía y proteger de intrusos a las casas que quedan solas, pero qué sucede en aquellas donde existen mascotas, la respuesta es que en cada oportunidad que el animal se mueva el sistema se activará, afortunadamente hoy existen los detectores anti-mascotas los cuales son inmunes a su presencia, ya que los diseñadores de estos nuevos sistemas han incorporado a los detectores memorias que tienen grabada la información corporal y temperatura de estos animales. Los detectores de presencia entre las diferentes acciones que pueden desempeñar, han sido diseñados pensando en el ahorro de energía y comodidad para el usuario, debido a que al sensar la presencia de una persona en el área controlada, éstos encienden automáticamente la luz y así de igual forma, apagan la luz una vez desocupada dicha área.

Estos detectores funcionan con diferentes tecnologías:
- PIR (infrarrojo pasivo)
- Ultrasónica
- Dual

2.3.1.1 Tecnología PIR (rayos infrarrojos pasivos)

Los detectores PIR reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Captando su presencia al determinar la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Los sensores PIR utilizan un lente de Fresnel que divide el área de cobertura en zonas, los cuales tienen diferentes longitudes e inclinaciones, obteniendo así una mejor cobertura del área a controlar. Cuando se da un cambio de temperatura en alguno de estos radios o zonas se detecta la presencia y se acciona la carga. Con objeto de lograr total confiabilidad, esta tecnología integra además un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así

como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia. La tecnología PIR permite definir con precisión al 100% el área de cobertura requerida.

2.3.1.2 Tecnología Ultrasónica

Los detectores ultrasónicos son sensores de movimiento volumétricos que utilizan el principio Doppler. Es decir emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área a controlar, las cuales rebotan en los objetos presentes y regresan al receptor del detector. El movimiento de una persona en el área provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia diferente a la emitida, lo cual es interpretado como un cambio Doppler. Los sensores ultrasónicos contienen un transmisor y uno o varios receptores. Estos transmiten las ondas sonoras a una alta frecuencia generada por un oscilador de cristal de cuarzo. Dicha frecuencia es tan alta que no alcanza a ser percibida por el hombre.

2.3.1.3 Tecnología Dual

La tecnología Dual es una patente de la línea Watt Stopper que combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección. La combinación de PIR y Ultrasónica permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación. Esta tecnología presenta diferentes configuraciones de operación. La configuración estándar enciende la iluminación cuando las dos tecnologías detectan ocupación de forma simultánea, la mantiene encendida mientras una de las dos siga detectando presencia y la apaga cuando el área se desocupa. Según las condiciones específicas de la zona a controlar, es posible cambiar dicha configuración. Un ejemplo de aplicación pudiera darse en una sala de cómputo: El flujo de aire (generado por el aire acondicionado) podría provocar falsos encendidos para un sensor ultrasónico, mientras que la falta de actividad en el área pudiera provocar falsos apagones con un PIR, este tipo de problemas se pueden resolver con la tecnología Dual, ya que para el encendido de las luces, el detector, en su configuración estándar, necesita detección de presencia de las dos tecnologías (pudiéndose entender esto como "confirmación" de presencia en el

área), mientras que para mantener la luz encendida, sólo es necesario que alguna de las dos tecnologías detecte movimiento por mínimo que éste sea.

2.4 ACTUADORES

Actuador o elemento final de control es un dispositivo que se utiliza para controlar diferentes parámetros físicos en un proceso. En otras palabras es el elemento final de control que en respuesta a la señal de corrección del error generada por el controlador, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

El actuador deber ser compatible con la señal de corrección del error, también debe generar la fuerza suficiente para superar los rozamientos generados por el proceso, además, el actuador debe ser compatible con el ambiente de trabajo, necesitando una construcción a prueba de explosión cuando es alta la probabilidad de encendido de chispas o explosiones, o bien un revestimiento o pinturas especiales en el caso de trabajar expuesto a vapores ácidos o a otros agentes corrosivos.

Ejemplos de actudores son: relés, contactores, tiristores, válvulas, motores etc. Normalmente tiene un elemento de entrada o mando, y uno de salida el cual es el encargado de controlar la mayor cantidad de potencia.

La selección correcta del actuador es una de las partes importantes en el diseño de un proceso. A continuación se resumen los criterios generales de selección.

- Tipo de señal de salida del controlador (entrada del actuador), Ej.: eléctrica, neumática, etc. también es importante tener en cuenta si el control es on-off o continuo (pudiendo ser PID o una variación de este).
- Características del proceso, el cambio de la variable a controlar es lento o rápido.
- Ambiente en el que se va a colocar el actuador, es este corrosivo, húmedo, etc.
- Magnitud de la potencia que se debe controlar, se debe tener en cuenta voltajes y corrientes máximas, así como también las protecciones que se debe utilizar para el correcto funcionamiento del elemento final de control.
- Costo económico del actuador, disponibilidad en el mercado nacional, así como también el costo de mantenimiento.

A continuación se hace una breve descripción de actuadores que se utilizan para sistemas eléctricos.

2.4.1 RELÉS

Un relé es un sistema mediante el cual se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido.

Tipos de relés [3]:

- Relés electromecánicos:

  A) Convencionales.
  B) Polarizados.
  C) Reed inversores.

- Relés híbridos.
- Relés de estado sólido.

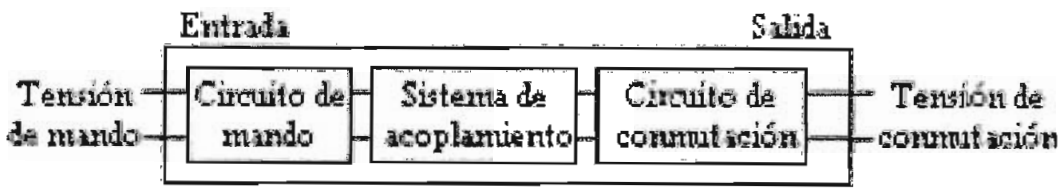


Figura. 2.15 Estructura de un relé

Las características generales de cualquier relé son:

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:

- En estado abierto, alta impedancia.
- En estado cerrado, baja impedancia.

Para los relés de estado sólido se pueden añadir:

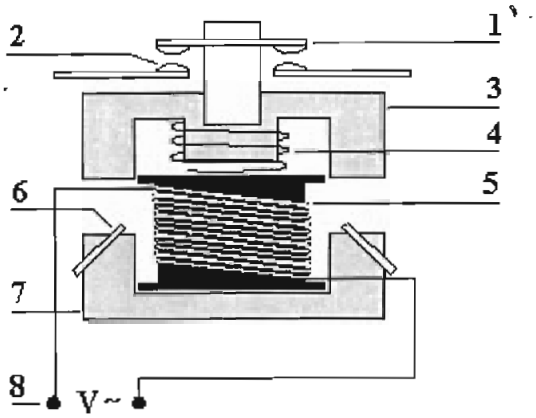
- Gran número de conmutaciones y larga vida útil.
- Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- Escasa potencia de mando, compatible con TTL y MOS.
- insensibilidad a las sacudidas y a los golpes.
- Cerrado a las influencias exteriores por un recubrimiento plástico.

2.4.2 CONTACTORES

Un contactor es un dispositivo mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, fluidricas, etc. Los contactores comúnmente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.



1- Contactos móviles. 2 - Contactos fijos.
3- Hierro móvil. 4 - Muelle antagonista. 5 - Bobina.
6- Espira de sombra (en corriente alterna).
7- Hierro fijo. 8 - Alimentación bobina.

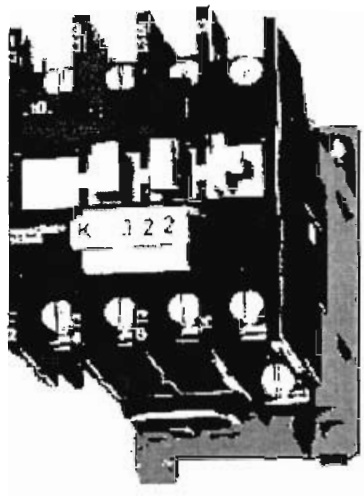


Fig. 2.16 Estructura de un contactor y sus principales componentes

Así pues, característica importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad ó potencia. Según sea el fabricante, se dispone de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en continua como en alterna siendo las más comúnmente utilizadas, 24, 48, 220, y 380. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contactor.

2.4.3 TIRISTORES

Un tiristor es un elemento de estado sólido fabricado casi exclusivamente por difusión el cual permite el manejo de grandes cantidades de potencia, para esto requiere ser activado a través de su terminal de compuerta, mientras que sus otras terminales permiten la circulación de altas corrientes eléctricas y están sometidas al voltaje de funcionamiento.

Dependiendo de la construcción física y del comportamiento de activación y desactivación, en general los tiristores pueden clasificarse en nueve categorías [4]:

1. Tiristores de control de fase (SCR)
2. Tiristores de conmutación rápida (SCR).
3. Tiristores de desactivación por compuerta (GTO).

4. Tiristores de tríodo bidireccional (TRIAC).
5. Tiristores de conducción inversa (RTC).
6. Tiristores de inducción estática (SITH).
7. Rectificadores controlados por silicio activados por luz (LASCR).
8. Tiristores controlados por FET (FET-CTH).
9. Tiristores controlados por MOS (MCT).

2.4.3.1 Aplicaciones

Los SCR sirven, sin duda, para operar con mayor potencia que cualquiera de los otros tiristores. Los tiristores GTO pueden operar a una potencia casi tan alta que la de los SCR, pero mucho más rápido que éstos, mientras que los transistores de potencia pueden manejar menos potencia que cualquier tipo de tiristor, pero pueden accionar diez veces más rápido que éstos o aun más.
Entre las principales aplicaciones de los tiristores se tiene:

- Conversores estáticos
- UPS
- Relevadores
- Control de fase
- Control de ciclo integral.

2.5 RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE VOZ

El proceso de reconocimiento de voz da a determinados equipos la capacidad de recibir mensajes orales, los cuales van a ser la señal acústica de entrada recogida por un micrófono, mediante el proceso de reconocimiento de voz se decodifica el mensaje contenido en la onda acústica para realizar las acciones pertinentes (salidas). Básicamente, el reconocimiento de voz es un proceso de clasificación de patrones, cuyo objetivo es clasificar la señal de entrada (onda acústica) en una secuencia de patrones previamente aprendidos y almacenados en unos diccionarios de modelos acústicos y de lenguaje.
Un sistema dependiente del hablante es desarrollado para funcionar para un sólo hablante, estos normalmente son fáciles de desarrollar, baratos y precisos, pero no

tan flexibles como los sistemas adaptables al hablante o los sistemas independientes del hablante.

Un sistema independiente del hablante es desarrollado para funcionar para cualquier hablante de un determinado idioma. Estos sistemas son los más complicados de desarrollar, caros y su precisión es menor que la de los sistemas dependientes del hablante. Sin embargo su ventaja principal es que son flexibles.

Un sistema adaptable al hablante es aquel desarrollado para adecuar su funcionamiento a las características de nuevos hablantes. Sin embargo su principal dificultad se encuentra en alguna zona entre los sistemas independientes del hablante y los dependientes de él.

El tamaño del vocabulario de un sistema de reconocimiento de voz afecta directamente a su complejidad, requerimientos de proceso y precisión. Algunas aplicaciones sólo requieren unas pocas palabras, otros requieren diccionarios muy grandes (por ejemplo, máquinas de dictado), pudiéndose utilizar la siguiente clasificación:

- vocabulario pequeño - decenas de palabras
- vocabulario mediano - cientos de palabras
- vocabulario grande - miles de palabras
- vocabulario muy grande - decenas de miles de palabras.

Un sistema de reconocimiento discreto funciona con palabras simples, necesitando una pausa entre cada palabra. Esta es la forma más sencilla de reconocimiento ya que los puntos de finalización son más fáciles de encontrar y la pronunciación de una palabra no afecta a las demás, de este modo y puesto que las ocurrencias de las palabras son más consistentes, es más fácil reconocerlas. Adicionalmente los sistemas de reconocimiento de voz pueden ser discretos y continuos. Un sistema de reconocimiento continuo funciona sobre un lenguaje en el que las palabras están conectadas, es decir, no hay pausas. El lenguaje continuo es más difícil de tratar debido a la variedad de efectos como la dificultad para encontrar el comienzo y el final de las palabras o la coarticulación. La generación de cada fonema se ve afectada por la generación de los fonemas adyacentes, y de modo parecido, el comienzo y final de las palabras se ven afectados por las palabras que

les preceden y suceden. Otro factor que condiciona el reconocimiento del lenguaje continuo es la frecuencia de habla.

Se utilizan una gran variedad de técnicas para llevar a cabo el reconocimiento de voz. Hay diversos tipos de reconocimiento, y a su vez hay diversos tipos de análisis y comprensión.

El reconocimiento comienza con el muestreo digital del lenguaje, el siguiente paso es el proceso de la señal acústica. Las técnicas más frecuentes incluyen el análisis espectral; por ejemplo, análisis LPC (codificación lineal predictiva), MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients), modelado de la cóclea, y otras. El siguiente paso es el reconocimiento de fonemas, grupos de fonemas y palabras. Este paso puede ejecutarse de varias formas, mediante DTW (Dynamic Time Warping), HMM (Hidden Markov Modelling), NNs (Neural Networks), sistemas expertos y combinación de técnicas. Actualmente los sistemas basados en HMMs son los más frecuentemente utilizados, y su aproximación es la más exitosa. La tecnología de reconocimiento del hablante hace posible que la voz de un hablante controle el acceso a servicios restringidos, por ejemplo, acceso telefónico a la banca, servicios de base de datos, compras o correo de voz, y acceso a material seguro.

Estas tecnologías requieren que el usuario se registre en el sistema, es decir, que de ejemplos de su lenguaje al sistema de modo que éste pueda caracterizar o aprender su patrón de voz [5].

El reconocimiento de la voz constituye una parte importante del tratamiento del habla. Las técnicas de reconocimiento más desarrolladas son aquellas comúnmente usadas para el idioma inglés, las cuales incluyen el análisis de Predicción Lineal (LPC) y el Alineamiento Temporal (DTW), estos algoritmos han tenido éxito habiendo sido sometidos a pruebas bajo diversos ambientes.

El análisis de la señal vocal se lleva a cabo mediante un modelo que describe el proceso del habla clasificando las señales en dos tipos:

- Las señales sonoras que se caracterizan por tener alta energía y contenido frecuencial en el rango de los 300 Hz a 4000 Hz las cuales se generan por intermedio de las cuerdas vocales y además presentan cierta periodicidad como se muestra en la Figura 2.20:

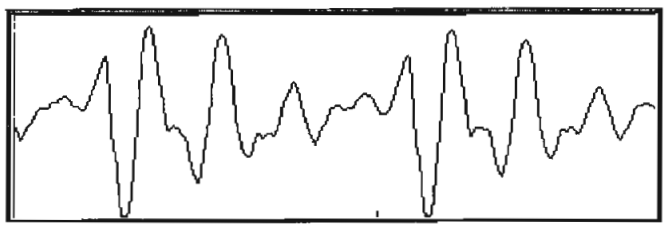


Figura. 2.20 Señal sonora.

- Las señales no sonoras también conocidas como fricativas que se caracterizan por tener baja energía y componente frecuencial uniforme presentando aleatoriedad en forma de ruido blanco se muestra Figura. 2.21:

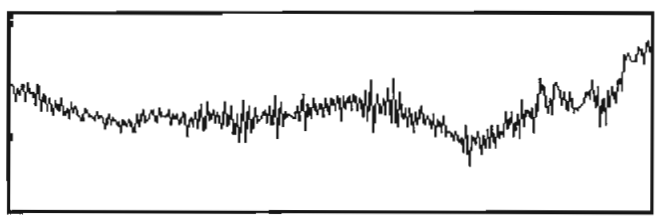


Fig. 1.21 Señal no sonora o fricativa.

Es así como la señal, dividida en dos partes se modela como dos fuentes de excitación, las que alimentan al sistema acústico que conforma el tracto vocal. El tracto vocal modelado se manifiesta como un filtro cuyos parámetros varían en el tiempo en función de la acción consciente que se realiza al pronunciar una palabra.

El filtro variable en el tiempo tiene dos posibles señales de entrada que dependerán del tipo de señal, sonora o no sonora. Para señales sonoras la excitación será un tren de impulsos de frecuencia controlada, mientras que para las señales no sonoras la excitación será ruido aleatorio.

El tracto vocal manifiesta un número muy grande de resonancias, sin embargo se consideran solo las tres o cuatro primeras que toman el nombre de 'formantes' y cubren un rango de frecuencias entre 100 y 3500 Hz. Esto debido a que las resonancias de alta frecuencia son atenuadas por la característica frecuencial del tracto. Este modelo es una simplificación del proceso del habla. Los sonidos fricativos no se filtran por el tracto con la misma extensión en que lo hacen las señales sonoras por lo que el modelo no es muy preciso para este tipo de señales. Además el modelo supone que las dos señales pueden separarse sin considerar ninguna interacción entre ellas, lo cual no es cierto ya que la vibración de cuerdas vocales es afectada por las ondas de presión dentro del tracto, sin embargo estas consideraciones pueden ser ignoradas resultando el modelo lo suficientemente adecuado.

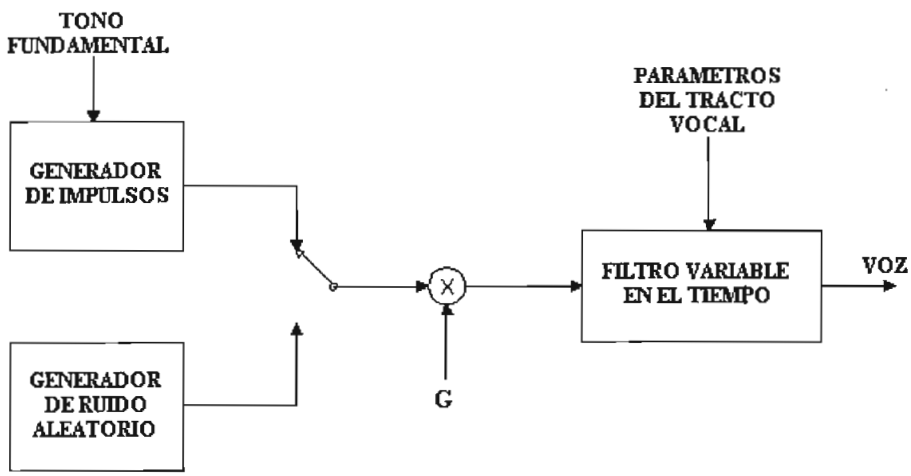


Figura. 2.22 Modelo de simplificación del proceso del habla.

La señal de voz básicamente está constituida por ondas de presión producidas por el aparato humano. La manera obvia de capturar este tipo de señal se realiza mediante un micrófono, el cual se encargará de convertir la onda de presión sonora en una señal eléctrica. La siguiente etapa tiene como función amplificar las señales a niveles que sean manejables, a partir de la señal analógica obtenida se hace necesario convertir la señal a formato digital para poder procesarla en la computadora lo que se realiza mediante dos procesos: muestreo y cuantificación. Este proceso de dos etapas se conoce como Modulación por Código de Pulsos (PCM).

La señal vocal tiene componentes frecuenciales que pueden llegar a los 10 KHz., sin embargo la mayor parte de los sonidos vocales tiene energía espectral significativa hasta los 5 KHz. solamente los sonidos fricativos poseen componentes que pueden llegar a los 10KHz.

La frecuencia de muestreo dependerá del tipo de aplicación, para señales de voz se adopta un rango de 6 a 20 KHz. dependiendo de la resolución que se desee. Otra consideración a tener en cuenta es la cuantificación de la señal, que involucra la conversión de la amplitud de los valores muestreados a forma digital usando un número determinado de bits, el número de bits usados afectará a la calidad de la voz muestreada y determinará la cantidad de información a almacenar. Para cada instante de muestreo, el convertidor analógico digital compara la señal muestreada con una serie de niveles de cuantificación predefinidos. El número de niveles N a usar, determina la precisión del análisis y por tanto el número de bits necesarios.
Cada bit adicional que se agrega contribuye a mejorar la relación señal a ruido, generalmente se usa de 11 a 20 bits en aplicaciones de procesamiento de señales de voz de alta calidad.

2.5.1 TRATAMIENTO DE LA PALABRA

El Tratamiento de la palabra está dividido en tres partes importantes :

- Síntesis
- Codificación
- Reconocimiento

Síntesis de la señal vocal

Viene a ser la creación de señal vocal sintética, esto conlleva a la comprensión total del proceso del habla, implica la interacción de disciplinas en las que están incluidas la fisiología del órgano humano así como también la lingüística

Codificación

La computadora debe ser capaz de procesar la información de tal forma que le permita disponer de la posibilidad de almacenar señal vocal de una forma eficiente y

así comprimir la señal y/o transmitirla por un medio de ancho de banda limitado.

Reconocimiento

Tal vez esta es la parte mas complicada del tratamiento de la palabra, hacer posible que la computadora sea capaz de escuchar y reconocer las palabras emitidas por una persona involucra el desarrollo de algoritmos que sean capaces de realizar la comparación de patrones de voz entre palabras pronunciadas y las palabras de un diccionario predeterminado.

El porque estudiar y desarrollar sistemas del tratamiento del habla tiene varias razones, se mencionan las principales:

- hay una base establecida en cuanto a reconocimiento, síntesis y codificación.
- estimación del modelo: no son necesarios vectores n-dimensionales donde n no es un número pequeño.
- resultados sicoacústicos - no necesitan la onda completa.
- análisis por amor al arte - aprendizaje acerca del lenguaje.
- lingüística.
- patologías.

En el tratamiento del habla se tienen dos procesos diferenciados:

Entrenamiento, fase en la que el sistema aprende, a partir de muestras de voz , los modelos acústicos y los modelos de lenguaje.

Reconocimiento, fase propiamente dicha de reconocimiento automático del habla en la que la señal acústica es transcrita en una secuencia de palabras.

Hay muchos factores que influyen en la dificultad del proceso de reconocimiento automático del habla (RAH) y por tanto en su rendimiento, pero entre todos ellos destaca la variabilidad. La variabilidad de la señal de voz depende tanto de factores intrínsecos al fenómeno de producción de voz como a factores externos al mismo. Dentro de los factores intrínsecos destacan los siguientes:

1. Variabilidad de los sonidos, debido fundamentalmente a los distintos acentos o formas de hablar de cada persona.

2. Variabilidad en la producción de los sonidos, debido fundamentalmente a las distintas velocidades de producción, coarticulación, inclusión de ruidos (apertura y cierre de labios, respiración, sonidos de duda, p.e., eh, uuh), condiciones acústicas (hablar en ambientes ruidosos), contexto de la conversación, estado anímico, etc.

Entre los factores externos destacan: 1. Variabilidad en la cadena de conversión y transmisión de la señal eléctrica, debido a las diferencias entre las características de los micrófonos, líneas telefónicas, etc.

2. Variabilidad en el ruido captado con la señal de voz, debido a la existencia en las proximidades del micrófono de otras fuentes sonoras (TV, radio, carretera, impresoras, otras conversaciones, etc.)

A estos factores de variabilidad acústica habrá que añadir otros factores de variabilidad lingüística relacionados con las distintas formas dialécticas de hablar un idioma, la utilización de palabras no contempladas en el vocabulario de la aplicación, la construcción de frases no permitidas por la gramática del lenguaje, la utilización de abreviaturas, los escenarios semánticos de las palabras, etc.

2.5.2 APLICACIONES

A la hora de desarrollar aplicaciones con sistemas de Reconocimiento Automático del Habla, hay que tener en mente, que con la tecnología actual, los sistemas no están exentos de errores, por lo que las primeras aplicaciones, en las cuales este tipo de interface comienza a tener éxito, son aquellas que se caracterizan por ser simples, en cuanto es sencillo el uso del mismo, supone una evolución de la tecnología ya existente en el sentido de que únicamente realizamos un cambio de interface y sobre todo, la aplicación debe ser tolerante a errores. A estas consideraciones sobre la aplicación en sí, hay que añadir una serie de requerimientos tecnológicos del sistema de RAH. Para trabajar en aplicaciones reales, el sistema de RAH tiene que tener la capacidad de reconocer palabras o comandos de la aplicación en un contexto de habla fluida, mantener un nivel de

prestaciones adecuado frente a cambios de usuario, canal de comunicación, ruidos, etc., permitir el rechazo de palabras que no formen el vocabulario de reconocimiento y trabajar en tiempo real entre otros requerimientos.

A la hora de considerar una aplicación utilizando un sistema de RAH se deben realizar tres preguntas:

1) ¿Cuál es el grado de exactitud del sistema que espera el usuario?
2) ¿Es adecuado el grado de exactitud del sistema de RAH a utilizar con relación a las expectativas del usuario?
3) ¿Es realmente beneficioso, coste y satisfacción del usuario, el uso de un sistema de RAH comparado con otras tecnologías alternativas?

El campo de aplicaciones de los sistemas de RAH es muy amplio, pero básicamente con la tecnología actual existen tres áreas en las cuales el volumen de utilización de sistemas de RAH está creciendo de forma exponencial. Estas áreas son:

- servicios de telecomunicación,
- sistemas de control y
- sistemas de entrada de datos y acceso a bases de datos.

Existen varias razones por las cuales estas áreas comienzan a utilizar de forma extensiva sistemas de RAH. Normalmente se utilizan para tareas bien definidas y con un vocabulario y sintaxis bastante restringido, lo que permite que:

a) La unidad elemental de reconocimiento sea la palabra.
b) Solamente un grupo reducido de palabras tienen que ser reconocidas en un instante de tiempo.
c) Normalmente es aceptable el estilo de habla mediante palabras aisladas, el compilador de gramáticas de la aplicación se puede definir de forma sencilla a partir de grupos de subvocabularios.

Bajo estos supuestos, actualmente pueden encontrarse multitud de sistemas de reconocimiento integrados que trabajan con tasas de reconocimiento superiores al 98 % con palabras aisladas. Sin embargo, en gran número de servicios o productos

que potencialmente pueden utilizar tecnologías del habla, el sistema de RAH no es más que el interfaz de entrada a un sistema de diálogo en donde entran en juego otras tecnologías del habla como la síntesis de voz. El propósito final de un sistema de este tipo es el control de un sistema mediante órdenes orales provenientes, por ejemplo, de un micrófono, de línea telefónica o de un sistema de transmisión sin hilos. Las ordenes son procesadas por un sistema experto que interacciona con el sistema bajo control para que realice las acciones pertinentes y genera una contestación al usuario mediante un sistema de conversión texto-voz.

Las aplicaciones más representativas de los sistemas de RAH que actualmente se pueden encontrar en fase de experimentación o de explotación comercial son:

1. Sistemas de control oral para ayuda a disminuidos físicos
2. Sistemas de entrada de datos y comandos para ordenadores, navegadores Web por voz.
3. Sistemas de acceso a bases de datos
4. Sistemas de venta por catálogo
5. Aplicaciones aerospaciales
6. Servicios interactivos de telefonía sin operadora
7. Control oral de teléfonos
8. Validación de ventas con tarjeta de crédito
9. La máquina de escribir oral, Dictado
10. Domótica
11. Autoaprendizaje de idiomas

Otra área de aplicación de los sistemas de RAH es la aviación, tanto civil como militar. En aplicaciones militares se ha experimentado en la introducción de interfaces orales para interactuar con los sistemas básicos de un avión de guerra. Los sistemas de reconocimiento suelen ser de palabras aisladas y tienen que ser capaces de dar unas prestaciones muy buenas trabajando con relaciones, señal a ruido, muy pequeñas. En experimentos realizados sobre un Mirage 3R, se han logrado tasas de reconocimiento sobre 95 % con un vocabulario de 30 palabras. En la aviación civil se pueden encontrar aplicaciones en proceso de experimentación para el control aéreo utilizando sistemas de reconocimiento de habla continua.

Un sueño que comienza a ser realidad es la máquina de escribir oral, es decir, un sistema de conversión de voz a texto con un vocabulario muy grande (> 5000 palabras) que puede transcribir habla natural sin restricciones a texto. Este tipo de reconocedores del habla se están desarrollado en la actualidad y ya se pueden encontrar en explotación comercial algunos de ellos. Ejemplos de los mismos son los sistemas comercializados por Dragon Systems e IBM, que permite reconocer un vocabulario de hasta 60000 palabras trabajando sobre un PC, utilizando un sistema de adaptación al usuario de modo que no es necesario un entrenamiento del mismo. El sistema aprende de forma interactiva el estilo de habla del usuario y reconoce palabras aisladas con separaciones entre palabras de un cuarto de segundo. Con este sistema se puede llegar a crear un texto a una velocidad de hasta 120 palabras por minuto.

Con el auge de Internet, han aparecido ya navegadores que incorporan tecnologías del habla. En concreto existen navegadores que permiten realizar la navegación por voz, solo hace falta pronunciar los enlaces y permiten igualmente una interacción con el usuario utilizando un conversor texto-voz. Un ejemplo es el navegador WebConversa [6].

Otro ejemplo de aplicación es el acceso a bases de datos, como puede ser la consulta sobre horarios y precios de trenes regionales y de largo recorrido.

Después de haber estudiado las generalidades de cada una de las partes que constituyen un sistema de ahorro de energía es momento de escoger cada uno de los componentes que formarán parte del mismo.
En el siguiente capítulo se estudia en detalle cada uno de los componentes que se utilizan para desarrollar el sistema planteado en el proyecto.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se analizan los requerimientos del sistema a controlar para luego, durante la fase de diseño seleccionar, los elementos de entrada y salida mas idóneos, es decir, se escogerán los diferentes sensores, posteriormente se hará una etapa de acondicionamiento de las señales, con el fin de obtener valores adecuados de voltaje y corriente para el microcontrolador. Se diseñará el sistema de mando de los actuadores, así como la interfaz entre el microcontrolador y los actuadores de manera de que estos últimos estén aislados, con el fin de proteger al circuito de control. Se exhibirá detalles de los demás componentes del sistema como: el micrófono a utilizarse en el sistema de reconocimiento de voz, su receptor, pues las palabras comando serán enviadas a una distancia prudencial, el sistema de reconocimiento de voz Voice Diret™ II su funcionamiento y modos de programación para luego entrar en el estudio del receptor de radiofrecuencia que será el encargado de activar al Voice Direct™ II Tool Kit. Finalmente se muestra el diseño global del sistema.

3.1 LINEAMIENTO DEL PROYECTO

El espíritu del presente proyecto es fundamentalmente práctico, y a la vez innovador e integrador, tratando en lo posible dar una solución eficiente para sistemas de ahorro de energía utilizando tecnología actual y previendo futuras ampliaciones, para esto se ha planteado el hecho de controlar lo siguiente:

- Dos circuitos de iluminación.
- Un circuito de fuerza.

El control de estos circuitos se lo hará de forma automática y manual, la parte automática será implementada con ayuda de sensores de presencia y un sistema de reconocimiento de voz, mientras que la parte manual se la hará a través de

interruptores. Las etapas de desarrollo del sistema son las siguientes: arquitectura, módulos y software configurador.

3.1.1 CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

Es importante tener en cuenta las dimensiones de la vivienda o ambiente en donde se desea implementar el sistema de ahorro de energía, con el fin de sectorizar, teniendo en cuenta los requerimientos de cada usuario o el uso que dé a cada espacio, es decir, se debe tener presente, tiempos de permanencia, horarios de utilización, seguridad, tipos de usuarios (limitaciones físicas), clima, etc.

