

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**



**ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE  
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL  
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA  
PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN  
RAFAEL (IV)**

**SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE NIÑOS  
CON NOTIFICACIÓN POR MENSAJE DE VOZ**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**AUTOR: EDWIN DANIEL OÑA SIMBAÑA**

**TUTOR: RICARDO VERGAZ BENITO**

**LEGANÉS, FEBRERO DE 2011**



Título: DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO  
SAN RAFAEL (IV)

Autor: D. EDWIN DANIEL OÑA SIMBAÑA

Director: D. RICARDO VERGAZ BENITO

## EL TRIBUNAL

Presidente: CRISTINA DE DIOS FERNÁNDEZ

Vocal: EDWIN LANIADO JÁCOME

Secretario: CARLOS MARCOS LUCAS

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 23 de FEBRERO de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE



# Agradecimientos

Deseo agradecer en primer lugar a Dios y a mi familia, porque su apoyo ha sido vital en el recorrido de esta primera etapa de mi vida profesional. Debo hacer mención especial a mis padres, mis primeros y mejores maestros, gracias por haber estado siempre ahí.

A Daniel, mi padre y amigo, gracias por todos los consejos que desde niño me ha dado, gracias por marcar un rumbo en mi vida cuando me encontraba desorientado, por ser el mejor ejemplo que he podido tener y por enseñarme a no ser conformista, a intentar superarme día a día, por enseñarme que un hombre sin ilusiones es un hombre muerto.

A mi madre Martha, nunca seré capaz de agradecerle su dedicación, por estar siempre preocupándose por mi bienestar, por darme lo mejor que ha podido y gracias por todo ese amor y cariño que me ha empujado a seguir siempre adelante.

No me puedo olvidar de mi hermana Cyntia, tu compañía me fue de gran ayuda en momentos difíciles aunque tal vez no te dabas cuenta. Gracias por escuchar mis tonterías y monólogos interminables antes de un examen, y gracias por ayudarme a ganar tiempo cuando te encargabas de tareas que eran mías.

Mi gratitud siempre será para ustedes por sus sacrificios para darme la oportunidad de estudiar, por ser la mejor familia que pude haber tenido. El poder conseguir éste título ha sido por ustedes...

Quiero agradecer también a Dios, el haber puesto siempre en mi camino a magníficos profesores, personas a quienes les apasionaba su profesión y han sabido enseñarme de la mejor manera.

En este sentido, quiero darle un agradecimiento muy sincero a mi profesor y tutor en este proyecto, Ricardo Vergaz, quien no solo ha demostrado ser un excelente profesional sino también una gran persona, siempre dispuesto a ayudarme tanto con dudas técnicas como con algunas de aspecto personal. Gracias a usted, comprendí el alcance de nuestra profesión que va más allá del lucro, sino que a través de ella podemos ayudar a otras personas y lo gratificante que resulta.

Finalmente, quiero mencionar a mis compañeros Marisa, Raquel y Lorenzo con quienes he compartido laboratorio, y cuyas sugerencias y ayuda me han servido para mejorar mi proyecto. También quiero agradecer a Agustín, quien en todo momento ha estado dispuesto a ayudarme con las dudas que me han surgido en el laboratorio. Por último a Darío, Juan, Douglas, Roberto y Guillermo con quienes he pasado gran parte de esta etapa universitaria y que han sido más que compañeros, han sido unos buenos amigos.

# Resumen

Mediante el presente proyecto vamos a implementar un sistema de identificación de niños para que, cuando se dispongan a entrar en una instalación, se les notifique a través de un mensaje de voz personalizado con sus nombres a dónde se disponen a entrar.

Este procedimiento está destinado a los niños con discapacidad usuarios del Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael, y tiene como objetivo interactuar con ellos a través de mensajes auditivos.

Para la identificación de los niños, se ha optado por asignar a cada usuario un pequeño mando a distancia provisto de un solo botón. Cada mando tendrá un código único que se envía a través de una señal óptica infrarroja al pulsar el botón. La señal transmitida estará modulada en frecuencia, con una onda portadora de 38 kHz y una onda moduladora que será una señal binaria codificada.

El código enviado consta de una trama de doce bits, de los cuales seis son para datos y los restantes seis para un código de seguridad. Usaremos los bits de datos para diferenciar a los niños y con el código de seguridad evitaremos la activación del circuito en casos no deseados.

El receptor ubicado junto a la puerta de la instalación a la que el niño quiere entrar, decodificará la señal infrarroja. Tendremos un receptor por cada sala: de juegos, fisioterapia, rehabilitación, etc. Si el código recibido coincide con el asignado a alguno de los niños, reproduce un mensaje de voz personalizado con el nombre del niño y el

nombre de la sala a la que va a ingresar. Si el código no coincide con el de ninguno de los niños, el sistema se mantendrá pasivo.

La interacción entre el sistema y los niños, la conseguimos cuando se presiona el botón y se intenta dirigir el mando hacia el receptor. Ésta acción se parece a intentar acertar un dardo en una diana. Potenciando la relación causa-efecto, la destreza mecánica para pulsar el botón y la concentración para apuntar con efectividad, intentamos estimular el desarrollo de las capacidades físicas y mentales de los niños, contribuyendo a su recuperación.

**PALABRAS CLAVE:** INFRARROJOS, MODULACIÓN, AYUDA TÉCNICA, DISCAPACIDAD.

# Abstract

Through the present document, we are going to develop a children identification system which, when they are entering any room of the center, sends them a voice message with their names and the name of the room.

This procedure is oriented to Hospital San Rafael Special Education School's disabled children. The objective is interacting with them through audio messages.

To identify the children, we decided to assign each user a small remote control with a single button. The remote control will have a unique code.

When the children push the button, the code is sent through an optical infrared signal. The signal transmitted, will be modulated at a frequency with a carrier at 38 kHz and a modulator signal which will be a coded binary wave.

The sent code is composed by both six address bits and six data bits. We will use the data bits to recognize the children and with the address bits we avoid to activate the system in undesired cases.

The receptor placed by the side of the room's door which the child wants to enter, will decode the infrared modulated signal. There will be one receptor by each room, for example: playroom, physiotherapy room, rehabilitation room, etc. If the received code is the same that we assigned to some child, the system plays a personalized voice message with the child's name and the room's name where he/she is entering. If the code does not coincide with the code assigned to any child, the system will stay passive.

We get the interaction between the children and the system when the child pushes the button and try to direct the remote control towards the receptor. This action is the same as hitting a dart on the mark. Improving the physical skills for pointing, the concentration and the cause and effect events, we try to develop the children's psychomotor capacities, helping them to improve.

**PASSWORDS:** INFRARED, MODULATION, TECHNICAL AID, DISABILITIES.

# Índice General

<b>Introducción y objetivos</b> .....	1
<b>1.1 Introducción</b> .....	1
<b>1.2 Objetivos</b> .....	4
<b>1.3 Fases de desarrollo</b> .....	6
<b>1.4 Medios empleados</b> .....	7
<b>1.5 Estructura de la memoria</b> .....	7
<b>Tecnología aplicada</b> .....	9
<b>2.1 Introducción</b> .....	9
<b>2.2 Control Remoto</b> .....	11
<b>2.2.1 Mando a distancia por infrarrojos</b> .....	13
<b>2.3 Rayos Infrarrojos</b> .....	14
<b>2.4 Fuentes de radiación óptica</b> .....	17
<b>2.5 Detectores de radiación</b> .....	20
<b>Descripción detallada del sistema</b> .....	27
<b>3.1 Introducción</b> .....	27
<b>3.2 Codificación</b> .....	31
<b>3.3 Emisión</b> .....	35
<b>3.4 Recepción</b> .....	38
<b>3.5 Decodificación</b> .....	40
<b>3.6 Gestión de la información</b> .....	41
<b>3.7 Reproducción del mensaje</b> .....	47
<b>3.8 Fuentes de alimentación</b> .....	53
<b>3.9 Conexión eléctrica entre los bloques</b> .....	57
<b>Diseño mecánico</b> .....	59

<b>4.1</b>	<b>Introducción</b> .....	59
<b>4.2</b>	<b>Diseño de la cubierta exterior</b> .....	60
<b>4.2.1</b>	<b>Mando a distancia</b> .....	60
<b>4.2.2</b>	<b>Receptor</b> .....	63
	<b>Resultados</b> .....	64
<b>5.1</b>	<b>Introducción</b> .....	64
<b>5.2</b>	<b>Mando a distancia</b> .....	65
<b>5.3</b>	<b>Receptor</b> .....	72
	<b>Conclusiones y Trabajos Futuros</b> .....	77
	<b>Estudio Económico</b> .....	79
<b>7.1</b>	<b>Introducción</b> .....	79
<b>7.2</b>	<b>Diagrama de Gantt</b> .....	84
	<b>Bibliografía y Referencias</b> .....	85
	<b>Apéndice A: Proceso de grabación del QV606m1</b> .....	88
	<b>Apéndice B: Código de programación del C8051</b> .....	96
	<b>Apéndice C: Esquemas eléctricos y Layouts</b> .....	103

# Índice de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Alumnos CEE Hospital San Rafael. ....	2
<b>Figura 1.2.</b> Emplazamiento del proyecto. ....	3
<b>Figura 2.1.</b> Radiación electromagnética respecto a la variación de ángulo. ....	12
<b>Figura 2.10.</b> Modelo híbrido del fototransistor .....	26
<b>Figura 2.2.</b> Espectro electromagnético.....	15
<b>Figura 2.3.</b> Irradiación espectral del sol.....	18
<b>Figura 2.4.</b> Espectro de salida para LED infrarrojo. ....	19
<b>Figura 2.5.</b> Efecto fotoeléctrico en un semiconductor. ....	21
<b>Figura 2.6.</b> Curva característica I-V para un fotodiodo.....	22
<b>Figura 2.7.</b> Fotodiodo en cortocircuito.....	23
<b>Figura 2.8.</b> Fotodiodo polarizado en inversa.....	23
<b>Figura 2.9.</b> Foto efecto en un transistor.....	26
<b>Figura 3.1.</b> Distribución física y bloques funcionales .....	28
<b>Figura 3.10.</b> Receptor infrarrojo SFH5110-38.....	38
<b>Figura 3.11.</b> Diagrama de bloques del SFH-5110.....	38
<b>Figura 3.12.</b> Forma de onda a la salida del SFH5110 .....	39
<b>Figura 3.13.</b> Circuito integrado decodificador PT2272-M6.....	40
<b>Figura 3.14.</b> Toolstick C8051F330 Daughter Card.....	42
<b>Figura 3.15.</b> Toolstick Base Adapter.....	42
<b>Figura 3.16.</b> Módulo grabador-reproductor QV606-m1 .....	47
<b>Figura 3.17.</b> Altavoz Visaton para montaje en techo. ....	52
<b>Figura 3.18.</b> Pilas tipo botón. ....	53
<b>Figura 3.19.</b> Soportes para pilas tipo botón.....	54
<b>Figura 3.2.</b> Modo de empleo del sistema .....	28

<b>Figura 3.20.</b> Regulador de tensión ajustable LM317. ....	54
<b>Figura 3.21.</b> Regulador de tensión LM7805. ....	55
<b>Figura 3.22.</b> Transformador de 9V de salida para montaje PCB. ....	56
<b>Figura 3.23.</b> Conexión eléctrica entre bloques para el circuito emisor. ....	57
<b>Figura 3.24.</b> Conexión eléctrica entre bloques para el circuito receptor. ....	58
<b>Figura 3.3.</b> Diagrama de flujo general del sistema. ....	30
<b>Figura 3.4.</b> Circuito integrado codificador PT2262-IR. ....	32
<b>Figura 3.5.</b> Niveles lógicos para la codificación. ....	33
<b>Figura 3.6.</b> Micro-conmutadores 1K2 SPDT para montaje PCB. ....	35
<b>Figura 3.7.</b> Diodo emisor infrarrojo GL380. ....	35
<b>Figura 3.8.</b> Distribución espectral del GL380. ....	36
<b>Figura 3.9.</b> Ángulo máximo de emisión del diodo. ....	36
<b>Figura 4.1.</b> Caja soporte MINITEC E. ....	60
<b>Figura 4.2.</b> Anillos intercambiables para caja MINITEC E. ....	60
<b>Figura 4.3.</b> Sujeción del mando a distancia a la muñeca. ....	61
<b>Figura 4.4.</b> Plano para mecanizados en la caja soporte del circuito emisor. ....	62
<b>Figura 4.5.</b> Plano para mecanizados en la caja soporte del circuito receptor. ....	63
<b>Figura 5.1.</b> Placa PCB para el circuito emisor. ....	66
<b>Figura 5.10.</b> Capa inferior “bottom” para el receptor. ....	72
<b>Figura 5.11.</b> Placa adicional para bloque de recepción. ....	73
<b>Figura 5.12.</b> Elementos a desacoplar para extracción de la placa receptora. ....	74
<b>Figura 5.13.</b> Vista frontal circuito receptor en su soporte. ....	74
<b>Figura 5.2.</b> Circuito de polarización para diodo led GL380. ....	67
<b>Figura 5.3.</b> Elementos para elevar cota. ....	68
<b>Figura 5.4.</b> Superficie de conexión estañada. ....	69
<b>Figura 5.5.</b> Capa superior “top” terminada. ....	70
<b>Figura 5.6.</b> Capa inferior “bottom” terminada. ....	70
<b>Figura 5.7.</b> Mando a distancia sin cubierta superior. ....	71
<b>Figura 5.8.</b> Mando a distancia completo. ....	71
<b>Figura 5.8.</b> Mando a distancia completo-. ....	71
<b>Figura 5.9.</b> Capa superior “top” para el receptor. ....	72
<b>Figura A1.1.</b> Módulo programador QV430P. ....	89
<b>Figura A1.2.</b> Software QV606s1. ....	90
<b>Figura A1.3.</b> Menú Data Setup. ....	91
<b>Figura A1.4.</b> Menú Hardware View. ....	92
<b>Figura A1.5.</b> Configuración para módulo QV430P. ....	93

# Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Asignación de códigos.....	31
<b>Tabla 2.</b> Asignación de los puertos del micro-controlador.....	43
<b>Tabla 3.</b> Comandos para comunicación con el QV606-m1.....	48
<b>Tabla 4.</b> Alcance del emisor para varias resistencias.....	68
<b>Tabla 5.</b> Resumen de parámetros característicos medidos.....	76

# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1 Introducción

Este proyecto está destinado a los niños con discapacidad del Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael, situado en la calle Serrano 199 en Madrid. El Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas de la Universidad Carlos III de Madrid contactó con el citado colegio con el fin de colaborar en la realización de proyectos fin de carrera de los alumnos de la Escuela Politécnica Superior, cuyos resultados pueden usarse directamente en el funcionamiento diario del colegio, y personalmente por los alumnos del mismo.

El Colegio de Educación Especial Hospital San Rafael, es un colegio concertado que atiende alumnos con serias dificultades motoras y cognitivas. En él se da un tratamiento integral que abarca aspectos pedagógicos, motrices, de comunicación, salud, alimentación, aseo e higiene.

El centro está organizado de la siguiente manera: Educación Infantil (3-6 años), Educación Básica Obligatoria EBO (alumnos entre 6 y 16 años) y Programa de Transición a la Vida Adulta PTVA (alumnos en edades comprendidas entre 16 y 21 años).

Tradicionalmente un alto porcentaje de los alumnos matriculados padecían parálisis cerebral, pero en la actualidad se solicita plaza en el centro para niños afectados tanto de “Enfermedades Raras” como de síndromes degenerativos (figura 1.1).



**Figura 1.1.** *Alumnos CEE Hospital San Rafael.*

A pesar de sus diferentes grados de discapacidad motriz, cada uno de los niños demuestra una gran valentía para sobrellevar el día a día. En esta tarea también intervienen sus tutores en el hospital, quienes buscan la manera de facilitarles las tareas diarias como el comer, cepillarse los dientes o simplemente el desplazarse por uno mismo de un sitio a otro.

En esta última idea es donde tiene cabida el presente proyecto, en la autonomía en el desplazamiento para los niños gravemente afectados. Los tutores nos pedían un sistema que permitiera a los niños distinguir entre las doce salas de terapia con las que cuenta el centro, ver figura 1.2.



**Figura 1.2.** *Emplazamiento del proyecto.*

Con la colaboración de los tutores de los niños en el centro, que son quienes mejor conocen las necesidades de los pequeños, se pensó en diferentes opciones. La conclusión fue que la manera más adecuada para que los niños supiesen diferenciar las salas, era a través de una notificación auditiva ya que todos los niños podían escuchar en buena medida. Además, los mensajes podrían ser grabados utilizando un sintetizador de voz o con la voz de los propios tutores, siendo esta última una solución más amigable para los niños ya que la voz les sería familiar.

Con el desarrollo de este trabajo, intentamos contribuir a la recuperación de los niños y esperamos sinceramente que el proyecto sea de ayuda para ellos.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal del trabajo es dar autonomía a los niños gravemente afectados para desplazarse por las instalaciones del colegio, permitiéndoles diferenciar entre las diferentes salas que utilizan a diario.

Previo al desarrollo del proyecto fue necesario hacer un análisis de la situación de los niños y de las instalaciones del centro, para conocer las limitaciones de ambos. Para este estudio se contó con la colaboración de los tutores del centro, que gracias al contacto diario con los niños, conocían de sobra las necesidades que iba a requerir el sistema a implementar, y conseguir así un proyecto adaptado a ellas.

Además, para el diseño se ha tenido en cuenta los conceptos del Diseño para Todos<sup>1</sup>, cuyo conocimiento es necesario en el ámbito de ayudas técnicas para discapacidad. Sus principios introducen conceptos de accesibilidad y diseño para todos, y son los siguientes [1] :

1. Uso equitativo.
2. Flexibilidad en el uso.
3. Uso simple e intuitivo.
4. Información perceptible.
5. Tolerancia a error.
6. Esfuerzo físico bajo, y
7. Tamaño y espacio del sistema diseñado apropiado para el acceso y el uso.

Con la ayuda de los tutores, y teniendo en cuenta los principios del Diseño para Todos definimos los siguientes objetivos secundarios del sistema:

➤ ***Sistema con medio de transmisión infrarrojo.***

Teniendo en cuenta la presencia de dos salas domotizadas controladas por radiofrecuencia, y cuyo funcionamiento no es correcto ya que al intentar activar cualquier elemento en la primera sala, se activa otro elemento pero en la segunda sala. Por dicha razón, se descartó utilizar radiofrecuencia como medio

---

<sup>1</sup> DPT: Filosofía de diseño que tiene como objetivo conseguir que los entornos, productos, servicios y sistemas puedan ser utilizados por el mayor número posible de personas

de transmisión para evitar más interferencias (Principio 5 de DPT). La señal infrarroja, además del bajo coste de implementación, nos proporcionaba una cualidad muy útil para nuestro objetivo: se puede direccionar. Dicha direccionalidad, asegura la interacción de los niños con el sistema, ya que deberán apuntar con el mando hacia el receptor.

➤ ***Mando a distancia con un único botón.***

Los niños del centro sufren diferentes grados de discapacidad. Para lograr la máxima autonomía en sus actividades, los profesionales del centro utilizan un sistema basado en pulsadores, para comunicarse con elementos de las instalaciones. De ésta manera, con un simple movimiento, ya sea de la mano o de la cabeza según sea el grado de discapacidad psicomotriz, se pueden activar los sistemas (Principio 1 y 6 de DPT). Teniendo en cuenta la familiaridad que tienen con este método y buscando abarcar el máximo de niños que puedan utilizar el sistema diseñado en el presente proyecto (Principio 2 y 3 de DPT), se opta por un mando a distancia con un único botón. Este mando también se puede adaptar fácilmente a una silla de ruedas, en los casos necesarios, evitando segregar usuarios. Además, se buscará que el mando a distancia se implemente en un tamaño que sea apropiado para el uso por niños (Principio 7 de DPT).

➤ ***Capacidad para 20 niños.***

Esta es la capacidad nominal del sistema, ya que es el número actual de niños matriculados en el centro. No obstante, el diseño está sobredimensionado para poder ser utilizado por un máximo de 63 niños.

➤ ***Notificación auditiva.***

Buscando llegar a la mayoría del alumnado, la salida del sistema serán mensajes de voz, ya que casi todos los niños pueden escuchar en buena medida (Principio 2 de DPT).