El control de la iluminación de cada uno de los ambientes se lo hace en diferentes modos, en modo automático, la luz se enciende al entrar en cada estancia siempre y cuando la luminosidad sea insuficiente teniendo como referencia el valor preestablecido de ésta. Para esto se hará uso de determinados sensores de presencia integrados que proporcionan tal dato al ordenador central. La luz se apagará tras un retardo (el cual también debe ser configurado) sin detectar presencia. Este retardo es ajustable y puede diferir en baños, habitaciones, cocina, hall o salón, naturalmente. Mediante un selector de tres posiciones en los sensores de presencia se puede pasar de encendido a apagado, y de automático a modo " noche". El modo " noche " impide el encendido por presencia durante el periodo de descanso, ya que cualquier movimiento en la cama originaría el encendido de la luz.

La luz se gobierna también mediante mando a distancia a través del sistema de reconocimiento de voz.

3.1.2 CONTROL DEL CIRCUITO DE FUERZA

El control del sistema de fuerza resulta bastante interesante desde el punto de vista de sistemas distribuidos, ya sea en una vivienda o en una planta de producción, dado que se puede activar/desactivar dispositivos o equipos de valores altos de potencia.

En este circuito de fuerza (tomacorriente) se podrá conectar diferentes tipos de cargas como por ejemplo un equipo de sonido, una radiograbadora, un televisor, etc, cuyo encendido o apagado será comandado mediante el sistema de reconocimiento de voz.

Para el control del encendido/apagado de equipos conectados al circuito de fuerza, se hace uso de un relé cuyo circuito de mando requiere 12V DC para su activación, mientras que sus contactos pueden manejar una corriente máxima de 30 A a un voltaje de 120V AC.

3.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ VOICE DIRECT™ II SRK

El sistema de reconocimiento de voz que se ha escogido para el presente proyecto es el Voice Direct™ II SRK. A continuación se presenta sus características, la forma de configurar éste, así como su funcionamiento en los diferentes modos, con lo cual se procura proveer una referencia de las capacidades del Voice Direct™ II SRK.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS

Entre las principales características del Voice Direct™ II SRK., *se citan las siguientes:*

- Posee tecnologías de reconocimiento de voz Edge-Triggered, Continuos Listening y Word-Spotting.
- Reconoce hasta 15 palabras o frases (ingresadas dentro de 1, 2 ó 3 juegos o conjuntos).
- Sobre el 99% de precisión en el reconocimiento.
- Reconocimiento de frases de hasta 2.5 segundos.
- Uso amigable de habla rápido.
- Su tiempo de configuración rápido.

3.2.2 VOICE DIRECT™ II SRK

Voice Direct™ II lleva a cabo un reconocimiento de palabras discreto dependiente del hablante, es decir comparando con un modelo generado en tiempo real con un

entrenamiento previo de plantillas de palabras almacenadas en una memoria flash no volátil. La plantilla generada por el Voice Direct™ II está basada en una reconstrucción digital del comando de voz, cada palabra a reconocerse debe ser primero entrenada, durante el entrenamiento, Voice Direct™ II construye una plantilla representando al hablante con un único modelo de sonido para cada palabra o frase especifica a ser reconocida. Las características del Voice Direct™ II integran una rápida habla para las operaciones de reconocimiento y entrenamiento, permitiendo el desarrollo de sofisticados e interactivos productos con mínima programación. Voice Direct™ II realiza las siguientes operaciones cuando reconoce una palabra [7]:

1. La señal de audio (palabra o frase hablada) es amplificada, filtrada y luego suministrada a la entrada análoga del Voice Direct™ II, la cual convierte la forma de onda análoga en muestras digitales.
2. Voice Direct™ II analiza las muestras de la señal hablada y genera una plantilla de la información.
3. Voice Direct™ II incrementa o decrementa la ganancia del amplificador externo como sea necesario, para mantener la calidad de la señal.
4. Una plantilla desconocida es comparada con cada una de las plantillas entrenadas para determinar una plantilla que provea la mejor pareja. (la que más se parezca a la palabra o frase hablada)
5. Si la plantilla que más se asemeja da una puntuación por encima de un umbral predefinido, Voice Direct™ II escoge la palabra asociada con aquella plantilla. Si ninguna plantilla provee una pareja por encima del umbral escoge el valor "no match".

Los pasos del 1 al 3 son repetidos por cada palabra durante el entrenamiento. Voice Direct™ II almacena el promedio de dos modelos entrenados por cada palabra para mejorar la precisión, antes de que una palabra sea almacenada, ésta es comparada con las plantillas existentes en el conjunto, la nueva palabra candidata no será aceptada si ésta es muy similar a una palabra existente (por ejemplo "Bill Smith" y "Jill Smith").

Voice Direct™ II, como cualquier otro sistema de reconocimiento de voz, está sujeto a dos tipos de errores: rechazos "fallo para reconocer una palabra en el vocabulario" y substituciones "confusión de dos palabras en el vocabulario, o reconocimiento de

una palabra que no está en el vocabulario" [7]. La importancia relativa de cada tipo de error puede depender de la aplicación. Voice Direct™ II provee niveles de selectividad para permitir al usuario optimizar la relación entre estos dos tipos de errores de reconocimiento. Cuando el nivel de selectividad de "reconocimiento" es configurado al más alto valor, Voice Direct™ II minimiza los errores de sustitución pero puede producir más errores de rechazo, Cuando el nivel de selectividad de "entrenamiento" es configurado al valor más alto, Voice Direct™ II minimiza ambos errores de sustitución y rechazo, rechazando palabras que tienen sonidos muy similares, incrementando potencialmente la precisión de reconocimiento. Estas configuraciones se establecen mejor por experimentación con su propia aplicación y medio ambiente.

Tabla 3.1 Asignación de pines del Modulo Voice Direct ™ II

N° Pin	Nombre	Descripción	I/O
01	Gnd	Conexión a tierra	I
02	Gnd	Conexión a tierra	I
03	Mic retorno	Tierra análoga por razones de ruido las tierras anag y digital deberían conectarse juntas	-
04	Mic In	Conexión de entrada al micrófono	I
05	-	No usada, dejar abierta	-
06	DACOUT	Salida análoga	O
07	Gnd	Conexión a tierra	I
08	Gnd	Conexión a tierra	I
09	Parlante (-)	Conexión de parlante negativa	O
10	Parlante (+)	Conexión de parlante positiva	O
11	-	No usada, dejar abierta	-
12	-	No usada, dejar abierta	-
13	-	No usada, dejar abierta	-
14	Reinicio	Reinicio suave del Voice Direct ™ II (activa en bajo)	I
15	+ 3.3 V	3.3 V (+) conexión fuente de alimentación	I
16	-	No usada, dejar abierta	-
17	OUT 1 (P0.0)	Salida 1 o 9 (activa en alto)	O
18	OUT 2 (P0.1)	Salida 2 o 10 (activa en alto)	O
19	OUT 3 (P0.2)	Salida 3 o 11 (activa en alto)	O
20	OUT 4 (P0.3)	Salida 4 o 12 (activa en alto)	O
21	OUT 5 (P0.4)	Salida 5 o 13 (activa en alto)	O

22	-	No usada, dejar abierta	-
23	-	No usada, dejar abierta	-
24	Talk(P0.7)	Salida activa en alto cuando el Voice Direct ™ II esta escuchando al hablante	O
25	-Train(P1.0)	Inicia entrenamiento SD/ Configura entrenamiento/ Sensibilidad de reconocimiento	I
26	-Recog(P1.1)	Inicia reconocimiento/ Configura sensibilidad del mic	I
27	-Trig Train(P1.2)	Inicia entrenamiento de palabra de disparo (únicamente en los modos SCL, MCL, SWS)	I
28	OUT 6 (P1.3)	Salida 6 o 14 (activa en alto)	O
29	OUT 7 (P1.4)	Salida 7 o 15 (activa en alto)	O
30	OUT 8 (P1.5)	Salida 8 (activa en alto)	O
31	Modo 1(P1.6)	Selección de modo pin 1	I
32	Modo 2(P1.7)	Selección de modo pin 2	I
33	Gnd	Conexión a tierra	I
34	Gnd	Conexión a tierra	I

Tabla 3.2 Asignación de pines de la Tarjeta Madre Voice Direct ™ II

Conector	N° Pin	Nombre	Descripción	I/O
J1	01	+ 3.3 V	3.3 V (+) conexión fuente de alimentación	I
J1	02	+ 3.3 V	3.3 V (+) conexión fuente de alimentación	I
J1	03	OUT 1 (P0.0)	Salida 1 o 9 (activa en alto)	O
J1	04	-Train(P1.0)	Inicia entrenamiento SD/ Configura entrenamiento/ Sensibilidad de reconocimiento	I
J1	05	OUT 2 (P0.1)	Salida 2 o 10 (activa en alto)	O
J1	06	- Recog(P1.1)	Inicia reconocimiento/ Configura sensibilidad del mic	I
J1	07	OUT 3 (P0.2)	Salida 3 o 11 (activa en alto)	O
J1	08	-Trig Train(P1.2)	Inicia entrenamiento de palabra de disparo (únicamente en los modos SCL, MCL, SWS)	I
J1	09	OUT 4	Salida 4 o 12 (activa en alto)	O

		(P0.3)		
J1	10	OUT 5 (P0.4)	Salida 5 o 13 (activa en alto)	O
J1	11	OUT 6 (P1.3)	Salida 6 o 14 (activa en alto)	O
J1	12	OUT 7 (P1.4)	Salida 7 o 15 (activa en alto)	O
J1	13	-	No usada, dejar abierta	-
J1	14	OUT 8 (P1.5)	Salida 8 (activa en alto)	O
J1	15	-	No usada, dejar abierta	-
J1	16	Modo 1 (P1.6)	Selección de modo pin 1	I
J1	17	Talk(P0.7)	Salida activa en alto cuando el Voice Direct ™ II esta escuchando al hablante	O
J1	18	Modo 2 (P1.7)	Selección de modo pin 2	I
J1	19	Gnd	Conexión a tierra	I
J1	20	Gnd	Conexión a tierra	I
J5	01	DACOUT	Salida análoga	O
J5	02	-	No usada, dejar abierta	-
J5	03	-	No usada, dejar abierta	-
J5	04	-	No usada, dejar abierta	-
J6	01	Gnd	Conexión a tierra	I
J6	02	Gnd	Conexión a tierra	I
J6	03	+ 3.3 V	3.3 V (+) conexión fuente de alimentación	I
J6	04	OUT 1 (P0.0)	Salida 1 o 9 (activa en alto)	O
J6	05	Reinicio	Reinicio suave del Voice Direct ™ II (activa en bajo)	I
J6	06	-	No usada, dejar abierta	-
J6	07	OUT 1 (P0.0)	Salida 1 o 9 (activa en alto)	O
J6	08	+ 3.3 V	3.3 V (+) conexión fuente de alimentación	I
J6	09	Gnd	Conexión a tierra	I
J6	10	Gnd	Conexión a tierra	I

3.2.3 SELECCIÓN DE MODOS

Hay cuatro modos principales de operación para el módulo Voice Direct™ II que pueden ser seleccionados dependiendo de como el reconocimiento de voz interactuará con la aplicación. Estos son:

1) Modo Edge-Triggered Single Recognition (ESR).
2) Modo Single-Trigger Continuous Listening (SCL).
3) Modo Multi-Trigger Continuous Listening (MCL).
4) Modo Single-Trigger Word-Spotting (SWS).

Los pines de MODO1 y MODO2 son usados para seleccionar el modo de operación deseado. El modo de operación es configurado cuando el Voice Direct™ II es alimentado al inicio (o con un reinicio) de acuerdo a la Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Modos de operación del Voice Direct ™ II

Modos de Configuración y pines de configuración	Modo de operación
Modo 1 circuito abierto Modo 2 circuito abierto	Modo ESR
Modo 1 puesto en bajo Modo 2 circuito abierto	Modo SCL
Modo 1 circuito abierto Modo 2 puesto en bajo	Modo MCL
Modo 1 puesto en bajo Modo 2 puesto en bajo	Modo SWS

3.2.4 SELECTIVIDAD PARA ENTRENAMIENTO Y RECONOCIMIENTO

Los pines de control –TRAIN, -TRIG TRAIN y –RECOG permiten controlar la selectividad de la sensibilidad del Voice Direct ™ II.

Los parámetros de configuración son fijados cuando el Voice Direct™ II es encendido por primera vez (o cuando se reinicia) de acuerdo a la Tabla 3.4:

Tabla 3.4: Configuración de los umbrales de sensibilidad, pines de configuración

Configuración de los umbrales de sensibilidad, pines de configuración	**Selectividad**
-TRAIN Circuito abierto	Entrenamiento/reconocimiento no estricto– más fácil el entrenamiento, acepta palabras con sonido muy similar. Reconoce más palabras, puede algunas veces sustituir palabras erróneas (muy pocos rechazos)
-TRAIN puesto a tierra con un resistor de 10K	Entrenamiento/reconocimiento estricto – más difícil el entrenamiento, rechaza la mayoría de palabras con sonido similar. Reconoce muy pocas palabras, puede algunas veces rechazar palabras entrenadas. (muy pocas sustituciones)
-TRIG TRAIN circuito abierto	Mucho más rápido en rendimiento de la palabra de disparo en SCL/MCL/SWS – Los disparos se reconocen rápidamente, puede algunas veces sustituir palabras erróneas (muy pocos rechazos)
- TRIG TRAIN puesto a tierra con un resistor de 10K	Muy lento el reconocimiento de la palabra de disparo en SCL/MCL/SWS – reconoce las palabras de disparo lentamente, puede algunas veces rechazar palabras entrenadas (muy pocas sustituciones)
-RECOG circuito abierto	La sensibilidad del micrófono es configurada hasta una distancia optima de un brazo
-RECOG puesto a tierra con un resistor de 10K	La sensibilidad del micrófono es configurada para una distancia optima de 6 pies

Para un óptimo funcionamiento del Voice Direct™ II no se debe sobrepasar los máximos rangos absolutos, de otra manera se produciría daños permanentes. Además debe asegurarse el funcionamiento dentro de las condiciones de operación.

3.2.5 ENTRENAMIENTO DEL VOICE DIRECT™ II

3.2.5.1 Modo edge-triggered single-recognition (ESR)

Cuando el pin TRAIN es puesto a GND por lo menos 100 mS; el entrenamiento empezará, entonces el Voice Direct ™ II dirá "Say word *x*" (donde x corresponde a la palabra a ser entrenada). Una palabra o frase entrenada no debe tardar más de 2.5 segundos y no debe contener silencios que tarden más de 0.5 segundos. Por

ejemplo, el nombre "John Smith" sería una frase aceptable siempre y cuando las dos palabras no estén separadas por una larga pausa.

El entrenamiento termina cuando ninguna palabra es hablada en respuesta al Voice Direct ™ II, cuando cualquier botón es presionado una segunda vez durante el entrenamiento, cuando tres errores han ocurrido durante el entrenamiento, o después de que las 15 palabras han sido entrenadas.

Llevando el pin –TRAIN a nivel bajo un tiempo después del entrenamiento, el Voice Direct ™ II resume este. Pueden añadirse nuevas palabras al final del conjunto ya grabado o registrado, o también cuando se requiera, hasta un máximo de 15 palabras. Pero no se pueden borrar o sobrescribir palabras individuales del conjunto, sin embargo el conjunto completo puede ser borrado. Cuando el usuario dice la primera palabra a ser entrenada, luego el Voice Direct™ II emite un mensaje "Repeat", pidiendo que repita la palabra nuevamente. Entonces el usuario debe repetir la palabra, y el Voice Direct™ II dirá "Accepted" si la palabra ha sido exitosamente entrenada, de lo contrario, este indicará la causa del error de entrenamiento. Pudiendo ser uno de los siguientes mensajes: "Spoke too soon", "Please talk louder", etc. El usuario tendrá tres intentos para entrenar cada palabra antes de que el Voice Direct™ II salga del modo de entrenamiento, si ocurre esto dirá "Training complete".

El usuario puede salir del entrenamiento cuando quiera llevando el pin –TRAIN o el pin –RECOG a nivel bajo, por no responder a los mensajes "Say word *x*" o "Repeat", o cuando el conjunto completo de 15 palabras ha sido entrenado.

Tabla 3.5 Ejemplo (ESR)

Acción	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno	Entrenar la palabra comando uno
Usuario	Iniciar	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	Iniciar	
Voice Direct ™ II	Decir palabra dos	Entrenar la palabra comando dos
Usuario	Luces	

Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Decir palabra tres	Entrenar la palabra comando tres
Usuario	Cámara	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	cámara	
Acciòn	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Parar entrenamiento**

El Voice Direct™ II continuará emitiendo mensajes "Say word *x*" para entrenar nuevas palabras hasta que las 15 localidades de memoria hayan sido llenadas. Para parar el entrenamiento se deber llevar el pin –TRAIN a nivel bajo nuevamente.

3.2.5.2 Modo single-trigger continuous listening (SCL)

En primera instancia el módulo debería ser configurado para modo SCL. En este modo, se usan pines separados para entrenar la palabra de disparo (pin -TRIG TRAIN) y las palabras comando (pin -TRAIN). Después de entrenar la palabra de disparo, se pueden entrenar hasta quince palabras.

Tabla 3.6 Ejemplo (SCL):

Acción	**Llevar pin TRIG TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar palabra de disparo**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno	Entrenar la palabra de disparo
Usuario	Sonido de sistema	
Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	Sonido de sistema	
Acción entrenamiento de palabras	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de las palabras comando**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno	Entrenar la palabra comando uno
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Decir palabra dos	Entrenar la palabra comando dos
Usuario	Cámara	
Voice Direct ™ II	Repetir	

usuario	Cámara	
Voice Direct ™ II	Decir palabra tres	Entrenar la palabra comando tres
Usuario	Accion	
Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	Acción	
Acción	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Parar entrenamiento**

El Voice Direct™ II continuará emitiendo el mensaje "Say word *x*" para entrenar nuevas palabras hasta que las 15 localidades de memoria hayan sido llenadas. Para parar el entrenamiento se debe llevar el pin –TRAIN a nivel bajo nuevamente.

3.2.5.3 Modo multi-trigger continuous listening (MCL)

El módulo debería ser configurado para modo MCL. La secuencia de entrenamiento es muy similar al modo SCL, excepto por que 3 palabras diferentes de disparo pueden ser entrenadas. Después de cada palabra de disparo entrenada se pueden entrenar hasta 5 palabras comando las cuales son asociadas con aquella palabra de disparo. Es importante notar que cada palabra comando almacenada deberá ser entrenada inmediatamente seguida a la correspondiente palabra de disparo. Una vez que la próxima palabra de disparo es entrenada, no hay camino para volver ni re-entrenar un comando del conjunto anterior sin tener que borrar la memoria completamente [7]. Al tratar de entrenar dos palabras de disparo similares el Voice Direct ™ II emitirá el siguiente mensaje de error "too similar". Durante el entrenamiento de las palabras comando del conjunto, cada palabra comando es verificado para ver si hay similitud con otra palabra comando del mismo conjunto, pero no con aquellas en otros conjuntos.

El modo MCL puede ser útil para un producto que será usado por un único usuario usando múltiples comandos de puertas de acceso, o para aplicaciones multi-usuarios donde cada usuario entrenaría su propia palabra de disparo y palabras comando.

Tabla 3.7 Ejemplo (MCL):

Acción	**Llevar pin TRIG TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de la palabra de disparo del conjunto uno**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno	Entrenar la palabra de disparo del conjunto uno
Usuario	Sonido de sistema	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	Sonido de sistema	
Acción	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de las palabras comando del conjunto 1**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno-uno	Entrenar la palabra comando uno del conjunto uno
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno-dos	Entrenar la palabra comando dos del conjunto uno
Usuario	Cámara	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	Cámara	
Acción	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Parar entrenamiento**
Acción	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de las palabras comando del conjunto 2**
Voice Direct ™ II	Decir palabra dos	Entrenar la palabra de disparo del conjunto dos
Usuario	Accion	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	acción	
Acción	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de las palabras comando del conjunto 2**
Voice Direct ™ II	Decir palabra dos-uno	Entrenar la palabra comando uno del conjunto dos
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Repetir	
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Decir palabra dos-dos	Entrenar la palabra comando dos del conjunto
Usuario	Cámara	

Voice Direct ™ II	Repetir	dos
Usuario	cámara	
Accion	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Parar entrenamiento**

El Voice Direct™ II continuará emitiendo el mensaje "Say word *x*" para entrenar nuevas palabras hasta que las 15 localidades de memoria hayan sido llenadas. Para parar el entrenamiento llevar el pin –TRAIN a nivel bajo nuevamente.

3.2.5.4 Modo single-trigger word-spotting mode (SWS)

El módulo debería ser configurado para modo SWS. En este modo, se usan pines separados para entrenar la palabra de disparo (pin -TRIG TRAIN) y las palabras comando (pin -TRAIN). Después de entrenar la palabra de disparo, se puede entrenar hasta 15 palabras comando. La diferencia principal entre los dos modos de continuous listening (SCL y MCL) y el modo single-trigger word-spotting (SWS) es que la palabra de disparo (continuous listening) debe ser hablada con por lo menos 0.25 segundos de silencio antes y después de cada palabra comando, mientras que la palabra de disparo (word-spotting) pueda ser ingresada en el medio de una oración, sin ningún silencio antes o después.

Tabla 3.8 Ejemplo SWS

Acción	**Llevar pin TRIG TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de la palabra de disparo**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno	Entrenar la palabra de disparo
Usuario	Sonido de sistema	
Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	Sonido de sistema	
Acción entrenamiento de palabras	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Iniciar entrenamiento de las palabras comando**
Voice Direct ™ II	Decir palabra uno	Entrenar la palabra comando uno
Usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	Luces	
Voice Direct ™ II	Decir palabra dos	Entrenar la palabra comando dos
Usuario	Cámara	

Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	cámara	
Voice Direct ™ II	Decir palabra tres	Entrenar la palabra comando tres
Usuario	Accion	
Voice Direct ™ II	Repetir	
usuario	acción	
Accion	**Llevar pin TRAIN a nivel bajo**	**Parar entrenamiento**

3.2.6 RECONOCIENDO PALABRAS

3.2.6.1 Modo edge-triggered single-recognition (ESR)

Cuando el pin –RECOG es puesto a GND por lo menos 100 mS, el reconocimiento empezará, Voice Direct™ II dirá "Say a word", si la respuesta no es reconocida, Voice Direct ™ II dirá "Word not recognized" y saldrá del modo de reconocimiento, si la palabra hablada coincide con una palabra almacenada en la plantilla, uno o dos de 8 pines de salida serán activados (puesto a nivel alto por aproximadamente un segundo) y un mensaje de voz indicará el número de la palabra con la que coincidió (matching), es decir dirá "one, two, etc".

Si el conjunto contiene ocho o menos elementos, estos pines pueden ser usados para acciones de control directamente. Si el conjunto contiene más de ocho elementos, un decodificador es necesario. El formato lógico de las salidas es mostrado en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Pines de salida en alto "A" según la palabra comando reconocida.

RECONOCIMIENTO DE PALABRA	O/1	O/2	O/3	O/4	O/5	O/6	O/7	O/8
Palabra/comando01	A							
Palabra/comando02		A						
Palabra/comando03			A					
Palabra/comando04				A				
Palabra/comando06					A			
Palabra/comando06						A		
Palabra/comando07							A	

Palabra/comando08								A
Palabra/comando09	A							A
Palabra/comando10		A						A
Palabra/comando11			A					A
Palabra/comando12				A				A
Palabra/comando13					A			A
Palabra/comando14						A		A
Palabra/comando15							A	A

Si ocurre un error durante el reconocimiento de voz (excepto por una palabra no reconocida "Word not recognized"), entonces el Voice Direct ™ II emitirá uno de los siguientes mensajes "Spoke too soon", "Please talk louder", etc., si la palabra dicha no es reconocida por cualquier razón, ninguno de los pines será activado y el Voice Direct ™ II sintetizará un mensaje apropiado de voz: "word not recognized".

Por cada palabra comando el Voice Direct™ II monitorea el nivel de ruido del historial (background), el Voice Direct™ II trabaja bien con historiales graduados en niveles altos de ruido (alrededor de 80 dB) tales como un ventilador, pero esto puede ocasionar errores en niveles muy bajos si el historial de ruido no está correctamente graduado (por ejemplo, un recinto de TV). Se obtiene mejores resultados en un sitio relativamente tranquilo.

Los errores también pueden aparecer si la palabra es hablada muy suavemente, muy fuerte (en voz alta), o muy rápidamente después del mensaje "Say word" emitido por el Voice Direct ™ II.

3.2.6.2 Modo single-trigger continuous listening (SCL)

Cuando se configura para el modo SCL, el Voice Direct ™ II al ser encendido o reiniciado, chequeará para conocer si alguna palabra ha sido entrenada. Si es así, el Voice Direct ™ II inmediatamente empezará a escuchar, esperando la palabra de disparo, si ninguna palabra ha sido entrenada, entonces el Voice Direct ™ II esperará que el usuario entrene una o más palabras. Después del entrenamiento, el pin –RECOG puede ser llevado a nivel bajo para iniciar la operación "escuchar continuamente".Si se decide no entrenar ninguna palabra comando, entonces un

reconocimiento exitoso de la palabra de disparo causará que las salidas se comporten como si la primera palabra comando hubiese sido reconocida (la salida 1 cambiará a nivel alto), esta característica es útil únicamente si una simple palabra de disparo es requerida. Se ha notado que el Voice Direct ™ II no necesita esperar completamente 3 segundos, si este escucha la palabra comando una vez que este detecta el silencio al final de la intervención, por lo tanto el proceso de reconocimiento empezará inmediatamente. Cuando una secuencia entrenada de palabras (palabra de disparo + palabras comando) es reconocida, los pines apropiados de salida darán un pulso cuyo tiempo en alto tarda un segundo:

Tabla 3.10. Pines de salida en alto "A" para el modo SCL.

RECONOCIMIENTO DE PALABRA	O/1	O/2	O/3	O/4	O/5	O/6	O/7	O/8
Disparo + palabra comando01 (disparo + palabras comando no entrenadas)	A							
Palabra/comando02		A						
Palabra/comando03			A					
Palabra/comando04				A				
Palabra/comando06					A			
Palabra/comando06						A		
Palabra/comando07							A	
Palabra/comando08								A
Palabra/comando09	A							A
Palabra/comando10		A						A
Palabra/comando11			A					A
Palabra/comando12				A				A
Palabra/comando13					A			A
Palabra/comando14						A		A
Palabra/comando15							A	A

3.2.6.3 Modo multi-trigger continuous listening (MCL)

El modo MCL trabaja de manera similar al modo SCL, excepto que el módulo está continuamente monitoreando hasta por tres palabras de disparo al mismo tiempo.
La palabra comando seguida a la palabra de disparo MCL será comparada únicamente con las plantillas en el conjunto correspondiente. Si ninguna palabra comando es entrenada, entonces un reconocimiento exitoso de una de las palabras de disparo MCL causará que las salidas se comporten como si la primera palabra comando en aquel conjunto hubiese sido reconocida. Por ejemplo, si ninguna palabra comando fuese entrenada para el conjunto dos, entonces la salida 2 y 4 cambiarían a nivel alto. Esta característica es útil en aplicaciones en las que se requiere hasta 3 activaciones o disparos pero no palabras comando, o cuando hay múltiples usuarios.

Tabla 3.11 Pines de salida en alto "A" para el modo SCL.

PALABRA DISPARO	PALABRA COMANDO	O/1	O/2	O/3	O/4	O/5	O/6	O/7	O/8
Palabra/disparo1	Palabra/comando 1	A			A				
Palabra/disparo1	Palabra/comando2	A				A			
Palabra/disparo1	Palabra/comando3	A					A		
Palabra/disparo1	Palabra/comando4	A						A	
Palabra/disparo1	Palabra/comando5	A							A
Palabra/disparo2	Palabra/comando1		A		A				
Palabra/disparo2	Palabra/comando2		A			A			
Palabra/disparo2	Palabra/comando3		A				A		
Palabra/disparo2	Palabra/comando4		A					A	
Palabra/disparo2	Palabra/comando5		A						A
Palabra/disparo3	Palabra/comando1			A	A				
Palabra/disparo3	Palabra/comando2			A		A			
Palabra/disparo3	Palabra/comando3			A			A		
Palabra/disparo3	Palabra/comando4			A				A	
Palabra/disparo3	Palabra/comando5			A					A

3.2.6.4 Modo single-trigger word-spotting (SWS)

Cuando se ha configurado para el modo Single-Trigger Word-Spotting el Voice Direct ™ II, al encender o ante un reinicio chequeará para conocer si alguna palabra ha sido entrenada, si es así, entonces el Voice Direct ™ II empezará inmediatamente a escuchar, es decir esperar por la palabra de disparo (en modo word-spotting). Si ninguna palabra ha sido entrenada, entonces el Voice Direct ™ II esperará que el usuario entrene una o más palabras. Después del entrenamiento se puede llevar el pin –RECOG à nivel bajo para iniciar el reconocimiento en este modo.

Después de un reconocimiento exitoso de la palabra de disparo o activación, hay una ventana de 3 segundos durante el cual el Voice Direct™ II esta escuchando, esperando, por una palabra comando (si es que se desea entrenar alguna). Si ninguna palabra comando es entrenada, entonces un reconocimiento exitoso de la palabra de disparo hará que las salidas se comporten como si la primera palabra comando hubiese sido reconocida (salida 1 cambiará a nivel alto). Esta característica es útil si únicamente una simple palabra de disparo es requerida. El Voice Direct ™ II no necesita esperar totalmente los 3 segundos si este escucha la palabra comando una vez que detecta el silencio al final de la intervención, el proceso de reconocimiento empezará inmediatamente.

Cuando la secuencia de palabras entrenada (palabra de disparo + palabra comando) es reconocida, los pines apropiados de salida darán un pulso en alto por 1 segundo.

Tabla 3.12 Pines de salida en alto "A" para el modo SWS.

RECONOCIMIENTO DE PALABRA	O/1	O/2	O/3	O/4	O/5	O/6	O/7	O/8
Disparo + palabra comando01 (disparo + palabras comando no entrenadas)	A							
Palabra/comando02		A						
Palabra/comando03			A					
Palabra/comando04				A				
Palabra/comando06					A			

Palabra/comando06						A		
Palabra/comando07							A	
Palabra/comando08								A
Palabra/comando09	A							A
Palabra/comando10		A						A
Palabra/comando11			A					A
Palabra/comando12				A				A
Palabra/comando13					A			A
Palabra/comando14						A		A
Palabra/comando15							A	A

3.2.6.5 Borrado de plantillas

Cuando simultáneamente los pines –TRAIN y –RECOG son puestos a tierra por al menos 100 mS, Voice Direct™ II borrará todas las plantillas, entonces Voice Direct™ II dirá "Memory erased", y luego saldrá del modo de borrado. No pueden ser borrados separadamente palabras individuales o conjuntos.

Para agregar la función de reconocimiento de voz al sistema de ahorro de energía y control por voz de circuitos de iluminación y fuerza de una vivienda se ha configurado y entranado al Voice Direct ™ II para que funcione en modo ESR.
Para esto se ha entrenado seis palabras las cuales permiten realizar las siguientes funciones:

Palabra uno: enciende el circuito de iluminación uno.
Palabra dos: apaga el circuito de iluminación uno.
Palabra tres: enciende el circuito de iluminación dos.
Palabra cuatro: apaga el circuito de iluminación dos.
Palabra cinco: enciende el circuito de fuerza.
Palabra seis: apaga el circuito de fuerza.

3.3 MICRÓFONO INALÁMBRICO Y RECEPTOR

El micrófono que se escogió para implementar la función de mando a distancia a través del sistema de reconocimiento de voz es un micrófono profesional de alta calidad, para su funcionamiento es indispensable utilizar una batería de 1.5 V cuyo

tamaño es AA, posteriormente insertar la antena para luego posicionar el switch en la posición ON, en esta posición se debe verificar que el led indicador esté encendido. El receptor funciona con una alimentación de 1.5 V, cuando se necesite temporalmente parar de utilizar éste y no se desee que el micrófono capte cualquier otro sonido, se debe colocar el switch en la posición media (MIC), ahora el led está aún encendido pero el micrófono no transmitirá ningún sonido.
Si la calidad acústica y el volumen es anormal o si la distancia de recepción es corta es posible que la alimentación en el micrófono inalámbrico y en el receptor sea insuficiente, además también es posible configurar la frecuencia del receptor con un destornillador para llegar a la operación normal teniendo el debido cuidado.
Si el micrófono no es usado por un largo periodo, la alimentación debería ser retirada para evitar que éste se deteriore y dañe sus componentes.

3.3.1 ESPECIFICACIONES:

Sensibilidad del micrófono: -72 dB
Direccionalidad: unidireccional.
Respuesta de frecuencia: 100 a 10000 Hz.
Impedancia de salida: 600 ohm.
Voltaje de operación: 3V o 1.5 V DC.
Distancia Efectiva: 15 a 30 metros.

3.4 SISTEMA DE CONTROL A DISTANCIA POR RADIOFRECUENCIA (CONTROL REMOTO Y RECEPTOR).

Para el control a distancia del sistema de reconocimiento de voz Voice Direct ™ II se utiliza un receptor de radio frecuencia y un control de cuatro botones. Al pulsar cada uno de los cuatro botones se obtiene un tren de pulsos diferente para cada botón. Lo cual es útil en aplicaciones que requieran códigos de seguridad, estos códigos pueden ser combinación de los diferentes botones, es decir, botones numerados del 1 al 3 mas un botón de mando. En la Figura. 3.1 se muestra el circuito del receptor con sus diferentes entradas y salidas.

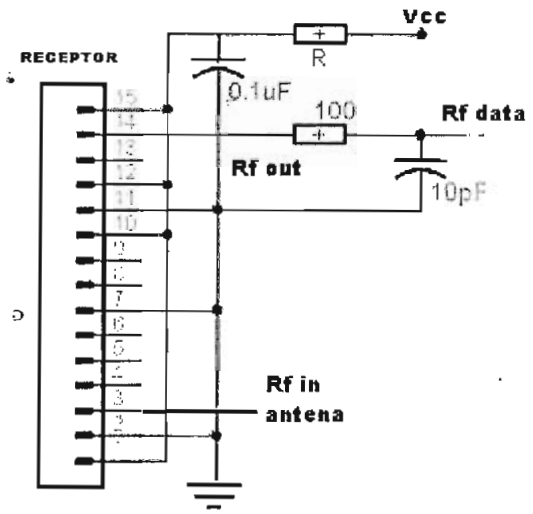


Fig. 3.1 Receptor de radiofrecuencia (entradas y salidas)

No se ha podido obtener las demás especificaciones técnicas de estos elementos dado que esta es información es clasificada y propiedad de Road Track Ecuador.

3.5 SENSORES DE PRESENCIA LX22 (INFRARED MOTION SENSOR).

El LX22 infrared sensor switch es un nuevo switch de ahorro de energía luminosa, constituido por un detector de alta sensibilidad integrado en un circuito el cual contiene un controlador de silicio, éste posee funciones prácticas las cuales se describen a continuación.

El amplio rango de detección es de arriba abajo, de izquierda a derecha en el campo de servicio; éste utiliza la energía infrarroja proveniente del cuerpo humano como fuente de señal de control, es decir, cuando un humano entra dentro del campo de detección éste encenderá la carga controlada, este sensor puede identificar día y noche automáticamente y tiene como funciones las indicaciones de encendido y detección.

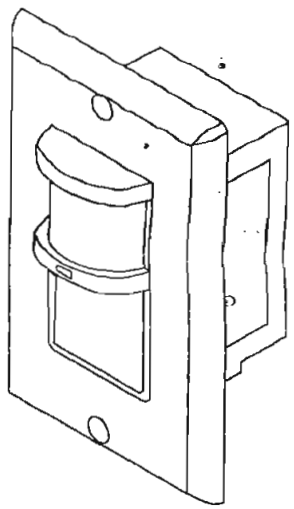


Figura. 3.2 Vista lateral del sensor de presencia LX22 infrared sensor switch

3.5.1 ESPECIFICACIONES

Fuente de alimentación: 100V/AC- 277V/AC
Frecuencia de operación: 50-60 Hz.
Rango de detección: 180°
Distancia de detección: 9m (<24°)
Temperatura de trabajo: -20 a 40°
Luz ambiente: 2-1000 LUX (ajustable)
Humedad de trabajo: < 93% RH
Tiempo de retardo: min: 8 seg ± 3 seg, Max: 7min ± 2 min
Alto de instalación: 1m – 1.6 m
Consumo de potencia: 0.45W (estático 0.1W)
Tipo de carga: 300W max (110 V/AC)
Velocidad de detección de movimiento: 0.6- 1.5m/s.

3.5.2 FUNCIONES.

A continuación se presentan las funciones del sensor de presencia:
Campo de detección: amplio rango de abajo a arriba de izquierda a derecha en el campo de servicio (ver Figura. 3.3). Éste posee una relación entre la sensibilidad y

la orientación de movimiento, por lo que se debe seleccionar cuidadosamente la posición en que se va a instalar.

Además el sensor puede identificar día y noche automáticamente lo cual debe ser ajustado de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Indicador de detección: el led indicador titila una vez cuando el sensor recibe una señal para mostrar que la detección es regular.

Tiempo de retardo añadido continuamente: cuando el sensor recibe la segunda señal inducida después de la primera inducción, éste puede computar el tiempo una vez más en el resto del primer retardo básico de tiempo (este parámetro debe ser configurado).

Detección al ponerse en contacto: el sensor encenderá la carga cuando el cuerpo humano entre en contacto con la línea de contacto.

Tiempo de retardo ajustable: este puede ser ajustado de acuerdo a las decisiones del consumidor. El mínimo tiempo es 8seg ± 3 seg, el máximo tiempo es 7min ± 2 min

Modos de funcionamiento: el sensor posee tres modos de funcionamiento: automático, encendido y apagado.

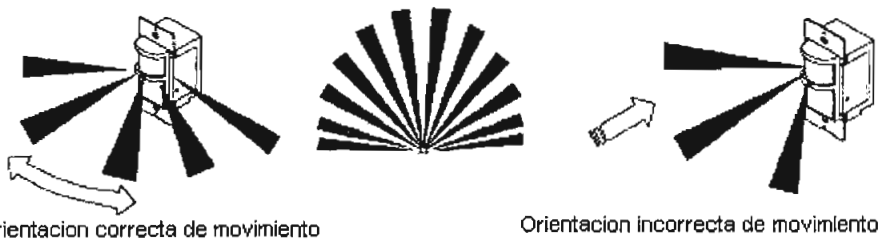


Figura. 3.3 Campo de detección y ubicación correcta del LX22 infrared sensor switch.

3.5.3 INSTALACIÓN.

Los pasos a seguir para una correcta instalación y funcionamiento del sensor son:

Se debe desconectar la alimentación para evitar posibles daños durante la instalación.

Los cables de alimentación y la carga se deben conectar con el sensor de acuerdo a la Figura. 3.4 (conexión de cables).

Seguidamente a lo anterior levantar la cara de la tarjeta apagada, luego fijar el sensor en la posición que se desee que funcione mediante los tornillos.

Para probar su correcto funcionamiento se debe conectar la alimentación después de tapar la cara de la tarjeta y haber fijado los tornillos fuertemente.

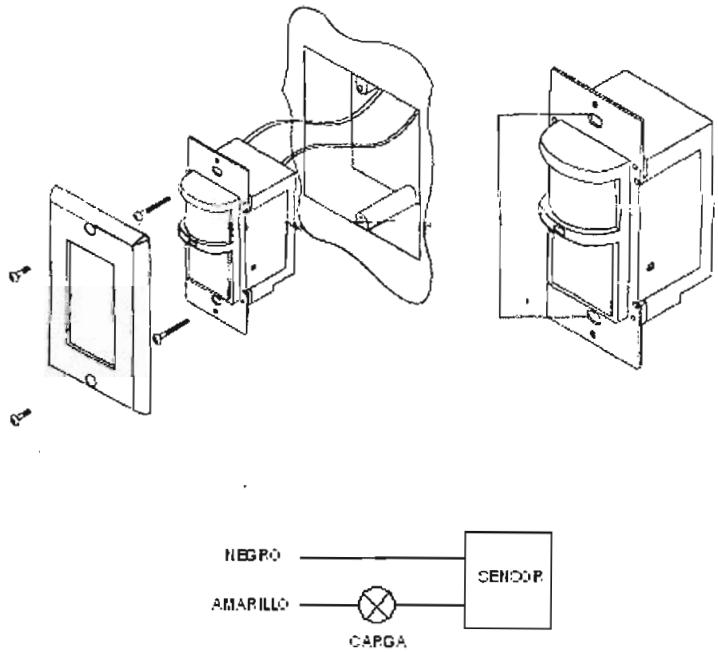


Figura. 3.4 instalación del sensor LX22 infrared sensor switch.

Para probar el correcto funcionamiento del sensor se debe seguir los siguientes pasos:

Levantar la cara de la tarjeta apagada, girar el selector del tiempo en sentido antihorario para seleccionar el tiempo mínimo, luego girar el selector de luminosidad (LUX) en sentido horario para seleccionar el máximo nivel y finalmente colocar el botón de presión en la posición AUTO.

Después encender la alimentación, si el paso anterior se realizó correctamente la carga controlada debería empezar a trabajar, es decir, el led indicador debería titilar una vez y después de un tiempo aproximado de 10 segundos la carga debería parar de trabajar; sin embargo si éste es inducido después de 10 segundos el led indicador debería titilar una vez mas y la carga debería empezar a trabajar nuevamente. Bajo la condición de ninguna señal inducida la carga debería parar de trabajar dentro de 5 a 15 segundos.

Después de esto colocar "LUX" a nivel mínimo girando el potenciómetro antihorariamente luego cubrir la ventada de detección con un objeto opaco, entonces la carga debería trabajar dentro de 5 a 10 segundos, (el sensor debería trabajar continuamente después de detectar la señal continua inducida si la carga está aún trabajando), la carga debería no trabajar después de 10 segundos de haber quitado el cuerpo opaco; si este se induce nuevamente la carga debería trabajar, bajo la condición de ninguna señal inducida la carga parará de trabajar dentro de 5 a 15 segundos.

Si oprime el botón de presión a OFF el sensor debería apagar la carga.

Si coloca este en la posición ON el sensor trabajara continuamente.

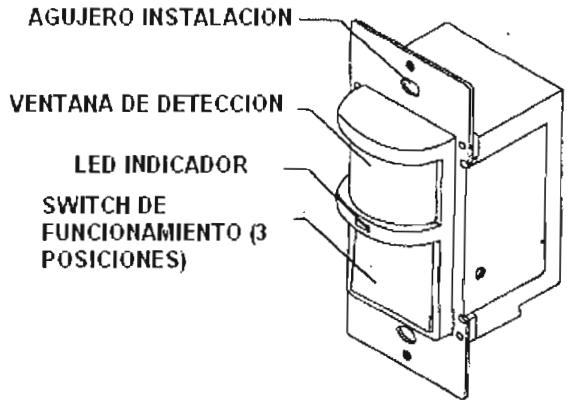


Figura. 3.5 componentes externos del LX22 infrared sensor switch.

Para un funcionamiento eficiente del sensor los objetos que provoquen disturbios no deben estar en el campo de acción del sensor, no debe haber estorbos u objetos que provoquen disturbios que afecten la detección en el frente de la ventana de detección.

Por lo dicho anteriormente se debe evitar instalar éste cerca de zonas que alteren la temperatura, por Ej.: aire acondicionado, calefacción central, etc.

3.6 PARTES CONSTITUTIVAS DEL PROYECTO

3.6.1 ARQUITECTURA.

En esta etapa se eligió, para la construcción del proyecto, un sistema central constituido por el microcontrolador PIC16F876, el cual será el encargado de la adquisición de las señales acondicionadas, obtenidas de las salidas de los sensores, el tratamiento de estas, monitoreo y utilización de datos; así como también será el encargado de excitar a los diferentes actuadores.

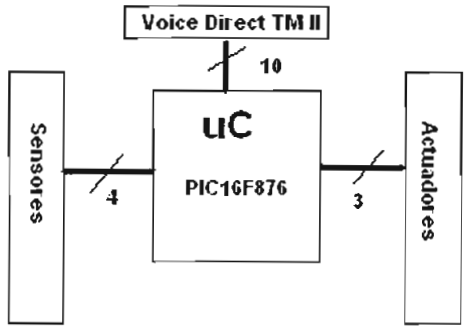


Figura. 3.6 Arquitectura.

3.6.1.1 Recursos utilizados del microcontrolador PIC 16F876.

Para la implementación del sistema se hace uso de los siguientes recursos del microcontrolador:

1- Procesador

2. Memoria no volátil para contener el programa

3. Memoria de lectura y escritura para guardar los datos

4. Líneas de E/S para los controladores de periféricos:

5. Recursos auxiliares

- Circuito de reloj

3.6.1.2 Fuentes de alimentación del módulo.

En la mayoría de las aplicaciones se requiere una tensión fija y estable de un determinado valor. La línea de reguladores ideales para este tipo de necesidades es la conocida como LM78XX.

Cada uno de estos dispositivos posee sólo tres terminales, una corresponde a la entrada de tensión no regulada, otra es la salida regulada y la restante es la masa común a ambas. Resumiendo, y para comprender completamente la simplicidad de una fuente de alimentación de este tipo, sólo basta observar el diseño de la Figura. 3.7

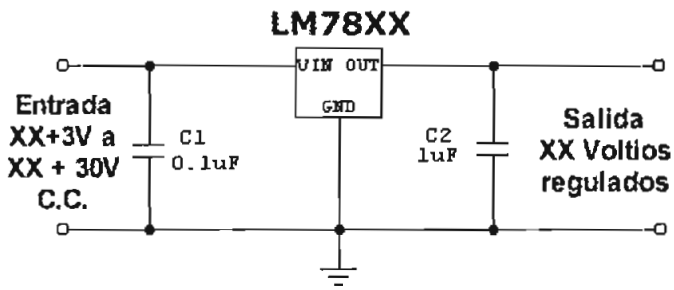


Figura. 3.7 Diseño de una fuente de alimentación regulada con el LM78XX

Como se observa se requiere agregar dos capacitores al circuito integrado. La función de cada uno de ellos es: C1, que se halla a la entrada del regulador, filtra la tensión de posibles transitorios y picos indeseables, mientras que C2, que se encuentra a la salida, disminuye la tensión de rizado de salida, a la vez que evita oscilaciones.

En cuanto a la tensión de entrada esta acepta un rango muy amplio. Por ejemplo, si el regulador elegido es uno de nueve voltios (LM7809), la tensión de entrada podrá ser de entre 12 y 39 voltios.

Para realizar una fuente de alimentación fija completa, observar la Figura. 3.8, solo se debe hacer una leve modificación al circuito de la Figura.3.7.

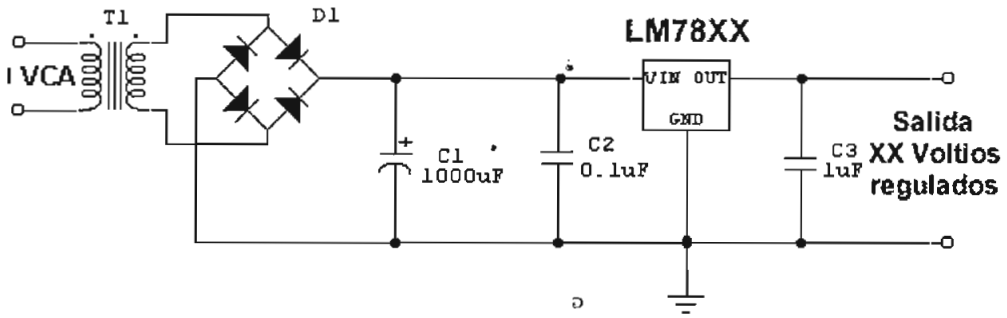


Figura. 3.8 Fuente de alimentación fija completa usando los CI LM78XX

En este diseño se parte directamente de la tensión alterna de red (110 V), en primer lugar, como es lógico, la tensión es reducida hasta un valor adecuado usando un transformador, luego, esta tensión alterna de bajo valor es rectificada por el puente D1, obteniéndose así una señal de onda completa, la cual se filtra por medio de C1 consiguiéndose de esta forma una tensión continua no estabilizada, que es inyectada al circuito regulador.

A continuación se muestra las fuentes implementadas para el módulo del proyecto.

3.6.1.2.1 Fuente de 5 V.

En la Figura. 3.9 se muestra la fuente que alimentará a todo el circuito de control, excepto al circuito del receptor de radiofrecuencia que será el encargado de iniciar el proceso de reconocimiento de voz, pues durante las pruebas realizadas al módulo, se detectó problemas de interferencia, lo cual ocasionaba falsos disparos del receptor produciendo un funcionamiento caótico del sistema. Esto se solucionó incorporando otra fuente de iguales características a la mostrada en la Fig. 3.9 pero aisladas las tierras de las dos fuentes para evitar que se transmita el ruido a través de ellas. Se ha añadido un led indicador de funcionamiento para el cual se tiene:

Para una corriente de circulación a través del led de 10 mA se tiene:

$$R_1 = \frac{5V - V_{Led}}{i_{Led}} = \frac{5V - 1.6V}{10mA} = 340\Omega$$

De donde R_1= 470

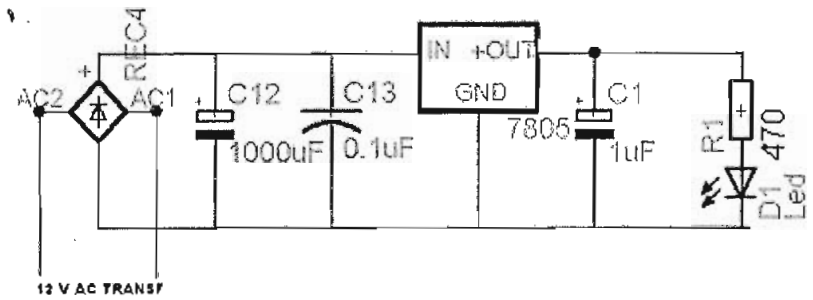


Figura. 3.9 Fuente regulada de 5 V con el LM7805

3.6.1.2.2 Fuente de 12 V.

En la Figura. 3.10 se muestra la fuente que alimentará a los circuitos de mando de los actuadores (relés de 12 V), ésta posee un led indicador de funcionamiento.

Para una corriente de circulación a través del led de 10 mA se tiene:

$$R_9 = \frac{12V - V_{Led}}{i_{Led}} = \frac{12V - 1.6V}{10mA} = 1040\Omega$$

De donde R_9= 1K

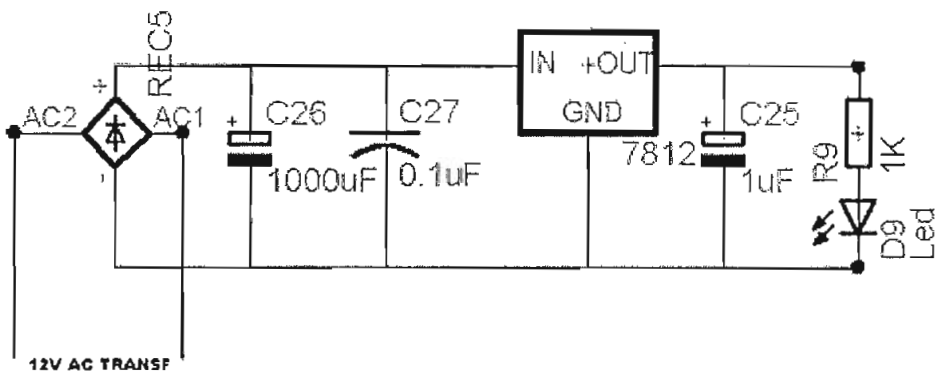


Figura. 3.10 Fuente regulada de 12 V con el LM7812

3.6.1.2.3 Fuente de 9 V y 1.5 V.

En la Figura 2.11 se muestra los circuitos implementados para obtener dos fuentes de voltaje, la de 9V servirá para alimentar al Voice Direct ™ II, mientras que la fuente de 1.5 V alimentará al receptor del micrófono.

Para una corriente de circulación a través del led de 10 mA se tiene:

$$R_7 = \frac{9V - V_{Led}}{i_{Led}} = \frac{9V - 1.6V}{10mA} = 740\Omega$$

De donde R_7= 750

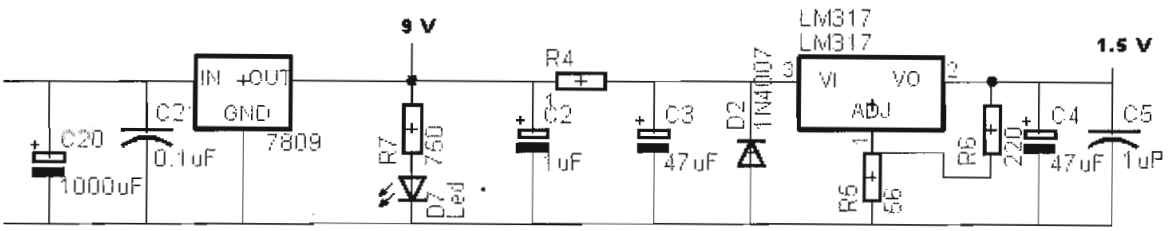


Fig. 3.11 Fuente regulada de 9 V con el LM7809 y fuente de 1.5 V mediante el LM317.

3.6.1.3 Circuito de reset externo y oscilador de 12MHz para el PIC 16F876.

El circuito mostrado en la Figura. 3.12 permite reiniciar al microcontrolador PIC16F876, este circuito está constituido por un circuito antirebotes, el cual será el encargado de dar una señal en nivel bajo (0V) a la entrada MCLR (pin1) cuando es activado el pulsador P. Adicionalmente en la Figura. 3.13 se observa la conexión del oscilador de 12 MHz con los capacitares recomendados por el fabricante.

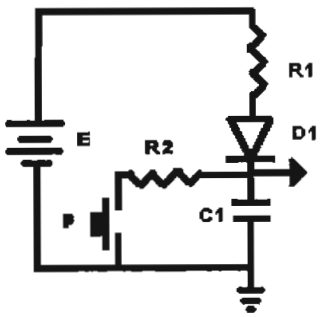


Figura. 3.12 Circuito de reset para el PIC16F876

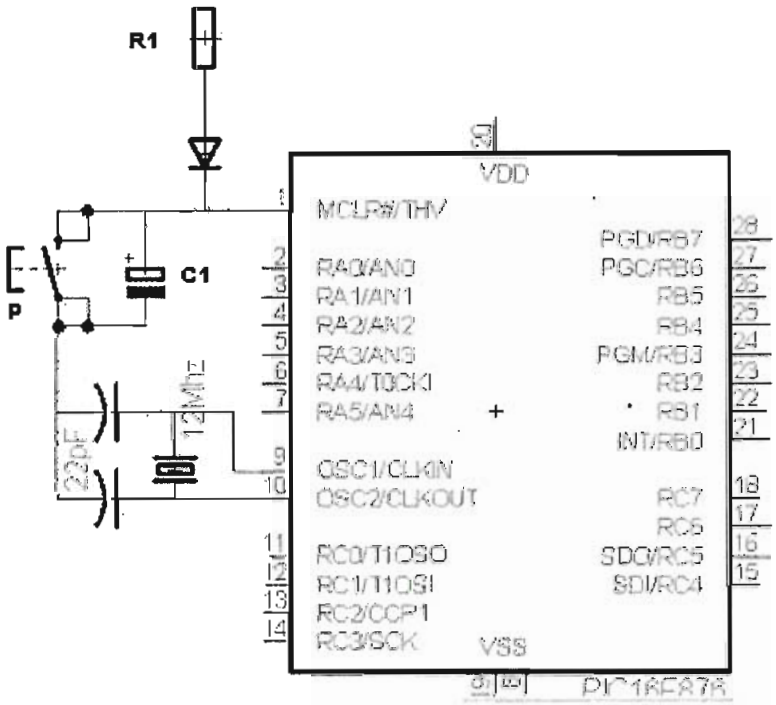


Figura. 3.13 Circuito de reset y oscilador para el PIC16F876

3.6.1.4 Un circuito para almacenar actualización y almacenamiento de datos integrado Latch MC74HC374 entre el VOICE DIRET™ II y el PIC.

Dado que las salidas del Voice Direct ™ II, cuando una palabra es reconocida permanecen en nivel alto (3.3 V) por un segundo, es necesario un dispositivo que retenga tal dato, para esto se ha utilizado el CI Latch MC74HC374, éste estará entre las ocho salidas (OUT1 – OUT8) del Voice Direct ™ II y las ocho entradas del PIC16F876 como se muestra en la Figura.3.14

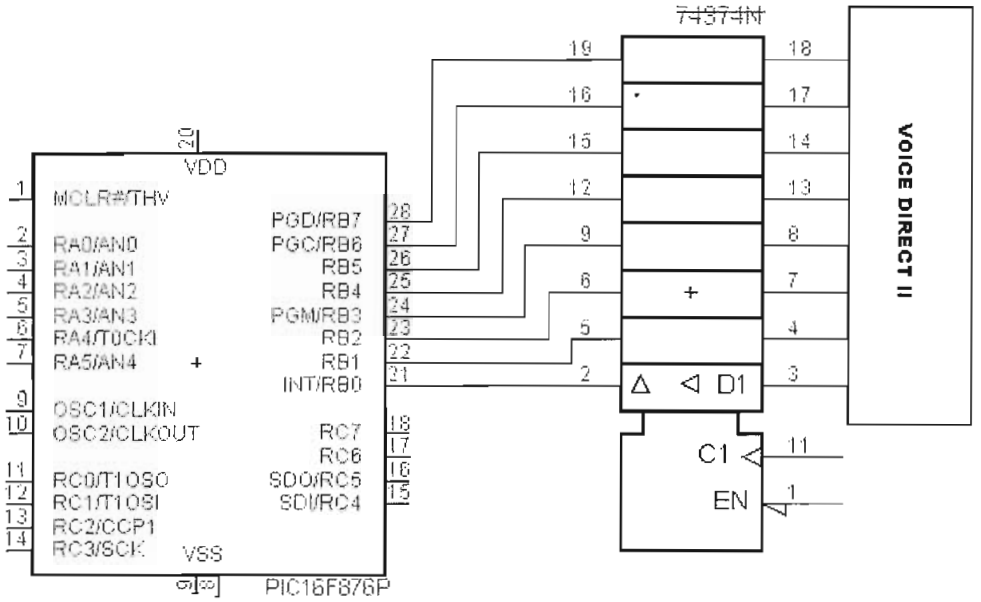


Figura. 3.14 Circuito de retención de datos Latch MC74HC374 entre el PIC y Voice Direct ™ II

Este Latch es octal con salidas de tres estados compuesto por flip-flop tipo-D de baja potencia para buses organizados en un sistema de aplicación. Los flip-flops son transparentes para el dato (el dato cambia asincrónicamente) cuando Latch enable (LE) está en nivel alto. Cuando LE está en nivel bajo, el dato que se tiene en el tiempo de actualización es guardado. El dato aparece en el bus cuando el pin habilitación de salida (OE) está en nivel bajo mientras que cuando OE está en nivel alto la salida del bus está en estado de alta impedancia. La señal de circuito de reloj (CP) y habilitación de salida (OE) es común para todos los flip-flops.

3.6.1.5 Un circuito de reloj, timer(LM555) y compuertas OR (74LS32) entre el VOICE DIRECT™ II y el Latch.

Cuando una palabra es reconocida por el Voice Direct ™ II una o dos de sus ocho salidas cambian a nivel alto, sin embargo estas permanecen así solo por un segundo. Para que los datos de las ocho salidas del último evento estén presentes en la entrada del puerto B del PIC16F876 permanentemente se utiliza el latch MC74HC374, los datos presentes en las entradas de éste serán guardados en el flanco de subida de la señal de reloj que se debe ingresar en el pin 11 del Latch. Esta señal de reloj no se debe tomar directamente de la salida ocho de la compuerta

OR del CI V1 mostrado en la Figura 3.15 pues de ser así, siempre los datos que se guarden en el Latch serian ceros lógicos, por tanto es necesario que el flanco de subida de la señal de reloj sea menor a 1 segundo a partir del momento que el Voice Direct TM II reconoce la palabra y cambia los niveles de sus ocho salidas. Para esto se utiliza un timer en configuración de circuito monoestable a partir del LM555. El circuito diseñado para este fin se muestra en la Figura. 3.15 mientras que en la Figura. 3.16 se muestra el diagrama de tiempos de su funcionamiento.

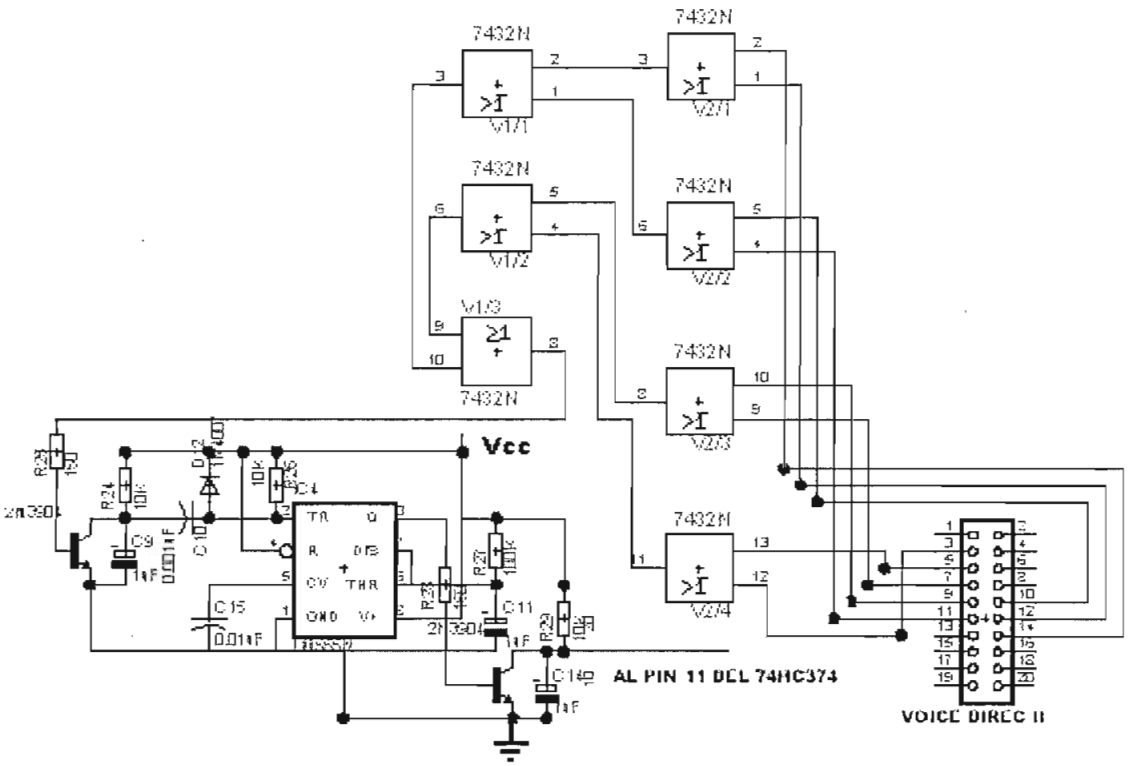


Figura. 3.15 Señal de reloj para el Latch MC74HC374

La señal de salida ocho de la compuerta OR del CI V1/3 se ingresa a un circuito antirebotes a través de la resistencia R25, la cual hace que la entrada al capacitor C10 cambie de 5V a 0 V. El timer en la configuración mostrada funciona como monoestable, es decir da un pulso de duración 100 mS a partir del instante que el nivel de voltaje en su pin 2 cambia de nivel alto a bajo, la duración del pulso es fijada mediante los valores del resistor R27 y C11. La señal de salida (PIN 3) del timer LM555 se ingresa a otro circuito antirebotes a través de R28, el cual será el

encargado de dar la señal de reloj al Latch MC74HC374 en el pin 11 para que éste actualice sus datos.