➤ ***Accesibilidad a los CI para ampliaciones futuras.***

El número de alumnos matriculados en el centro se modifica cada año. Asociaremos unívocamente un mensaje de voz con un alumno (ver capítulo 3).

Esto implica modificaciones en el número de mensajes almacenados, y ante dicha necesidad, es necesario diseñar una manera de acceso a las placas PCB para la extracción segura de los componentes necesarios a tal fin.

➤ ***Placa PCB del receptor con elementos portables.***

Por el motivo anterior, ciertos circuitos integrados no deberán estar fijados a la placa mediante soldadura. Entonces, en el diseño de la placa PCB, introduciremos zócalos para la extracción de los elementos necesarios para la ampliación de capacidad.

## 1.3 Fases de desarrollo

Podemos distinguir claramente cuatro fases en el desarrollo del proyecto:

- Definición de objetivos. Fue necesario realizar un estudio previo en colaboración con los tutores de los niños en el centro, para conocer de primera mano, las limitaciones de los niños y de las instalaciones. En esta fase definimos las necesidades del sistema.
- Diseño. Una vez conocidas las necesidades del sistema, definimos las especificaciones técnicas y el diseño del circuito.
- Desarrollo y pruebas. Finalizado el diseño y conociendo los elementos requeridos, se procede al montaje de los circuitos eléctricos en el laboratorio. Se realizan las respectivas pruebas para verificar el funcionamiento del sistema y rectificar fallos.
- Implementación. Obtenido un funcionamiento correcto de los circuitos, se procede al montaje de los prototipos en placas de circuito impreso PCB. Se vuelve a verificar un correcto funcionamiento del sistema al completo y se fijan las placas en sus cajas plásticas protectoras.

Hay que destacar que, como un elemento añadido y asociado a los principios del diseño para todos, se ha contado en todas las etapas del proyecto con la participación



de los usuarios finales, a través de consultas con ellos, para orientar, mejorar y probar el diseño.

## 1.4 Medios empleados

Los medios adicionales con los que se ha contado para llevar a cabo el proyecto son los siguientes, siendo descritas en la memoria la necesidad y selección de cada uno de ellos:

### HARDWARE:

- **Kit de programación ToolStick-F330** para micro-controlador C8051F330
- **Kit de programación QV430** para módulo grabador-reproductor de mensajes de audio QV606M1.

### SOFTWARE:

- **Silicon Laboratories IDE.** Software que proporciona un entorno de desarrollo para la programación del micro controlador C8051F330.
- **QV600S1.** Interfaz software para grabación de mensajes de audio en la placa de desarrollo QV606M1 utilizando un PC.

### LABORATORIOS:

- **Laboratorio del Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (GDAF) del Departamento de Tecnología Electrónica.** Este laboratorio cuenta con el equipo adecuado para realizar todos los montajes, pruebas y mediciones necesarias.
- **Laboratorio de soldadura.**
- **Oficina técnica.** Con la ayuda de éste departamento, fue posible realizar los mecanizados necesarios para la adaptación de los prototipos.

## 1.5 Estructura de la memoria

Como se ha dicho anteriormente, el sistema estará basado en una comunicación a través de una señal infrarroja. Por tanto, en el capítulo 2 se explica en que se basa esta tecnología, sus ventajas y limitaciones, además se mencionará en qué consiste un mando a distancia y los elementos necesarios para su implementación.



En el capítulo 3, tenemos la descripción del funcionamiento del sistema así como un diagrama de bloques del mismo para facilitar la comprensión. Además, explicaremos detalladamente la función que realiza cada bloque, y los elementos electrónicos que se han utilizado para implementarlos.

En el capítulo 4, hablaremos sobre el diseño mecánico realizado para dar soporte y protección a los elementos electrónicos. Describiremos brevemente las ventajas del recubrimiento elegido para el mando a distancia. Para el recubrir el circuito receptor se ha utilizado un elemento prefabricado al que se le ha realizado varios mecanizados. Tendremos las especificaciones técnicas para el emplazamiento de dichos mecanizados.

Podemos ver los resultados obtenidos al implementar el diseño en el capítulo 5 y a continuación en el capítulo 6 las conclusiones derivadas.

En el capítulo 7 tenemos la estimación de los costes para la implementación del sistema. Este estudio económico, está desglosado por capítulos.

A continuación, podemos encontrar las referencias y bibliografía utilizada. Finalmente tenemos varios anexos donde encontraremos: procesos de ejecución como el necesario para la programación del grabador-reproductor de voz, el código del micro controlador y esquemas eléctricos.

# Capítulo 2

## Tecnología aplicada

### 2.1 Introducción

De forma tradicional, la forma para identificar a un usuario que ingresa a una instalación restringida, es asignarle una tarjeta con un código de permiso. Dicho código puede estar grabado en una banda magnética o en un código de barras. Esta solución, aparentemente simple, implica que el usuario coloque la tarjeta en un lector o detector y además, en una posición determinada. Sin embargo, para los niños con discapacidad, usuarios finales de nuestro sistema, esta acción resultaría muy complicada.

Otra posible solución, que implica una tecnología mayor, sería el reconocimiento de los rostros. Esta opción sería mucho más costosa y lo que es peor, no estimula actividad en los niños, salvo el colocarse en un determinado sitio.



Por estas razones se ha elegido, para identificar a los niños, utilizar un mando a distancia con un código diferente asignado a cada usuario y provisto de un único botón. Al presionar el botón, involucramos directamente a los niños en la activación del sistema, y con un código diferente identificaremos a cada niño. Este método tiene otras ventajas que se mencionarán más adelante en este mismo capítulo, y que han sido consensuadas con los tutores del centro.

Previo a la descripción de nuestro trabajo, vamos a introducir ciertos conceptos sobre la tecnología aplicada al proyecto para facilitar la comprensión. Describiremos el funcionamiento de un control remoto por infrarrojos y además, en éste capítulo trataremos brevemente sobre la radiación electromagnética.

Mencionaremos dónde se sitúan las ondas infrarrojas en el espectro electromagnético, su definición y características. También nos referiremos a las fuentes y los detectores de radiación electromagnética. Se pueden clasificar según su rango espectral o según la intensidad de señal que producen (fuentes) o que reciben (detectores).

## 2.2 Control Remoto

Un control remoto es un dispositivo electrónico que regula a distancia el funcionamiento de un aparato, mecanismo o sistema [2].

De la definición anterior, podemos observar que en una operación de control remoto intervienen dos elementos: el mando a distancia (emisor), y el dispositivo al que controla dicho mando (receptor). En la actualidad, y por lo general en la mayoría de aplicaciones, la comunicación entre dichos elementos no utiliza cables.

Para conseguir una comunicación inalámbrica entre el emisor y el receptor, se pueden utilizar dos métodos para transmitir información: a través de señales de radio, o por medio de señales infrarrojas (IR). Ambas tecnologías son válidas, sin embargo, presentan características diferentes.

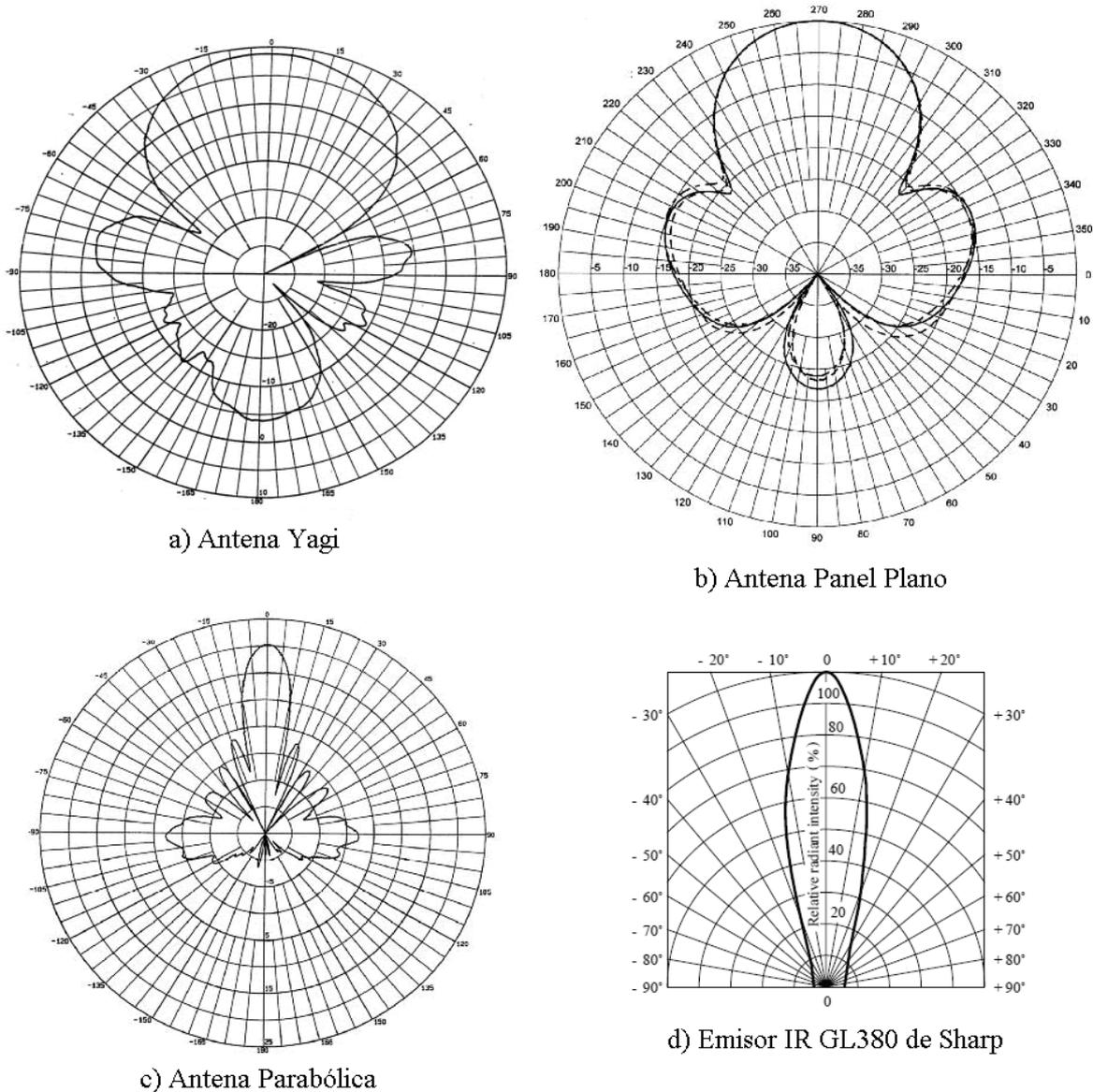
Una de las diferencias entre dichas tecnologías, y que ha sido determinante para este proyecto, es que las ondas infrarrojas se pueden direccionar fácilmente, lo contrario que las señales de radio que para ser direccionadas de manera similar necesitan de una antena.

La direccionalidad o directividad de una antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada de una dirección específica. Es usualmente una relación de intensidad de radiación en una dirección particular en comparación a la intensidad promedio isotrópica [3].

El concepto anterior lo podemos extender para las ondas infrarrojas, aunque para ser direccionadas no necesitan de antena.

Para las ondas de radio, la concentración de la intensidad de radiación dependerá de la forma de la antena. Las máximas directividades se consiguen para las antenas tipo Yagi que se componen de un arreglo de elementos independientes de antena; antenas de panel plano, que son un panel con forma cuadrada o rectangular; y las antenas parabólicas, que como su propio nombre indica, tiene forma de parábola. En la figura

2.1 tenemos la distribución de la intensidad de radiación para los tipos de antena antes mencionados, y la de un emisor infrarrojo comercial.



**Figura 2.1.** Radiación electromagnética respecto a la variación de ángulo [3] y [4].

Pensando en los usuarios finales, se buscó aprovechar la direccionalidad de las ondas electromagnéticas para hacer intervenir directamente a los niños en el funcionamiento del sistema.

Para ello, utilizando un emisor cuya intensidad de radiación estuviera bastante concentrada, forzaríamos a los niños a apuntar el emisor hacia el receptor. Esta acción tiene el mismo principio que intentar acertar un dardo en una diana.

Dicha actividad que aparentemente no es difícil, adquiere otra valoración si tenemos en cuenta para quién va dirigido. Los alumnos del centro, a través de esta acción, van a ver potenciada su capacidad motriz e intelectual.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, y para conseguir la intervención de los usuarios, se ha utilizado la tecnología por infrarrojos ya que comercialmente podemos encontrar emisores IR con varios ángulos de emisión, y que por otra parte la idea de colocar una antena en un mando a distancia para usar radiofrecuencia, no es adecuada por el tamaño que ocuparía.

### **2.2.1 Mando a distancia por infrarrojos**

Desde hace mucho tiempo la industria electrónica de consumo ha estado empleando los mandos a distancia por infrarrojos para el control de electrodomésticos tales como la televisión, VCR y muchos otros productos. Utilizan diodos de emisión infrarroja para emitir un rayo de luz que alcance el electrodoméstico. Esta luz es invisible para el ojo humano, pero transporta señales que pueden ser detectadas por el aparato [5].

Hay dos principios fundamentales del control a distancia por infrarrojos: utilizar un haz modulado a una frecuencia determinada, o utilizar un rayo no modulado y que tiene un alcance restringido.

En una transmisión por infrarrojos existen tres capas: el infrarrojo, la modulación (si se utiliza) y la de datos en serie [6].

La capa de infrarrojos es el medio de transmisión. No podemos ver la luz infrarroja debido a que su longitud de onda es demasiado larga para ver. Aunque no se pueda ver el haz de infrarrojos, se comporta de la misma forma que la luz visible, es decir, está sometida a las mismas leyes físicas.

La capa de modulación se refiere al hecho de que cada ráfaga de señal de infrarrojos a menudo es modulada a una frecuencia de entre 32 y 40 kHz. Es decir, se

utiliza una señal portadora para transmitir la información, que además disminuye los efectos de la luz ambiental u otras fuentes de infrarrojos. Esta capa, sin embargo, es opcional.

La capa de datos en serie tiene la información que contiene un comando. A través de dichos comandos, determinaremos que acción realizará el dispositivo receptor. Existen varios protocolos para codificar información por infrarrojos como el RC5 de Philips, el SIRC de Sony y varios más. En un mando a distancia convencional, como el de nuestro televisor, cuando pulsamos un botón modificamos la frecuencia de emisión. Aquí, la propia capa de modulación es la que contiene la información o comandos.

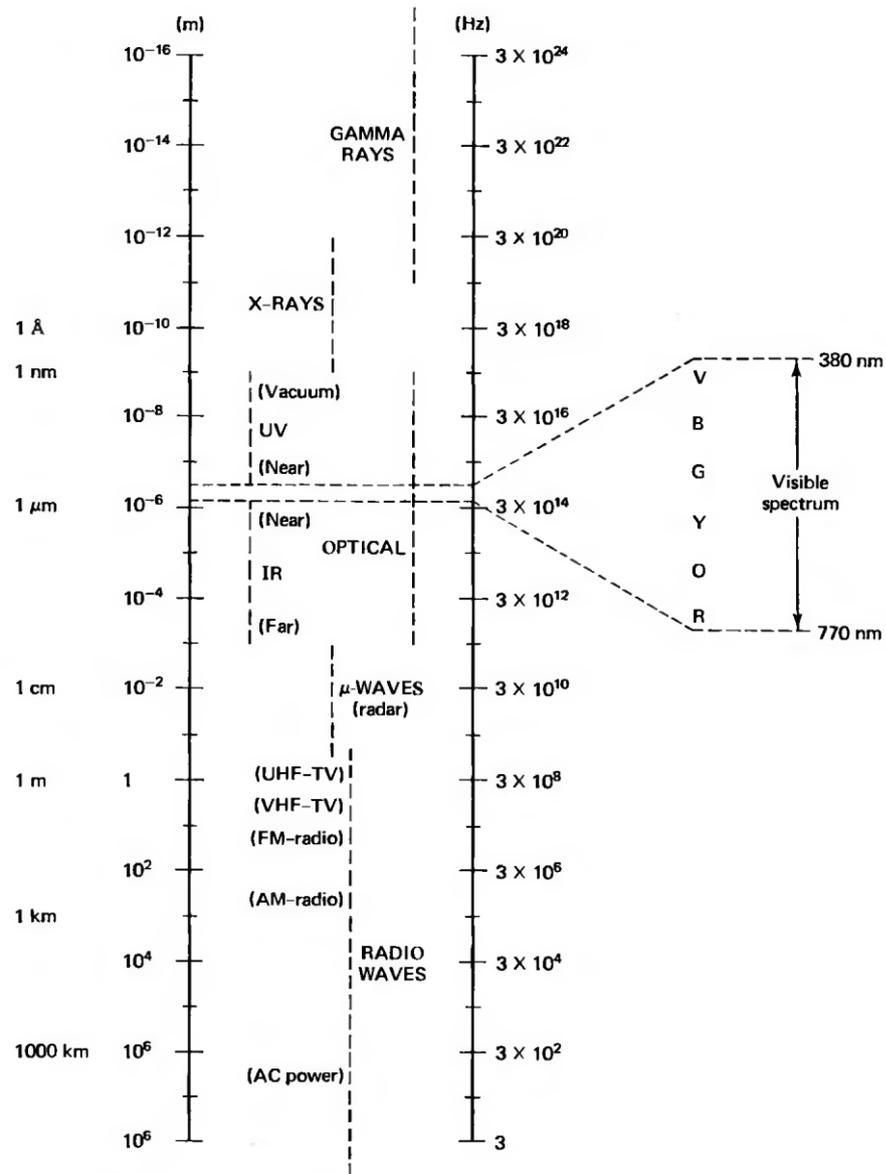
Sin embargo para la implementación de nuestro proyecto, utilizaremos una señal cuadrada con un código binario para enviar códigos.

## 2.3 Rayos Infrarrojos

Una perturbación electromagnética que se propaga a través del espacio como una onda puede ser *monocromática*, es decir, que para cualquier fin práctico se puede caracterizar por una simple longitud de onda, o *policromática* donde se representa por varias longitudes de onda.

La distribución de energía entre varias ondas constituyentes es lo que llamamos el espectro de radiación electromagnética, y el adjetivo *espectral* implica la dependencia con la longitud de onda. Varias regiones del espectro electromagnético tienen nombres particulares, como ondas de radio, rayos cósmicos, luz, infrarrojos y radiación ultravioleta, porque se producen o detectan de diferente manera.

La mayoría de las descripciones comunes se dan en la figura 2.2, en la cual el espectro electromagnético se muestra en términos de longitud de onda ( $\lambda$ ) y de frecuencia ( $\nu$ ). Las dos magnitudes están relacionadas según la velocidad de la luz.



**Figura 2.2.** Espectro electromagnético, ordenado por longitud de onda en metros y frecuencia en Hz [7].

Aquel conjunto de ondas electromagnéticas que se llama luz (a veces luz visible) constituye un estrecho intervalo de longitudes de ondas contenidas aproximadamente entre los 400 nm y 800 nm. Ellas actúan directamente sobre el ojo humano produciendo una excitación específica en su retina, la cual lleva a la percepción luminosa. Como consecuencia de esto, el indicado intervalo de longitudes de onda juega un papel particular para el hombre, a pesar de que por sus propiedades físicas él



en principio no diferencia las ondas electromagnéticas más largas o más cortas, solo el espectro visible.

En los mismos comienzos del siglo XIX fue introducido el concepto de la radiación infrarroja y ultravioleta. La existencia de ondas infrarrojas fue establecida en el año 1800 por Herschel, el cual observó el calentamiento de un termómetro sensible, sobre el que incidía la emisión del sol con longitudes de onda mayores a las del extremo rojo del espectro. Herschel descubrió también que estos rayos se subordinan a las mismas leyes de refracción y reflexión que la luz visible.

Llamamos rayos infrarrojos a las ondas electromagnéticas cuya longitud de onda pertenece al intervalo entre aproximadamente 720 nm y 1 mm. Dentro de este intervalo, habitualmente se clasifican los rayos infrarrojos según su cercanía al espectro visible:

Infrarrojo cercano	720 nm – 30 $\mu$ m	
Infrarrojo lejano	0,03 mm – 0,5 mm	[8]

En el estudio de la emisión infrarroja con una gran longitud de onda, la principal dificultad consiste en la búsqueda de una fuente lo suficientemente potente de estas ondas. Una fuente común de emisión de ondas infrarrojas es un cuerpo caliente. Para una temperatura pequeña la intensidad de emisión es insignificante; con el aumento de la temperatura la potencia total de la energía emitida crece rápidamente, pero el máximo de la emisión corresponde a ondas cada vez más cortas, de manera que la energía de la radiación de gran longitud de onda no crece muy considerablemente.