Los valores para R_{27} y C_{11}, para obtener un pulso de 100 mS, se calculan a continuación:

Para un t_{alto} = 200 mS se escoge R_{27}= 100 K

Dado que:

$$t_{alto} = \frac{R_{27} * C_{11}}{\ln 3}$$

Entonces

C_{11} = 2.2uF

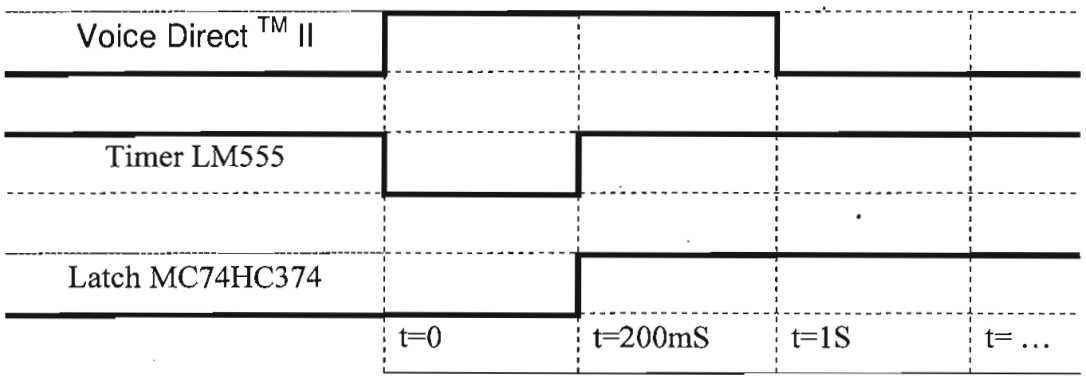


Figura. 3.16 Diagrama de tiempos del funcionamiento del circuito de reloj de la Figura.3.15

3.6.1.6 Acondicionadores de señal de los sensores de presencia LX22 (INFRARED MOTION SENSOR).

Para una parte del control de los circuitos de iluminación se usarán dos sensores de presencia, cuando el sensor de presencia detecta que alguien ha entrado en su campo de cobertura éste cambiará su salida de OFF (0 V AC) a ON (120V AC). Esta señal debe ser acondicionada para ingresar al PIC, esto se lo hace a través de un transformador reductor, un regulador de voltaje LM7805 y un opto transistor como se muestra en la Figura. 3.17

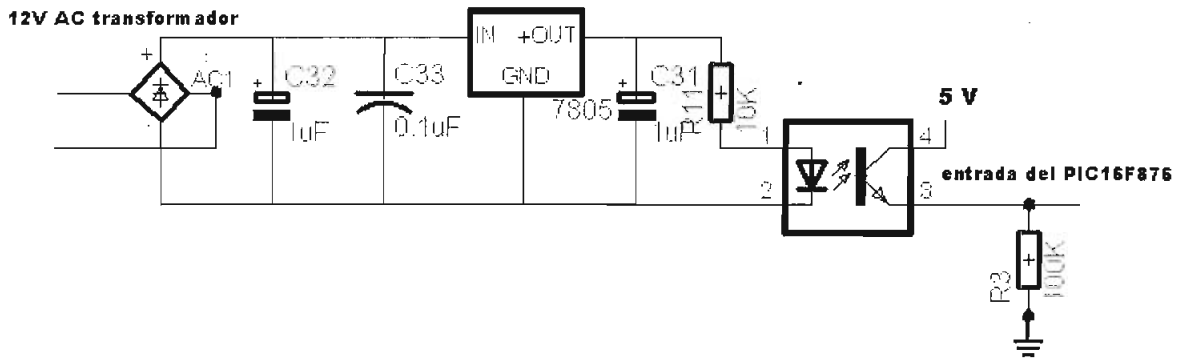


Figura. 3.17 Acondicionador de señal del sensor de presencia (entrada 120 V AC, salida 5 V DC).

Cálculo de R_3 y R_{11} del optotransistor.

$$5V = i * R_{11} + V_d$$

Para un V_d = 1.6 V y i= 300 uA

Se tiene R_{11} = 11333.33 Ω de donde R11= 10K

Nuevamente LVK se tiene:

$$5V = i * R_3 + V_{CEsat}$$

Para un V_{CEsat} = 0.2 y i = 50 uA se tiene:

R_3 = 96K de donde R_3 =100 K

Transformador 120/12 500mA

Rectificador (Puente de diodos) 1 A

Regulador 7805

3.6.1.7 Mando manual.

Los circuitos de iluminación también tienen la posibilidad de funcionamiento en modo manual, para esto se ha previsto la utilización de dos interruptores cada uno comandará un circuito de iluminación diferente, en la Figura. 3.18 se muestra el circuito implementado para realizar esta función. Cuando uno de estos es accionado envía una señal al PIC para su respectivo procesamiento. Además se visualiza su funcionamiento a través de los leds D3 y D4 para lo cual se tiene:

Una corriente de 10 mA a través de cada led:

$$R_{12} = R_{13} = \frac{5V - V_{Led}}{i_{Led}} = \frac{5V - 1.6V}{10mA} = 340\Omega$$

De donde R_{12}= R_{13}=470

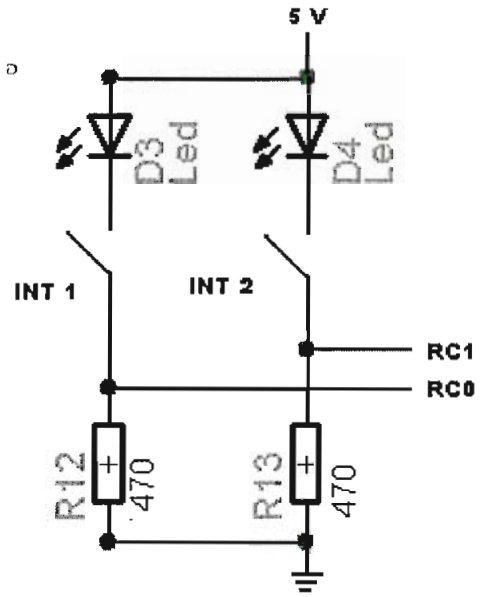


Figura. 3.18 Circuito para el mando manual del sistema.

3.6.1.8 Actuadores.

Para la activación de cada uno de los circuitos de iluminación y fuerza se utiliza relés, cuyo voltaje de excitación es 12V, mientras que sus contactos pueden gobernar una corriente máxima de 30 A a 120 V AC. El mando de estos se lo hace a través de las salidas RC4, RC5 y RC6 del PIC. Para proteger el circuito de control se ha aislado a estos mediante los optotransistores ECG3081, dado que estos optotransistores tienen una baja potencia de disipación es necesario utilizar los transistores ECG48T, los cuales son del tipo Darlington y pueden manipular una corriente máxima de 1 A con una potencia de disipación de 1 W. El diseño del circuito de mando se muestra en la Figura.3.19

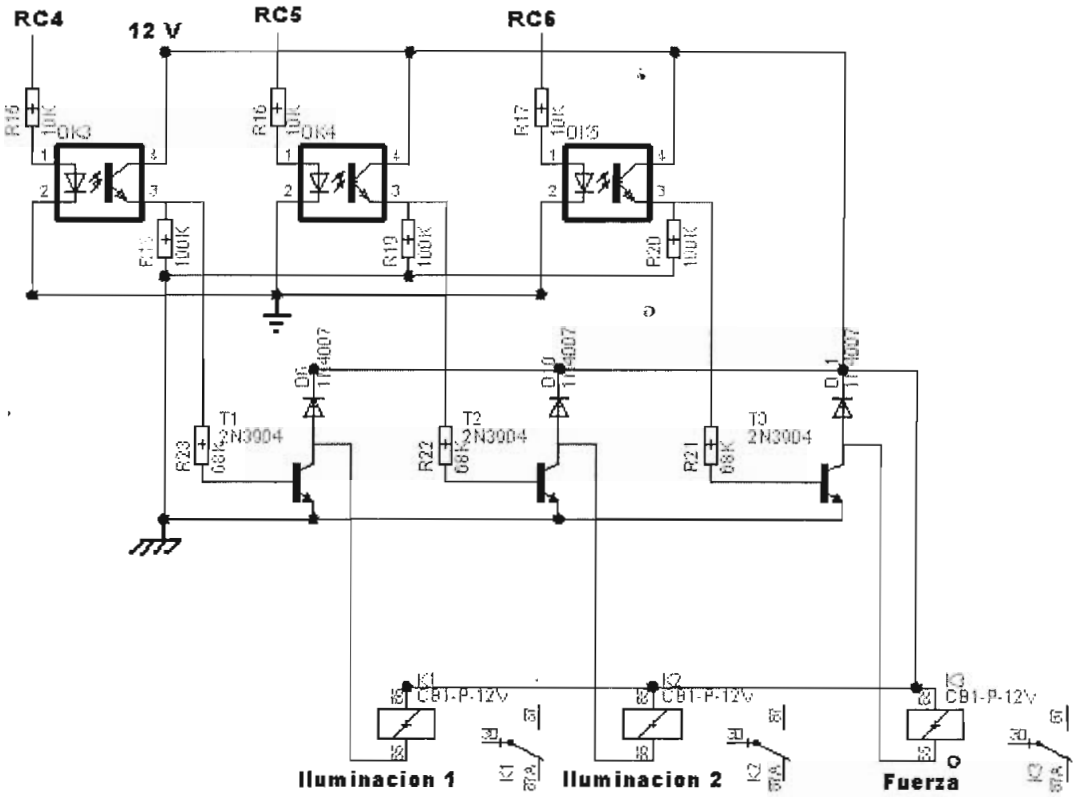


Figura. 3.19 Control de relés que activan los circuitos de iluminación y fuerza en modo automático.

R_{15}= R_{16}= R_{17}; R_{18}= R_{19}= R_{20}; R_{21}= R_{22}= R_{23}

Para sacar una corriente máxima de 300 uA de las salidas del PIC para excitar a los optotransistores se tiene:

Aplicando LVK:

$$5V = i * R_{15} + V_d$$

Para un V_d = 1.6 V y i= 300 uA

Se tiene R_{15} = 11333.33 Ω de donde R_{15}= 10K

Nuevamente LVK se tiene:

$$12V = i * R_{18} + V_{CEsat}$$

Para un V_{CEsat} = 0.2 y i = 100 uA se tiene:

R_{18} = 118K de donde R_{18} =100 K

Los diodos D6, D10 y D11 sirven como protección de los relés, pues cuando el voltaje se elimina súbitamente de sus bobinas, la tensión inducida en estas se incremente de acuerdo a:

$$V_b = L\frac{di_b}{dt}$$

Por lo que si i_b cambia bruscamente de su valor en estado estable a cero en un tiempo infinitesimal el voltaje,se incrementará substancialmente, para evitar esto se ha colocado estos diodos en antiparalelo con las bobinas con el fin de proporcionar un camino de retorno a la energía remanente en las bobinas la cual en última instancia será disipada en la resistencia parásita de éstas.

3.6.1.9 Circuito de mando a distancia del Voice Direct™ II.

Para iniciar el proceso de reconocimiento de voz de manera remota se utiliza un control remoto, el cual envía una señal de radiofrecuencia al receptor mostrado en la Figura. 3.20 Al presionar cada uno de los cuatro botones del control remoto se obtiene diferentes señales en el pin 14 del receptor. Las señales obtenidas en el pin 14 son trenes de pulsos de diferente duración lo cual hace posible distinguir cada uno de los cuatro botones. Dado que la señal obtenida es un tren de pulsos, es necesario filtrarla, de manera de obtener un único pulso por cada vez que es presionado un botón, de otra forma el Voice Direct ™ II entraría al modo de *reconocimiento* varias veces, lo cual provocaría un daño irreversible a éste. Para esto se implementa una etapa la cual está constituida por un acoplador de impedancias mediante el amplificador operacional del CI IC12A, un circuito antirebotes y un optotransistor, pues es necesario aislar este circuito del Voice Direct ™ II para proteger éste último, puesto que el trabaja a un voltaje de 3.3 V, mientras que el receptor de radiofrecuencia trabaja con una alimentación de 5V.

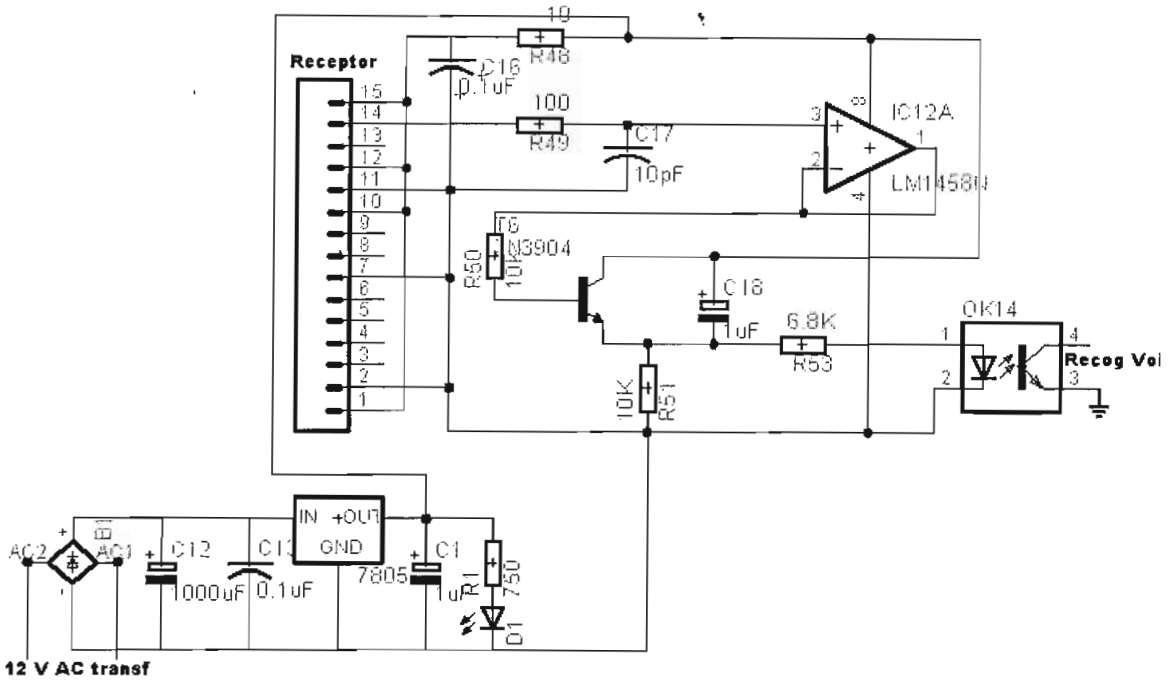


Figura. 3.20 Módulo encargado de iniciar el proceso de reconocimiento de voz.

Los valores de R_{48}=10Ω, R_{49}=100 Ω, C_{16}=0.1uF y C_{17}=10pF son recomendados por el fabricante.

Para una corriente máxima de 500uA para excitar al optotransistor se tiene:

$$5V = i * R_{15} + V_d + V_{CE}$$

Para V_d = 1.6 V, V_{CE} = 0.2 V y i= 500 uA

Se tiene R_{15} = 6.4K de donde R_{15}= 6.8K

El circuito antirebotes está gobernado por las siguientes ecuaciones:

$$i_C = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_C = E\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Donde ζ= R*C en este caso es igual a R_{51}* C_{18}

Para una ζ= 10mS y R_{51}= 10K se tiene C_{18}= 1uF

Finalmente en la Figura 3.21 se muestra del circuito final acoplado todas sus partes.

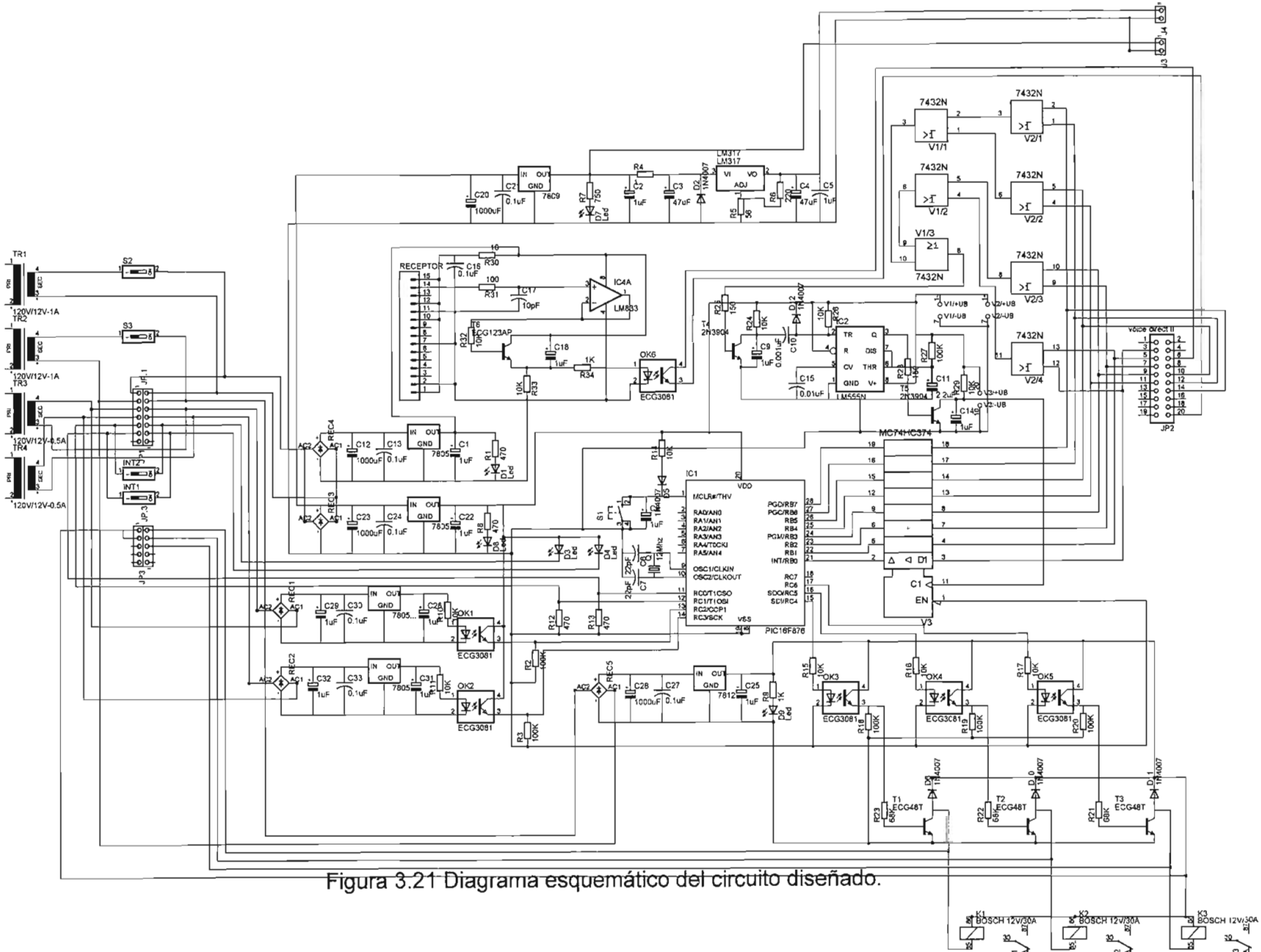


Figura 3.21 Diagrama esquemático del circuito diseñado.

3.6.2 SOFTWARE CONFIGURADOR.

Para el control del sistema de ahorro se energía se ha desarrollado un software en asembler, el cual ha sido simulado mediante el programa computacional MPLAB. Este software está compuesto por el programa principal y las subrutinas que controlan el accionamiento de los diferentes circuitos. Para su mayor comprensión se detalla su funcionamiento:

En el programa principal se establece el tipo de procesador a utilizar, el cual es el microcontrolador PIC16F876, también el tipo de numeración del que se hará uso (hexadecimal) y además se incluye las librerías para la definición de los registros internos. Posteriormente se define las etiquetas para los registros de la memoria RAM a utilizar. En la parte principal del programa se configura el puerto B como entradas discretas, mientras que los cuatro pines bajos (RC0-RC4) del puerto C se configuran como entradas y los cuatro pines altos (RC4-RC7) como salidas, todos como señales digitales.

Las entradas digitales (RB0-RB7) del puerto B estarán conectadas a las ocho salidas (OUT1-OUT8) del Voice Direct TM II a través del Latch MC74HC374

Los pines del puerto C están conectados como se indica a continuación:

RC0: Entrada del interruptor del circuito de iluminación uno

RC1: Entrada del interruptor del circuito de iluminación dos.

RC2: Entrada del sensor de presencia conectado al circuito de iluminación uno.

RC3: Entrada del sensor de presencia conectado al circuito de iluminación dos.

RC4: Salida que controla el encendido/apagado del circuito de iluminación uno.

RC5: Salida que controla el encendido/apagado del circuito de iluminación dos.

RC6: Salida que controla el encendido/apagado del circuito de fuerza.

Luego de configurar las entradas/salidas del PIC se limpia todos los registros que se usan.

Al encender el sistema o ante un reset, el programa se ejecuta sentencia a sentencia de forma secuencial. Inicialmente se lee el puerto B para conocer cual es la palabra dicha en el último evento y reconocida por el Voice Direct TM II, ésta es comparada con la última palabra almacenada en el PIC, si éstas son diferentes se interrumpe la secuencia del programa para ingresar a una subrutina, en donde dependiendo de lo que la palabra reconocida requiera, se encenderán o apagarán los circuitos de iluminación o fuerza. Si la última palabra dicha es igual a la palabra del último evento almacenada en el PIC, el programa seguirá su secuencia. La siguiente instrucción del programa permite leer el puerto C, nuevamente, se verifica si alguna de las entradas ha cambiado, si es así, el programa salta a una subrutina donde se define cual de las entradas ha cambiado respecto al último evento, dependiendo de cual de las entradas ha cambiado se envía a encender/apagar los diferentes circuitos de iluminación.

A continuación se presenta el diagrama de flujo para el programa implementado:

3.6.2.1 Diagrama de flujo del sistema de ahorro de energía y control por voz.

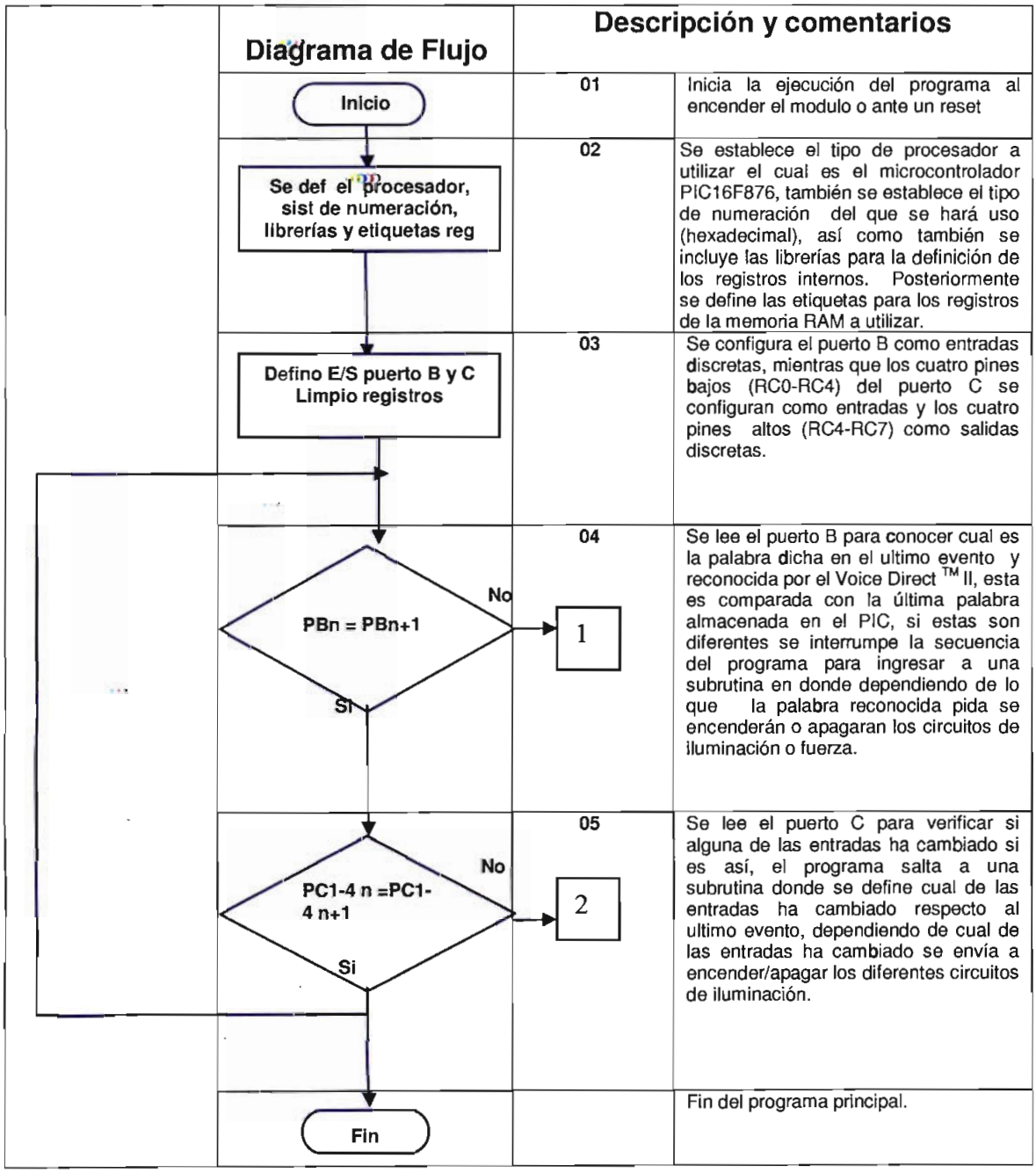


Figura 3.22 Diagrama de flujo del programa principal.

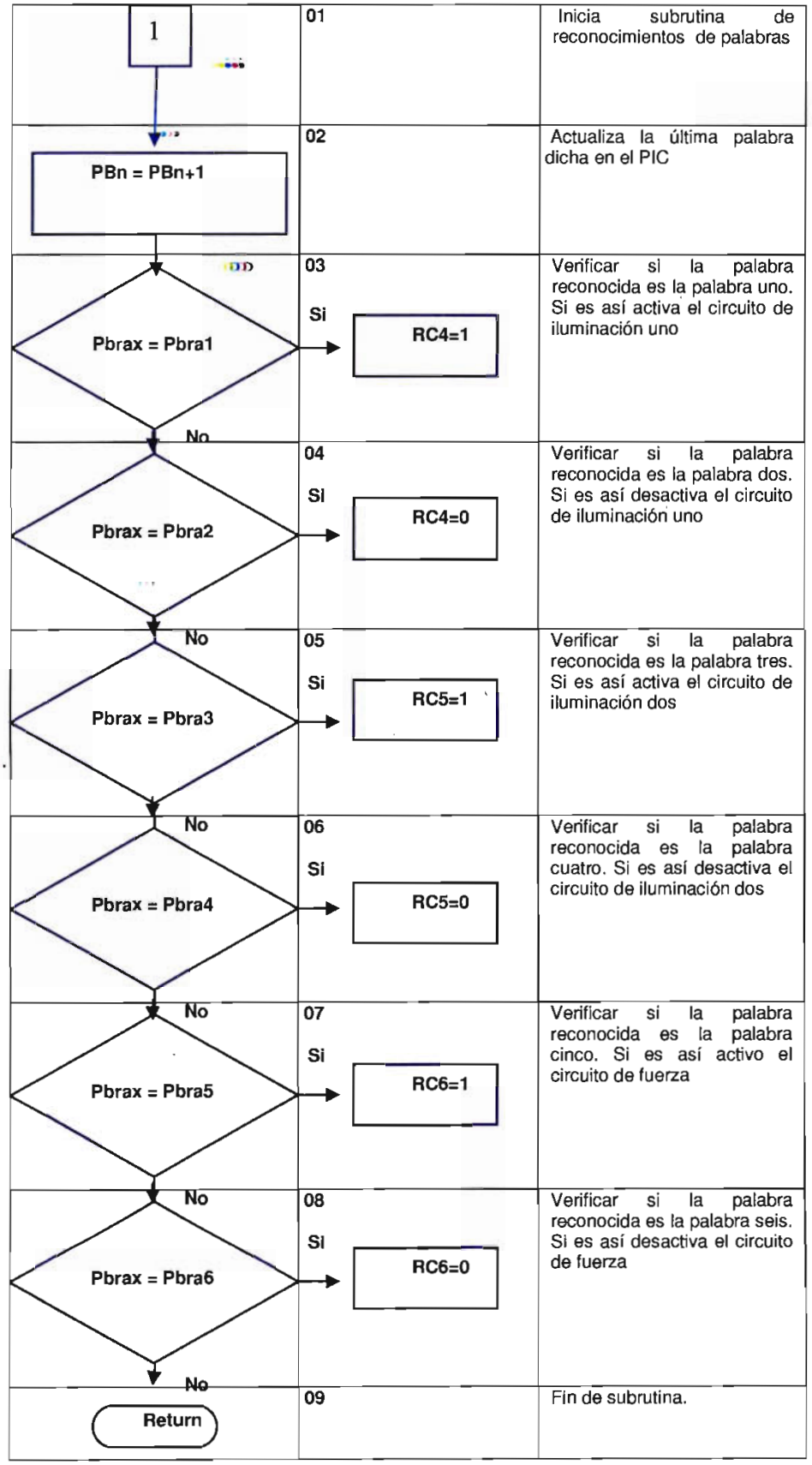


Figura 3.23 Diagrama de flujo subrutina reconocimiento de palabras.

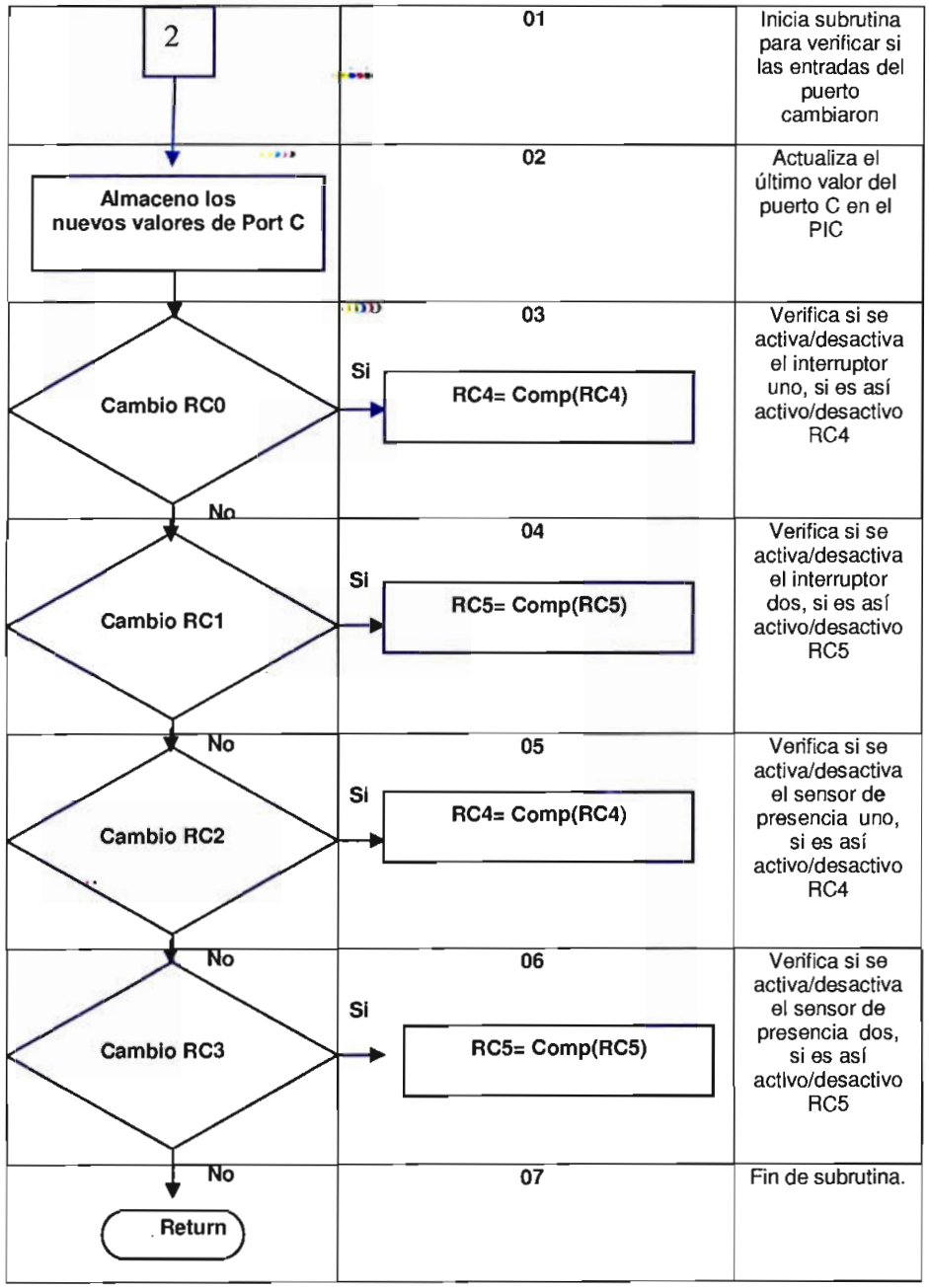


Figura 3.24 Diagrama de flujo subrutina para verificar si las entradas del puerto se cambian

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

El sistema tiene dos modos de funcionamiento: manual y automático. Además de funciones de control por voz para circuitos de iluminación y fuerza. Mediante el control automático se controla el encendido y apagado de los circuitos de iluminación tomando en consideración niveles de iluminación óptimos para cada ambiente, es decir, las luces no se encenderán si el nivel de iluminación es óptimo aún cuando detecte la presencia de una persona, sin embargo si detecta la presencia de alguien en su entorno y a la vez sensa que el nivel de iluminación no es suficiente, éste encenderá inmediatamente las luces, el sensor sigue funcionando continuamente y computa el tiempo cuando hay una segunda inducción añadiendo tiempo en la primera inducción al retardo de tiempo. El tiempo de retardo se puede seleccionar de acuerdo a donde esté instalado el sensor de presencia, siendo este diferente en baños, sala de estar, hall, escaleras, etc. Además posee funciones como modo noche y día lo cual es muy beneficioso, pues un simple movimiento en la cama podría provocar un disparo del sensor y a la vez el encendido de la iluminación con la consecuente molestia para el usuario. También como se ha dicho el sistema puede trabajar en modo manual a través de interruptores que controlan el encendido – apagado de los circuitos de iluminación.
El control mediante comandos de voz resulta idóneo para personas con limitaciones físicas, para el control a distancia y por supuesto para confort del usuario final, el sistema de reconocimiento de voz tiene una precisión sobre el 99% lo cual da una fidelidad bastante buena del producto, sumado a esto la capacidad de reconocer frases de hasta 2.5 segundos, lo cual permite el reconocimiento de hasta tres palabras como un solo comando dando como resultado el alcance de los objetivos planteados.

Con el funcionamiento del sistema en modo automático se logra ahorros realmente significativos en energía eléctrica, con el consecuente ahorro monetario logrando el cumplimiento de otro de los objetivos planteados.

A continuación se muestran los resultados de las pruebas a las que se le sometió al sistema implementado en el Laboratorio de Control del Departamento de Automatización y Control de la Escuela Politécnica Nacional con el fin de realizar un análisis de su funcionamiento en el medio que va actuar y sus posibles ampliaciones.

En las Figuras 4.1 y 4.2 se muestra la tarjeta electrónica diseñada para controlar al sistema ésta posee para la interfaz con los demás componentes los siguientes elementos:

JP1: conector el cual permite la alimentación para las fuentes y la adquisición de las señales de los sensores.

JP2: entrada del bus de datos del Voice Direct™ II SRK y la salida de la señal para iniciar el proceso de reconocimiento de voz

JP3: conector de interfaz con los elementos actuadores finales.

J3: salida fuente de 1.5 V para alimentar el receptor del micrófono.

J4: salida fuente de 9 V para alimentar a la tarjeta del Voice Direct™ II SRK

LED´s INDICADORES: estos permiten visualizar el correcto funcionamiento del sistema.

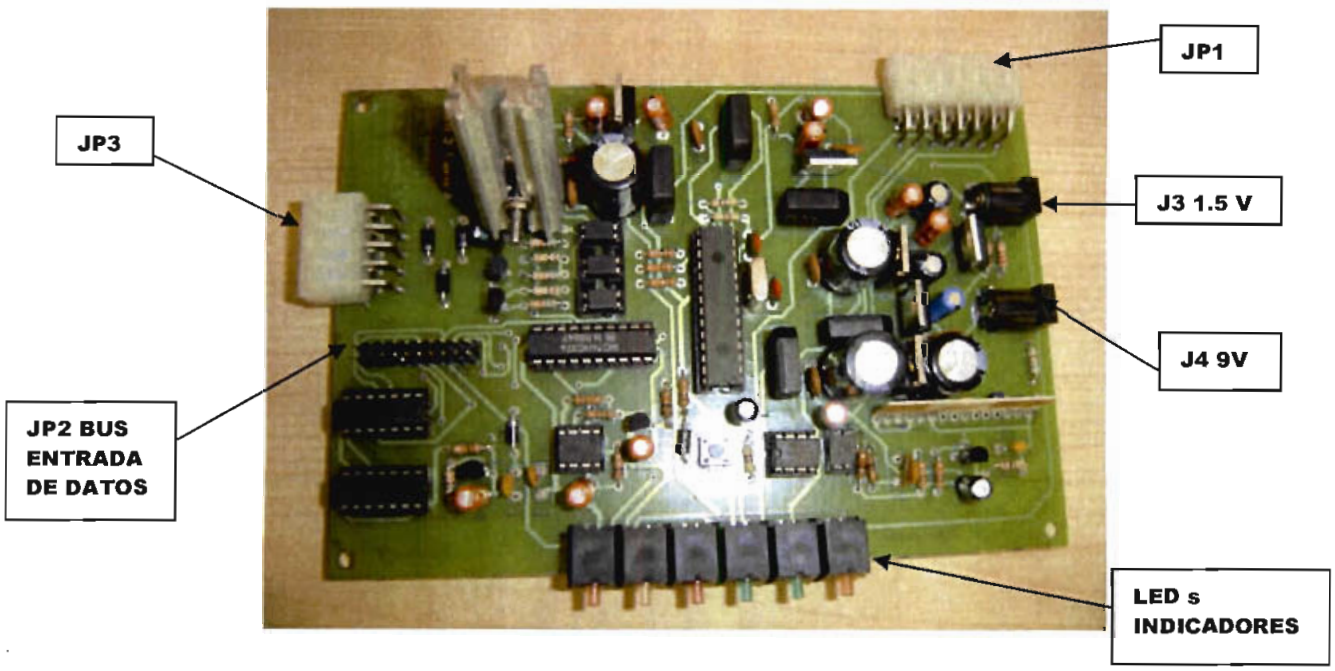


Figura 4.1 Vista frontal de la tarjeta electrónica desarrollada

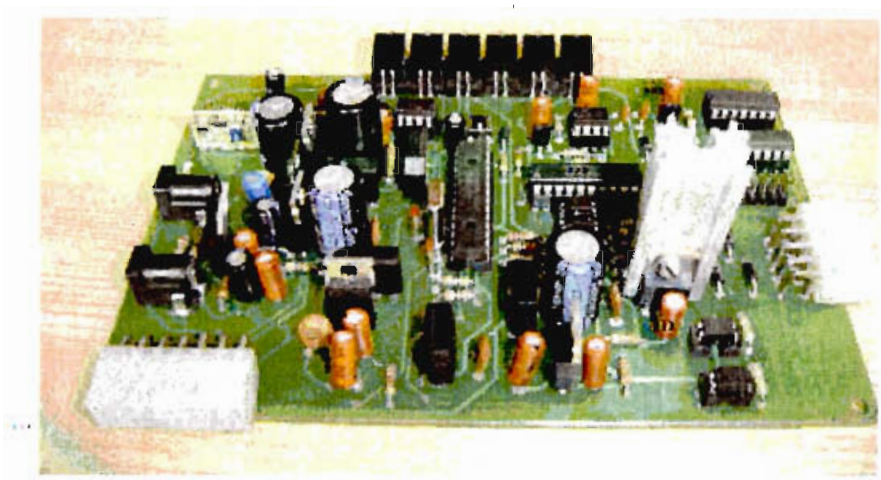


Figura 4.2 Vista posterior de la tarjeta electrónica desarrollada.

Al realizar las pruebas del sistema se obtuvieron los siguientes datos de consumo de corriente para la tarjeta desarrollada:

Tabla 4.1 Consumo de corriente de la tarjeta desarrollada

	Sin carga	**A plena carga**
Circuito de control	32.2 mA	50 mA
Circuito de fuerza	15 mA	400 mA (133 mA/relé)

En las Figuras 4.3 y 4.4 se muestra la tarjeta madre y el modulo del Voice Direct™ II SRK.

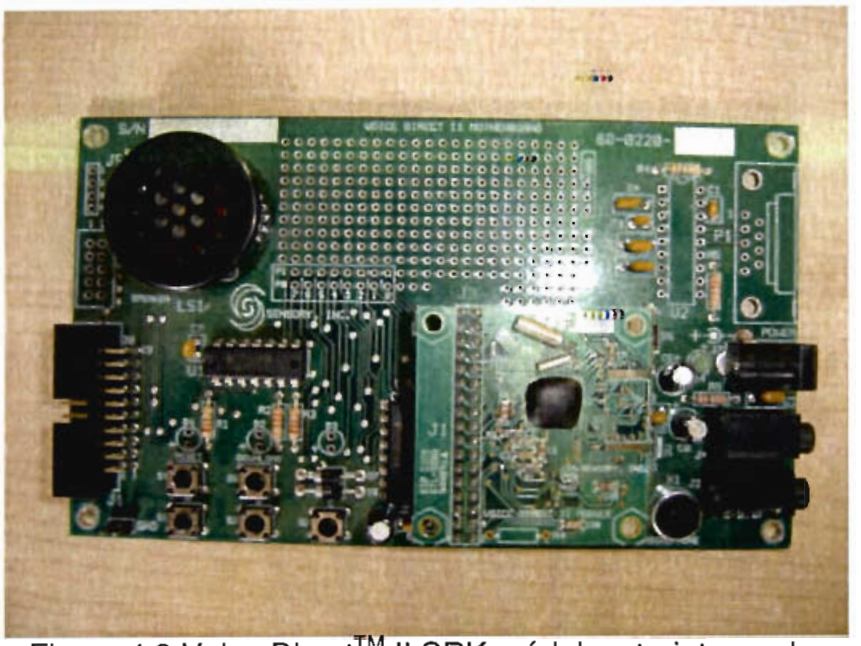


Figura 4.3 Voice Direct™ II SRK módulo y tarjeta madre

Figura 4.4 Voice Direct™ II SRK módulo

En la Figura 4.6 se muestra el receptor del micrófono utilizado para enviar los comandos de voz al sistema de reconocimiento de voz, mientras que en la Figura 4.5 el micrófono con su respectiva antena.

Figura 4.5 Micrófono inalámbrico y antena.

Figura 4.6 Receptor de micrófono

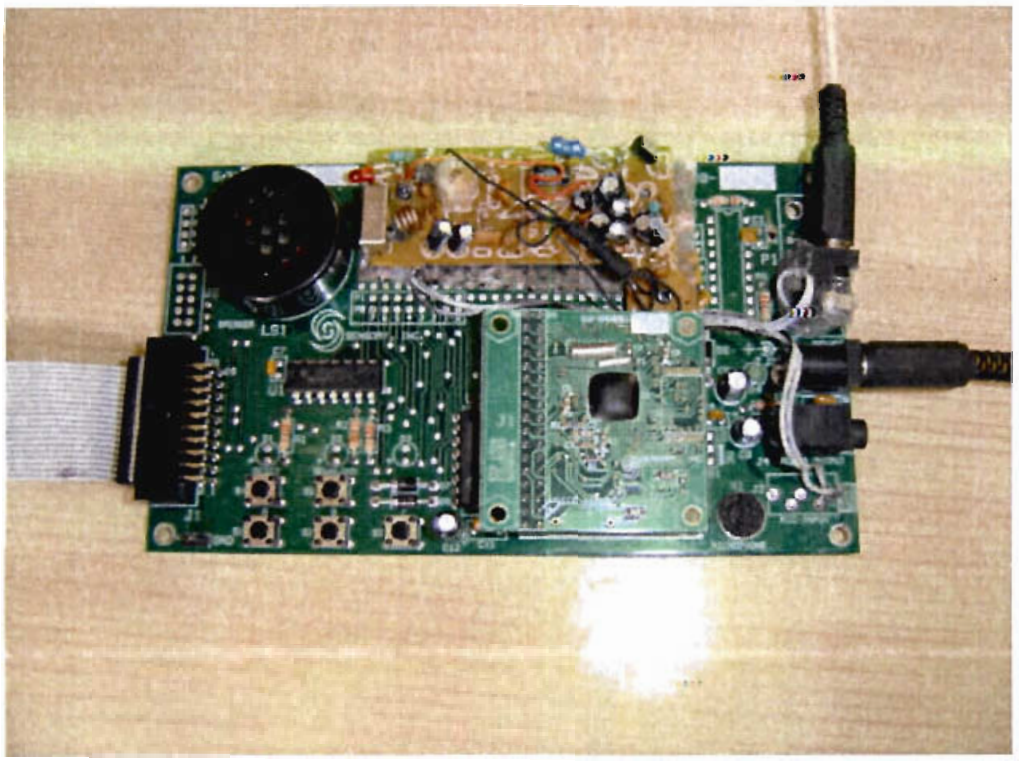


Figura 4.7 Voice Direct™ II SRK acoplada el receptor del micrófono y los conectores de alimentación y bus de datos

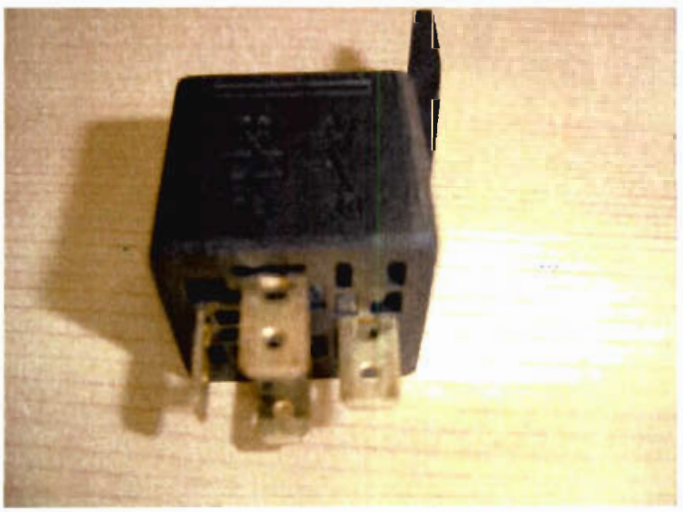


Figura 4.8 Rele Bosch 12V 30A

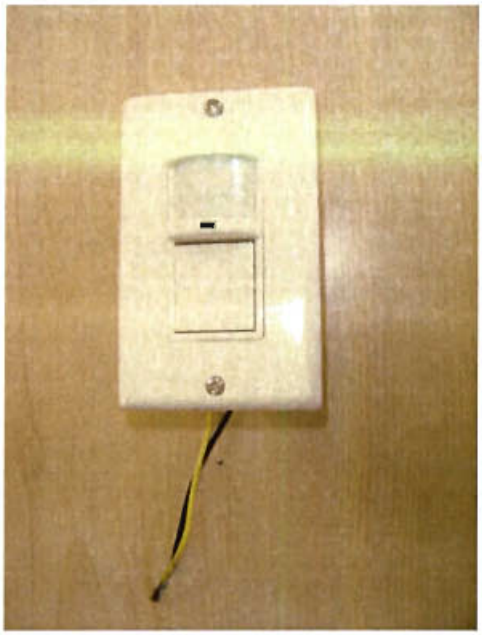


Figura 4.9 Sensor de presencia LX22

Figura 4.10 Control remoto

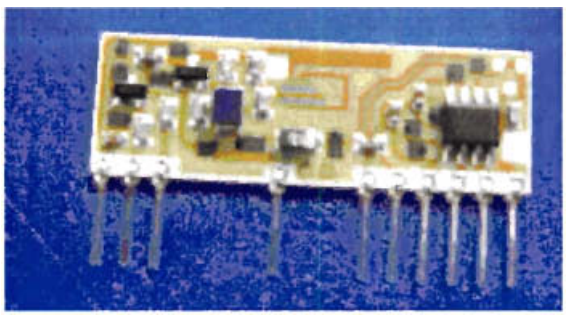


Figura 4.11 Receptor de radiofrecuencia para el control remoto

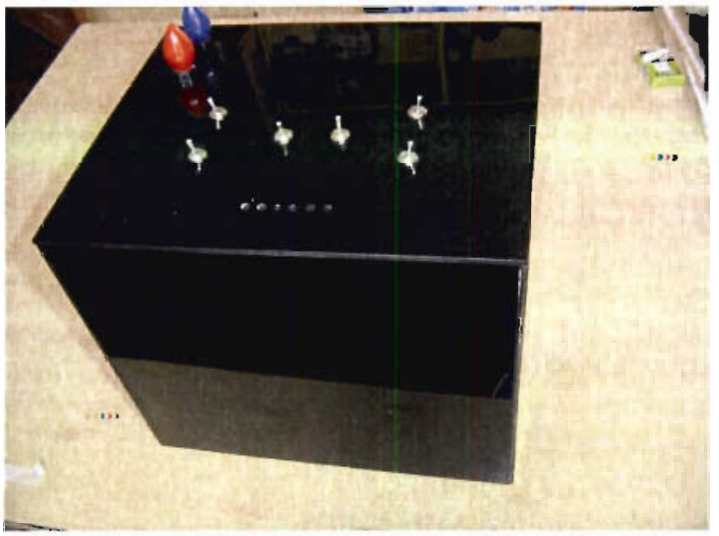


Figura 4.12 Vista frontal del módulo acoplado todas sus partes

Figura 4.13 Vista posterior del módulo acoplado todas sus partes

En la Figura 4.9 se muestra el sensor utilizado para detectar cuando una persona ingresa a su área de acción. Por otro lado en la Figura 4.8 se presenta el relé que gobierna la potencia demandada por cada circuito

En las Figuras 4.12 y 4.13 se muestra el módulo acoplado todas sus partes el cual ha sido implementado en el laboratorio de Control del Departamento de Automatización y Control de La Escuela Politécnica Nacional.

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema se le sometió a las siguientes pruebas:

Tabla 4.2 Pruebas realizadas al modulo

CONDICIÓN INICIAL	EVENTO	RESPUESTA
Todos los circuitos desactivados	Una persona ingresa al área de cobertura del sensor de presencia uno	Enciende la iluminación del ambiente donde detecto la presencia
Circuito de iluminación uno encendido	Se inicia el proceso de reconocimiento de voz. Enviando un comando para que apague el circuito de iluminación uno	Circuito de iluminación uno se apaga.
Circuito de iluminación uno apagado	Se activa interruptor que controla el encendido-apagado del circuito de iluminación uno	Circuito de iluminación uno se enciende.
Circuito de iluminación uno encendido	Sensor no detecta la presencia de una persona.	Apaga circuito de iluminación uno.
Circuito de fuerza desactivado	Se envía un comando de voz para que encienda circuito de fuerza	Circuito de fuerza enciende
Circuito de fuerza encendido	Se envía un comando de voz a desactivar el circuito de fuerza	Circuito de fuerza se desactiva.

Los eventos del uno al cuatro y una combinación de estos han sido aplicados al circuito de control del circuito de iluminación dos, obteniéndose resultados similares. En estas pruebas se ha verificado y validado el buen funcionamiento del sistema para trabajar en viviendas.

Es importante señalar que con un consumo de 400 mA se puede manipular alrededor de 90 A en la carga, la cual puede estar distribuida en los dos circuitos de iluminación y el de fuerza.

A continuación se hace un resumen del costo del sistema global:

Tabla 4.3 Lista de elementos y costo

Elemento	Unidad	Precio unitario	cantidad	Total
Voice Direct™ II SRK	U	130,00	1	130,00
Plug	U	0,50	4	2,00
Jack	U	0,50	3	1,50
Kit micrófono inalámbrico	U	10,00	1	10,00
Cable plano	m	1,00	1	1,00
Conectores	U	0,75		0,75
Tornillos 1/8 * ½	U	0,02	150	3,00
Rodelas 1/8	U	0,01	70	0,70
Jack chasis en 8	U	0,20	1	0,20
Sensor de presencia ILX 22	U	15,20	2	30,40
trafo 120/12V 0,5A	U	2,10	2	4,20
74LS32	U	0,40	2	0,80
Arnes	U	15,00	1	15,00
Receptor RF	U	10,00	1	10,00
Control remoto	U	10,00	1	10,00
Tarjeta electrónica	U	50,00	1	50,00
Carcaza modulo	U	45,00	1	45,00
Canaletas	U	2,00	15	30,00
cable AWG 14	m	0,68	50	34,00
cable 8 plano AC	U	0,25	1	0,25
trafo 120/12V 1,5A	U	3,70	2	7,40
Switch	U	0,40	6	2,40
tacos	U	0,02	100	2,00
tomacorriente	U	0,90	1	0,90
focos	U	1,00	2	2,00
boquillas	U	2,00	0,5	1,00
disipador	U	0,70	2	1,40
relés 12V 30A	U	3,00	2	6,00
Socket relé 5P	U	1,00	2	2,00
tuercas	U	0,02	70	1,40
zócalos	U	0,30	10	3,00
Cajas empotrado sensor	U	2,00	2	4,00
bornera	U	1,00	1	1,00
Fit térmico	m	1,00	2	2,00
cinta aislante	U	2,00	1	2,00
LM78XX	U	1,50	6	9,00
micropulsador	U	0,12	1	0,12
PIC16F876	U	10,00	1	10,00
MC74HC374	U	2,00	1	2,00

Resistencias	U	0,03	34	1,02
Rectificador	U	0,30	4	1,20
1N4007	U	0,30	6	1,80
Led	U	0,20	6	1,20
ECG123AP	U	0,65	3	1,95
LM317	U	1,50	1	1,50
LM555	U	0,30	1	0,30
LM1458	U	0,40	1	0,40
ECG3081	U	0,45	6	2,70
Cristal 12MHz	U	1,98	1	1,98
Capacitores	U	0,12	30	3,60
Capacitores filtro 1000 uF	U	0,28	3	0,84
			Subtotal	456,91
			12% IVA	54,83
			Total	511,74

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de este proyecto se ha adquirido una gran cantidad de experiencia en cuanto al sistema implementado así como sus futuras aplicaciones. Es hasta cierto punto imposible resumir en unas pocas líneas todo cuanto se ha hecho para solucionar cada una de las limitantes que se presentaron tanto en la fase de diseño como durante las pruebas realizadas una vez implementado para comprobar su correcto funcionamiento. Sin embargo en la medida de lo posible a continuación se presenta las principales conclusiones a fin de obtener un óptimo funcionamiento del sistema y se recomienda posibles ampliaciones para el proyecto.

Un aspecto en el que se ha puesto mucho énfasis es el ahorro de energía pudiendo ser esta eléctrica, térmica, eólica, etc. Sin embargo la de mayor interés es la eléctrica pues es la que se consume diariamente en grandes cantidades, ya sea en el hogar, centro de estudios o lugar de trabajo. Grandes cantidades de esta energía son desperdiciadas diariamente debido a muchos factores, como son perdidas en líneas de generación y distribución, instalaciones con dispositivos de rendimientos muy pobres, no mantenimiento de equipo instalado, factor de potencia menor a 0.95, en fin. Resulta imperioso por tanto el estudio y desarrollo de sistemas que permitan a la vez alcanzar dos objetivos fundamentales:

Ahorro de energía, y calidad de energía los cuales estén acordes a los requerimientos de un sistema de gestión de calidad.

Un aspecto que se debe destacar es la planificación del mantenimiento preventivo de las instalaciones, dispositivos y equipos, el cual incluya un cronograma definiendo fechas límite para revisión, intercambio y reposición de partes, incluyendo tiempos de vida útil, disminución de rendimiento, variación de parámetros y oportunidades de mejora. Es evidente que todo esto implica un costo adicional, sin embargo, este resulta bajo en comparación con los costos de un mantenimiento correctivo pues, esto no solo implica la reposición de equipo defectuoso o destruido sino también la paralización de producción lo cual conlleva grandes pérdidas

De todas estas oportunidades de ahorro de energía la que da mejor resultado es aquella en la que no se requiere la intervención del hombre durante su

funcionamiento, es decir, aquella que funciona de forma automática. Por tanto resulta interesante el diseño de sistemas de ahorro de energía para su monitoreo y control con el fin de obtener un ahorro substancial, disminución del impacto ambiental y una alta calidad de energía.

En plantas de producción existen grandes oportunidades de ahorro de energía, disminución de impacto ambiental y cogeneración. El presente proyecto se ha centrado en el ahorro de energía eléctrica principalmente en viviendas, sin embargo, mediante el uso de los sensores, actuadores y controles adecuados se puede lograr ahorros importantes en otro tipo de sistemas con el uso de intercambiadores de calor, controles de presión, temperatura, etc.

Otra posible aplicación mediante el uso de comandos de voz es la interfaz con el automóvil. Mediante el uso del reconocimiento automático del habla (RAH) se puede conocer el estado de los principales sistemas del vehículo en cualquier instante, pudiendo ser el nivel de agua, nivel y presión de aceite, temperatura del motor, carga de la batería, seguros de las puertas, odómetro, velocidad, revoluciones por minuto del motor, pureza del aire, presión del aire en los neumáticos, duración en tiempo promedio de viaje de acuerdo a distancias y velocidades de traslación, localización de obstáculos, etc. Todo esto ayudaría a la seguridad del conductor pues el hecho de distraer la mirada de la carretera para observar el panel de instrumentos puede traer fatales consecuencias. Además se puede añadir un nivel de seguridad mayor al vehículo al permitir el encendido de este (ignición y bomba de combustible) solo cuando reconozca la voz del propietario, aún mas se le puede añadir funciones tales como inmovilización a distancia, modo anti-atraco, apertura y cierre remoto de puertas todo esto con el simple hecho de pronunciar una palabra.

Una de las aplicaciones más inmediatas de los sistemas de RAH como interfaz entre hombre y máquina es la ayuda a discapacitados físicos. Mediante comandos orales se pueden controlar muchas de las funciones y actividades cotidianas, una de estas es la silla de ruedas controlada oralmente, camas hospitalarias, control oral de teléfonos y la activación oral de aparatos y sistemas domésticos.

Según lo que se ha descrito anteriormente, mediante los sistemas de reconocimiento de voz solo tienen beneficios, pero hay de las desventajas de este. Sin duda esta es una tecnología que está en fase de crecimiento, a la cual hay que hacerle varias correcciones o dicho de otra forma profundizar en el estudio y solución de sus principales problemas, entre los principales se tiene rechazo de palabras entrenadas, sustituciones de palabras, velocidad de procesamiento, obtención de modelos que se asemejen más al proceso del habla, obtención de sistemas que permitan un reconocimiento continuo del habla pues actualmente los sistemas en su mayoría reconocen solo palabras discretas.

El sistema de reconocimiento Voice Direct™ II es dependiente del hablante y solo reconoce palabras discretas, sin embargo, gracias a sus características es ideal para aplicaciones como las descritas.

Es importante tener en cuenta varios aspectos cuando se trabaja con sistemas de reconocimiento de voz.

Para que el entrenamiento de los comandos de voz sea exitoso se recomienda:

- El equipo usado para entrenar el grabado de voz debería ser el mismo o similar al equipo usado durante el reconocimiento. Diferencias en los micrófonos, sensibilidad del micrófono, distancia efectiva etc., afectará desfavorablemente al reconocimiento.
- Las condiciones y medio ambiente en el cual el grabado de voz es hecho debería reflejar las condiciones y medio ambiente en el cual se usará el producto final.
- La distancia del micrófono a la boca del hablante debería ser la misma durante el grabado y durante el uso del producto final. Por ejemplo, la distancia de una muñeca es típicamente mantenida dentro de la longitud de un brazo, por lo tanto la voz grabada con el micrófono debería ser mantenida acorde a esto.
- Los usuarios deben hablar con una voz normal y disuadirse de sonidos inusuales por tratar de imitar acentos extranjeros o usar cualquier entonación no natural.
- Los estados físicos deberían ser considerados. Por ejemplo para entrenar la voz para activar una máquina de ejercicios se debe tomar muy en cuenta que los sonidos son de personas sin aliento.

- Los Estados emocionales deberían ser considerados, situaciones como si los usuarios finales estarán relativamente tranquilos y calmados (se entiende por esto, productos para oficina) o fuertemente excitados (se entiende por esto en un patio de recreo, de juegos, etc).
- Los Medios ruidosos deben ser considerados. Por ejemplo, un producto que pretende ser utilizado dentro de un vehículo en movimiento beneficiaría a partir de muestreos hechos dentro de un auto con el motor funcionando. No obstante, las grabaciones deben ser hechas en ambientes razonablemente tranquilos. La señal de habla debe destacarse relativamente del fondo de ruido y no debería haber cualquier abrupto o ruido fuerte. La grabación de voz no debería ser hecha en una habitación insonora pues estas habitaciones dejan un silencio innatural de fondo en la grabación, lo cual no refleja al medio del mundo real en el cual el producto final será usado.

Los sensores de presencia utilizados poseen un ángulo de cobertura de ciento ochenta grados y una distancia máxima de 9 metros lo cual le permite una cobertura total del área a controlar, sin embargo, esto es cierto siempre y cuando se escoja cuidadosamente el sitio de su instalación, es recomendable ubicar el sensor a una altura de 1.25 m y además que sus líneas de detección sean transversales al movimiento de las personas es decir no de frente a la aproximación de estas.

Es posible tener ciertos inconvenientes con el funcionamiento del sensor por lo cual a continuación se recomienda ciertos caminos de solución:

Si la carga no trabaja normalmente es indispensable revisar la alimentación en la carga, además verificar que la carga esté en buenas condiciones posiblemente ésta ya cumplió con su tiempo de vida útil. Otra posible causa del no funcionamiento es que el switch no esté en la posición AUTO, si aun así no funciona es posible que la luz de trabajo no corresponda a la luz ambiente

Si la sensibilidad es pobre se debe revisar si el frente de la ventana de detección tiene algún disturbio que afecte las señales recibidas tales como si la temperatura ambiente es muy alta o tal vez las fuentes de señal no están en el campo de detección, otra posible causa es que el alto de la instalación no sea el adecuado o que la orientación de movimiento sea incorrecta.