En la actualidad se observan ondas infrarrojas de una longitud aproximadamente igual a 1 mm [9].

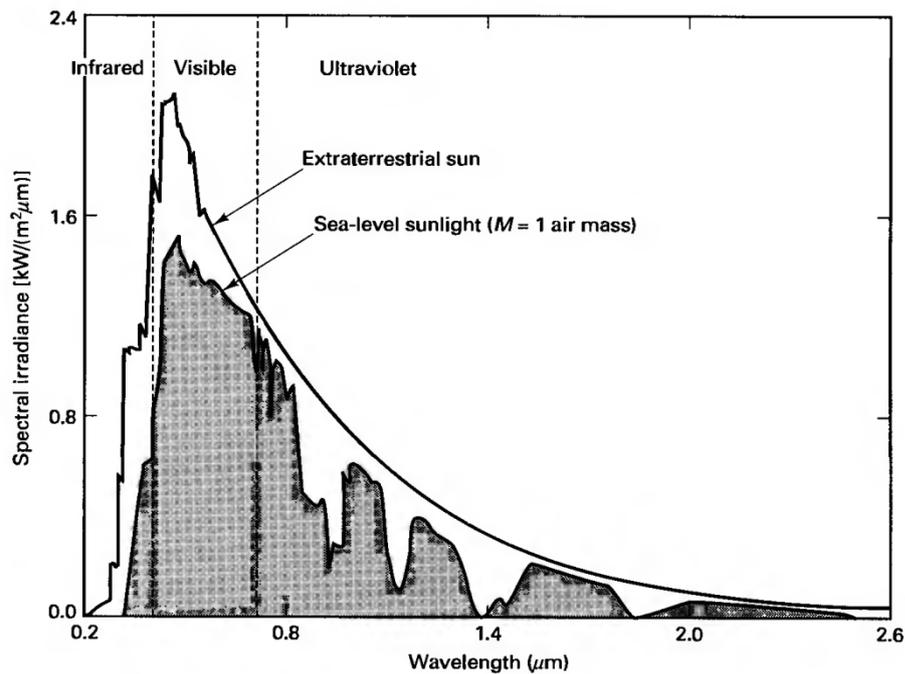
## 2.4 Fuentes de radiación óptica

Las fuentes de luz pueden ser naturales como la luz del sol o de las estrellas, o artificiales como el caso de las lámparas incandescentes o de descargas. La luz de varias fuentes también se puede clasificar como monocromática, un haz espectral, o continua. La manera en que la energía se distribuye en la radiación determina el color de la luz y, en consecuencia, el color con que se ven los objetos bajo la luz. Cualquiera que haya utilizado una cámara es consciente que el color en la imagen, depende del tipo de luz utilizado para iluminar el objeto a fotografiar.

La siguiente clasificación de fuentes de luz no se espera que sea comprensible, sino que se intenta dirigir la atención hacia una amplia zona de información práctica. A efectos de un estudio limitado, presentamos la siguiente clasificación:

- A. Luz del sol y estelar.
- B. Fuentes incandescentes
  - 1. Cuerpos negros
  - 2. Lámparas Nernst
  - 3. Filamento de Tungsteno
- C. Lámparas de descarga
  - 1. Monocromática y fuentes espectrales
  - 2. Fuentes de alta intensidad
    - a. Arco de carbón
    - b. Arco corto compacto
    - c. Flash
    - d. Arco de circonio concentrado
- D. Diodos semiconductores emisores de luz (LED's)
- E. Fuentes coherentes – láser.

La luz del día es una combinación de la luz del sol y la luz estelar. La luz directa del sol tiene una distribución espectral que es claramente diferente de la luz estelar, la cual tiene predominantemente una tonalidad azul. En la figura 2.3 vemos la irradiación espectral del sol.



**Figura 2.3.** Irradiación espectral del sol encima de la atmósfera y sobre una superficie horizontal al nivel del mar: día despejado y sol en el zénit [8].

La radiación solar extraterrestre indica que el sol se comporta aproximadamente como un cuerpo negro con una temperatura en su centro de 6000 K y de 500 K en sus bordes, pero la radiación recibida en la superficie de la tierra está modificada por la absorción en la atmósfera.

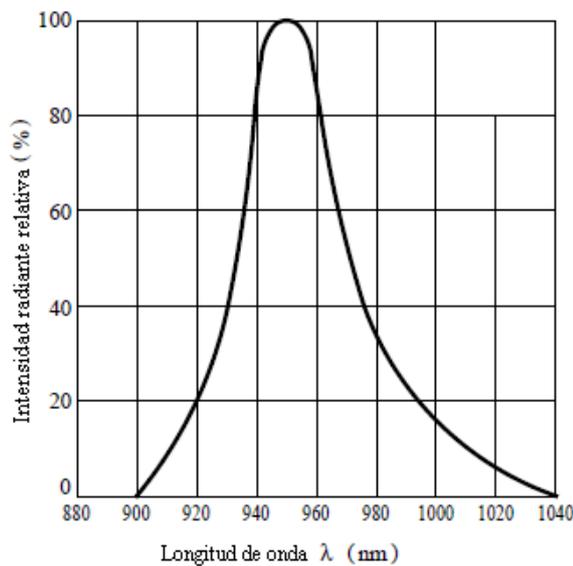
Las fuentes ópticas artificiales que usan luz producida por un material calentado por una corriente eléctrica hasta la incandescencia, se llaman lámparas incandescentes. La radiación surge de la des-excitación de los átomos o moléculas del material después de haber sido térmicamente excitado.

En las lámparas de descarga, su radiación de salida depende de la dinámica de una descarga eléctrica en un gas. Se pasa una corriente a través de un gas ionizado entre dos cátodos, encerrados en un tubo de vidrio o cuarzo. Un campo eléctrico acelera los electrones lo suficiente para excitar los átomos del gas. La fuente de electrones puede ser un cátodo caliente (emisión termoiónica), un fuerte campo eléctrico aplicado al cátodo (emisión por campo), o por el impacto de iones positivos sobre el cátodo (emisión secundaria). La des-excitación de los átomos del gas, suministra una devolución de energía en forma de fotones. Con este procedimiento, podemos

conseguir fuentes con un espectro de salida continuo trabajando con una elevada presión y corriente, o fuentes radiantes monocromáticas para baja presión y corriente. Por ejemplo, la lámpara de arco de sodio, emite casi completamente confinada a la delgada banda del amarillo entre 589.0 nm y 589.6 nm.

Los LED “*Light Emitting Diode*”, son un tipo muy diferente de fuente de baja intensidad, un dispositivo en estado sólido que emplea una unión p-n en un cristal semiconductor. Dicho dispositivo, se encuentra herméticamente sellado en un empaquetado ópticamente centrado. Cuando se polariza la unión en directa con un pequeño voltaje de trabajo, se produce energía óptica mediante la recombinación de electrones y huecos en la proximidad de la unión.

Entre los LEDs más conocidos tenemos los dispositivos infrarrojos de GaAs, con longitudes de onda cercanas a los 900 nm, y los dispositivos visibles de SiC, con longitudes de onda alrededor de 580 nm. Los LEDs emiten en bandas estrechas del espectro, como es evidente en la figura 2.4.



**Figura 2.4.** Espectro de salida para LED infrarrojo [4].

Por último tenemos el láser, que es una muy importante fuente moderna de radiación coherente y extremadamente monocromática, capaz de conseguir muy altas intensidades. Se puede conseguir emisión láser en las regiones ultravioleta, visible e infrarroja del espectro electromagnético.

## 2.5 Detectores de radiación

Cualquier dispositivo que produce una respuesta física medible a la incidencia de energía radiante, es un detector. Existen dos tipos de detectores, que son de uso común:

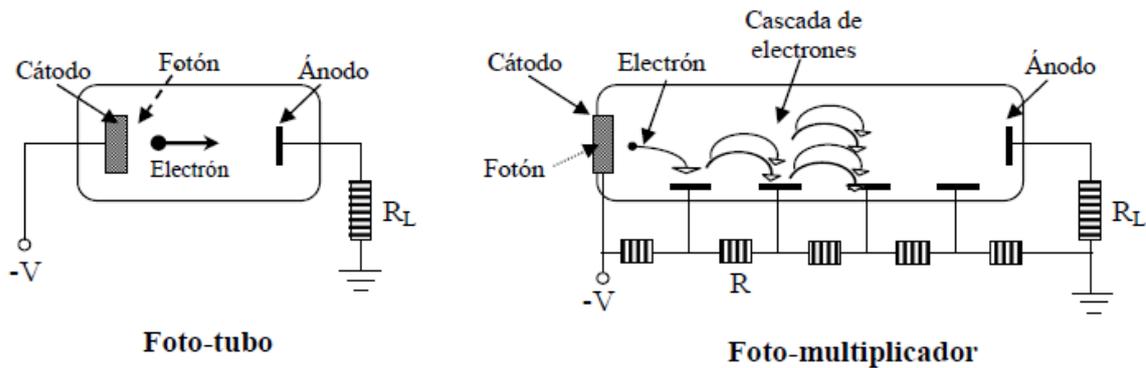
- **Detectores térmicos:** convierten la energía de los fotones (luminosa) en calor. No son muy eficientes y son relativamente lentos por el tiempo requerido para cambiar su temperatura.
- **Detectores fotoeléctricos:** basados en materiales que absorben fotones y que obtienen transiciones electrónicas hacia niveles energéticos más altos generándose portadores de carga. Bajo el efecto de un campo eléctrico, estos portadores se desplazan y producen una corriente eléctrica que se puede medir.

Dejando a un lado los detectores térmicos, que no son relevantes en la aplicación de este proyecto, nos centraremos en los detectores del segundo tipo.

### 2.5.1 Foto detectores

Los detectores fotoeléctricos pueden funcionar basándose en distintos foto-efectos que pueden clasificarse como efectos internos o externos. En estos últimos, si un fotón con la energía suficiente ilumina la superficie del material, los electrones pueden sobrepasar la barrera potencial de la superficie y ser liberados en el vacío como electrones libres (emisión de un fotoelectrón). Este efecto se presenta en metales como el Cesio (Cs), aunque los detectores basados en metales puros funcionan únicamente para las regiones, visible y ultravioleta del espectro electromagnético.

Los materiales semiconductores pueden también presentar este efecto (figura 2.5) y se han podido adaptar para funcionar en la región visible, ultravioleta e infrarrojo cercano. Ejemplos de éste tipo de detectores son los foto-tubos, basados en tubos de vacío, en los que los electrones son emitidos de la superficie de un material foto-emisor (cátodo) y viajan a un electrodo que se mantiene a un potencial eléctrico más alto (ánodo). Una variante de estos es el tubo foto-multiplicador, en el que se amplifica la corriente generada por factores hasta de  $10^7$ .



**Figura 2.5.** Efecto fotoeléctrico en un semiconductor [10].

El efecto interno más importante es la fotoconductividad, que se manifiesta en esencia como un incremento en la conductividad eléctrica del material cuando éste interactúa con fotones. Este efecto se presenta en casi todos los materiales semiconductores con los que se fabrican detectores como:

- Fotodiodos: unión p-n en la que los fotones absorbidos en la región de vaciamiento generan electrones y huecos, que al estar expuestos a un campo eléctrico fluyen en direcciones opuestas produciendo una corriente eléctrica.
- Fotodiodos de avalancha (APD): incorporan mecanismos de amplificación internos con los que la señal puede ser detectada en forma de corriente más fácilmente; el proceso de amplificación se logra al aumentar el campo eléctrico aplicado en la región de vaciamiento.

### 2.5.1.1 Fotodiodos

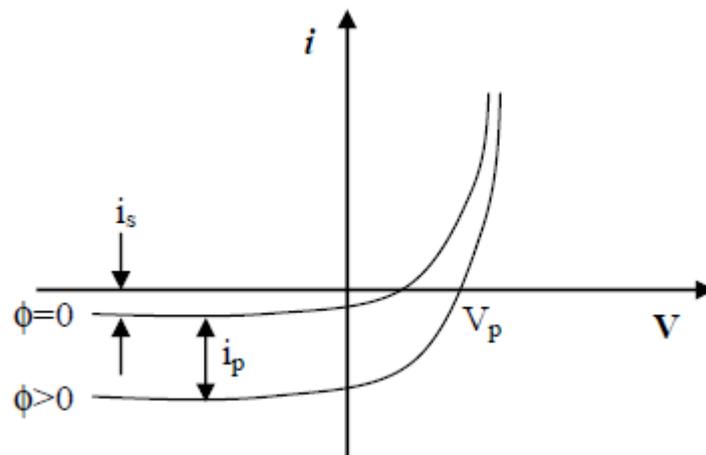
Un fotodiodo es una unión en la que los fotones de energía incidentes rompen los enlaces covalentes, añadiendo estos nuevos portadores a la corriente de saturación inversa. Esta corriente, conocida como fotocorriente, es proporcional a la intensidad de la luz incidente.

El tiempo de respuesta está limitado por el tiempo transitorio de distribución, la resistencia y capacitancia del dispositivo, y también por procesos de difusión que se presentan cuando los portadores se generan en la proximidad de la región de vaciamiento.

El fotodiodo tiene una relación corriente-voltaje dada por:

$$i = i_s \left[ \text{Exp} \left( \frac{eV}{k_B T} \right) - 1 \right] - i_p$$

Que corresponde a la relación típica I-V para una unión p-n, con una corriente extra ( $i_p$ ) que es proporcional al flujo de fotones (fotocorriente). Ver figura 2.6.



**Figura 2.6.** Curva característica I-V para un fotodiodo [10].

Existen tres modos de operación para un fotodiodo:

- Circuito abierto (operación foto-voltaica): incremento en el voltaje del dispositivo proporcional al flujo de fotones.
- Cortocircuito: se genera una corriente de cortocircuito que equivale a la fotocorriente. Ver figura 2.7.
- Polarización inversa (operación foto-conductiva): es el modo de operación más común porque reduce el tiempo transitorio de distribución y la capacitancia de la unión. Además, incrementa la región de vaciamiento con lo que se obtiene un área foto-sensitiva más grande. Ver figura 2.8.

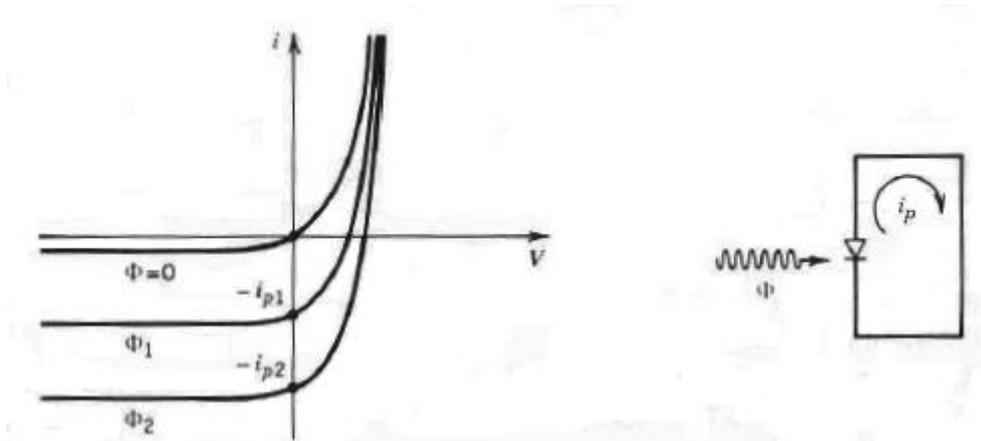


Figura 2.7. Fotodiodo en cortocircuito [10].

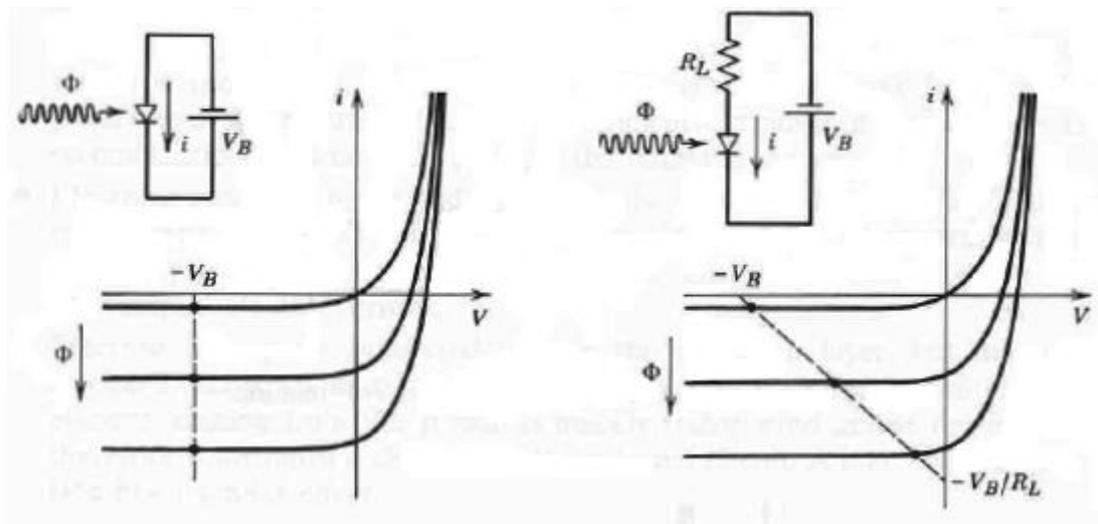


Figura 2.8. Fotodiodo polarizado en inversa [10].

De acuerdo a la tecnología de fabricación, podemos encontrar varios tipos de fotodiodos aparte de los de unión  $p-n$ .

**Fotodiodo  $p-i-n$ :** están formados por una unión  $p-n$  con una capa de material intrínseco separando los materiales  $p$  y  $n$ . Puede operar en las mismas configuraciones que los fotodiodos  $p-n$  y ofrecen las siguientes ventajas:

- Región de vaciamiento más ancha, lo que incrementa el área disponible para capturar luz.
- Capacitancia de la unión más baja, debido también al incremento en la región de vaciamiento. Se reduce la constante RC del circuito.

**Fotodiodos con hetero-estructuras:** al igual que los emisores, pueden combinarse dos materiales con bandas prohibidas diferentes. Esto permite ajustar, con variaciones en la composición, las longitudes de onda de operación de los detectores. Los materiales de más interés y las longitudes de onda de operación respectivas son:

- $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As} / \text{GaAs}$ : 700 – 870 nm.
- $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As} / \text{InP}$ : 1.65  $\mu\text{m}$ , eficiencia y responsividad típicas de 0.75 y 0.7 A/W. Cambiando la composición pueden ajustarse para funcionar en el rango de comunicaciones con fibra óptica (1.3 a 1.6  $\mu\text{m}$ ).
- $\text{Hg}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te} / \text{CdTe}$ : 3 – 17  $\mu\text{m}$ , sintonizable por composición.
- Materiales cuaternarios como  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y / \text{InP}$  son útiles porque ofrecen un grado de libertad más para ajustar la respuesta del detector.

**Fotodiodos Schottky:** llamados también fotodiodos de metal-semiconductor. Una de las capas de material semiconductor de la unión se reemplaza por una película delgada semitransparente de metal (por ejemplo: *Au* en *Si* tipo *n* para operar en el rango visible ó *PtSi* en *Si* tipo *p* para operar del UV cercano al IR). Algunas veces se utiliza una aleación de metal con un material semiconductor. Este tipo de estructura tiene eficiencias altas y tiempos de respuesta rápidos ( $\text{BW} \approx 100 \text{ GHz}$ ) debido a que se reducen, tanto la recombinación de portadores (por delgadez de la película metálica) como la constante RC del circuito.

**Fotodiodos de avalancha:** operan por medio de la conversión de cada fotón detectado en una cascada de pares portadores móviles (amplificación de corriente). El par electrón-hueco generado por la absorción de un fotón se acelera bajo los efectos del campo eléctrico; si el electrón o el hueco alcanzan una energía mayor que la correspondiente a la banda prohibida, se generará otro electrón (hueco) que contribuirá a la fotocorriente. Dado que el proceso depende de la aceleración de los portadores de carga, estos dispositivos funcionan como fotodiodos polarizados fuertemente en inversa. Sus parámetros característicos son:

- Ganancia: 
$$G = \frac{1 - k}{\text{Exp}[-(1 - k)\alpha_e w] - k}$$

donde  $k$  es la razón o cociente de ionización (coeficiente de probabilidad de impacto de ionización de huecos entre el de electrones),  $w$  es el ancho de la capa de multiplicación y  $\alpha_e$  el coeficiente de ionización de electrones. Para  $k=1$ , la ganancia se calcula a partir de la ecuación diferencial con lo que se obtiene  $G=1/(1-\alpha_e w)$ .

- Sensibilidad (responsividad):  $\mathfrak{R} = \frac{\eta e}{h\nu} = \eta \frac{\lambda_0}{1.24}$

- Fotocorriente:  $i_p = \eta e \phi = \frac{\eta e P}{h\nu} = \mathfrak{R} P$

siendo  $P$  la potencia óptica incidente y  $\eta$  es la eficiencia cuántica.

- Tiempo de respuesta: se presenta otro tiempo característico llamado tiempo de construcción de avalancha. Este tiempo es bajo para dispositivos de silicio, por lo que los tiempos de respuesta son similares a los de los fotodiodos  $p-i-n$ .

### 2.5.1.2 Fototransistores

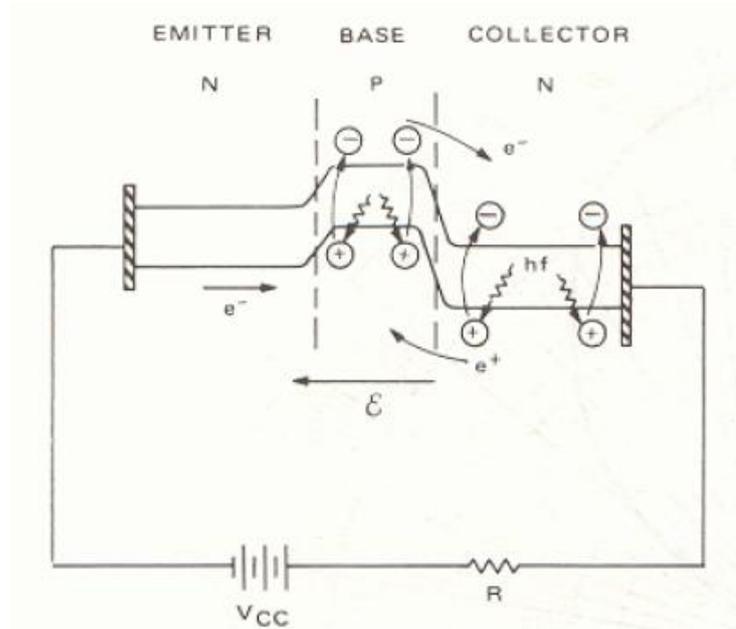
Si la unión discutida anteriormente se trata de la colector-base de un transistor bipolar, la corriente foto inducida es la corriente de base. La ganancia del transistor dará como resultado una corriente colector-emisor de:

$$I_c = (hfe+1)I_\lambda$$

Donde:  $I_c$  es la corriente de colector,  $hfe$  es la ganancia en sentido directo de corriente y  $I_\lambda$  es la corriente de base foto inducida.

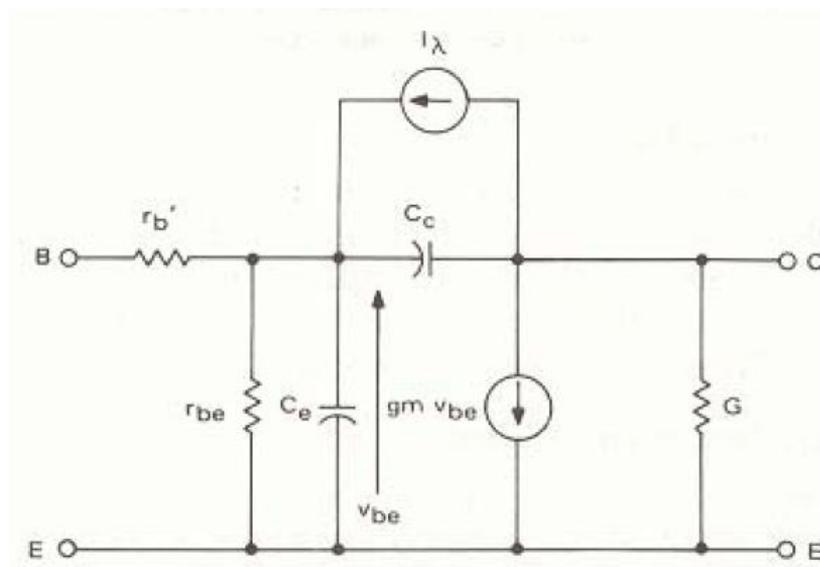
El terminal de base puede dejarse flotando, o se puede polarizar a un valor de operación deseado. En cualquier caso, la unión colector-base está polarizada en inversa y la corriente del diodo es la corriente de fuga inversa. Así, la foto estimulación dará como resultado un incremento significativo en la corriente de base del diodo, y con la ganancia de corriente también se incrementará la corriente de colector.

El diagrama de bandas para el fototransistor se muestra en la figura 2.9. La corriente de base foto inducida regresa al colector a través del emisor y el circuito externo.



**Figura 2.9.** Foto efecto en un transistor [11].

El modelo del fotodiodo se puede aplicar también al fototransistor, sin embargo, este será severamente limitado al trasladar las verdaderas características del transistor. Un modelo más preciso y exacto se obtiene utilizando el modelo híbrido “pi” del transistor (modelo en pequeña señal) y agregando un generador de fotocorriente entre el colector y la base. Este modelo aparece en la figura 2.10.



**Figura 2.10.** Modelo híbrido del fototransistor [11].

# Capítulo 3

## Descripción detallada del sistema

### 3.1 Introducción

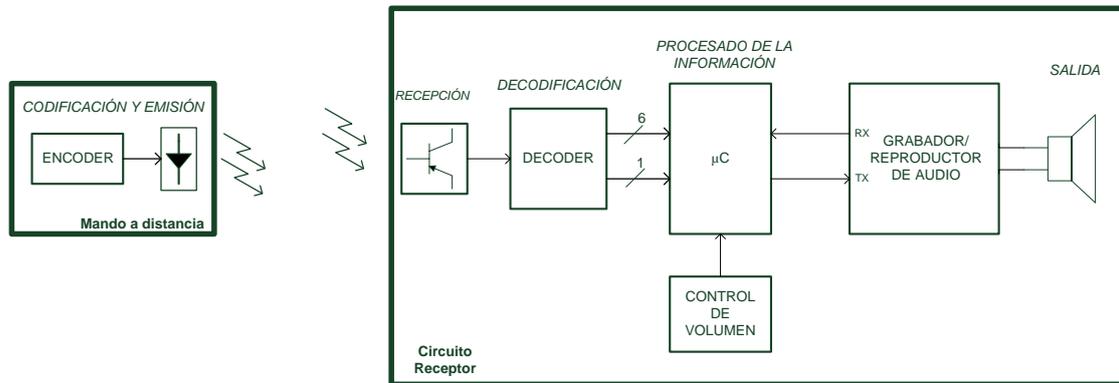
El sistema físicamente consta de dos partes:

- Mando a distancia con un único botón
- Circuito receptor.

Como se ha visto en el capítulo anterior, nuestro sistema se basará en la tecnología por infrarrojos. En concreto, la aplicaremos para comunicar las dos partes de nuestro diseño, a saber, el mando a distancia y el receptor.

Utilizaremos una modulación en frecuencia, con una señal portadora de 38kHz y una señal moduladora que será la señal de salida de un codificador.

En la figura 3.1 podemos ver esta distribución y los bloques funcionales del sistema que se implementan en cada parte.

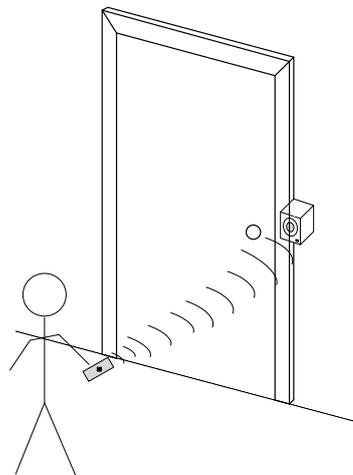


**Figura 3.1.** Distribución física y bloques funcionales.

Como premisa, debemos saber que tendremos un mando, con un código distinto, para cada niño y un circuito detector a la entrada de cada sala del centro.

El proceso de identificación se inicia cuando el niño pulsa el botón del mando a distancia, orientando este último hacia el sensor ubicado junto a la puerta (Figura 3.2).

El circuito implementado en el mando, envía una trama de 12 bits con el código asignado a ese mando a distancia y la dirección de seguridad. Ésta dirección o “llave” de seguridad, que definiremos más adelante, sirve para que la comunicación se lleve a cabo sin accesos no autorizados.



**Figura 3.2.** Modo de empleo del sistema.



Cabe destacar que los bits de direccionamiento son tri-estado, es decir, aceptan en sus pines de dirección tres estados de tensión. Al tener 6 bits para dirección, existen 729 (o  $3^6$ ) combinaciones posibles. Por tanto, tenemos un rango mayor para la dirección de seguridad que con un sistema binario. Todo este funcionamiento se detallará más adelante en el apartado de codificación.

Como se ha dicho anteriormente, junto a la puerta de cada sala utilizada por los niños, tendremos ubicado un circuito receptor. Cuando éste detecta un código entrante, lo recibe e identifica los primeros 6 bits como dirección y los últimos 6 bits como datos. Compara la dirección recibida con la que tiene asignada en sus pines.

Si la dirección es correcta, actualiza su salida con el dato recibido, a la vez que pone a nivel alto un bit adicional para indicar que la transmisión ha sido válida. El dato recibido se mantiene en los pines de salida durante un tiempo determinado por el propio circuito integrado.

Transcurrido dicho tiempo, la salida y el bit adicional vuelven a nivel bajo. Éste modo de funcionamiento se denomina “*momentary*” como veremos más adelante.

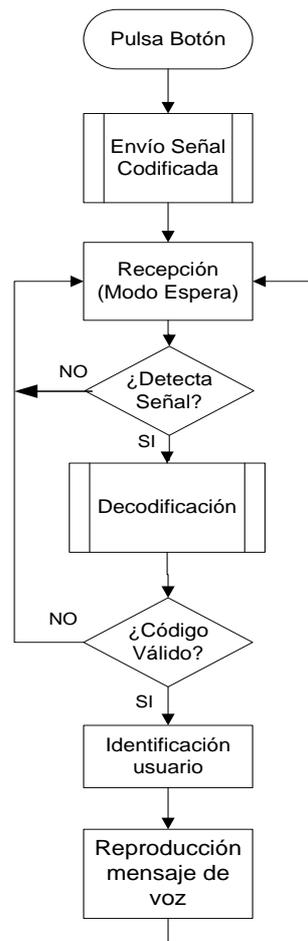
Un micro-controlador gestiona la información recibida y se comunica a través de su UART con el circuito integrado grabador y reproductor de audio.

El micro detecta por una de sus interrupciones externas si hay una transmisión válida, y recoge el dato por uno de sus puertos. Interpreta ésta información y envía una secuencia de códigos al reproductor, para que reproduzca un mensaje de voz con el nombre del niño y el nombre de la sala frente a la que está.

Los mensajes serán grabados con la voz de los tutores o la de un sintetizador de voz. En cualquier caso, la notificación será corta, simple y clara para adaptarse a las facultades auditivas de los oyentes, garantizando una comunicación segura [12].

Hay que tener en cuenta que los mensajes a reproducir tendrán que ser pregrabados siguiendo el orden marcado en el apéndice A.

A continuación podemos ver el diagrama de flujo del sistema, figura 3.3:



**Figura 3.3.** Diagrama de flujo general del sistema.

Las funciones que el sistema de identificación realiza, y los elementos elegidos para ejecutarlas son:

- **Codificación:** Codificador PT2262-IR.
- **Emisión:** Diodo emisor infrarrojo GL380.
- **Recepción:** Receptor infrarrojo SFH5110-38.
- **Decodificación:** Decodificador PT2272-M6.
- **Gestión de la información:** Micro-controlador C8051F330-DC.
- **Reproducción del mensaje:** Módulo grabador-reproductor QV606-m1

Las funciones de codificación y de emisión de la señal infrarroja están integradas e implementadas en el mando a distancia, quedando el resto integrado en la placa PCB del circuito receptor. A continuación y en el resto del capítulo, se van a describir detalladamente la funcionalidad de los componentes elegidos.

## 3.2 Codificación

De mutuo acuerdo con los tutores del centro, se definió una capacidad inicial para 20 niños. Para identificar a cada uno de ellos, vamos a utilizar una trama de 6 bits de datos, con la que podemos tener hasta un máximo de 63 usuarios del sistema. Ésta sobredimensión permitirá futuras ampliaciones en la capacidad de identificación.

En la tabla 1 podemos ver la asignación completa de códigos<sup>2</sup>.

Usuario	Dirección de Seguridad						Código del niño					
	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
<i>Libre</i>	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	0	0	0
Niño 1	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	0	0	1
Niño 2	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	0	1	0
Niño 3	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	0	1	1
Niño 4	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	1	0	0
Niño 5	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	1	0	1
Niño 6	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	1	1	0
Niño 7	1	1	0	Z	1	0	0	0	0	1	1	1
Niño 8	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	0	0	0
Niño 9	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	0	0	1
Niño 10	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	0	1	0
Niño 11	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	0	1	1
Niño 12	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	1	0	0
Niño 13	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	1	0	1
Niño 14	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	1	1	0
Niño 15	1	1	0	Z	1	0	0	0	1	1	1	1
Niño 16	1	1	0	Z	1	0	0	1	0	0	0	0
Niño 17	1	1	0	Z	1	0	0	1	0	0	0	1
Niño 18	1	1	0	Z	1	0	0	1	0	0	1	0
Niño 19	1	1	0	Z	1	0	0	1	0	0	1	1
Niño 20	1	1	0	Z	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Libre</i>	1	1	0	Z	1	0	0	1	0	1	0	1
-	1	1	0	Z	1	0	-	-	-	-	-	-
<i>Libre</i>	1	1	0	Z	1	0	1	1	1	1	1	1

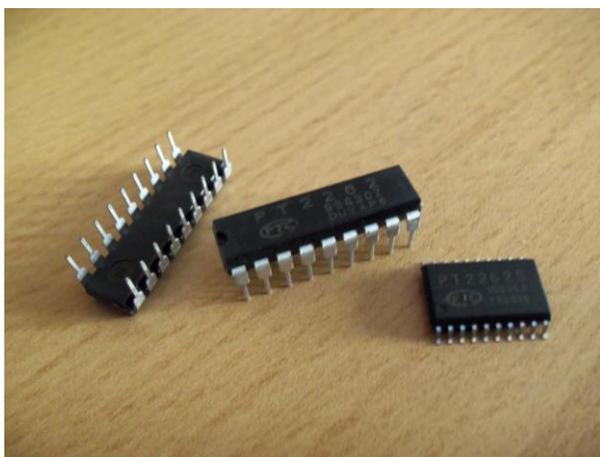
Tabla 1. Asignación de códigos

<sup>2</sup> Representaremos con la letra Z el tercer estado lógico abierto o “flotante” (ver figura 3.5). Se evita así, cualquier relación con el código hexadecimal, que pueda llevar a error.

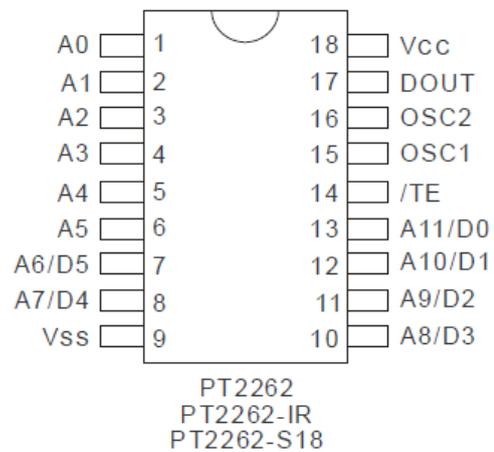
La asignación de los códigos la vamos a empezar desde el número uno decimal (00001 en código binario natural). Con ésta decisión conseguimos que, en cada trama correcta de datos, por lo menos se envíe un “1” lógico. Además, nos será útil cuando el micro-controlador se comunique con el módulo grabador-reproductor de mensajes QV606-M1, ya que el orden de grabación de los mensajes coincidirá el código del niño. Usaremos el mensaje en la posición 0000h del QV606-M1 para almacenar el nombre de la sala. Este procedimiento está detallado en el apartado gestión de la información.

Los nombres de los niños, con los que se personalizarán los mensajes, serán proporcionados por sus tutores en el centro San Rafael<sup>3</sup>.

Para poder codificar la información, se utilizará el circuito integrado PT2262 (figura 3.4.a), que es un codificador con tecnología CMOS y salida serie, utilizado para aplicaciones de radiofrecuencia o con infrarrojos, como es nuestro caso.



a) Fotografía PT2262-IR



b) Configuración de los pines

**Figura 3.4.** Circuito integrado codificador PT2262-IR.

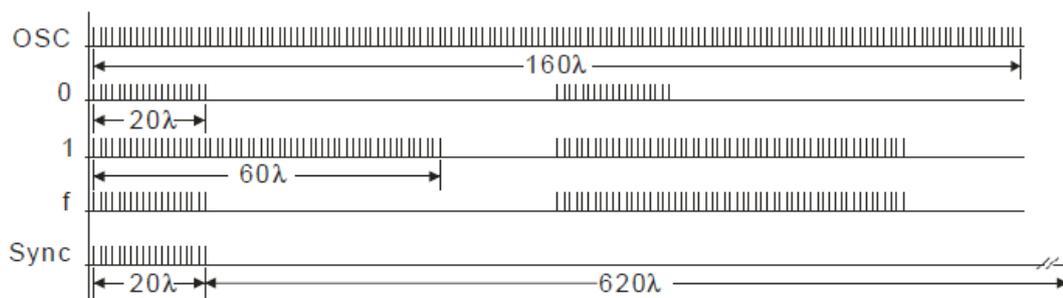
El circuito integrado PT2262 tiene una capacidad de codificación de 12 bits de información, los cuales consisten en N bits de dirección y 12-N bits para datos (figura 3.4.b). Viene disponible en diferentes configuraciones, desde 0 hasta un máximo de 6 bits de datos. Para nuestro sistema utilizaremos la capacidad máxima de bits de datos

<sup>3</sup> Es importante que para posteriores modificaciones en los mensajes guardados, se lea con atención el Apéndice A.

que es de 6 bits. Con esto, conseguimos la sobredimensión en el sistema para futuras ampliaciones en el número de niños matriculados en el centro.

Cada pin de entrada, de dirección o dato, se puede programar externamente de manera *trinaria*. Es decir, podemos programar utilizando tres estados lógicos: alto “1”, bajo “0” y abierto “f”. Representamos el estado lógico abierto mediante Z, para evitar cualquier similitud con el código hexadecimal.

En la figura 3.5 podemos ver una ilustración de los tres estados lógicos, donde la señal OSC es el reloj interno del PT-2262-IR,  $\lambda$  equivale a 2 periodos de dicho reloj y SYNC es la señal de fin de transmisión.



**Figura 3.5.** Niveles lógicos para la codificación

Utiliza los bits de dirección como “llave” en la comunicación, consiguiendo de esta manera dotar al circuito de seguridad, y evitar que interferencias de otros instrumentos activen el circuito de manera no deseada.

Para que la comunicación entre el circuito emisor y receptor se lleve a cabo es imprescindible que ambos circuitos tengan asignada la misma dirección. Por tanto, definiremos como “llave” para la comunicación el número “110Z11”

La información programada, dirección y dato, se transmite junta a través del medio infrarrojo cuando se recibe la señal de disparo “*trigger*”, por el pin TE activo a nivel bajo. En nuestro sistema, implementaremos la señal de disparo con el botón del mando a distancia.

La señal infrarroja transmitida lleva implícita una frecuencia portadora que tiene que ser la misma que detecta el receptor. Definiremos la frecuencia de la señal

portadora en 38 kHz, que es una frecuencia normal para circuitos con este tipo de aplicación [13].