Si el sensor no puede apagar la carga automáticamente:

Revise si hay la inducción continua de señales en el campo de detección, si el retardo de tiempo ha sido puesto en el máximo, la alimentación corresponde a los límites establecidos 100V/AC- 277V/AC, si existe un disturbio en la temperatura cerca del sensor, es decir si ésta cambia constantemente, o si el switch de función está el la posición "ON"

Desde hace varios años se ha estado previendo cómo será la casa del futuro y que ventajas proporcionará al usuario. La domótica es el punto de partida para acceder a un nivel de automatización en donde los elementos de una casa actúan de manera automática. Por lo tanto se puede definir un sistema inteligente de automatización del hogar como aquel sistema que integra el control y gestión de cada uno de los subsistemas presentes en la instalación: seguridad, audio y vídeo, comunicaciones, sistema de climatización, iluminación, etc.

En el proyecto desarrollado se hace uso de una pequeña parte de la domótica para el control y gestión automático de la iluminación, mas es posible incrementar la arquitectura adicional al sistema existente para incrementarle funciones como las mostradas en la Figura 5.1

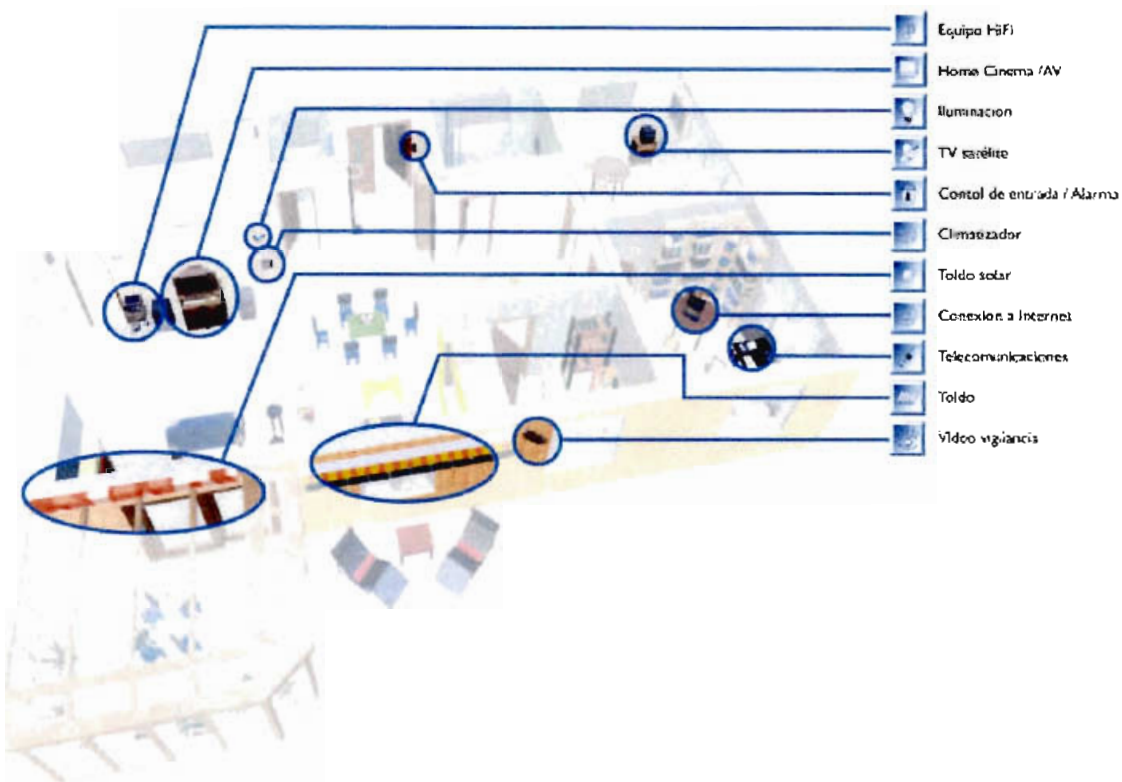


Figura 5.1 Casa inteligente con control de sistemas distribuidos en la vivienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LEÓN MÁRQUEZ M Ricardo, Centro Nacional De Producción Más Limpia Ecoprofit / Módulo De Eficiencia Energética Eficiencia Térmica Y Energética http://www.cnpml.org/html/archivos/Boletines/Boletines-ID20.pdf

[2] Luminotecnia, http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema8/8-1.htm

[3] Relés, http://www.tvtronica.com.ar/reles.htm

[4] Tiristores, http://es.geocities.com/allcircuits4/tiristores.htm

[5] Reconocimiento de voz, http://www.euskalnet.net/iosus/speech/recog.html

[6] Reconocimiento automático del habla, physionet.cps.unizar.es/eduardo/investigación/voz/rahframe.htm

[7] VOICE DIRECT™ II, http://www.sensoryinc.com/html/products/voicedirect.html

[8] Principios de iluminación, http://www.geocities.com/CollegePark/Den/1108/instelec01/insel20.html

[9] Lámparas ahorradoras, revista del consumidor no. 280, junio 2000 http://www.profeco.gob.mx/html/revista%5Cpdf%5Clamparas.pdf

[10] Lámparas y sus componentes, http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema8/8-2.htm

[11] Lámparas, http://edison.upc.es/curs/llum/lamparas/lincan.html

[12] GRASSO Michael A. y FININ Tim , Integración de tareas en ambientes de reconocimiento de voz multimodales. http://www.acm.org/crossroads/espanol/xrds3-3/taskint.html

[13] SÚÑER IGLESIAS Francisco José, Reconocimiento de voz, http://www.ciencia-ficcion.com/glosario/r/recovoz.htm, 1 de marzo de 2000

[14] TÉLLEZ RAMÍREZ Eugenio, Programa De Ahorro De Energia, Distorsión Armónica, Slite, Automatización, Productividad Y Calidad S.A. De C.V. 16 Sur 2122 Col. Bellavista C.P. 72500 Puebla. http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf

[15] MAYNÉ Jordi, Sensores Acondicionadores Y Procesadores De Señal www.silica.com

[16] Catálogo De Sistema De Ahorro De Energía The Watt Stopper, Sensores De Presencia, http://www.bticino.com.ve/cuerpo-productos-ahorro.html

[17] Data sheet, Circuitos Integrados, http://www.nteinc.com/specs/100to199/pdf/nte123ap.pdf

[18] MC74HC374,http://www.datasheetarchive.com/datasheet/pdf/11/119645.html

[19] LM317, http://www.ucm.es/info/electron/laboratorio/componentes/Lm317.pdf

[20] LM78XX, http://www.ucm.es/info/electron/laboratorio/componentes/78XX.pdf

[21] Contactores, http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema4/4-2.htm

[22] CLARK II, William H. Análisis gestión Energética de Edificios, Métodos, Proyectos y Sistemas de Ahorro Energético. 1ra Edición, Mc Graw Hill. España. 1998.

[23] CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 6ta Edición. Alfaomega Marcombo. Bogota. 1997.

[24] RAMÍREZ VÁZQUEZ, José; CEAC. Sistemas de Iluminación y Alumbrado. 1ra Edición. CEAC. Barcelona. 1974.

[25] MUHAMMAD H, Rashid. Electrónica de Potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones. 2da Edición. Prentice Hall. México. 1995.

[26] COLOMA YÁNEZ, Luis. El Ahorro de Energía en el Campo de la Iluminación. Tesis. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Dic/1999

[27] VÁSQUEZ, Microcontroladores PIC

ANEXOS

ANEXO A
TARJETA ELECTRÓNICA

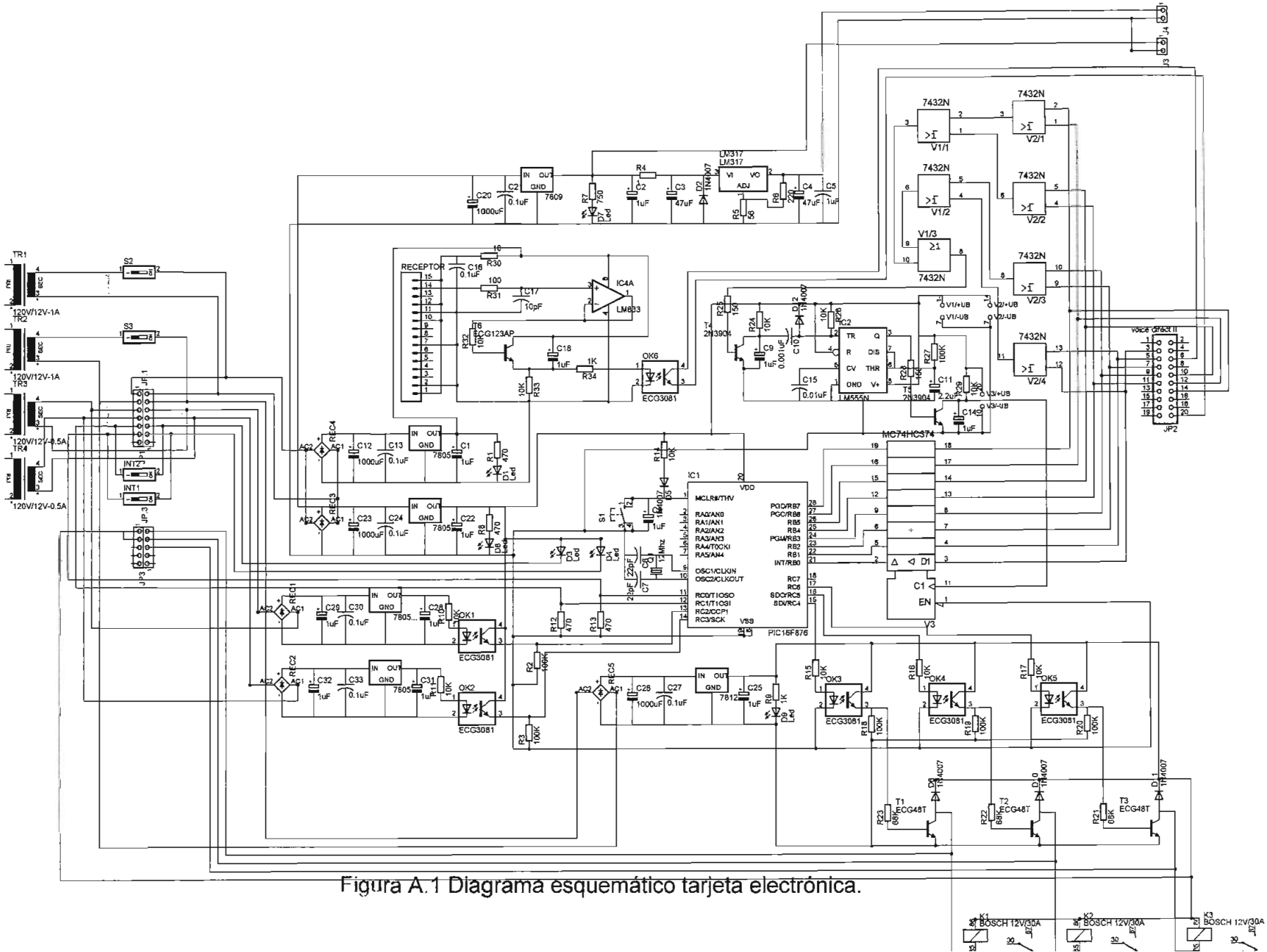


Figura A.1 Diagrama esquemático tarjeta electrónica.

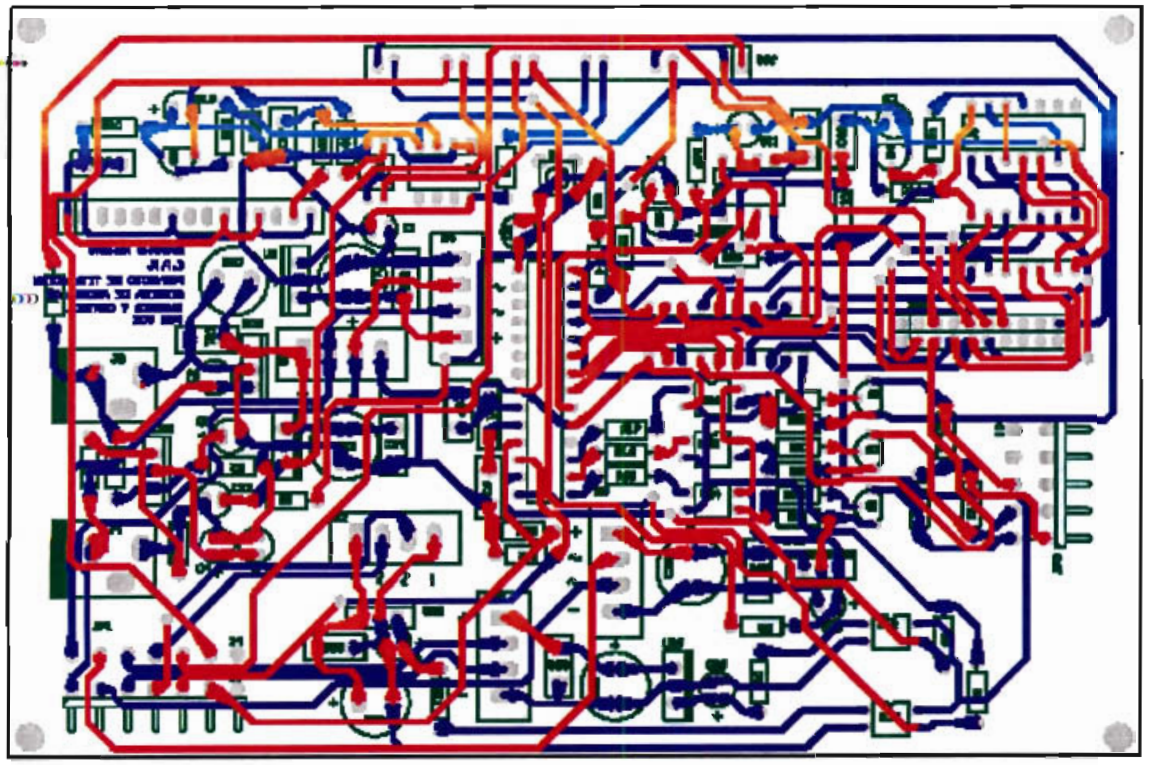


Figura. A.2 .Circuito impreso

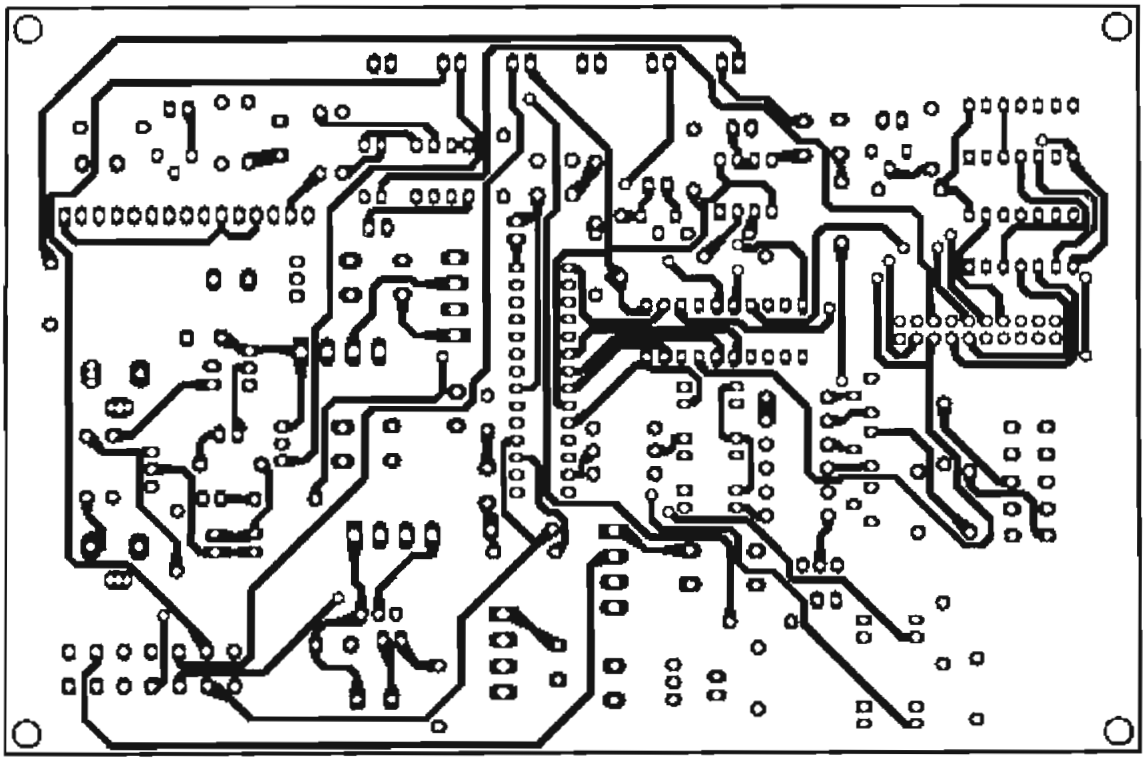


Figura. A.3 .Circuito impreso, capa superior

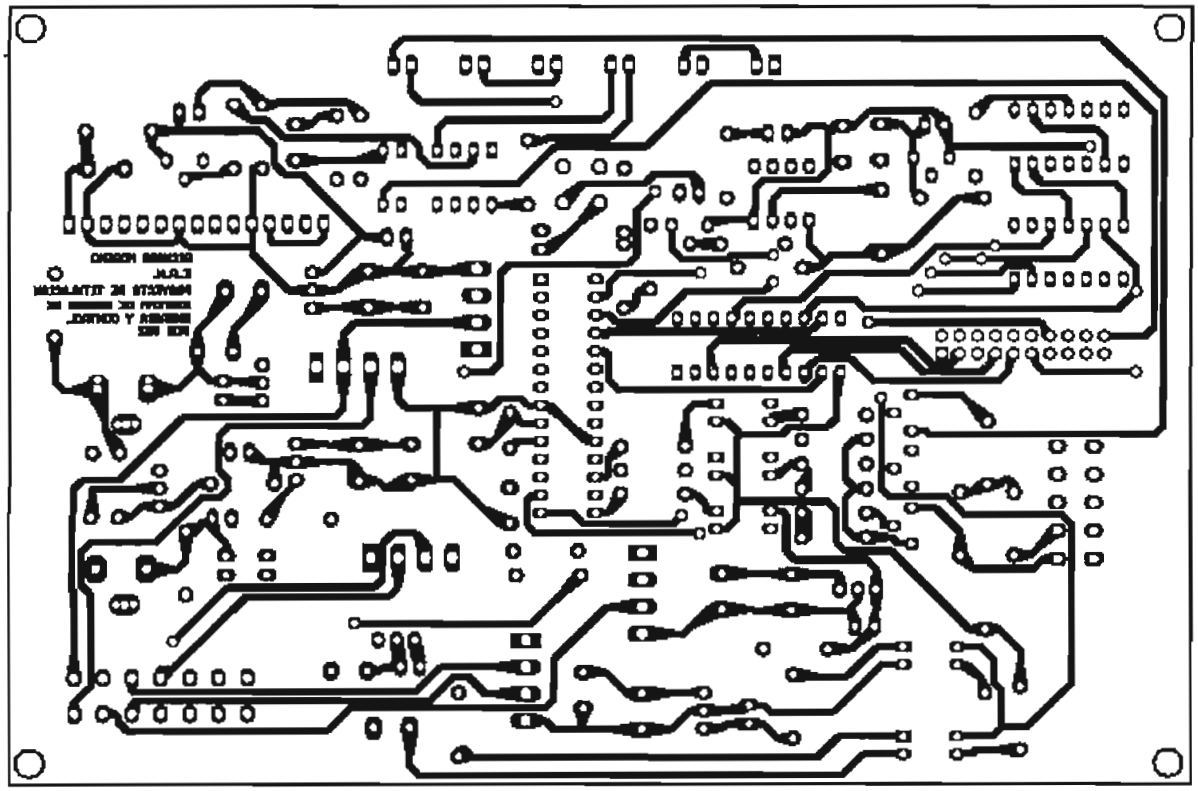


Figura. A.4 .Circuito impreso, capa inferior

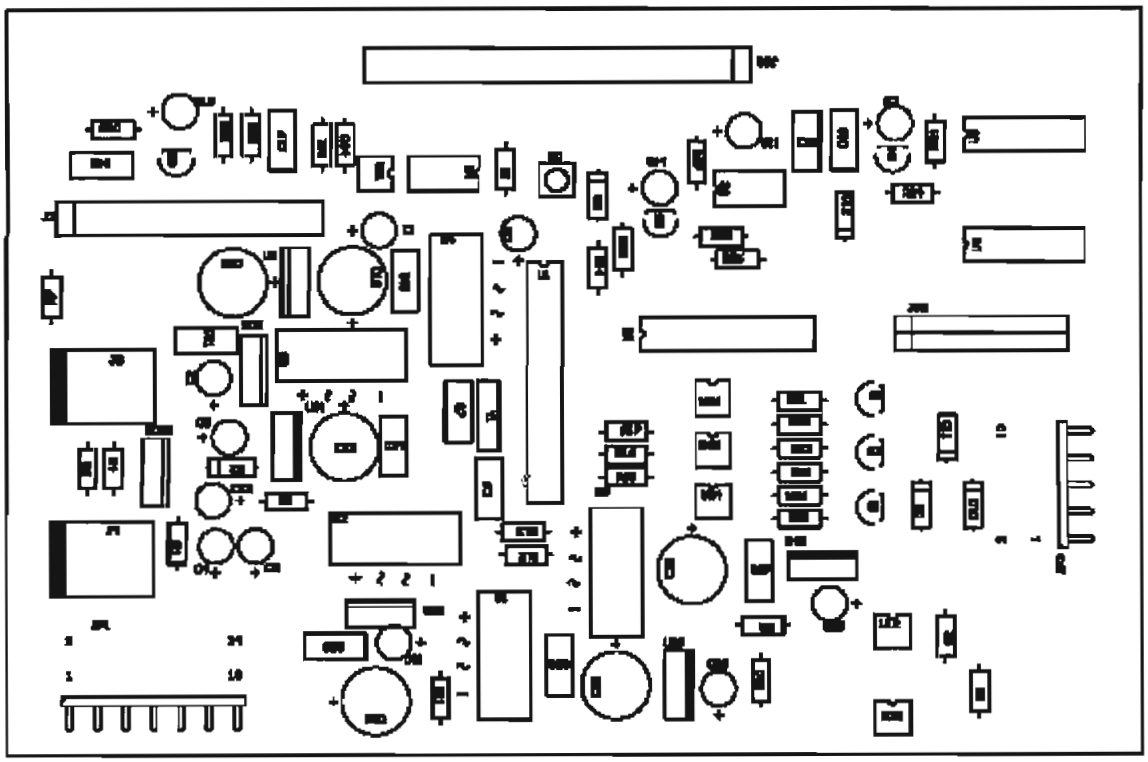


Figura. A.5 .Plano de montaje

Tabla A.1 Lista de elementos

No	PARTE	VALOR	No	PARTE	VALOR	No	PARTE	VALOR
1	LM7805	N/A	44	D6	1N4007	87	R15	10K
2	LM7805	N/A	45	D7	Led	88	R16	10K
3	LM7805	N/A	46	D8	Led	89	R17	10K
4	LM7805	N/A	47	D9	Led	90	R18	100K
5	LM7809	N/A	48	D10	1N4007	91	R19	100K
6	LM7812	N/A	49	D11	1N4007	92	R20	100K
7	C1	1uF	50	D12	1N4007	93	R21	68K
8	C2	1uF	51	IC1	PIC16F876	94	R22	68K
9	C3	47uF	52	IC2	LM555N	95	R23	68K
10	C4	47uF	53	IC4	LM833	96	R24	10K
11	C5	1uF	54	INT1	SD4-01	97	R25	150
12	C6	22pF	55	INT2	SD4-01	98	R26	10K
13	C7	22pF	56	J3	MTA02-156	99	R27	100K
14	C8	1uF	57	J4	MTA02-156	100	R28	150
15	C9	1uF	58	JP1	MTA07-156	101	R29	10K
16	C10	0.001uF	59	JP2	VOICE DIRECT™ II	102	R30	10
17	C11	2.2uF	60	JP3	MTA05-156	103	R31	100
18	C12	1000uF	61	K1	BOSCH 12V/30A	104	R32	10K
19	C13	0.1uF	62	K2	BOSCH 12V/30A	105	R33	10K
20	C14	1uF	63	K3	BOSCH 12V/30A	106	R34	1K
21	C15	0.01uF	64	LM317	LM317	107	REC1	2KBB-R
22	C16	0.1uF	65	LM833	LM833	108	REC2	2KBB-R
23	C17	10pF	66	OK1	ECG3081	109	REC3	2KBB-R
24	C18	1uF	67	OK2	ECG3081	110	REC4	2KBB-R
25	C20	1000uF	68	OK3	ECG3081	111	REC5	2KBB-R
26	C21	0.1uF	69	OK4	ECG3081	112	RECEPTOR	M15
27	C22	1uF	70	OK5	ECG3081	113	S1	10-XX
28	C23	1000uF	71	OK6	ECG3081	114	S2	SD4-01
29	C24	0.1uF	72	Q1	12Mhz	115	S3	DS01
30	C25	1uF	73	R1	470	116	T1	ECG48T
31	C26	1000uF	74	R2	100K	117	T2	ECG48T
32	C27	0.1uF	75	R3	100K	118	T3	ECG48T
33	C28	1uF	76	R4	1	119	T4	2N3904
34	C29	1uF	77	R5	56	120	T5	2N3904
35	C30	0.1uF	78	R6	220	121	T6	ECG123AP
36	C31	1uF	79	R7	750	122	TR1	120V/12V-1A
37	C32	1uF	80	R8	470	123	TR2	120V/12V-1A
38	C33	0.1uF	81	R9	1K	124	TR3	120V/12V-0.5A
39	D1	Led	82	R10	10K	125	TR4	120V/12V-0.5A
40	D2	1N4007	83	R11	10K	126	V1	74LS32
41	D3	Led	84	R12	470	127	V2	74LS32
42	D4	Led	85	R13	470	128	V3	MC74HC374
43	D5	1N4007	86	R14	10K			

Tabla A.2 Pin out conector JP1

No	NOMBRE	COLOR	I/O
1	TR1 (12VAC) FASE	BLANCO	I
2	TR1 (12VAC) NEUTRO	VERDE	I
3	TR2 (12VAC) FASE	AMARILLO	I
4	TR2 (12VAC) NEUTRO	CAFÉ/BLANCO	I
5	SENSOR PRESENCIA 1 (12VAC) FASE	ROJO/BLANCO	I
6	SENSOR PRESENCIA 1 (12VAC) NEUTRO	BLANCO/TOMATE	I
7	SENSOR PRESENCIA 2 (12VAC) FASE	AZUL/BLANCO	I
8	SENSOR PRESENCIA 2 (12VAC) NEUTRO	TOMATE	I
9	INT2 (-)	LILA	I
10	INT2 (+)	LILA/BLANCO	I
11	INT1(-)	GRIS	I
12	INT1(+)	ROJO	I
13	DEJAR ABIERTO		
14	DEJAR ABIERTO		

Tabla A.3 Pin out conector JP3

No	NOMBRE	COLOR	I/O
1	12V (DC)	CAFÉ	O
2	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN 1	LILA	O
3	12V (DC)	GRIS	O
4	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN 2	ROJO/BLANCO	O
5	DEJAR ABIERTO		
6	CIRCUITO DE FUERZA	AZUL/BLANCO	O
7	DEJAR ABIERTO		
8	DEJAR ABIERTO		
9	DEJAR ABIERTO		
10	DEJAR ABIERTO		

Tabla A.4 Pin out conector JP2

No	NOMBRE	I/O
3	IN1	I
5	IN2	I
6	RECOG (CORTE/SATURACION)	O
7	IN3	I
9	IN4	I
10	IN6	I
11	IN5	I
12	IN7	I
14	IN8	I
20	GND	O

J3: 9V (DC)

J4: 1.5V (DC)

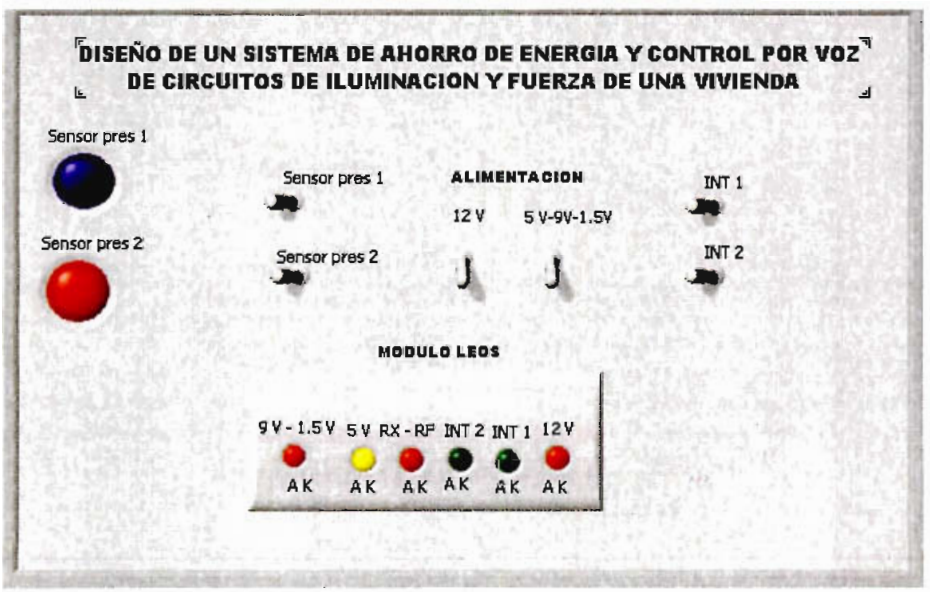


Figura A.6 MÓDULO VISTA SUPERIOR

ANEXO B

VOICE DIRECT™ II SRK Y SENSOR DE PRESENCIA LX22 (INFRARED MOTION SENSOR).

Voice Direct™ II

Speech Recognition Kit

Quick Start Manual

SENSORY

© 2003 Sensory, Inc.

P/N 80-0240-A

1. Introduction 3

2. Features 3

3. Contents 3

4. About Speech Recognition 3

5. Building a Basic Application 4

CONSTRUCTION 4

POWER 4

OUTPUTS 5

SYSTEM DESIGN 5

MICROPHONE CONSIDERATIONS 5

6. Motherboard and Module Pinout and Characteristics 6

MODE SELECTION 9

TRAINING AND RECOGNITION SELECTIVITY 9

MODULE PIN CHARACTERISTICS 10

7. Training Voice Direct™ II 11

EDGE-TRIGGERED SINGLE-RECOGNITION (ESR) MODE 11

SINGLE-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (SCL) MODE 11

MULTI-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (MCL) MODE 12

SINGLE-TRIGGER WORD-SPOTTING MODE (SWS) MODE 13

8. Recognizing Words 13

EDGE-TRIGGERED SINGLE-RECOGNITION (ESR) MODE 13

SINGLE-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (SCL) MODE 14

MULTI-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (MCL) MODE 15

SINGLE-TRIGGER WORD-SPOTTING (SWS) MODE 16

9. Erasing the Templates 17

10. Tips for Optimal Performance 17

11. Schematics for Voice Direct™ II Module and Motherboard 18

12. Disclaimers 20

13. Voice Direct™ II Speech Recognition Kit Limited Warranty 20

14. SENSORY Software End User License Agreement 21

15. The Interactive Speech™ Product Line 23

 © 2003 Sensory Inc.

15. The Interactive Speech™ Product Line

The Interactive Speech line of ICs and software was developed to "bring life to products" through advanced speech recognition and audio technology.
The Interactive Speech Product Line was designed for consumer telephony products and cost-sensitive consumer electronic applications such as home electronics, personal security, and personal communication.
The product line includes award-winning RSC series general-purpose microcontrollers and tools, SC series of speech microcontrollers, plus a line of easy-to-implement chips that can be pin-configured or controlled by an external host microcontroller. Sensory's software technologies run on a variety of microcontrollers and DSPs.