Para conseguir la frecuencia deseada, el fabricante en la hoja de catálogo del circuito integrado, nos sugiere utilizar una resistencia dentro del rango de 430 k $\Omega$  a 560 k $\Omega$ .

Después de realizar varias pruebas en el laboratorio se comprobó que, modificando la resistencia de oscilación modificamos la frecuencia de la señal portadora. Determinamos también, que dentro de este rango de operación, existía comunicación entre emisor y receptor aunque la frecuencia de modulación no sea la de 38 kHz precisamente. Profundizaremos sobre éstas afirmaciones en el capítulo de resultados.

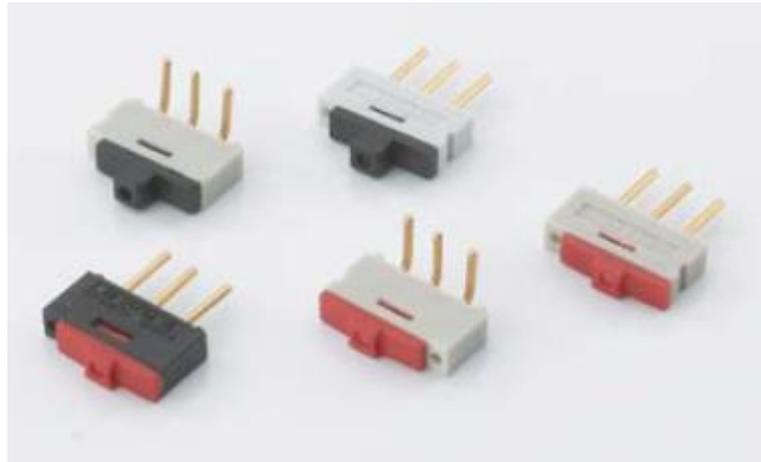
Se ha utilizado una resistencia de 510 k $\Omega$  para modular exactamente a 38 kHz.

El circuito integrado PT2262 viene disponible en dos tipos de encapsulados: DIP (Dual In-line Package) y SOP (Small Outline Package), cada uno en versión de 18 y 20 pines. Además, podemos elegir el integrado de acuerdo a la aplicación que se vaya a utilizar, ya sea infrarrojos o radiofrecuencia. De los diferentes empaquetados, utilizaremos el empaquetado DIP-18, para aprovechar el taladrado en un rutado a dos capas de la placa PCB, en la versión para aplicaciones con infrarrojos.

Se ha elegido el PT2262-IR por su rango de codificación para la trama de datos con una capacidad máxima de 6 bits. También porque para nuestra aplicación, nos proporciona una solución adecuada, ya que el propio circuito integrado puede enviar la señal modulada y sólo requiere una resistencia adicional.

Para estandarizar la fabricación de la placa PCB del mando a distancia, y facilitar la programación de los códigos, se han colocado unos micro-conmutadores en los pines de datos del PT2262 (figura 3.6). Dichos elementos son muy compactos, teniendo unas dimensiones de 10 mm de largo, 2.5 mm de ancho y 7.4 mm de altura.

La posición de los micro-conmutadores, que se definirá manualmente, determinará la conexión de los pines a la alimentación de tensión Vcc o a tierra, consiguiendo el código deseado. Para ver el emplazamiento en la placa, ver el capítulo 5 figura 5.5.



*Figura 3.6. Micro-conmutadores 1K2 SPDT para montaje PCB.*

### 3.3 Emisión

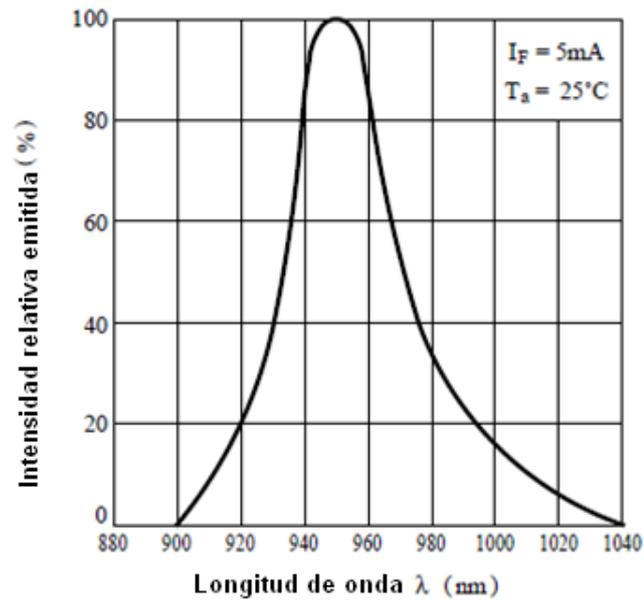
Para poder transmitir la información programada en el codificador, utilizaremos el diodo emisor de infrarrojos GL380 fabricado por Sharp (figura 3.7).



**Figura 3.7.** *Diodo emisor infrarrojo GL380.*

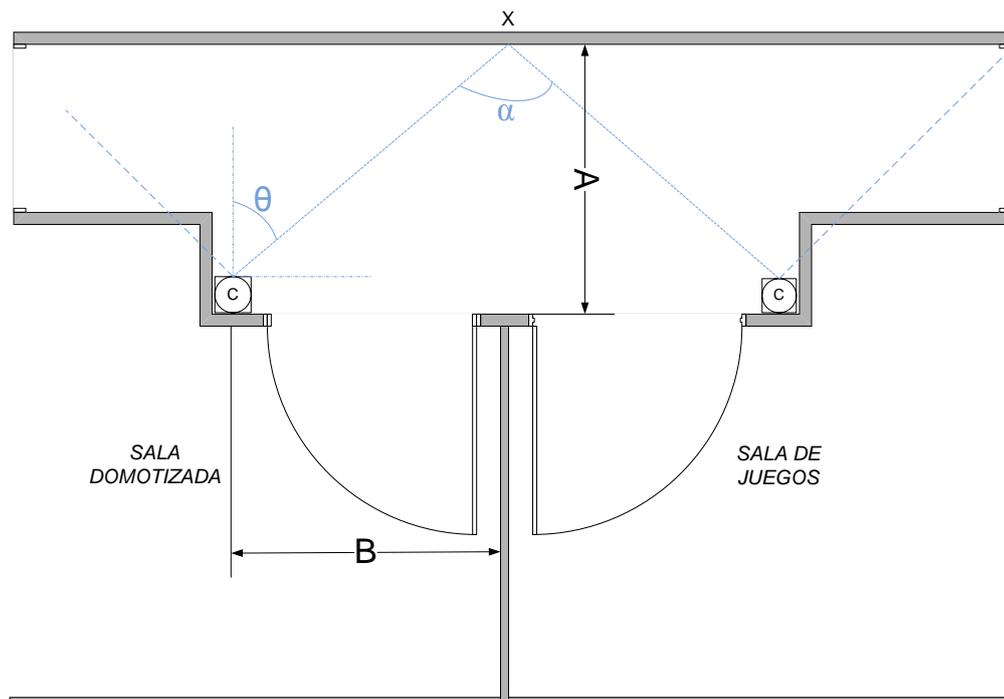
Este diodo emite en el espectro infrarrojo a una longitud de onda  $\lambda$  de 950 nm y tiene un ancho de banda  $\Delta\lambda$  de 45 nm (figura 3.8).

Una característica importante del diodo emisor y que nos proporciona una ventaja más al haber elegido una comunicación por infrarrojos sobre una por radiofrecuencia, es que se puede direccionar el haz emitido. Así, el niño deberá dirigir el haz del mando a distancia hacia el receptor, incentivando a que participe de forma activa con el sistema.



**Figura 3.8.** Distribución espectral del GL380.

En la figura 3.9 tenemos la vista de planta de una pareja de las salas del Colegio para el que se desarrolla la aplicación, en la situación más crítica para el accionamiento, con dos receptores lo más cercanos posibles y un niño pulsando el mando desde el punto X ubicado lo más alejado posible y equidistante a los dos receptores.



**Figura 3.9.** Ángulo máximo de emisión del diodo.



Sobre ésta situación, calculamos el ángulo máximo de emisión  $\alpha$  para no activar dos receptores a la vez. Conocidas las medidas del pasillo, siendo  $A = 1,5$  m y  $B = 1,2$  m; entonces:

$$\operatorname{tg} \theta = B/A;$$

$$\theta = \operatorname{arctg} (B / A) = \operatorname{arctg} (1,2 \text{ m} / 1,5 \text{ m}) = 38,66^\circ$$

Obtenemos así, que el ángulo máximo con el que puede emitir su haz de luz infrarroja el mando a distancia es  $\alpha = 2\theta \approx 78^\circ$ .

El diodo seleccionado tiene un ángulo de emisión de  $28^\circ$ , que es adecuadamente estrecho para no activar dos receptores a la vez, ni para forzar demasiado al niño cuando intente direccionarlo.

Desde otro punto de vista, se podría también limitar el ángulo de recepción del sensor, siendo válido a tal fin el cálculo anterior y obteniendo un ángulo mínimo del receptor de  $2\theta = 78^\circ$ .

Sin embargo, esta opción ha sido descartada debido a que el emplazamiento del receptor se encuentra en una esquina con una pared lateral muy cerca. Por tanto, el ángulo efectivo de recepción sería la mitad del calculado, es decir, sería prácticamente el ángulo  $\theta$ . Un ángulo de recepción muy estrecho, resultaría incómodo para los niños, además de poco óptimo para aquellos que utilizan silla de ruedas.

Por dicha razón, se ha seleccionado un receptor con un ángulo de recepción amplio y se ha limitado el ángulo de emisión del diodo infrarrojo.

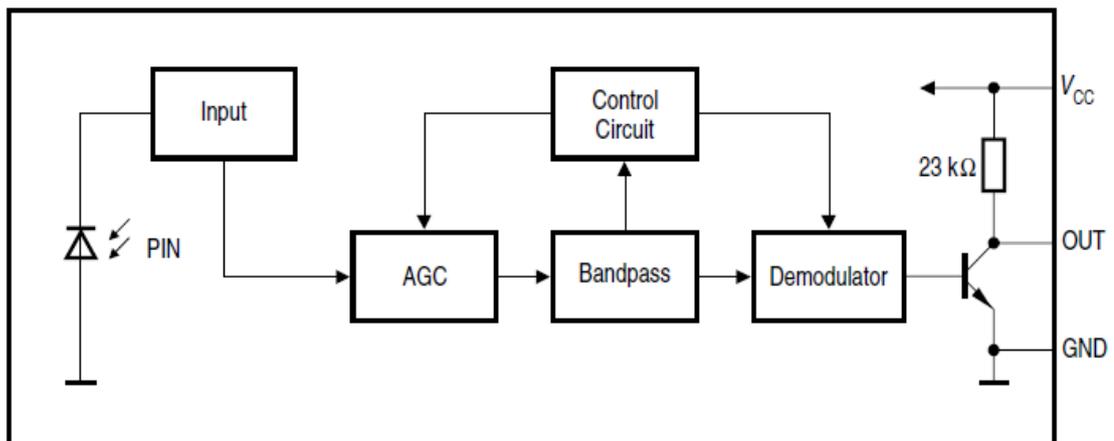
## 3.4 Recepción

Para recibir la señal transmitida desde el mando a distancia utilizaremos un detector infrarrojo de la familia SFH-5110 (Figura 3.10). Estos circuitos integrados son especialmente adecuados para aplicaciones a 940 nm.



**Figura 3.10.** Receptor infrarrojo SFH5110-38.

Utiliza un fotodiodo para detectar la onda emitida, pero además incluyen una serie de etapas de acondicionamiento de la señal como son: un amplificador, control de ganancia automático, filtro paso banda y demodulador, todo ello integrado en el mismo chip (Figura 3.11).

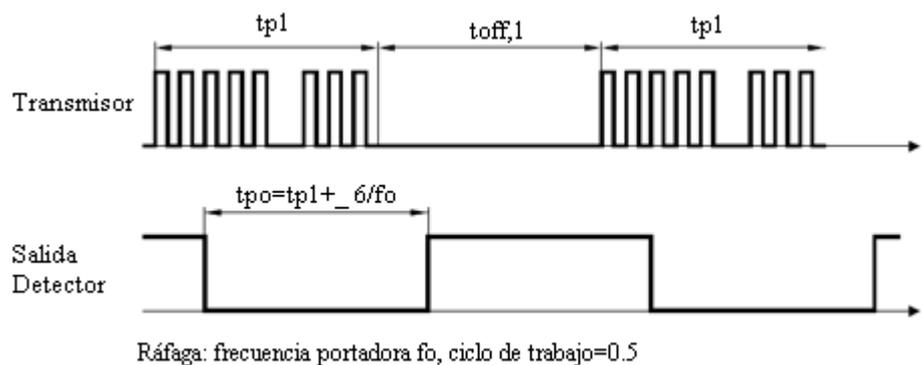


**Figura 3.11.** Diagrama de bloques del SFH-5110.

Los tenemos disponibles para varias frecuencias de modulación. En nuestro caso, se ha utilizado el SFH-5110-38, ya que detecta señales infrarrojas moduladas con frecuencia de la portadora de 38 kHz.

Por otra parte, la señal de salida es activa a nivel bajo, es decir, que en reposo o en ausencia de señal emitida, la salida del receptor estará a nivel alto de tensión, y cuando recibamos un “1” lógico, la señal de salida se pondrá a cero. Véase figura 3.12.

Por tanto, la señal que recibiremos desde el mando a distancia estará invertida o negada.



**Figura 3.12.** Forma de onda a la salida del SFH5110.

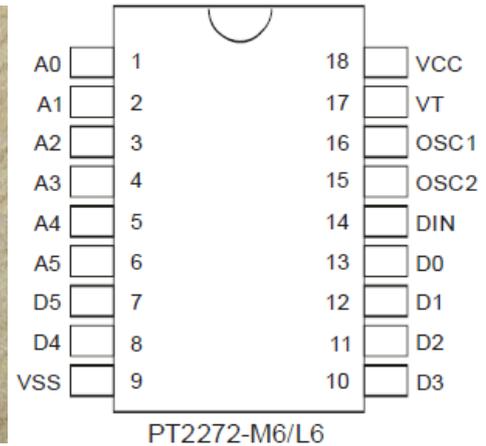
Esto es un inconveniente para el circuito decodificador, ya que éste es activo a nivel alto. Por esta razón incluiremos entre el bloque de recepción y el de decodificación, un inversor lógico. Implementaremos dicho inversor, a través de un transistor bipolar npn BC547B.

## 3.5 Decodificación

Para decodificar la información recibida por el foto receptor, utilizaremos la pareja decodificadora correspondiente del circuito integrado codificador PT2262, que pertenece a la familia PT2272 (Figura 3.13.a).



a) Fotografía PT2272-M6



b) Configuración de los pines

**Figura 3.13.** Circuito integrado decodificador PT2272-M6.

Estos circuitos integrados vienen disponibles para varias configuraciones según sea la aplicación: número de pines de datos variable, salida momentánea o retenida.

Al igual que su par decodificador, estos integrados se presentan en dos tipos de encapsulado: DIP y SOP, cada uno disponible en 18 y 20 pines. Utilizaremos para nuestra aplicación el formato DIP-18, ya que el espacio en este caso no es un inconveniente y además, porque igual que para el emisor, podemos utilizar el taladrado para sus pines como una vía en el rutado a dos capas.

El modo de salida de los datos puede ser *momentary* (momentáneo) o *latch* (mantiene la salida). En el primer modo, la salida se mantiene en los pines un tiempo determinado y luego las salidas vuelven a nivel bajo. En el segundo modo, la salida se mantiene hasta la recepción de otro dato válido.

Específicamente se ha utilizado el PT2272-M6, cuya configuración tiene 6 bits de datos con salida momentánea y encapsulado DIP-18 (figura 3.13.b). Requiere componentes externos mínimos, como son la alimentación y la resistencia del oscilador. Siguiendo las recomendaciones del fabricante, colocaremos una resistencia

de 1 M $\Omega$  entre los pines 15 y 16 para conseguir una frecuencia de muestreo similar o superior a la frecuencia de la señal portadora.

El funcionamiento de este circuito integrado es sencillo, cuando detecta una trama entrante de datos por su pin 14 (DIN) recibe la información. La almacena en un buffer y compara la cabecera de la trama recibida con el código de dirección que tiene programado en sus pines. Si las direcciones coinciden saca en paralelo por sus pines, el dato recibido y la señal VT de transmisión válida. Al estar en modo “momentary”, transcurrido un tiempo determinado por el propio integrado, las salidas vuelven a nivel bajo incluida la salida VT.

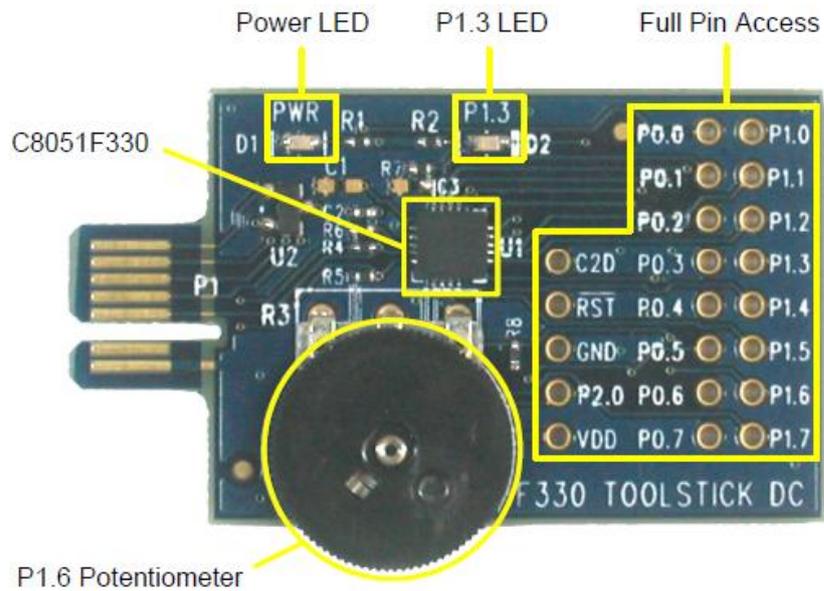
Cabe destacar que, a pesar de que para los bits de dirección podemos utilizar tres estados lógicos, para los bits de datos realmente trabajamos con dos estados ya que el decodificador interpreta el estado abierto o “floating” como un cero lógico. Es decir, si en el emisor envía en la trama de datos el código 11ZZ10, el receptor lo decodificará y pondrá en sus pines de salida el código 110010<sub>2</sub>. Esto se debe a la limitación de la salida del decodificador a conmutar entre dos estados.

Para integrar el PT2272-M6 en nuestro sistema de identificación, utilizaremos el pin 17 de aviso de transmisión válida (VT) conectándolo a una interrupción externa del micro-controlador. Los pines por donde se ofrece el dato recibido, se conectarán directamente a los pines del micro definidas como entradas.

### 3.6 Gestión de la información

Para gestionar los datos recibidos por el PT2272-M6, y que esta información se refleje en la reproducción del mensaje adecuado, se ha utilizado el micro-controlador C8051F330 de la familia 8051's.

De los diferentes formatos en los que se fabrica dicho micro, se ha seleccionado una forma particular denominada “*Toolstick C8051F330 Daughter Card*” (Figura 3.14). Dicha tarjeta, además del micro, incluye un par de LEDs, un potenciómetro, una resistencia a la salida del pin del convertidor de corriente DAC. Pero la ventaja más evidente que nos presenta es la facilidad para acceder a todos los pines del micro, evitando la dificultad de soldar pines demasiado pequeños.



**Figura 3.14.** *Toolstick C8051F330 Daughter Card*

A pesar del hardware que incluye la *Toolstick C8051F330 Daughter Card*, se puede utilizar sin ningún problema como una plataforma de desarrollo de propósito general, ya que dichos componentes no afectan a las señales o incluso se pueden eliminar. Para más información ver la página web del fabricante [14].

Para la programación del micro, se ha utilizado el “*Toolstick Base Adapter*” que forma parte del kit de la *Daughter Card*. Este adaptador, nos proporciona una forma sencilla para conectar el micro con un ordenador (Figura 3.15).