RSC Microcontrollers and Tools

The RSC product line contains low-cost 8-bit speech-optimized microcontrollers designed for use in consumer electronics. All members of the RSC family are fully integrated and include A/D, pre-amplifier, D/A, ROM, and RAM circuitry. The RSC family can perform a full range of speech/audio functions including speech recognition, speaker verification, speech and music synthesis, and voice record/playback. The family is supported by a complete suite of evaluation tools and development kits.

SC Microcontrollers and Tools

The **SC-6x** product line features the highest quality speech synthesis ICs at the lowest data rate in the industry. The line includes a 12.32 MIPS processor for high-quality low data-rate speech compression and MIDI music synthesis, with plenty of power left over for other processor and control functions. Members of the SC-6x line can store as much as 37 minutes of speech on chip and include as much as 64 I/O pins for external interfacing. Integrating this broad range of features onto a single chip enables developers to create products with high quality, long duration speech at very competitive price points.

Application Specific Standard Products (ASSPs)

- ***Voice Direct™ II*** provides inexpensive speaker-dependent speech recognition and speech synthesis. This easy-to-use, pin-configurable chip requires no custom programming and can recognize up to 15 words in 4 pin-programmable modes. Ideal for speaker-dependent command and control of household consumer products, Voice Direct™ II is part of a complete product line that includes the IC, module, and Voice Direct™ II Speech Recognition Kit.
- ***Voice Extreme™*** simplifies the creation of fully custom speech-enabled products by offering developers the capability of programming the chip in a high-level C-like language. Program code, speech data, and even record and playback information can be stored on a single off-chip Flash memory. Based on Sensory's RSC-364 speech processor, Voice Extreme includes a highly efficient on-chip code interpreter, and is supported by a comprehensive suite of low-cost development tools.

Software and Technology

- ***Voice Activation™*** micro footprint software provides advanced speech technology on a variety of microcontroller and DSP platforms. A flexible design with a broad range of technologies allows manufacturers to easily integrate speech functionality into consumer electronic products.
- ***Fluent Speech™*** small footprint software recognizes up to 50,000 words; offers Animated Speech with the ability to automate enunciation and articulation; performs text-to-speech synthesis in either male or female voices; provides noise and echo cancellation, performs Wordspotting for natural language usage; offers telephone barge-in; and provides continuous digit recognition.

Important notices

Reasonable efforts have been made to verify the accuracy of information contained herein, however no guarantee can be made of accuracy or applicability. Sensory reserves the right to change any specification or description contained herein.

© 2003 Sensory Inc.

8. Limitation of liability.

(a) Neither Sensory nor its suppliers shall be liable to you or any third party for any indirect, special, incidental or consequential damages (including damages for loss of business, loss of profits, business, interruption or the like), arising out of the use or inability to use the software or this EULA based on any theory of liability including breach of contract, breach of warranty, tort (including negligence), product liability or otherwise, even if sensory or its representatives have been advised of the possibility of such damages and even if a remedy set forth herein is found to have failed of its essential purpose.

(a) Sensory's total liability to you for actual damages for any cause whatsoever will be limited to the greater of $500 us dollars or the amount paid by you for the software that caused such damage.

(b) (USA only) some states do not allow the limitation or exclusion of liability for incidental of consequential damages, so the above limitation or exclusion may not apply to you and you may also have other legal rights that vary from state to state.

9. Basis of Bargain

The Limited Warranty, Exclusive Remedies and Limited Liability set forth above are fundamental elements of the basis of the agreement between Sensory and you. Sensory would not be able to provide the Software on an economic basis without such limitations.

10. U.S. GOVERNMENT RESTRICTED RIGHTS LEGEND

This Software and the documentation are provided with "RESTRICTED RIGHTS". Use, duplication, or disclosure by the U.S. Government is subject to restrictions as set forth in this EULA and as provided in DFARS 227.7202-1(a) and 227.7202-3(a) (1995), DFARS 252.227-7013 (c)(1)(ii)(OCT 1988), FAR 12.212(a)(1995), FAR 52.227-19, or FAR 52.227-14, as applicable. Manufacturer: Sensory, Inc., 1991 Russell Ave., Santa Clara, CA 95054.

11. Consumer End Users Only (outside of the USA)

The limitations or exclusions of warranties and liability contained in this EULA do not affect or prejudice the statutory rights of a consumer, i.e., a person acquiring goods otherwise than in the course of a business.

12. General Provisions

This EULA shall be governed by the internal laws of the State of California. This EULA contains the complete agreement between the parties with respect to the subject matter hereof, and supersedes all prior or contemporaneous agreements or understandings, whether oral or written. All questions concerning this EULA shall be directed to: **Sensory, Inc., 1991 Russell Ave., Santa Clara, CA 95054.** Attention: **General Counsel.**

1. Introduction

Thank you for purchasing the Voice Direct™ II Speech Recognition Kit. We are sure that you will appreciate how easily basic voice recognition capabilities can be added to your electronic project. For more in-depth development, we suggest you upgrade to the Voice Extreme™ Toolkit, which offers additional speech technologies and a stand-alone microcontroller.

This Quick Setup Guide is intended to provide a basic reference for the capabilities of the Voice Direct™ II SRK, and will help start you on the way to utilizing voice activation quickly and easily. For more detailed technical information about the Voice Direct™ II module and Sensory's award winning speech recognition technologies, please visit our web site at ***www.sensoryinc.com.***

2. Features

- Edge-Triggered, Continuous Listening and Word-Spotting speech recognition technologies
- Minimal external components
- Recognizes up to 15 words or phrases (broken in to 1, 2 or 3 sets)
- Over 99% recognition accuracy with proper design
- Phrase recognition up to 2.5 seconds
- User-friendly speech prompting
- Quick setup time

3. Contents

One Voice Direct™ II Motherboard
One Voice Direct™ II Module
One Battery Clip
Three 10K resistors
One 470 ohm resistor
Three Red LEDs
One Yellow LED
One Quickstart Manual

4. About Speech Recognition

Voice Direct™ II performs speaker-dependent discrete word recognition by comparing a pattern generated in real time with previously trained word templates. The pattern generated by Voice Direct™ II is based on a digital reconstruction of the voice command. Each word to be recognized must first be *trained*. During training, Voice Direct™ II constructs a *template* representing the individual speaker's unique sound pattern for each specific word or phrase to be recognized. Templates are stored in non-volatile flash memory. During recognition a new template is produced and compared to the stored templates to determine which word was spoken. Voice Direct™ II features integrated speech prompting for both training and recognition operations, allowing the development of sophisticated interactive products with minimal programming. Voice Direct™ II performs the following operations when recognizing a word:

1. The audio signal (spoken word or phrase) is externally amplified and filtered and then supplied to the analog inputs of the Voice Direct™ II, which converts the analog waveforms to digital samples.
2. Voice Direct™ II analyzes the speech signal samples and generates a template of information representing significant speech elements.
3. Voice Direct™ II increases or decreases the gain of the external amplifier as needed to maintain signal quality.
4. The unknown template is compared to each of the trained templates to determine the one template that provides the best match.
5. If the best match template gives a score above a pre-defined threshold, Voice Direct™ II chooses the word associated with that template. If no template provides a match above threshold, a special "no match" value is chosen.

Steps 1-3 above are repeated for each word during training. Voice Direct™ II stores the average of two training patterns for each word to improve accuracy. Before a new template is stored, it is compared with the existing templates in the set. The new candidate word will not be accepted if it is too similar to an existing word (for example, "Bill Smith" and "Jill Smith").

Voice Direct™ II, like all other speech recognition systems, is necessarily subject to two types of errors: *rejects* (failure to recognize a word in the vocabulary) and *substitutions* (confusion of two vocabulary words, or recognition of a non-vocabulary word). The relative importance of each type of error may depend on the application. Voice Direct™ II provides selectivity levels that allow the user to optimize the tradeoff between these two types of recognition errors. When the recognition selectivity level is set to its highest value, Voice Direct™ II minimizes substitution errors but may produce more rejection errors. When the training selectivity level is set to its highest value, Voice Direct™ II minimizes both substitution and rejection errors by rejecting words that are too similar sounding, potentially increasing recognition accuracy. These settings are best established by experimenting with your own application and environment.

5. Building a Basic Application

CONSTRUCTION

Take into consideration the fixture options for the Voice Direct™ II motherboard and/or module. You may mount the motherboard and module together, or detach the module and install it by itself. Using the module alone may increase the additional parts required for operation. Other factors will also include the size of your application, and how compact and transportable it will need to be.

- One possible method of construction is to use a small project box, mounting the speaker, microphone, pushbuttons, and motherboard and/or module (on standoffs) in the box. For connections, 30 AWG wire-wrap wire can be soldered directly from the top (non-connector side) of the module to the other components.
- An alternate method of construction is to use a piece of perforated or prototyping board (approx. 2"x5"), mounting male header strips (0.1" centers) to the perf board to accommodate the module. The perf board can also be used to mount the pushbuttons, as well as any other components required by your application. 1/8" mono phone jacks and plugs are useful for quickly connecting and disconnecting the speaker, microphone and power from the rest of the circuitry.

POWER

The Voice Direct™ II module (the small board that is plugged into the motherboard) is designed to run at 3.3V. Two 1.5V batteries in a plastic holder or a lab supply can be used as a power source. A power switch in series with one of the power leads will maximize battery life by allowing you to power down the module when not in use. Incorporating a protection diode in series with the power supply will avoid damage to the circuit if batteries are inserted with the wrong polarity.

The Voice Direct™ II motherboard (the large board that the module plugs into) has a 3.3V regulator installed on it, so it can be powered by the included 9V battery clip. Refer to figure 1 for instructions on soldering the included 9V battery clip to the Voice Direct™ II motherboard.

DANGER!: IF YOU UNPLUG THE VOICE DIRECT™ II MODULE AND RUN IT INDEPENDENTLY FROM THE MOTHERBOARD, DO NOT ATTEMPT TO POWER IT ABOVE 3.3V OR IT WILL BE DAMAGED!

14. SENSORY Software End User License Agreement

Important: this software end user license agreement ("EULA") is a legal agreement between you and Sensory. Read it carefully before completing the installation process and using the software. It provides a license to use the software and contains warranty information and liability disclaimers. By installing and using the software, you are confirming your acceptance of the software and agreeing to become bound by the terms of this agreement. If you do not agree to be bound by these terms, then select the "cancel" button and do not install the software.

1. Definitions

(a) "Sensory" means Sensory, Inc. and its suppliers and licensors, if any.
(b) "Not For Resale (NFR) Version" means a version of the Software, so identified, to be used to review and evaluate the Software, only.
(c) "Software" means the software program supplied by Sensory herewith, which may also include documentation, associated media, printed materials, and online and electronic documentation.

2. License

This EULA allows you to:

(a) Install and use the Software on a single computer; OR install and store the Software on a storage device, such as a network server, used only to run or install the Software on your other computers over an internal network, provided you have a license for each separate computer on which the Software is installed or run from the storage device. A license for the Software may not be shared or used concurrently on different computers.
(b) Make one copy of the Software in machine-readable form solely for backup purposes. You must reproduce on any such copy all copyright notices and any other proprietary legends on the original copy of the Software.

3. License Restrictions

(a) Other than as set forth in Section 2, you may not make or distribute copies of the Software, or electronically transfer the Software from one computer to another or over a network.
(b) You may not decompile, reverse engineer, disassemble, or otherwise reduce the Software to a human-perceivable form.
(c) You may not sell, rent, lease, transfer or sublicense the Software.
(d) You may not modify the Software or create derivative works based upon the Software.
(e) You may not export the Software into any country prohibited by the United States Export Administration Act and the regulations there under
(f) In the event that you fail to comply with this EULA, Sensory may terminate the license and you must destroy all copies of the Software.

4. Upgrades

If this copy of the Software is an upgrade from an earlier version of the Software, it is provided to you on a license exchange basis. You agree by your installation and use of this copy of the Software to voluntarily terminate your earlier EULA and that you will not continue to use the earlier version of the Software or transfer it to another person or entity.

5. Ownership

The foregoing license gives you limited rights to use the Software. Sensory and its suppliers retain all right, title and interest, including all copyrights, in and to the Software and all copies thereof. All rights not specifically granted in this EULA, including Federal and International Copyrights, are reserved by Sensory and its suppliers.

6. Limited warranty and disclaimer

(a) Limited warranty. Sensory warrants that, for a period of ninety (90) days from the date of delivery (as evidenced by a copy of your receipt): (i) when used with a recommended hardware configuration, the software will perform in substantial conformance with the documentation supplied with the software; and (ii) that the physical media on which the software is furnished will be free from defects in materials and workmanship under normal use.
(b) No other warranty, except as set forth in the foregoing limited warranty, sensory and its suppliers disclaim all other warranties, either express or implied, or otherwise including the warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Also, there is no warranty of noninfringement, title or quiet enjoyment. If applicable law implies any warranties with respect to the software, all such warranties are limited in duration to ninety (90) days from the date of delivery. No oral or written information or advice given by sensory, its dealers, distributors, agents or employees shall create a warranty or in any way increase the scope of this warranty.
(c) Some states (USA only) do not allow the exclusion of implied warranties, so the above exclusion may not apply to you. This warranty gives you specific legal rights and you may also have other legal rights that vary from state to state.

7. Exclusive Remedy

Your exclusive remedy under Section 6 is to return the Software to the place you acquired it, with a copy of your receipt and a description of the problem. Sensory will use reasonable commercial efforts to supply you with a replacement copy of the Software that substantially conforms to the documentation, provide a replacement for defective media, or refund to you your purchase price for the Software, at its option. Sensory shall have no responsibility if the Software has been altered in any way, if the media has been damaged by accident, abuse or misapplication, or if the failure arises out of use of the Software with other than a recommended hardware configuration.

12. Disclaimers

WARNING
This kit is intended for use by consumers with experience in electronic design. As with any electronic kit, caution should be exercised during assembly, and all connections should be double-checked that they are clean, safe and properly soldered before applying any power source.

IMPORTANT DISCLAIMER
To the fullest extent permitted by acceptable law, Sensory, Inc. expressly disclaims the implied warranty of fitness for a particular purpose. Customer should understand that Sensory does not make any representation that products purchased will suit customer's part purpose. Customer must rely on customer's own skill or judgment in selecting suitable products for customer. To the extent warranty is applicable, such warranty shall be limited to 90 days from the date of purchase.

13. Voice Direct™ II Speech Recognition Kit Limited Warranty

The **Voice Direct™ II** is warranted against defects and workmanship for a period of **90 days** from the date of product purchase. Sensory, Inc. will, at its option, either repair or replace a product that proves to be defective either upon receipt or through normal usage. If a Sensory Speech Recognition Kit product has become obsolete or is no longer in production and deemed irreparable, Sensory will, at its option, provide an equivalent product or system for a nominal fee.
Sensory, Inc. warrants this Speech Recognition Kit product, when properly installed and used, will execute its programmed instructions. However, Sensory, Inc. does not warrant that the operation of the Product, its firmware and software will be uninterrupted or totally error free. The Product must be returned to Sensory, Inc. for warranty service within the warranty period to the following address: **1991 Russell Ave., Santa Clara, CA 95054**. The Buyer will pay all shipping and other charges or assessments for the return of the Product to Sensory, Inc.

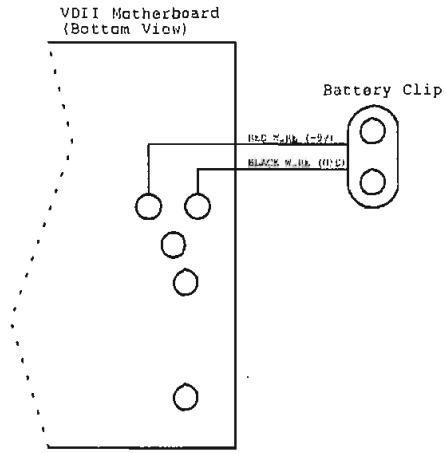
Limitation of Warranty
The foregoing warranty shall not apply to defects resulting from maintenance performed by anyone other than Sensory, Inc., modifications made by Buyer or any third party, Buyer supplied software or interfacing, misuse, abuse, accident, mishandling, operation outside the environmental specifications for the Product, or improper setup or maintenance.

Limitation of Liability
Sensory's liability shall be limited to the repair or replacement of defective products in accordance with the **Voice Direct™ II Speech Recognition Kit** Limited Warranty. Sensory shall not be liable for any incidental, special or consequential damages for breach of any warranty, expressed or implied, directly or indirectly arising out of Sensory's sale of merchandise, including any failure to deliver any merchandise, or arising out of customer's installation or use, whether proper or improper, of the product, separately or in combination with other equipment, or from any other cause. Products sold by Sensory are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Exclusive Remedies
The remedies provided herein are Sensory's sole liability and Buyer's sole and exclusive remedies for breach of warranty. Sensory shall not be liable for any special, incidental, consequential, direct or indirect damages, whether based on contract, tort, or any legal theory. The foregoing warranty is in lieu of any and all other warranties, whether express, implied, or statutory, including but not limited to warranties of merchantability and suitability for a particular purpose.

IMPORTANT NOTICES
Sensory reserves the right to make changes to or to discontinue any product or service identified in this publication at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product. Sensory does not assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Sensory product. Information contained herein is provided gratuitously and without liability to any user. Reasonable efforts have been made to verify the accuracy of this information but no guarantee whatsoever is given as to the accuracy or as to its applicability to particular uses. Applications described in this data sheet are for illustrative purposes only, and Sensory makes no warranties or representations that the RSC series of products will be suitable for such applications. In every instance, it must be the responsibility of the user to determine the suitability of the products for each application. Sensory products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems. Sensory conveys no license or title, either expressed or implied, under any patent, copyright, or mask work right to the RSC series of products, and Sensory makes balance between recognition and synthesis no warranties or representations that the RSC series of products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified. Nothing contained herein shall be construed as a recommendation to use any product in violation of existing patents or other rights of third parties. The sale of any Sensory product is subject to all Sensory Terms and Conditions of Sales and Sales Policies.

Figure 1 – Installing The Included Battery Clip



In addition to the included battery clip, the user has the option of using a standard 9V wall adapter (not included). The wall adapter can be plugged into J7 directly eliminating the need for using the battery clip.

OUTPUTS

- Consider what types of loads you are going to be driving with the outputs. Most types of loads (LEDs, motors, relays, etc.) will require some type of output driver circuitry. A discussion of these circuits is beyond the scope of this guide, but a great place to start looking is in the databooks, application notes, and on the web pages of major semiconductor manufacturers. For more information, refer to the DC Characteristics in Section 6.
- Keep in mind that that the outputs only toggle high for 1 second. If you want them to stay high, you can add a latching output driver. The outputs also toggle as part of the power up initialization sequence, so bear in mind how that may affect your application.
- Because Voice Direct™ II can recognize 15 words in stand-alone mode, but has only 8 outputs, some decoding circuitry is required if the application requires more than 8 words to be recognized. The format of the outputted words is discussed under "Recognizing Words".

SYSTEM DESIGN

- If the module is used in a system with other digital clocks (switching power supplies, LCD driver, etc.) take special care to prevent these signals from being coupled into the audio circuitry of Voice Direct™ II.
- With proper product construction, Voice Direct™ II meets the CE requirements for electromagnetic radiation and immunity. To minimize radiated emissions, speaker wires should be less than 3" long. In addition, the speaker cable and power cable should be oriented on opposite sides of the module.

MICROPHONE CONSIDERATIONS
For most applications, an inexpensive omni-directional electret capacitor microphone with a minimum sensitivity of -60 dB is adequate. In some applications, a directional microphone might be more suitable if the signal comes from a different direction than the audio noise. Since directional microphones have a frequency response that depends on their distance from the sound source, such microphones should be used with caution. For best performance, speech recognition products should be used in a quiet environment with the speaker's mouth in close proximity to the microphone.

Important machanical issues pertaining to microphone assembly:

- FIRST: In the product, the microphone element should be positioned as close to the mounting surface as possible and should be fully seated in any housing. There must be NO airspace between the microphone element and the housing, as this can lead to acoustic resonance, which can reduce recognition accuracy.

- SECOND: The area in front of the microphone element must be kept clear of obstructions to avoid interference with recognition. In general, the diameter of the hole in the housing in front of the microphone should be at least 5 mm. Any necessary plastic surface in front of the microphone should be very thin, no more than 0.7 mm if possible.

- THIRD: The microphone should be acoustically isolated from the housing in some way. This can be accomplished by surrounding the microphone element with a spongy material such as rubber or foam. Mounting it with a pliable, non-hardening adhesive is another possibility. The purpose is to prevent auditory noises produced by handling or jarring the product from being "picked up" by the microphone. Such extraneous noises can reduce recognition accuracy.

6. Motherboard and Module Pinout and Characteristics

Figure 2 – Voice Direct™ II Module

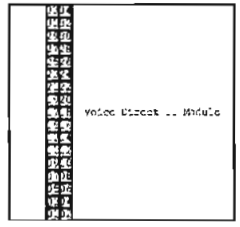
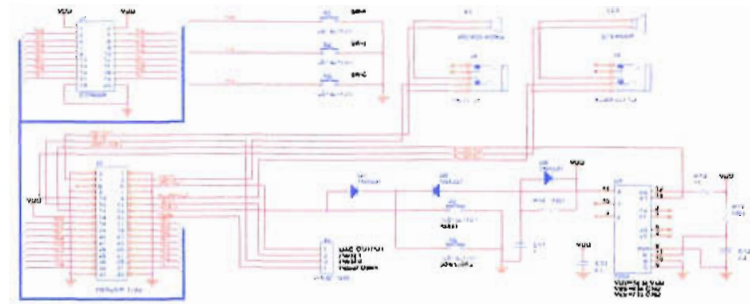
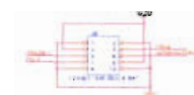
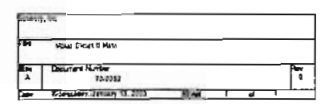


Table 1 – Voice Direct™ II Module Pin Assignments

Pin #	Name	Description	I/O
01	GND	Ground connection	I
02	GND	Ground connection	I
03	MIC RETURN	Analog Ground. For noise reasons, analog and digital grounds should connect together only at the Voice Direct™ II	-
04	MIC IN	Microphone Input Connection	I
05	-	Not Used – Leave Open	-
06	DACOUT	Analog output (unbuffered)	O
07	GND	Ground connection	I
08	GND	Ground connection	I
09	SPEAKER (-)	Speaker connection (negative)	O
10	SPEAKER (+)	Speaker connection (positive)	O
11	-	Not Used – Leave Open	-
12	-	Not Used – Leave Open	-
13	-	Not Used – Leave Open	-
14	-RESET	Soft Reset of Voice Direct™ II (Active low)	I
15	+3.3V	3.3 Volt (+) power supply connection	I
16	-	Not Used – Leave Open	-

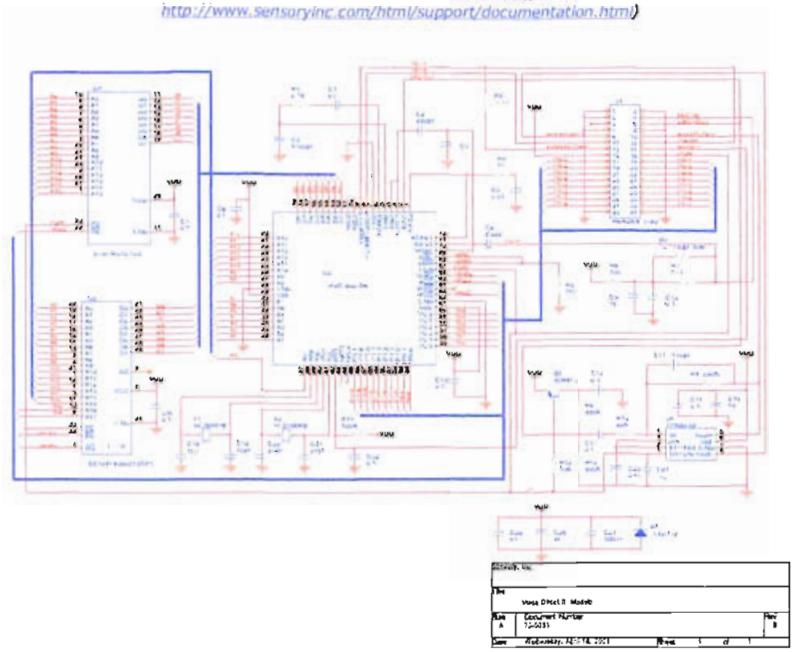






11. Schematics for Voice Direct ™ II Module and Motherboard

(An electronic version of this manual with full size schematics can be downloaded from http://www.sensoryinc.com/html/support/documentation.html)



17	OUT1(P0.0)	Output 1 or 9 (Active high)	O
18	OUT2(P0.1)	Output 2 or 10 (Active high)	O
19	OUT3(P0.2)	Output 3 or 11 (Active high)	O
20	OUT4(P0.3)	Output 4 or 12 (Active high)	O
21	OUT5(P0.4)	Output 5 or 13 (Active high)	O
22	-	Not Used – Leave Open	-
23	-	Not Used – Leave Open	-
24	TALK(P0.7)	Output Active High When Voice Direct™ II is Listening For User Speech	O
25	-TRAIN(P1.0)	Start SD Training / Configure Training/Recognition Sensitivity (see below)	I
26	-RECOG(P1.1)	Start Recognition / Configure Microphone Sensitivity (see below)	I
27	-TRIG TRAIN(P1.2)	Start Trigger Word Training (SCL, MCL, SWS modes only) / Configure CL Performance (see below)	I
28	OUT6(P1.3)	Output 6 or 14 (Active high)	O
29	OUT7(P1.4)	Output 7 or 15 (Active high)	O
30	OUT8(P1.5)	Output 8 (Active high)	O
31	MODE1(P1.6)	Mode Selection Pin 1	I
32	MODE2(P1.7)	Mode Selection Pin 2	I
33	GND	Ground connection	I
34	GND	Ground connection	I

Figure 3 – Voice Direct™ II Motherboard

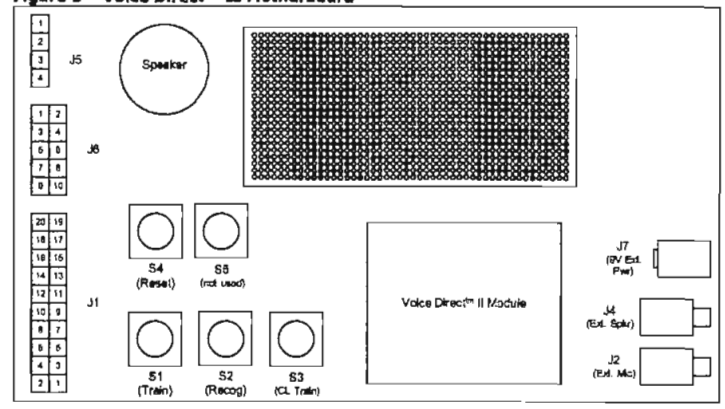


Table 2 – Voice Direct™ II Motherboard Pin Assignments

Connector	Pin #	Name	Description	I/O
J1	01	+3.3V	3.3 Volt (+) power supply connection	I
J1	02	+3.3V	3.3 Volt (+) power supply connection	I
J1	03	OUT1(P0.0)	Output 1 or 9 (Active high)	O
J1	04	-TRAIN(P1.0)	Start SD Training / Configure Training/Recognition Sensitivity (see below)	I
J1	05	OUT2(P0.1)	Output 2 or 10 (Active high)	O
J1	06	-RECOG(P1.1)	Start Recognition / Configure Microphone Sensitivity (see below)	I
J1	07	OUT3(P0.2)	Output 3 or 11 (Active high)	O
J1	08	-TRIG TRAIN(P1.2)	Start Trigger Word Training (SCL, MCL, SWS modes only) / Configure CI. Performance (see below)	I
J1	09	OUT4(P0.3)	Output 4 or 12 (Active high)	O
J1	10	OUT6(P1.3)	Output 6 or 14 (Active high)	O
J1	11	OUT5(P0.4)	Output 5 or 13 (Active high)	O
J1	12	OUT7(P1.4)	Output 7 or 15 (Active high)	O
J1	13	-	Not Used – Leave Open	-
J1	14	OUT8(P1.5)	Output 8 (Active high)	O
J1	15	-	Not Used – Leave Open	-
J1	16	MODE1(P1.6)	Mode Selection Pin 1	I
J1	17	TALK(P0.7)	Output Active High When Voice Direct™ II Is Listening For User Speech	O
J1	18	MODE2(P1.7)	Mode Selection Pin 2	I
J1	19	GND	Ground connection	I
J1	20	GND	Ground connection	I
J5	01	DACOUT	Analog output (unbuffered)	O
J5	02	-	Not Used – Leave Open	-
J5	03	-	Not Used – Leave Open	-
J5	04	-	Not Used – Leave Open	-
J6	01	GND	Ground connection	I
J6	02	GND	Ground connection	I
J6	03	+3.3V	3.3 Volt (+) power supply connection	I
J6	04	OUT1(P0.0)	Output 1 or 9 (Active high)	O
J6	05	-RESET	Soft Reset of Voice Direct™ II (Active low)	I
J6	06	-	Not Used – Leave Open	-
J6	07	OUT1(P0.0)	Output 1 or 9 (Active high)	O
J6	08	+3.3V	3.3 Volt (+) power supply connection	I
J6	09	GND	Ground connection	I
J6	10	GND	Ground connection	I

9. Erasing the Templates

When both the ~TRAIN and ~RECOG pin are pulled to GND for at least 100mS, Voice Direct™ II will erase all trained templates. Voice Direct™ II will say "Memory erased", and then exit the erase mode. Individual words or sets cannot be erased separately.

10. Tips for Optimal Performance

Successful recognition begins with the careful selection of words for each recognition set. Several factors contribute to selecting an optimal recognition set. Problematic recognition sets can often be corrected by replacing one or more words with a synonym, or approximate synonym (see examples, below), without requiring any other changes. The smaller the set, the higher the recognition rate

The optimal set consists of:	Avoid sets like:	Aim for sets like:
Dissimilar sounding words	hat/cat/rat home phone/office phone	hat/kitten/mouse home/office
Varying numbers of syllables	orange/apple/cherry	orange/watermelon/ grape

Key considerations for successful voice recording:

- The equipment used to train the voice recordings should match the equipment used during recognition. Differences in microphone, microphone housing, etc. will adversely affect recognition.
- The conditions and environment in which the voice recordings are made should reflect the conditions and environment in which the end product will be used.

a) **Distance.** The distance of the microphone from the speaker's mouth must be the same during recording and during end-product use. For example, a doll is typically held within arm's length, so the voice recording microphone should be held accordingly.
b) **Natural Voices.** Subjects should speak in a normal voice and be discouraged from sounding unusual by imitating a foreign accent or using any unnatural intonation. They should be prompted by means of some non-verbal source (pictures or flashcards, for example), so as not to unconsciously mimic the voice of the person doing the prompting.
c) **Physical States.** Physical states should be considered. For example, to collect voice recordings to activate an exercise machine, it would be strongly recommended to record people who sound out of breath.
d) **Emotional States.** Emotional states should be considered. Will the end users be relatively quiet and calm (say, for an office product) or loud and excited (say, for a playground toy)?
e) **Environment / Background Noise.** Environmental noise must be considered. For example, a product intended for use inside a moving vehicle would benefit from samplings made inside a car with the motor running. Nevertheless, the recordings must be made in a reasonably quiet environment. The speech signal must be prominent relative to background noise and there should not be any abrupt, loud noises. Voice recordings should not be made in a soundproof room. These rooms lend an unnatural background silence to the recordings, which does not reflect the real-world environment in which the end product will be used.