**Figura 3.15.** *Toolstick Base Adapter.*

Dejando a un lado los accesorios y centrándonos en el micro-controlador, vemos que en general cuenta con:



- 768 bytes de memoria RAM interna.
- 8 kB de memoria flash programable.
- Oscilador interno de hasta 24.5 MHz.
- Convertidor AD de 10 bits.
- Convertidor de corriente DA de 10 bits.
- 3 puertos de entrada o salida. Dos tipo byte y uno de 1 bit.
- 4 counter/timers de 16 bits.
- Puertos serie UART, SMBus Y SPI.
- Tensión de alimentación de 2.7 a 3.6 V.

De cara a nuestra aplicación, se han configurado los puertos del micro según se muestra en la tabla 2.

Nombre	Asignación
P0.0	Dato D0 del PT2272-M6
P0.1	Dato D1 del PT2272-M6
P0.2	Dato D2 del PT2272-M6
P0.3	Dato D3 del PT2272-M6
P0.4	RX
P0.5	TX
P0.6	Dato D4 del PT2272-M6
P0.7	INT0
P1.0	Dato D5 del PT2272-M6
P1.1	LED ON indicador exterior
P1.2	Señal BUSY del QV606m1
P1.3	LED de la tarjeta
P1.4	-
P1.5	-
P1.6	-
P1.7	Potenciómetro externo
P2.0	-

**Tabla 2.** *Asignación de los puertos del micro-controlador.*

El micro realiza dos tareas principales:



- Recoger los datos para transmitírselos al CI grabador-reproductor.
- Modificar el volumen de los mensajes a petición del usuario.

### Transmisión de información.

Para transmitir los datos al CI grabador-reproductor, se utiliza la UART del micro configurada a 9600 baudios y 8N1 (8 bits de datos, sin paridad y con un bit de parada). Además, se ha implementado la siguiente función en lenguaje C:

```
void Transmision_Datos (unsigned char instruccion)
{
    int i=0;
    TI0=0;
    SBUF0 = instruccion;
    while(!TI0){ }; //Espera a que se complete la transmisión
}
```

Como se ha dicho en el apartado 3.5, para recibir el dato enviado desde el PT2272-M6 utilizamos la señal de transmisión válida VT conectada a la interrupción externa INT0 del micro.

Como se puede apreciar en la tabla 2, no recogemos el dato por un solo puerto, sino que tenemos cinco bits en el puerto cero y un bit en el puerto uno.

Por esta razón, fue necesario realizar operaciones lógicas bit a bit para rescatar el dato. A continuación vemos la serie de operaciones lógicas necesarias:

```
LECTURA = PUERTO0; //Guardo los el recibido por el puerto 0
PUERTO0 &= 0x40; //Recojo el 6 (D4) bit recibido por el P0.
PUERTO0 >>= 2; //Desplazo el D4 a la posición 4
LECTURA &= 0x0F; //Pongo a cero los 4 bits de mas peso de LECTURA.
LECTURA |= PUERTO0; //Introduzco el D4 en la variable lectura.

PUERTO1 &= 0x01; //Guardo el LSB (D5) y pongo a cero el resto
PUERTO1 <<= 5; //Desplazo el D5 a la 5 posición
LECTURA |= PUERTO1; //Inserto D5 en la quinta posición de LECTURA

ID_NINO =~ LECTURA; //LECTURA negado ya que trabajamos en lógica negativa
ID_NINO &= 0x3F; //Anulo los 2 MSB que no son parte de la información
```

Donde las variables PUERTO0 y PUERTO1 contienen el valor de sus respectivos puertos en el instante en que se activa la interrupción externa INT0. La variable LECTURA es una variable auxiliar intermedia utilizada en las operaciones, y por

último la variable ID\_NINO es donde se guarda el resultado final, es decir, el dato recibido.

A continuación, para enviar el dato al CI grabador-reproductor se realizan varias llamadas a la función `Transmision_Datos()`<sup>4</sup>:

```
Transmision_Datos(OPEN_STRING);  
Transmision_Datos(ID_NINO);  
Transmision_Datos(NOMBRE_SALA);  
Transmision_Datos(CLOSE_STRING);  
Transmision_Datos(PLAY_STRING);
```

Lo que se consigue con esta secuencia, es que se reproduzcan varios mensajes de manera consecutiva. Con el comando `OPEN_STRING` indicamos que los datos que se recibirán a continuación serán los mensajes que se van a reproducir. La cadena de reproducción se cierra con el comando `CLOSE_STRING`, y se inicia la reproducción con `PLAY_STRING`. Estos comandos representan un valor en código hexadecimal, que es lo que entiende el CI grabador-reproductor. Se tratará más detalladamente sobre este tema en el apartado reproducción del mensaje.

### **Control del volumen.**

Se utiliza el convertidor analógico digital para modificar el volumen de los mensajes reproducidos. Se configura el AD para 10 bits, en modo *Single-ended* con entrada positiva por el pin del P1.7 y tierra como entrada negativa. Se habilita la función *Low-power Track Mode* para economizar la energía. Se permite la interrupción de conversión completa `AD0INT`, para saltar a la rutina de atención de la interrupción del convertidor ADC cuando finalice una conversión, y obtener el valor actual del potenciómetro.

La modificación del volumen del sonido, se realiza en dos pasos. Primero se detecta si hay variación o no en el convertidor AD, y en su caso la magnitud de la misma. En segundo lugar enviamos esta información al CI grabador-reproductor para que modifique el volumen de los mensajes en la siguiente reproducción.

Implementamos el proceso anterior mediante el siguiente código en lenguaje C:

---

<sup>4</sup> El código completo que se ha utilizado se encuentra en el Apéndice B.



```
if(ADC_nuevo != ADC_anterior) //Detecta si hay variación en el potenciómetro
{
  ADC0 >>= 4; //Divido por 16 para adaptar el ADC al rango
  volumen = ADC0L; //de volumen aceptado por el QV606M1

  Transmision_Datos(SETVOLUMEN);
  Transmision_Datos(volumen);

  ADC_anterior=ADC_nuevo;
}
```

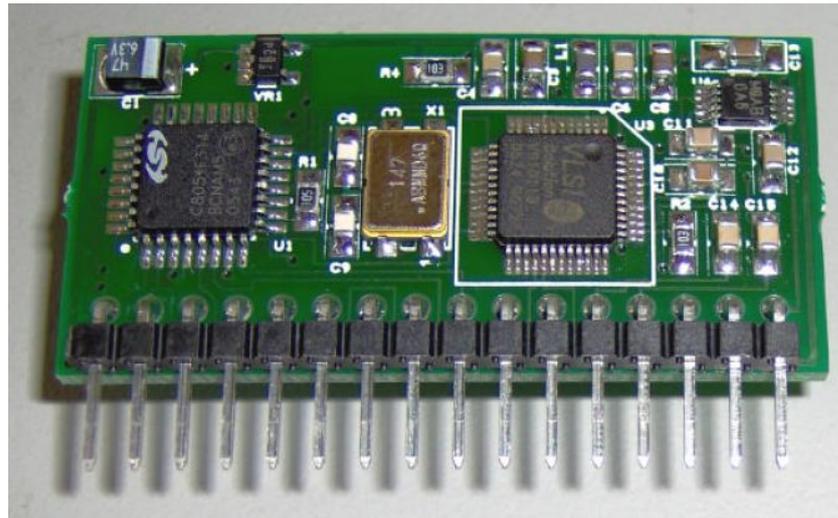
El convertidor AD, en la configuración que se ha elegido, tiene un rango de medida desde 0 hasta 1024. Sin embargo, el CI grabador-reproductor tiene un rango de volumen menor, que va desde 0 a 64. Para adaptar los dos rangos, simplemente se divide el valor de la lectura del convertidor entre 16, o lo que es lo mismo, se desplaza 4 bits hacia la derecha.

En principio, se quería aprovechar el potenciómetro que lleva integrada la *Toolstick C8051F330 Daughter Card*, sin embargo por su reducido tamaño resultaría de muy difícil acceso por parte del usuario.

Por esta razón, no se ha utilizado el potenciómetro integrado en la tarjeta. En su defecto, se ha conectado un potenciómetro externo de valor 10 k $\Omega$  por el pin P1.7 del micro como se ha dicho anteriormente.

## 3.7 Reproducción del mensaje

Se ha utilizado para la reproducción de los mensajes el módulo grabador y reproductor de mensajes digitales Quadravox QV606-m1 de 32 Mbits de memoria, fabricado por Texas Instruments (Figura 3.16). Dicho módulo, nos proporciona un método sencillo para añadir voz y sonido a nuestro sistema.



**Figura 3.16.** Módulo grabador-reproductor Quadravox QV606-m1.

Las características que presenta el dispositivo elegido son:

- Capacidad aproximada de 27 minutos para mensajes de voz.
- Cuatro modos de direccionamiento.
- Baja energía de disipación.
- Alimentación de 3.5 a 5.5 V
- Amplificador de potencia incorporado de 1.3 W.
- Control digital de volumen con 64 niveles.
- Software de grabación gratuito.
- Programable a través de conexión RS232 con control RXD/TXD.

### Control RS-232

La conexión es RXD-TXD sin ningún control de flujo. El pin de recepción solo proporciona información del estado y no se usa para *handshaking*<sup>5</sup>, aunque es opcional

<sup>5</sup> Comunicación serie asíncrona con control de flujo por hardware.

utilizarlo para dicho tipo de comunicación. Los niveles de las señales son 0 y 3.3 – 5 V e invertidas para utilizarlas con un *driver* inversor como el MAX232, o para conectarlo directamente a UART de un microprocesador. El nivel de reposo es alto, y el bit de inicio será de nivel bajo. La velocidad de transmisión es seleccionable a través de los pines BR0 y BR1.

El Quadravox QV606-m1 maneja hasta 240 mensajes diferentes sin referencia explícita a una dirección física, con tres modos de selección para las frases. El modo de selección se establece con un comando y puede ser cambiado en cualquier momento.

Un código de 0FXh se interpreta como un comando de establecimiento de modo ó de volumen. Un byte dentro del rango 0 – 239, selecciona un solo mensaje en el modo de direccionamiento directo, o determina el límite superior de una secuencia en el modo aleatorio. Al encendido o después de una grabación, el sistema automáticamente detectará el número de mensajes y definirá su propio límite superior máximo.

En la tabla 3 encontramos los comandos para el Quadravox QV606-m1:

<b>Comando</b>	<b>Función</b>
000h – 0EFh	Reproducir archivo 0 – 239.
0F0h	Establecer modo de reproducción en modo directo
0F1h	Establecer modo de reproducción para secuencia lineal
0F2h	Reproducción en lazo archivo actual (0F7h para salir)
0F3h	Establecer modo de reproducción aleatorio.
0F4h	Pausa
0F5h	Reanudar reproducción
0F6h	Detener reproducción inmediatamente
0F7h	Detener al final de la reproducción actual
0F8h	<i>Sleep</i>
0F9h	Abrir cadena de reproducción
0FAh	Cerrar cadena de reproducción
0FBh	Reproducir cadena
0FCh	Establecer volumen con el siguiente byte transmitido
0FDh	<i>Reset</i> por software
0FEh	Devolver byte de versión (00Ch)
0FFh	Devolver tipo de byte (066h)

**Tabla 3.** Comandos para comunicación con el QV606m1.



### **Modo de direccionamiento.**

El Quadvox QV606-m1 ofrece tres modos de direccionamiento para la reproducción de frases individuales: direccionamiento directo, reproducción de una secuencia y reproducción aleatoria. Los modos de direccionamiento se seleccionan utilizando los dos bits menos significativos del comando de establecimiento de modo (ver de nuevo la tabla 3).

El comando 0F0h establece el modo de direccionamiento directo, donde el valor transmitido en el byte del comando se utiliza para seleccionar la frase con el mismo número. Si el valor enviado es mayor que el número de frases grabadas, se reproducirá la última frase grabada en la memoria.

Con el comando 0F1h indicamos que queremos que se reproduzca una secuencia lineal de frases. Las frases a reproducir se encontrarán dentro del rango que va de 0 hasta el número indicado en el byte del comando. Utilizando el comando 0F3h, reproducirá los mensajes en el mismo rango, pero de forma aleatoria.

El comando 0F2h previamente no utilizado, establece la reproducción en bucle en cualquiera de los modos antes mencionados.

### **Reproducción de una cadena de mensajes.**

En algunos casos se desea establecer una cadena larga de mensajes, para que se reproduzcan como si fueran uno solo.

Con el modo de reproducción de mensajes en cadena, se simplifica el manejo de los mensajes y permite que los segmentos sean continuos, para que no sea necesario desconectar el amplificador entre la reproducción de frases.

Para usar el modo de reproducción en cadena o “*String Mode*”, enviaremos el comando 0F9h para abrir la cadena. A continuación, enviaremos los mensajes que queremos reproducir.

Podemos enviar hasta 64 números de frases. Durante este proceso los mensajes no se reproducirán. Entonces, se enviará el comando 0FAh para cerrar la cadena y el comando 0FBh para reproducirla.



### **Programación.**

Para la grabación de los mensajes, se debe utilizar el software QV600s junto con el módulo de programación QV460P o QV430P, lo que proporciona un método de bajo coste para programar el módulo Quadravox QV606m1.

El software QV600s está disponible gratis en la página web de Quadravox. El módulo QV430P transmite datos a 115200 baudios para la programación de la memoria embebida de datos o para recargar la memoria flash del procesador. El módulo QV460P realiza las mismas funciones pero a velocidades superiores a 1Mbps. En ambos casos, una vez cargados los datos se verifican realizando un *checksum*<sup>6</sup>.

Para nuestra aplicación, se ha utilizado el módulo QV430P que utiliza conexión RS-232, ya que el otro módulo con conexión USB aún no estaba disponible. Toda la información sobre el módulo programador utilizado, se encuentra en el apéndice A.

El Quadravox QV606-m1 utiliza archivos en formato MPEG 1 estándar. Por razones de licencia, el software QV600s no incluye codificador de mp3, pero dicha función está disponible a bajo coste o gratis para uso no comercial. Para más información, referirse al apéndice A y a la página web del fabricante [15].

### **Aplicación en el sistema**

Para la aplicación que nos ocupa, se ha realizado una conexión tipo null-modem entre el micro-controlador y el Quadravox QV606-m1. Es decir, se ha conectado únicamente el pin TXD del micro con el pin de recepción de datos RXD del QV606m1, y viceversa. A pesar de que el pin de recepción RXD del micro esté conectado, no realiza ninguna función ya que para este proyecto no se ha utilizado *handshaking*.

La velocidad de transmisión del QV606-m1 se ha fijado en 9600 baudios, para que coincida con la velocidad de la UART del micro, estableciendo los pines BR0 = 0 y BR1 = 1.

---

<sup>6</sup> Forma simple de control de redundancia para proteger la integridad de los datos, verificando que no hayan sido corruptos.



El micro, enviará una secuencia fija de comandos para utilizar el módulo Quadravox QV606-m1 en modo de reproducción en cadena. Dicha secuencia, constará de los siguientes comandos:

- Abrir cadena (0F9h),
- Número de mensaje con el nombre del niño (001h – 0EFh)
- Número de mensaje con el nombre de la sala (000h)
- Cerrar la cadena (0FAh)
- Reproducir la cadena (0FBh).

Esta secuencia es siempre constante en orden, pero varía únicamente en el número de mensaje con el nombre del niño, que dependerá de qué niño active el dispositivo receptor.

De acuerdo con los profesores del colegio San Rafael, se ha determinado que la notificación de voz que recibirán los niños tenga la siguiente estructura:

“Nombre del niño” + “Nombre de la sala”

Así, es necesario grabar un mensaje de voz con el nombre de la sala y los que sean necesarios con los nombres de los niños, cada nombre grabado en un archivo diferente. Los mensajes de voz se pueden grabar en un ordenador utilizando un micrófono o un sintetizador de voz.

A continuación, se descargaron los mensajes hacia el Quadravox QV606-m1 siguiendo el procedimiento detallado en el apéndice A.

Es importante recordar que el sistema reconocerá el código del mando a distancia y reproducirá el mensaje cuya posición coincida con dicho código. Es decir, si por ejemplo a un niño llamado Ismael se le asigna el mando con el código 000101 en binario (ver de nuevo la tabla 1) o cinco en código decimal, debemos asegurarnos que el mensaje guardado en la quinta posición del Quadravox QV606-m1 contenga el nombre Ismael.

Por otra parte, se ha utilizado la señal de BUSY del Quadravox QV606m1, para enviar una señal visual al usuario de que el sistema está trabajando a través de un LED

exterior. Dicho led se ilumina cuando pulsamos el interruptor de encendido on/off, y el sistema tiene alimentación de tensión.

Cuando el sistema detecta un código entrante válido, y durante toda la reproducción de un mensaje, el Quadvox QV606-m1 mantendrá a nivel bajo la señal de BUSY. Dicha señal, es leída por el pin P1.2 del micro y provoca que el led indicador de encendido LED\_ON, empiece a parpadear. La intermitencia se genera a través de la interrupción del TIMER3 del micro.

Así, tendremos al mismo tiempo la reproducción del mensaje y la intermitencia del led externo indicador de encendido del receptor. Es decir, una señal acústica acompañada de una señal lumínica pequeña.

Para la reproducción de los mensajes digitales, se ha utilizado el mini altavoz de la marca Visaton para montaje en techo de 2 pulgadas, con una impedancia de  $8 \Omega$  y 2 W de potencia eficaz (figura 3.17).



**Figura 3.17.** *Altavoz Visaton para montaje en techo.*

## 3.8 Fuentes de alimentación

Las fuentes de alimentación para nuestro sistema, se han calculado según las limitaciones en su emplazamiento y las necesidades de los circuitos. La distribución de dichas fuentes, según su emplazamiento es la siguiente:

### EMISOR

- Fuente de tensión de 6 Vdc.

La tensión de alimentación del circuito emisor, viene determinada por el rango de alimentación del circuito integrado codificador PT2262-IR. La tensión mínima que requiere dicho circuito integrado es de 4 V.

Ante la necesidad de implementar el circuito emisor en el mínimo espacio, ya que los usuarios del mando a distancia serán niños, se ha optado por utilizar pilas tipo botón de 16 mm de diámetro (Figura 3.18).



**Figura 3.18.** *Pilas tipo botón.*

La tensión máxima en la que vienen disponibles este tipo de pilas, es de 3 Vdc. Por esta razón, y para alcanzar la tensión mínima requerida por el circuito integrado PT2262-IR, colocaremos dos pilas tipo botón de 3 Vdc en serie.

Así, conseguimos que la tensión de alimentación del circuito emisor sea de 6Vdc. Para fijarlas y conectarlas a la placa PCB del emisor, se ha utilizado dos soportes para pilas tipo botón de 16 mm de diámetro (Figura 3.19).



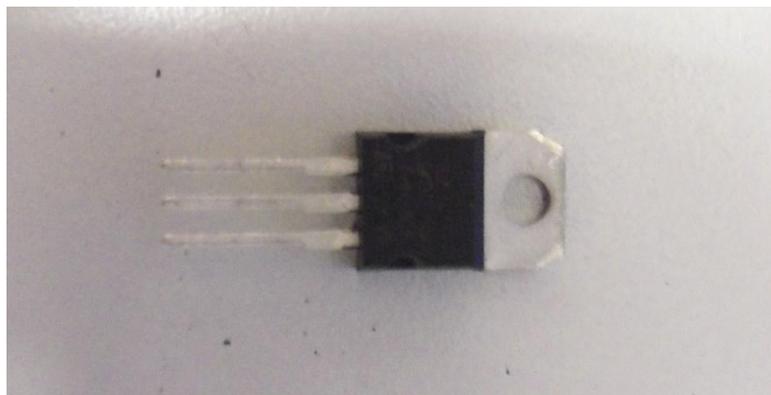
**Figura 3.19.** Soportes para pilas tipo botón.

## RECEPTOR

En el receptor tenemos dos regulaciones de tensión de entrada a partir de un transformador que luego se detallará, una específica de 3.3 V para el micro-controlador y otra de 5 V para el resto del circuito.

### ➤ Regulación de tensión de 3.3 V

Para la generar la tensión de alimentación del micro-controlador, se ha utilizado el circuito integrado regulador de tensión LM317 (Figura 3.20).

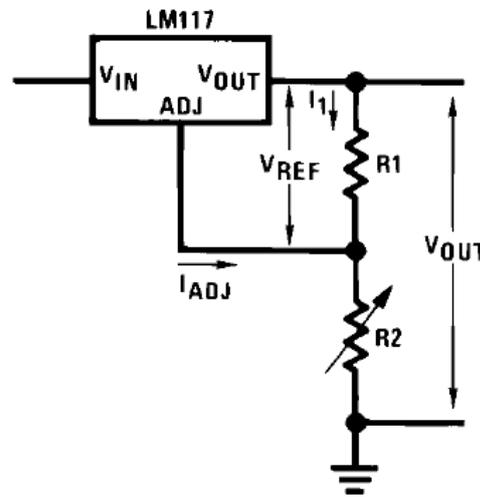


**Figura 3.20.** Regulador de tensión ajustable LM317.

Dicho regulador, tiene una salida de tensión que varía según el valor de las resistencias R1 y R2 que tenga conectadas, siguiendo la siguiente expresión:

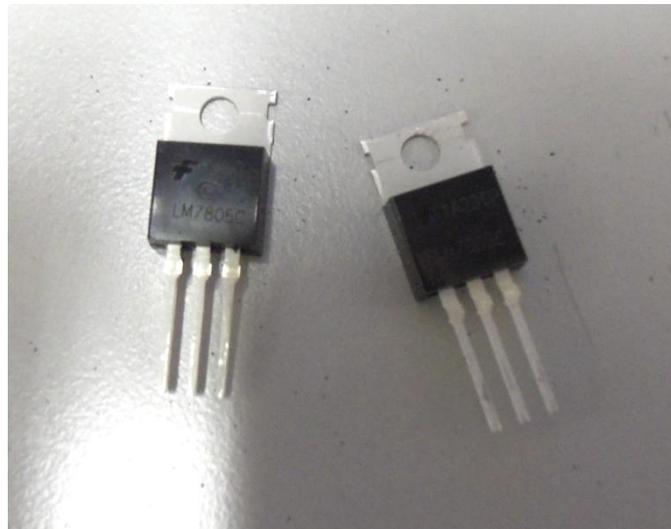
$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}R2$$

Para obtener una tensión de 3.3 V, se ha calculado el valor de la resistencia  $R1 = 240 \Omega$  y de  $R2 = 510 \Omega$ . Se conectarán siguiendo el siguiente esquema:



➤ Regulación de tensión de 5 V

Se ha utilizado el regulador de tensión LM7805 (Figura 3.21) para alimentar el resto de la placa receptora a 5 Vdc.



**Figura 3.21.** Regulador de tensión LM7805.

Este regulador, genera una tensión de salida constante de 5 V para cualquier tensión de entrada dentro del rango 7 V a 20 V.

Para calcular la potencia de disipación del regulador, se ha utilizado la expresión:

$$P_{DMAX} = (T_{JMÁX} - T_A) / \theta_{JA}$$

Donde,  $T_{JMÁX}$  es la temperatura máxima que soporta la unión,  $T_A$  la temperatura ambiente y  $\theta_{JA}$  la resistencia térmica de la unión.

Para una temperatura máxima en la unión en condiciones de trabajo de 125 °C, una resistencia térmica de 54 °C/W para un empaquetado TO-220, y a temperatura ambiente de 25 °C, tenemos que la potencia de disipación máxima del regulador es de 1.85 W. Por tanto, no es necesario incorporar un disipador de potencia adicional ya que el circuito consumirá menos de 1 W.

Ambos reguladores, necesitan una tensión de entrada continua que no se consigue directamente desde la red. Por tanto, se ha incorporado una etapa previa para adaptar la tensión de la red utilizando un transformador y una etapa rectificadora.

Para adaptar el nivel de tensión, se ha utilizado un transformador de la marca MYRRA 230V/9V, es decir, con 230 V de tensión de entrada y con salida de 9 V en el secundario, con una potencia de 2.3 VA para montaje en placa PCB (Figura 3.22). Sus dimensiones son: largo = 32.6 mm, ancho = 27.6 mm y altura = 27.3 mm.



**Figura 3.22.** Transformador de 9 V de salida para montaje PCB.

A continuación, se ha implementado un rectificador de onda completa con un puente de diodos 1N4007 y se ha colocado un condensador de 470  $\mu$ F para filtrar los armónicos y estabilizar la tensión de salida. De esta manera conseguimos una tensión casi continua de 8 V a la entrada de los reguladores.

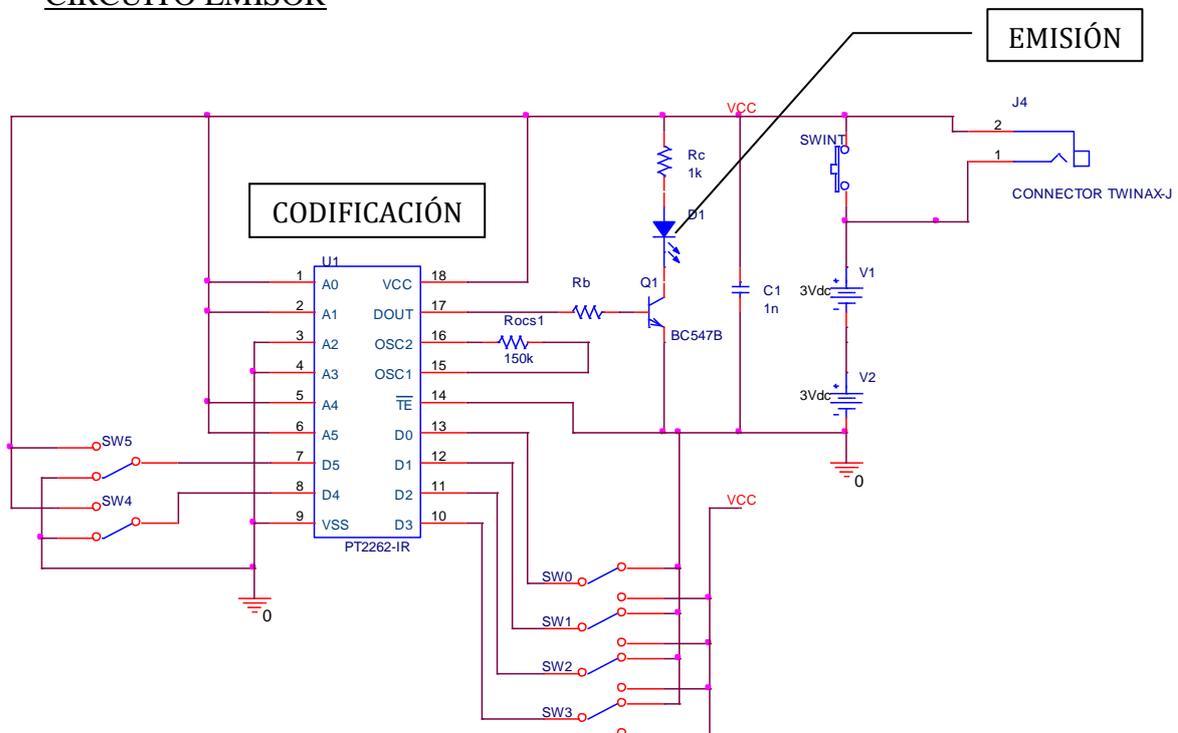
Para evitar este rizado de tensión a la entrada de los reguladores, se podía haber colocado un estabilizador de tensión. Sin embargo el mencionado rizado, no afecta al funcionamiento de los reguladores y por tanto no fue necesario colocar el estabilizador de tensión.

Como protección contra cortocircuitos para la placa receptora, utilizaremos un fusible de 0.1A colocado justo después del transformador. Se ha fijado a la placa PCB a través de un portafusible vertical.

### 3.9 Conexión eléctrica entre los bloques.

A continuación, en las figuras 3.23 y 3.24 tenemos los diagramas eléctricos del mando a distancia y el receptor. En ellos se puede apreciar la ubicación de los bloques funcionales, anteriormente mencionados, y su conexión con en el resto del circuito<sup>7</sup>.

#### CIRCUITO EMISOR



**Figura 3.23.** Conexión eléctrica entre bloques para el circuito emisor.

<sup>7</sup> Los esquemas eléctricos completos se encuentran en el Apéndice C.

**CIRCUITO RECEPTOR**

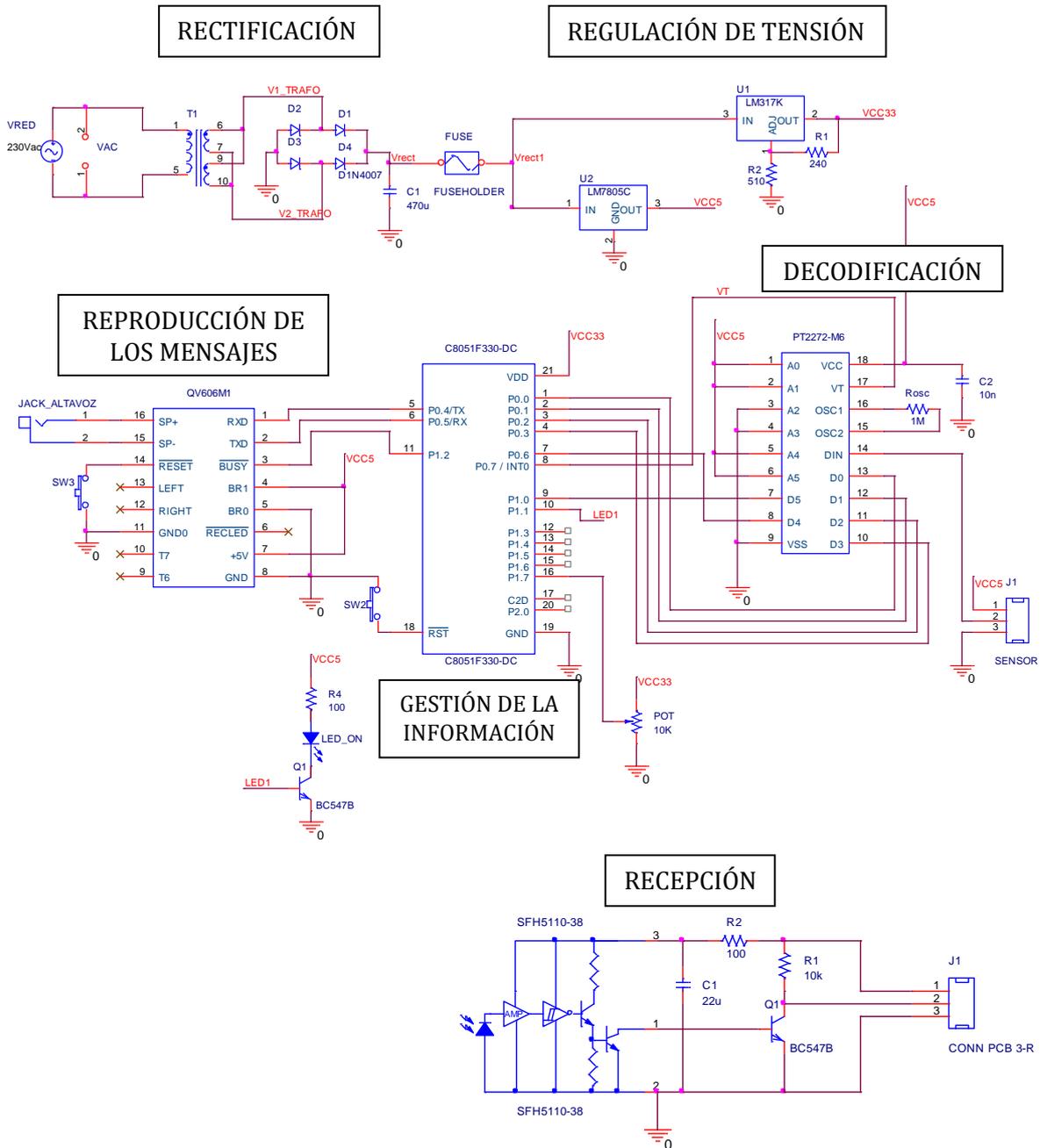


Figura 3.24. Conexión eléctrica entre bloques para el circuito receptor.

# Capítulo 4

## Diseño mecánico

### 4.1 Introducción

Para dar soporte y protección a las placas con los circuitos electrónicos, se han utilizado elementos prefabricados, uno para el emisor y otro para el circuito receptor.

Dichos elementos prefabricados, han sido seleccionados buscando un compromiso entre el espacio que ocuparán una vez instalados y el espacio necesario para acoger los componentes electrónicos.

También, se ha tenido muy en cuenta el material con el que han sido fabricados dichos elementos, ya que estaba previsto que sería necesario realizar mecanizados para adaptarlos a nuestras necesidades.

El material de construcción, tanto para el soporte del emisor como del receptor, es plástico ABS. Este tipo de termoplástico es resistente al impacto pero es fácil de mecanizar.

## 4.2 Diseño de la cubierta exterior

### 4.2.1 Mando a distancia

Para el recubrimiento exterior del circuito emisor, se ha elegido la caja soporte MINITEC clase E (Figura 4.1), fabricada por OKW Gehauesysteme. El material con el que está construida dicha caja soporte es ABS (UL-94 HB) con una elevada no inflamabilidad.



**Figura 4.1.** *Caja soporte MINITEC E.*

Viene disponible en tres tamaños, de los cuales se ha optado por el tipo M cuyas dimensiones son: Largo = 68mm, Ancho = 42mm y Altura = 18mm, dimensiones que hacen sencillo su sujeción por la mano de un niño.

Además, este tipo de caja soporte está provista de un anillo exterior con dos formas diferentes y que se pueden intercambiar (Figura 4.2).



**Figura 4.2.** *Anillos intercambiables para caja MINITEC E.*

Se ha elegido la segunda opción, pensando en la versatilidad que su forma va a ofrecer a los usuarios del mando a distancia, ya que utilizando una correa que tiene como accesorio, podemos sujetar el mando a la muñeca de los niños como si fuera un reloj.

En la figura 4.3 se ilustra dicha opción, aunque esta no es la única ventaja puesto que igual que se sujeta el mando a la muñeca, lo podemos sujetar al reposabrazos de una silla de ruedas en los casos necesarios.

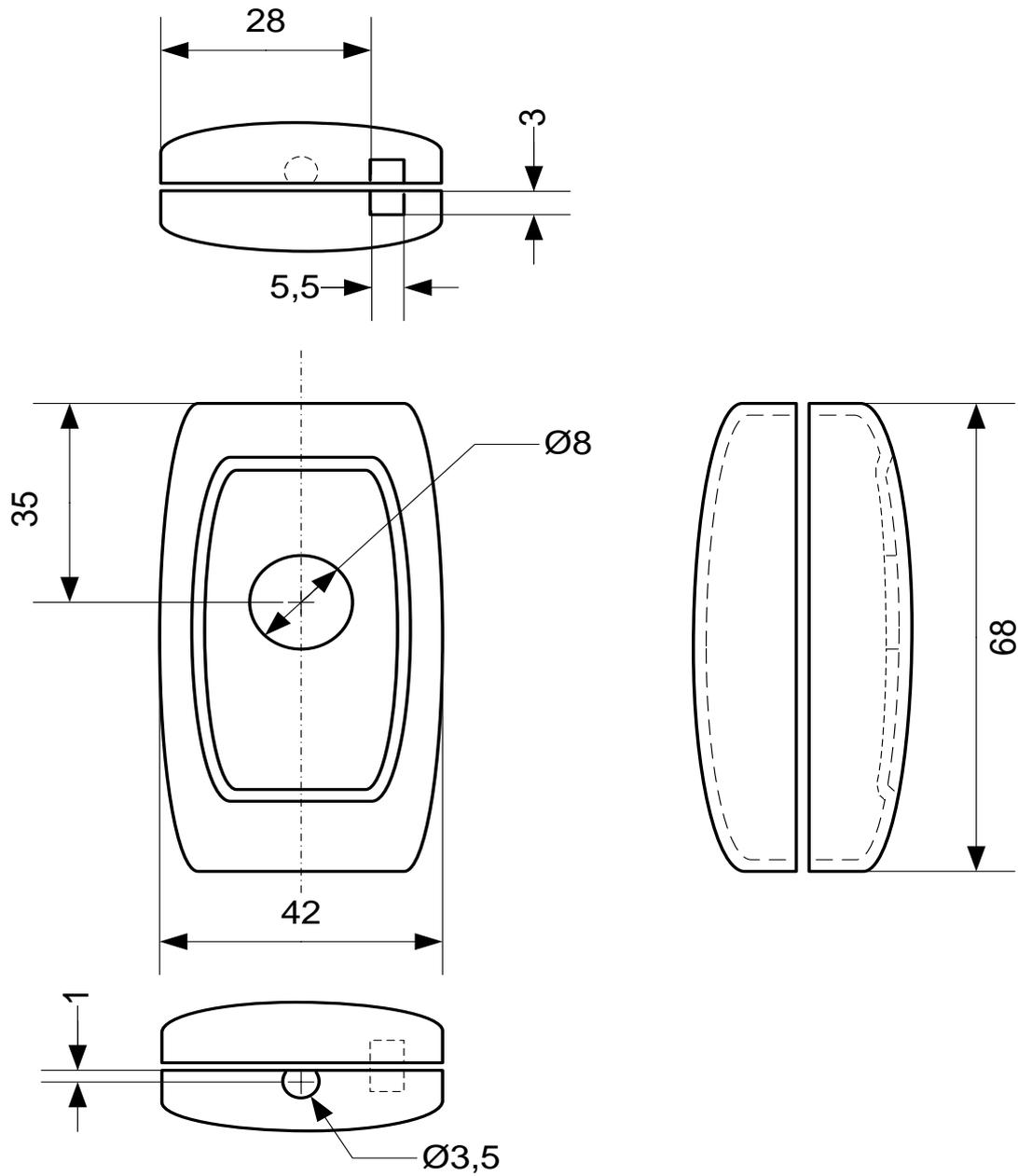


**Figura 4.3.** *Sujeción del mando a distancia a la muñeca.*

Como se ha dicho antes, fue necesario realizar varios mecanizados al diseño prefabricado para adaptarlo a las necesidades del sistema.

Los trabajos realizados han sido: un taladrado en la cara superior para que pueda sobresalir el pulsador del botón, una ranura cuadrada para poder acceder al conector jack y una abertura semicircular para el LED emisor.

A continuación, se muestran los planos de la caja soporte para el mando a distancia, con la ubicación de los mecanizados realizados.



**Figura 4.4.** Plano para mecanizados en la caja soporte del circuito emisor.



# Capítulo 5

## Resultados

### 5.1 Introducción

En este capítulo se van a mostrar los resultados obtenidos al implementar los circuitos en sus soportes finales, después de los primeros montajes utilizando las placas protoboard e instrumentación del laboratorio.

Además, describiremos las pruebas realizadas al sistema para asegurar su funcionamiento. También comentaremos cuales son las limitaciones del sistema, deducidas a partir de dichas pruebas.

Para obtener la mejor perspectiva y mantener la dinámica que se ha seguido con anterioridad en el presente documento, se presentan los elementos obtenidos, mando a distancia y receptor, por separado.

## 5.2 Mando a distancia

Antes de mostrar el resultado obtenido para el mando a distancia, describiremos el trabajo realizado para su implementación centrándonos en tres aspectos que surgieron después del diseño inicial: tolerancia para la señal portadora, alcance del mando y superficie de contacto con las pilas.

### TOLERANCIA EN FRECUENCIA

En esta parte del proyecto, había que calcular la resistencia de oscilación del codificador PT2262-IR para conseguir una señal portadora de 38 kHz. El fabricante de dicho codificador, nos recomienda utilizar una resistencia de oscilación entre 430 k $\Omega$  y 560 k $\Omega$  para modificar la frecuencia de la portadora.

En nuestro caso, el rango de la frecuencia de portadora del codificador vendrá determinado por la sensibilidad del detector de infrarrojos SFH5110-38. Dicho detector, tiene una sensibilidad relativa que depende de la frecuencia de portadora, y que sigue una distribución parabólica. La máxima sensibilidad viene dada para la frecuencia de 38 kHz, y va disminuyendo conforme nos alejemos de la frecuencia central.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se ha definido la tolerancia en frecuencia para la señal portadora con la que aseguramos la comunicación entre el mando a distancia y el receptor.

Utilizando un potenciómetro con el valor apropiado, se fue modificando la resistencia de oscilación dentro del rango recomendado por el fabricante. A la vez, se fue midiendo la frecuencia de la señal portadora.