SINGLE-TRIGGER WORD-SPOTTING (SWS) MODE

When configured for Single-Trigger Word-Spotting mode, the Voice Direct™ II will, upon power-up or reset, check to see if any words have been trained. If so, then Voice Direct™ II will immediately start listening (in word-spotting mode) for the trigger word. If no words have been trained, then the Voice Direct™ II will wait for the user to train one or more words. After training, the -RECOG pin can be brought low to initiate Word-Spotting recognition.

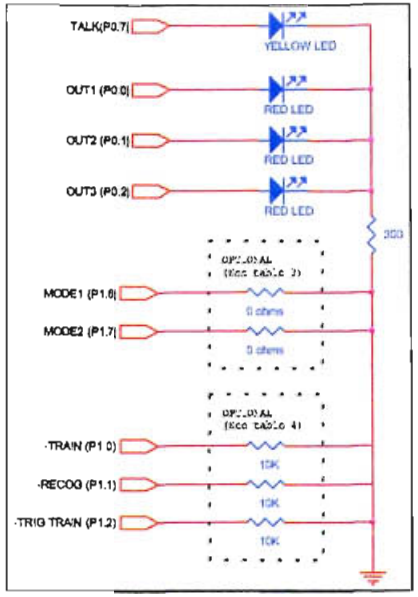
It is important to note that the module is only listening when the TALK LED is lit. Use the LED as an indicator of when you can speak the trigger and command words, especially when first using the module. After successful recognition of the trigger word, there is a 3 second window during which Voice Direct™ II is listening for a command word (if any are trained). If no command words are trained, then a successful recognition of the trigger word will cause the outputs to behave as if the first command word had been recognized (OUT1 would toggle high). This feature is useful if only a single trigger word is required. Note that Voice Direct™ II does not need to wait the full 3 seconds if it hears your command word once it detects the silence at the end of your utterance, recognition processing will begin immediately.

When a trained sequence of words (trigger word + command word) is recognized, the appropriate Output Pin(s) will pulse high for 1 second:

Recognition Word	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Trigger + Command Word 01 (or Trigger + No Command Words Trained)	A							
Trigger + Command Word 02		A						
Trigger + Command Word 03			A					
Trigger + Command Word 04				A				
Trigger + Command Word 05					A			
Trigger + Command Word 06						A		
Trigger + Command Word 07							A	
Trigger + Command Word 08								A
Trigger + Command Word 09	A							A
Trigger + Command Word 10		A						A
Trigger + Command Word 11			A					A
Trigger + Command Word 12				A				A
Trigger + Command Word 13					A			A
Trigger + Command Word 14						A		A
Trigger + Command Word 15							A	A

Note: "A" indicates that the outputs are "Active-high"

Figure 4 – Basic Application Schematic



MODE SELECTION

There are 4 main operating modes for the Voice Direct™ II module that can be selected depending on how voice recognition will interact with your application. These are Edge-Triggered Single Recognition (ESR) mode, Single-Trigger Continuous Listening (SCL) mode, Multi-Trigger Continuous Listening (MCL) mode, and Single-Trigger Word-Spotting (SWS) mode. The MODE1 and MODE2 pins are used to select the desired operating mode. The operating mode is set when the Voice Direct™ II is first powered up (or reset) according to the following table:

Table 3 Voice Direct™ II Mode Configuration Pin Configuration	Operating Mode
MODE1 open circuit MODE2 open circuit	Edge-Triggered Single Recognition (ESR) mode
MODE1 pulled low MODE2 open circuit	Single-Trigger Continuous Listening (SCL) mode
MODE1 open circuit MODE2 pulled low	Multi-Trigger Continuous Listening (MCL) mode
MODE1 pulled low MODE2 pulled low	Single-Trigger Word-Spotting (SWS) mode

Operating instructions can be found in sections 4, 5 and 6 of this manual.

TRAINING AND RECOGNITION SELECTIVITY

The -TRAIN, -TRIG TRAIN and -RECOG pins control the selectivity and sensitivity of the Voice Direct™ II. The configuration parameters are set when the Voice Direct™ II is first powered up (or reset) according to the following table:

Table 4 Voice Direct™ II Sensitivity Threshold Configuration Pin Configuration	Selectivity
-TRAIN open circuit	Relaxed Training/Recognition – Easier to train, accepts more similar sounding words. Recognizes more words, may sometimes substitute the wrong words (fewer rejections).
-TRAIN pulled to GND with a 10K resistor	Strict Training/Recognition – Harder to train, rejects more similar sounding words. Recognizes fewer words, may sometimes reject trained words (fewer substitutions).
-TRIG TRAIN open circuit	Faster SCL/MCL/SWS Trigger Word Performance – Recognizes triggers more quickly, may sometimes substitute the wrong words (fewer rejections).
-TRIG TRAIN pulled to GND with a 10K resistor	Slower SCL/MCL/SWS Trigger Word Recognition – Recognizes triggers more slowly, may sometimes reject trained words (fewer substitutions).
-RECOG open circuit	Microphone sensitivity configured for up to arm's length optimal distance
-RECOG pulled to GND with a 10K resistor	Microphone sensitivity configured for up to 6 feet optimal distance

Some applications of Continuous Listening or Word-Spotting require maximum accuracy with the fewest false triggers. This configuration is appropriate for an application such as a light switch, where a false trigger may be more than a minor inconvenience. Further, the SCL, MCL or SWS recognizer in such an application hears a great many phrases that are *not* trigger phrases, so there are many opportunities for false triggers and a high level of accuracy is desired. A consequence of this high accuracy is relatively slow responsiveness.

Other applications – games, for example – can accept occasional false triggers, but need fast response. In these applications the relative frequency of trigger phrases may be quite high, so false triggering accuracy is less of a concern.

It should be noted that if any of the three pushbuttons S1, S2 or S3 are held down during reset or power-on, the Voice Direct™ II will interpret this as if the resistors are in circuit and will configure itself to use the strict setting for that pin.

MODULE PIN CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings

WARNING: *Stressing the Voice Direct™ II beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. Operation beyond the "Operating Conditions" is not recommended and extended exposure beyond the "Operating Conditions" may affect device reliability.*

Any pin to GND:	0.1V to +6.5V
Operating temperature(T_O):	20°C to +70°C
Power dissipation:	1 W
Operating Conditions:	20°C to +70°C;
	V_{DD}=2.7 – 3.6V
	V_{SS}=0V

DC Characteristics

(T_O = -20°C to +70°C, Vdd = 3.3V)

SYMBOL	PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
V_{IL}	Input Low Voltage P0.0-P1.7, -RESET	-0.1		0.75	V	
V_{IH}(V_{dd}>4.5)	Input High Voltage P0.0-P1.7, -RESET	3.0		Vdd + 0.3	V	
V_{OL}	Output Low Voltage P0.0-P1.7		0.3	0.1*Vdd	V	I_{OL} = 2 mA
V_{OH}	Output High Voltage P0.0-P1.7	0.8* Vdd	0.9*Vdd		V	I_{OL} = -2 mA

Recognition Word	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Trigger + Command Word 01 (or Trigger + No Command Words Trained)	A							
Trigger + Command Word 02		A						
Trigger + Command Word 03			A					
Trigger + Command Word 04				A				
Trigger + Command Word 05					A			
Trigger + Command Word 06						A		
Trigger + Command Word 07							A	
Trigger + Command Word 08								A
Trigger + Command Word 09	A							A
Trigger + Command Word 10		A						A
Trigger + Command Word 11			A					A
Trigger + Command Word 12				A				A
Trigger + Command Word 13					A			A
Trigger + Command Word 14						A		A
Trigger + Command Word 15							A	A

Note: "A" indicates that the outputs are "Active-high"

MULTI-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (MCL) MODE

MCL mode works in a similar fashion to SCL mode, except that the module is continuously monitoring for up to three trigger words at the same time.

The command word following the MCL trigger word will be matched only against the templates in the corresponding set. If no command words are trained, then a successful recognition of one of the MCL trigger words will cause the outputs to behave as if the first command word in that set had been recognized. For example, if no command words were trained for Set B, then OUT2 and OUT4 would toggle high. This feature is useful in applications requiring up to 3 triggers but no command words, or where there are multiple users.

[illegible] Word	[illegible] Word	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Trigger Word 1	Command Word 1	A			A				
Trigger Word 1	Command Word 2	A				A			
Trigger Word 1	Command Word 3	A					A		
Trigger Word 1	Command Word 4	A						A	
Trigger Word 1	Command Word 5	A							A
Trigger Word 2	Command Word 1		A		A				
Trigger Word 2	Command Word 2		A			A			
Trigger Word 2	Command Word 3		A				A		
Trigger Word 2	Command Word 4		A					A	
Trigger Word 2	Command Word 5		A						A
Trigger Word 3	Command Word 1			A	A				
Trigger Word 3	Command Word 2			A		A			
Trigger Word 3	Command Word 3			A			A		
Trigger Word 3	Command Word 4			A				A	
Trigger Word 3	Command Word 5			A					A

Note: "A" indicates that the outputs are "Active-high".

If the set contains 8 or fewer elements, these pins may be used to control actions directly. If the set contains more than 8 elements, decoding is necessary. The logical format of the outputs is shown in the table below.

Recognition Word	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Command Word 01	A							
Command Word 02		A						
Command Word 03			A					
Command Word 04				A				
Command Word 05					A			
Command Word 06						A		
Command Word 07							A	
Command Word 08								A
Command Word 09	A							A
Command Word 10		A						A
Command Word 11			A					A
Command Word 12				A				A
Command Word 13					A			A
Command Word 14						A		A
Command Word 15							A	A

Note: "A" indicates that the outputs are "Active-high".

If an error occurs during recognition (except for "Word not recognized"), then the error will be spoken "Spoke too soon", "Please talk louder", etc. If the spoken word is not recognized for any reason, none of the pins are activated and an appropriate voice message, "word not recognized", is synthesized.
For each command word, Voice Direct™ II monitors the background noise level. Voice Direct™ II works well with high (about 80 dB) levels of *steady* background noise (such as a fan), but it may make errors at lower levels if the background noise is not steady (for example, a TV set). Best results will be obtained in a relatively quiet location.
Warnings may also appear if the word is spoken too softly, too loudly, or too quickly after the prompt.

SINGLE-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (SCL) MODE
When configured for SCL mode, the Voice Direct™ II will, upon power-up or reset, check to see if any words have been trained. If so, then Voice Direct™ II will immediately start listening for the trigger word. If no words have been trained, then the Voice Direct™ II will wait for the user to train one or more words. After training, the -RECOG pin can be brought low to initiate continuous listening operation.

It is important to note that the module is only listening when the TALK LED is lit. Use the LED as an indicator of when you can speak the trigger and command words, especially when first using the module. After successful recognition of the trigger word, there is a 3 second window during which Voice Direct™ II is listening for a command word (if any are trained). If no command words are trained, then a successful recognition of the trigger word will cause the outputs to behave as if the first command word had been recognized (OUT1 would toggle high). This feature is useful if only a single trigger word is required. Note that Voice Direct™ II does not need to wait the full 3 seconds if it hears your command word once it detects the silence at the end of your utterance, recognition processing will begin immediately.When a trained sequence of words (CL word + SD word) is recognized, the appropriate Output Pin(s) will pulse high for 1 second:

I_{IL}	Logical 0 Input Current		<1	10	uA	$V_{IN}<V_{DD}<V_{PP}$
I_{DD1}	Supply Current, Operating		37	100	mA	Hi-Z Outputs
I_{DD2}	Supply Current, Quiescent		4	6	mA	Hi-Z Outputs
Rpu	Pull-up resistance, P0.0-P1.7	5, 80, Hi-Z	6.5, 200, Hi-Z		K-ohm	Selected with software

7. Training Voice Direct™ II

EDGE-TRIGGERED SINGLE-RECOGNITION (ESR) MODE
The module should be configured for SD Mode. When the -TRAIN pin is pulled to GND for at least 100mS (such as by pushing a momentary pushbutton, labeled in figure 2 as "S1 (Train)"), training will begin. Voice Direct™ II will prompt "Say word *x*" (where *x* corresponds to the word to be trained).

A trained word or phrase must be no longer than 2.5 seconds and may not contain silences longer than 0.5 seconds. For example, the name "John Smith" would be an acceptable phrase as long as the two words are not separated by a large pause. Training terminates when no word is spoken in response to a prompt, when any pushbutton is pressed a second time during training, when three errors have occurred during training, or after all 15 words have been trained.

Bringing the -TRAIN pin low at a later time resumes training. New words are added to the end of the set already recorded. New words may be added to the set at any time, up to a maximum of 15 words. Individual words from the set may not be deleted or overwritten, but the entire set can be erased (see "Erasing Templates", section 7). The user says the first word to be trained, then Voice Direct™ II prompts again with "Repeat". The user repeats the word, and Voice Direct™ II will return "Accepted" if the word has been successfully trained. Otherwise, it will indicate the cause of the training error. If an error occurs during training, then the error will be spoken "Spoke too soon", "Please talk louder", etc. The user will get three attempts to train each word before Voice Direct™ II exits training mode, and says "Training complete".

The user can exit training at any time by bringing the -TRAIN or the -RECOG pin low, by not responding to a "Say word *x*" or "Repeat" prompt, or when all 15 words have been trained.

Example (SD):

Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Start training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training first command word*
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Say word two"	*Training second command word*
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Say word three"	*Training third command word*
User:	"Lights"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Lights"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Stop training***

Note: Voice Direct™ II will continue to prompt for new words to train until all 15 memory locations have been filled. To stop training, bring the -TRAIN pin low again.

SINGLE-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (SCL) MODE
The module should be configured for SCL Mode. In this mode, separate pins are used to train the trigger word (-TRIG TRAIN pin) and the command words (-TRAIN pin). After training the trigger word, up to 15 command words can be trained.

Example (SCL):

Action:	**Bring -TRIG TRAIN pin low**	***Start trigger word training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training trigger word*
User:	"Sound System"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Sound System"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Start command words training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training first command word*
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Say word two"	*Training second command word*
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Say word three"	*Training third command word*
User:	"Lights"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Lights"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Stop training***

Note: Voice Direct™ II will continue to prompt for new words to train until all 15 memory locations have been filled. To stop training, bring the -TRAIN pin low again.

MULTI-TRIGGER CONTINUOUS LISTENING (MCL) MODE

The module should be configured for MCL Mode. The training sequence is very similar to SCL mode, except that 3 separate trigger words can be trained. After training each trigger, up to 5 command words can be trained which are associated with that trigger word. ***It is important to note that each command set must be trained immediately following the corresponding trigger word. Once the next trigger word is trained, there is no way to go back and re-train a command set without erasing the entire memory.*** Trying to train two similar trigger words will result in a "too similar" error. During the training of the command set, each command word is checked for similarity to other command words in its set, but not against those in other sets.

MCL mode can be useful for a single user product using multiple gateway commands, or for multi-user applications where each user would train his or her own trigger and command words.

Example (MCL):

Action:	**Bring -TRIG TRAIN pin low**	***Start set 1 trigger word training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training set 1 trigger word*
User:	"Sound System"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Sound System"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Start set 1 command words training***
Voice Direct™ II:	"Say word one-one"	*Training set 1 first command word*
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Say word one-two"	*Training set 1 second command word*
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Shutdown"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Stop training***
Action:	**Bring -TRIG TRAIN pin low**	***Start set 2 trigger word training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training set 2 trigger word*

User:	"Sound System"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Sound System"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Start set 2 command words training***
Voice Direct™ II:	"Say word two-one"	*Training set 2 first command word*
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Say word two-two"	*Training set 2 second command word*
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Shutdown"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Stop training***

Note: Voice Direct™ II will continue to prompt for new words to train until all 5 memory locations for each trigger word have been filled. To stop training, bring the -TRAIN pin low again.

SINGLE-TRIGGER WORD-SPOTTING MODE (SWS) MODE

The module should be configured for Word-Spotting Mode. In this mode, separate pins are used to train the trigger word (-TRIG TRAIN pin) and the command words (-TRAIN pin). After training the trigger word, up to 15 command words can be trained. The main difference between the two continuous listening modes (SCL and MCL) and single-trigger word-spotting (SWS) is that a continuous listening trigger word must be spoken by itself, with at least .25s of silence both before and after the word, while word-spotting trigger words may be embedded in the middle of a sentence., i.e. no before and after silence is needed.

Example (Single-Trigger Word-Spotting):

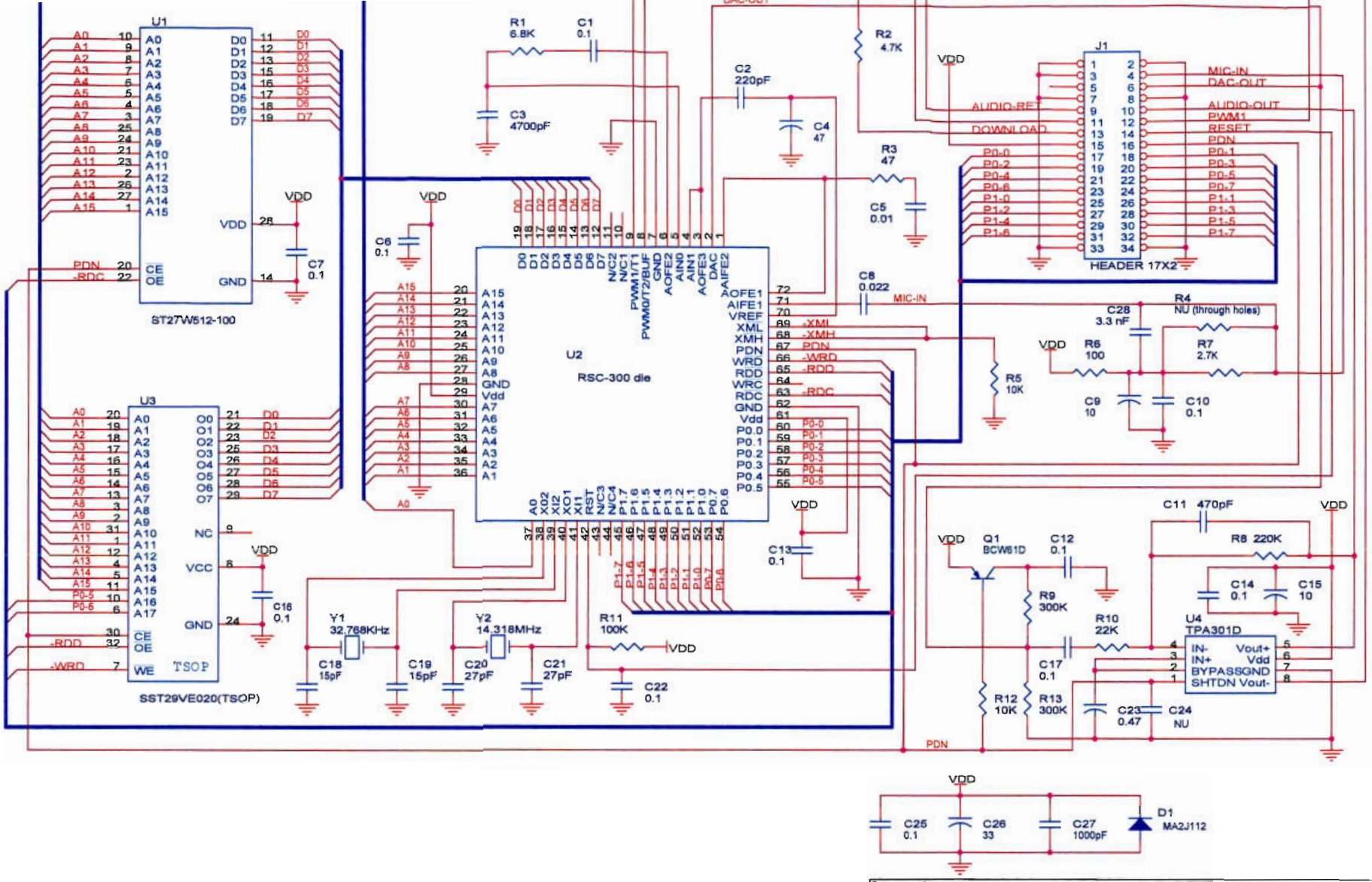
Action:	**Bring -TRIG TRAIN pin low**	***Start trigger word training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training trigger word*
User:	"Sound System"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Sound System"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Start command words training***
Voice Direct™ II:	"Say word one"	*Training first command word*
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Start"	
Voice Direct™ II:	"Say word two"	*Training second command word*
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Shutdown"	
Voice Direct™ II:	"Say word three"	*Training third command word*
User:	"Lights"	
Voice Direct™ II:	"Repeat"	
User:	"Lights"	
Action:	**Bring -TRAIN pin low**	***Stop training***

Note: Voice Direct™ II will continue to prompt for new words to train until all 15 command words have been trained. To stop training, bring the -TRAIN pin low again.

8. Recognizing Words

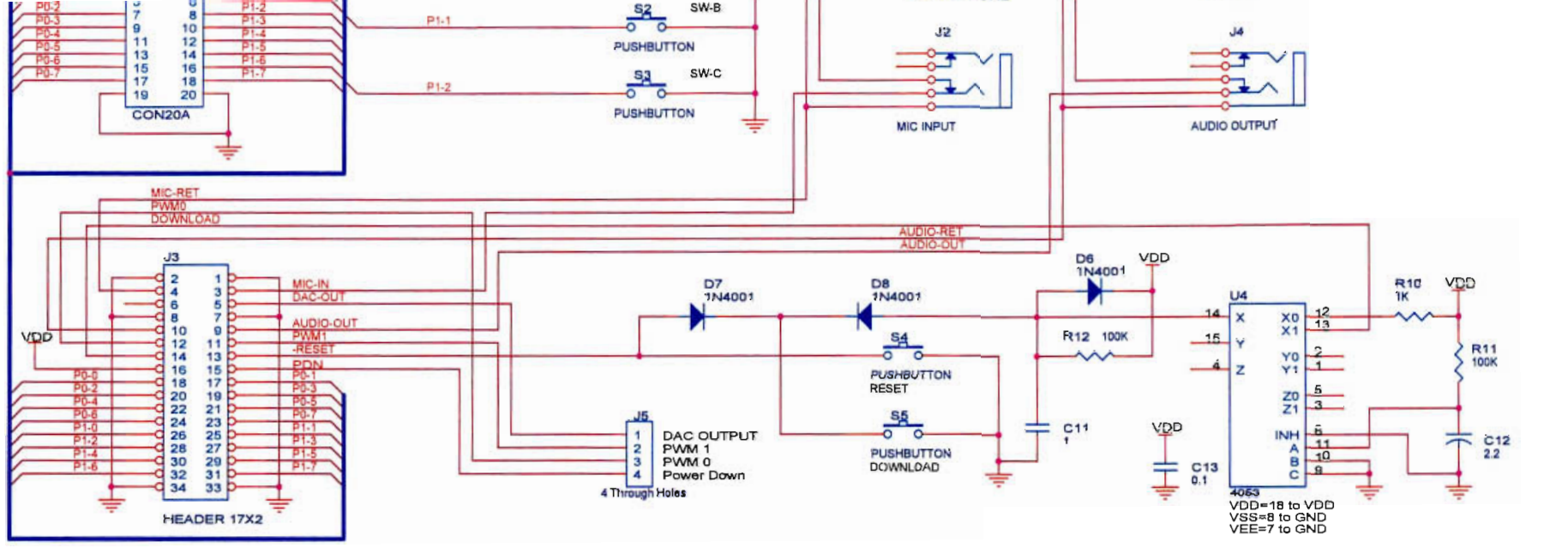
EDGE-TRIGGERED SINGLE-RECOGNITION (ESR) MODE

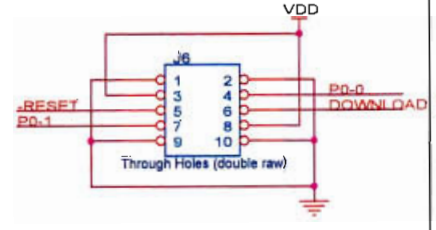
When the -RECOG pin is pulled to GND for at least 100mS, recognition will begin. Voice Direct™ II will prompt "Say a word". If the response is not recognized, Voice Direct™ II will say "Word not recognized" and exit recognition mode. If the spoken word matches a stored template, one or two of 8 output pins are activated (pulled high for approximately one second) and a voice message indicates the matching response.

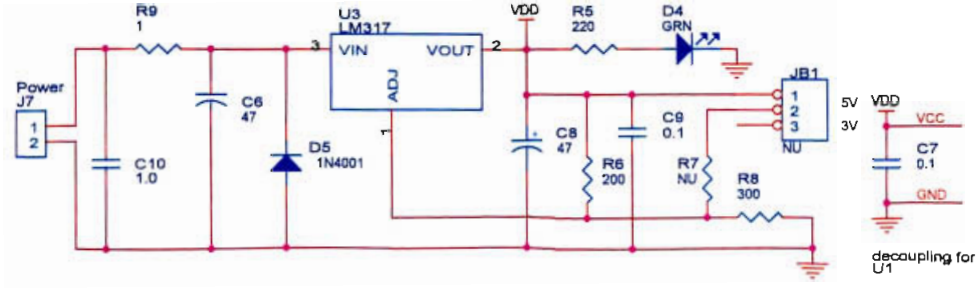


Revision C:
R7 - Value changed from 1.7K to 2.7K
R1 - Value changed from 2.7K to 6.8K
Added C28

Sensory, Inc.		
Title	Voice Direct II Module	
Size A	Document Number 70-0062	Rev C
Date: Tuesday, September 23, 2003	Sheet 1 of 1	



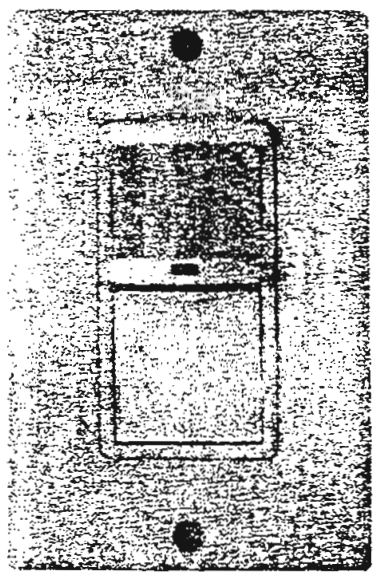




Sensory, Inc.			
Title	Voice Direct II Motherboard		
Size A	Document Number 70-0059		Rev B
Date:	Tuesday, September 23, 2003	Sheet 1 of 1	

LX22

Infrared Motion Sensor

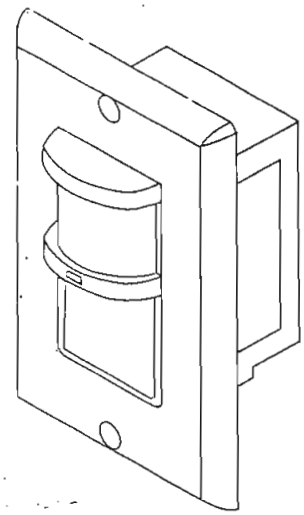


Instruction

LX22 SENSOR INSTRUCTION

Welcome to use LX22 Infrared sensor switch!

This product is new energy-saving lighting switch, adopted high sensitivity detector, integrated circuit, controllable Silicon and SMT; It gathers automatic, convenient, safety and practical functions; The wide detection range is made up of the up and down, left and right service field; It utilizes the infrared energy from Human Body as the control-signal source, When human enter into detection field, it will start the controlled load; It can identify day and night automatically; Its installation is convenient and its range is wide; It has the function of the power and the detection indication.



Specification:

Power source: 100V/AC~277V/AC
Power frequency: 50~60Hz
Detection range. 180° ☑
140° ☐
Detection distance: 9m(<24°C)
Working temperature:-20~40°C
Ambient light: 2~ 1000LUX(adjusted)

Working humidity: <93 %RH
Time-delay: min:8sec±3sec
Max:7min±2min
Installation height: 1m~1.6m
Power consumption: 0.45W(static 0.1W)
Rated Load: 300W max(110V/AC)
Detection motion speed: 0.6~1.5m/s

Function:

- Detection field: The wide range is made up of up and down, left and right service field. (See the following diagram 1), It has the relationship between the sensitivity and orientation of moving, please consider it carefully when you select the installation position;
- It can identify day and night automatically: This product has been adjusted to the maximum before leaving factory. But it also can be adjusted according to client's desire;
- Detection indication: The indicator lamp can flash one time when the sensor receives one signal to show the detection is regular;
- Time-delay added continually:When it receive the second induction signals after the first induction, it could compute time once more on the rest of the first time -delay basic .(Set time)
- Touching detection: The sensor will start the load when human touch the touching-line;(subjoined)
- Time-delay adjustment: It can be set according to the consumer desire. The minimum time is 8sec±3sec,the maximum time is 7min±2min;
- Touch-tone switch: AUTO, OFF, ON;

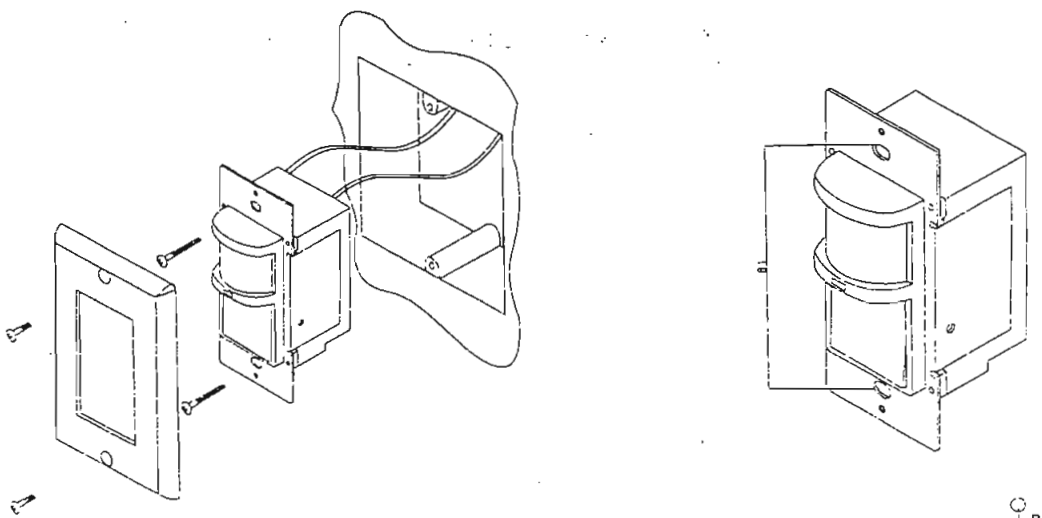
Correct moving orientation

Incorrect miving orientation

INSTALLATION (See the following diagram)

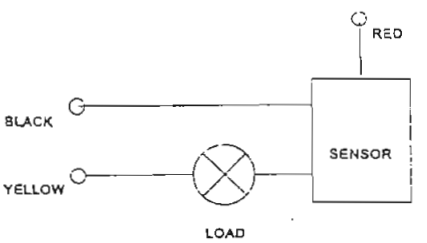
- Shut off the power;
- The power and the load wire are connected with the sensor according connection-wire diagram;
- Lift the board-face off. Fix the sensor on the selected position with bolt;
- You can connect the power to test it after covering the board-face and fixing bolt tightly.

Note: Do not connect the sensor into power directly !!!



Connection-wire diagram

(See the right Fig)



Test:

- Lift the board-face off, turn the time knob anti-clockwise to minimum; turn the "LUX" clockwise to maximum, set press-button to "AUTO";
- After switching on the power, the controlled load should work, the indicator lamp should flash one time, the load should stop working within 10sec; if it is inducted after 10sec, the indicator lamp should flash one time and load shoud start working, under no induction signal condition, the load should stop working within 5~15sec;
- Turn "LUX" to minimum anti-clockwise, cover the detection window with opacity object (towel), the load should work within 5~10sec, (the sensor should work continually after it detect the continual induction signal if the load is sitll working), the load should not work