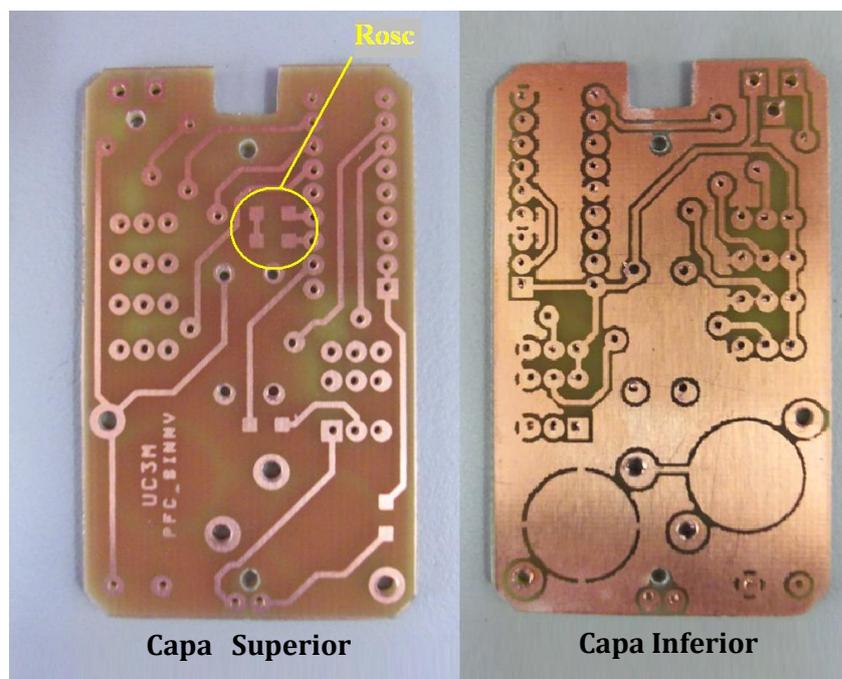
La conclusión ha sido que para una señal infrarroja con una frecuencia de portadora entre 40 kHz y 36 kHz, la comunicación era segura. Dichas frecuencias se consiguen utilizando una resistencia de oscilación de 440 k $\Omega$  y 580 k $\Omega$  respectivamente.

De las pruebas, se obtuvo otra conclusión aún más importante si cabe. Al cambiar el chip codificador por otro del mismo tipo, la respuesta a la misma resistencia de oscilación era diferente. Es decir, la misma resistencia de oscilación producía una

frecuencia de portadora diferente para un chip distinto. Por el reducido espacio y al tener una elevada densidad de pistas rutadas, se decidió utilizar resistencias en formato SMD 1206 para montaje superficial. Las resistencias comerciales más comunes en dicho formato, y dentro del rango en el que trabaja el codificador que es el que nos interesa, tienen valores aproximados de 487, 500, 510, 536, 560 k $\Omega$ . Se puede apreciar, que hay una variación de aproximadamente 10 k $\Omega$  entre las resistencias de valor superior más cercanas. Sin embargo, para resistencias del mismo tipo pero de valores notablemente menores de entre 1 k $\Omega$  a 20 k $\Omega$ , encontramos valores muy precisos con incrementos menores a 1 k $\Omega$ .

Por esta razón, en el diseño de la placa PCB, se ha decidido que la resistencia de oscilación venga dada por dos resistencias en serie. De esta manera, buscando una combinación adecuada de resistencias SMD comerciales, tenemos la opción de conseguir una mayor precisión en la frecuencia de la portadora que si tuviéramos una sola resistencia.

A continuación, en la figura 5.1, tenemos una vista de la capa superior “top” y de la inferior “bottom” de la placa PCB para el circuito emisor. También se indica el emplazamiento para las resistencias de oscilación.

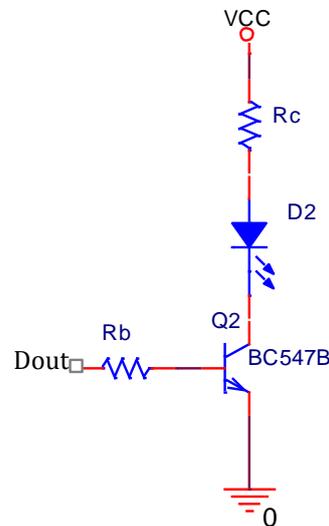


**Figura 5.1.** Placa PCB para el circuito emisor.

## ALCANCE DEL EMISOR

Otro aspecto importante fue definir el alcance que tendría el haz infrarrojo del mando a distancia. Dicho alcance, viene determinado por la corriente que circula por el diodo infrarrojo GL380.

Para fijar la corriente en el led IR, se ha utilizado un transistor bipolar npn BC547B polarizado como interruptor con dos resistencias (figura 5.2). La resistencia de base tiene un valor de 1 k $\Omega$ , que asegura el funcionamiento como interruptor y que permite la modulación.



**Figura 5.2.** Circuito de polarización para diodo led GL380.

Para limitar el alcance del haz infrarrojo, utilizamos la resistencia de colector  $R_c$ , que determina la corriente que fluye por el led emisor. Analizando la malla correspondiente tenemos [16]:

$$V_{CC} = I_c \cdot R_c + V_F + V_{CE}$$

Sabiendo que el led emitirá cuando el transistor entre en saturación y que la tensión de polarización directa del led  $V_F$  es 1.3V, se ha medido el alcance en metros del emisor para varias resistencias de colector. Se utilizaron dos fuentes de alimentación diferentes, una con el valor de tensión máximo de la pila 6V y otra de 4V que es la tensión mínima de funcionamiento del codificador. Los resultados se muestran en la tabla 4:

	Vcc = 5,7V		Vcc = 4V	
Rc ( $\Omega$ )	Ic (mA)	Alcance (m)	Ic (mA)	Alcance (m)
560	7.5	1	4.46	0.7
47	89	2	53.2	1.5
33	127	3	75.7	2.8

**Tabla 4.** Alcance del emisor para varias resistencias.

Se ha elegido la resistencia  $R_c = 33 \Omega$ , ya que cuando la pila esté nueva alcanzaremos entre 3 y 2.5 m, y cuando esté gastada u ofrezca 4V tendrá un alcance entre 1 y 1.5 m.

### SUPERFICIE DE CONTACTO PARA LAS PILAS

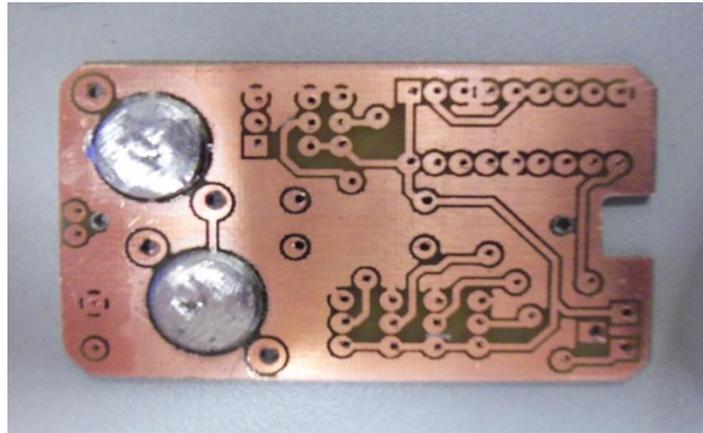
Un inconveniente presentado, fue evitar que existiera una mala conexión entre las pilas. Esto se debía a que el soporte para la pila utiliza la propia placa PCB como pin negativo. Así, si la superficie de contacto o “padstack” dispuesto como pin negativo era más pequeño que la superficie de conector negativo de la pila de botón, se produciría un cortocircuito con el plano de masa de la placa PCB.

Para evitar esa mala conexión se ha provocado una diferencia de cota, elevando la superficie del pin negativo para la pila respecto al plano de masa. A tal fin, se han utilizado trozos de cable de  $0.6 \text{ mm}^2$  con forma circular y otros con forma de zigzag como se puede apreciar en la figura 5.3.



**Figura 5.3.** Elementos para elevar cota.

A continuación, se colocó sobre la superficie del pin negativo ambos elementos, el cable en zigzag dentro del circular, y se rellenó con estaño. El resultado se puede apreciar en la figura 5.4.



**Figura 5.4.** *Superficie de conexión estañada.*

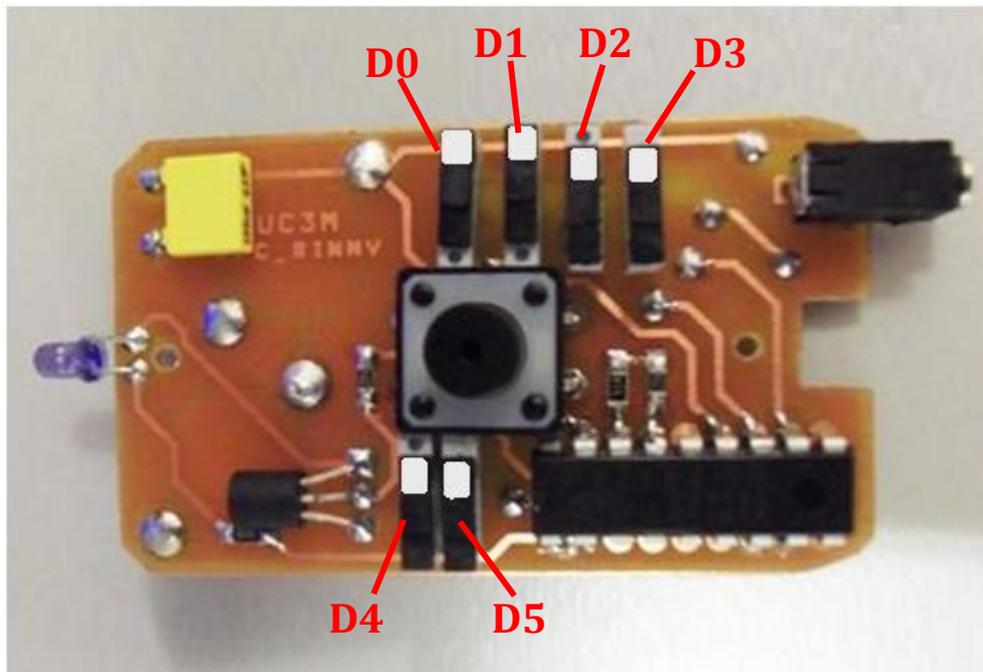
### **RESULTADO FINAL PARA EL EMISOR**

A continuación se muestran varias imágenes del mando a distancia completamente terminado. En la figura 5.5, tenemos una fotografía de la capa superior o *top* completamente implementada, con todos sus componentes fijados a la placa mediante soldadura.

En dicha figura se puede apreciar la ubicación de los micro-conmutadores con los que se cambia el código de los niños.

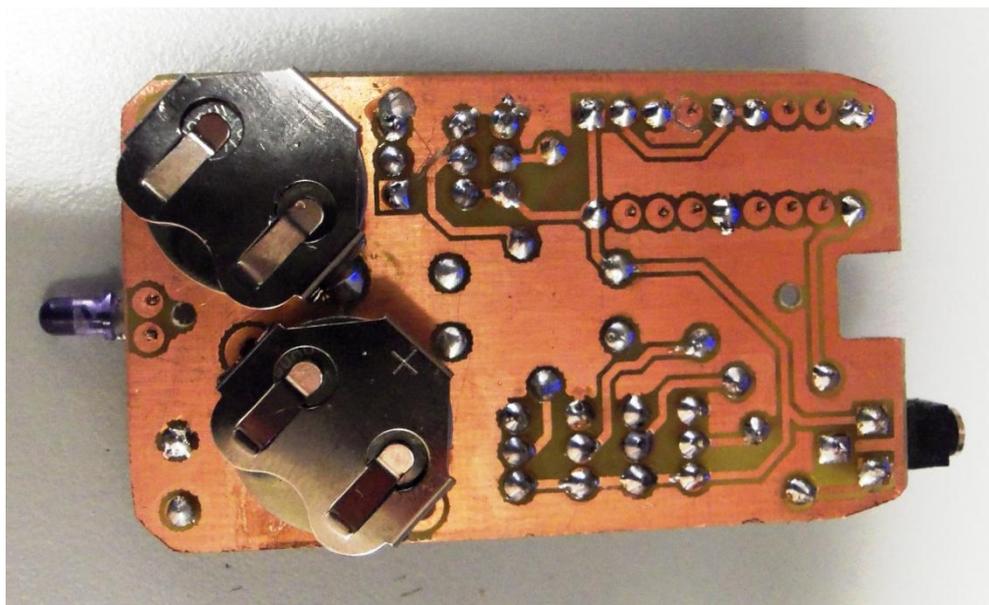
Se ha indicado el con letras rojas a que bit del código del niño corresponde cada micro-conmutador, siendo D0 el bit menos significativo y D5 el más significativo. La nomenclatura D0, D1,..., D5 se relaciona de manera inequívoca con la utilizada en la tabla 1 del capítulo 3.

Además, para identificar claramente los estados lógicos “0” y “1”, se ha marcado con pintura blanca la posición del micro-conmutador que equivale a un nivel alto o “1” lógico.



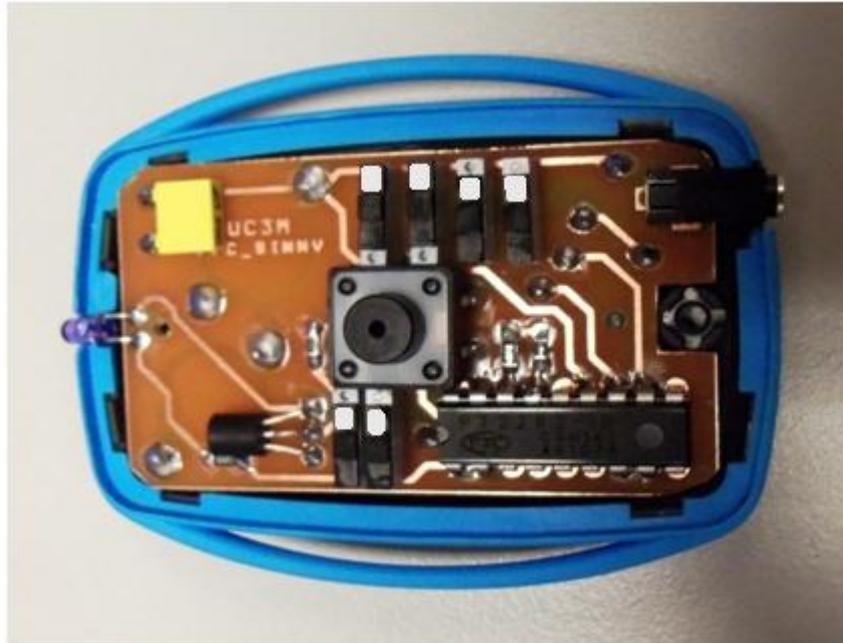
**Figura 5.5.** *Capa superior “top” terminada.*

A continuación, en la figura 5.6 encontramos una fotografía de la capa inferior o *bottom* completamente implementada de la placa del circuito emisor. Se aprecia claramente los dos soportes para las pilas tipo botón de 16 mm. Ambos soportes, se encuentran orientados hacia el exterior de la placa, para facilitar la extracción e inserción de las pilas.



**Figura 5.6.** *Capa inferior “bottom” terminada.*

En la figura siguiente, se puede ver la placa colocada en su caja soporte. Se aprecia el anillo que permitirá colocar un elemento de sujeción.



**Figura 5.7.** Mando a distancia sin cubierta superior.

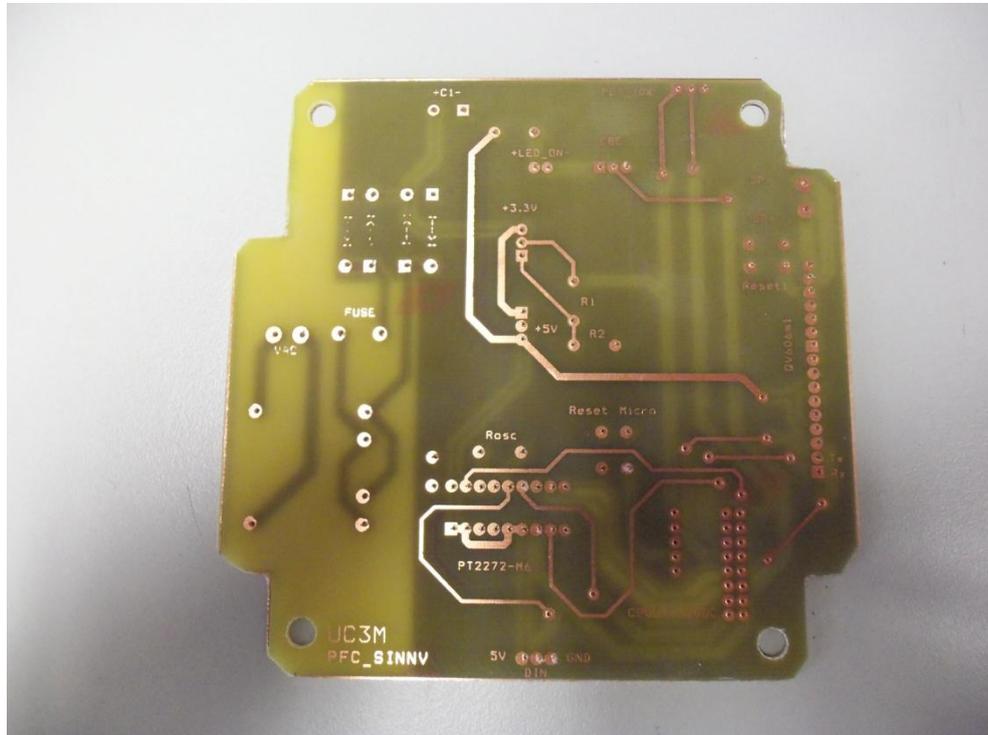
Finalmente, tenemos en la figura 5.8 una fotografía del mando a distancia con su caja soporte cerrada, y con la correa de sujeción a través del anillo lateral que permitirá fijar el mando a la mano de un niño o al reposabrazos de una silla de ruedas.



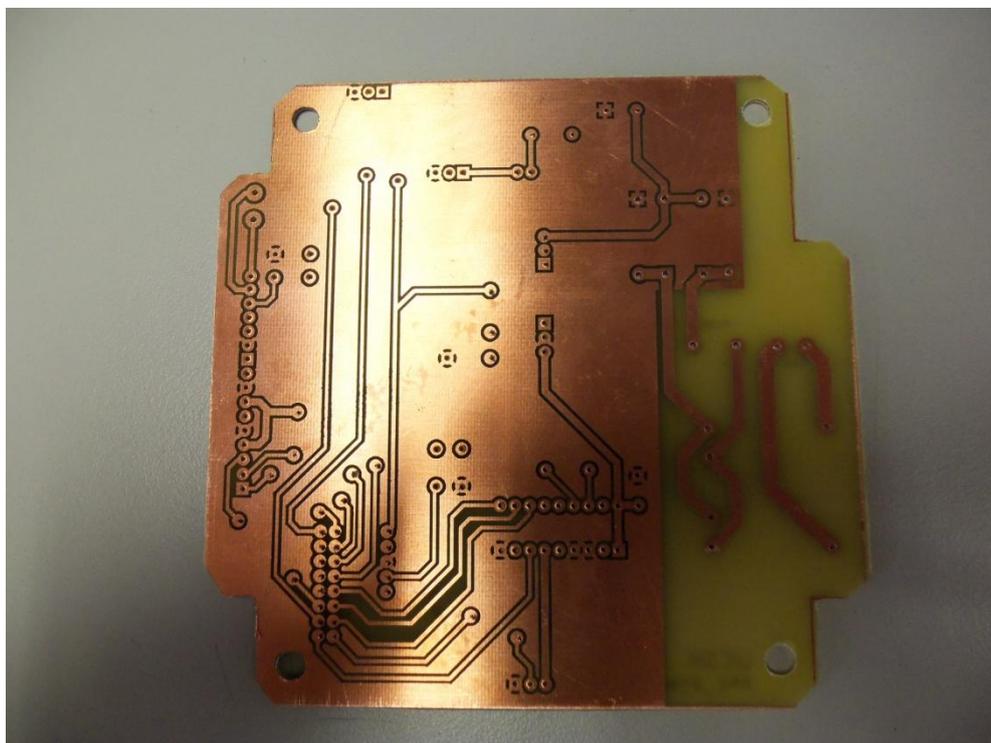
**Figura 5.8.** Mando a distancia completo

### 5.3 Receptor

A continuación se muestra la placa PCB para el circuito receptor.



**Figura 5.9.** Capa superior "top" para el receptor.



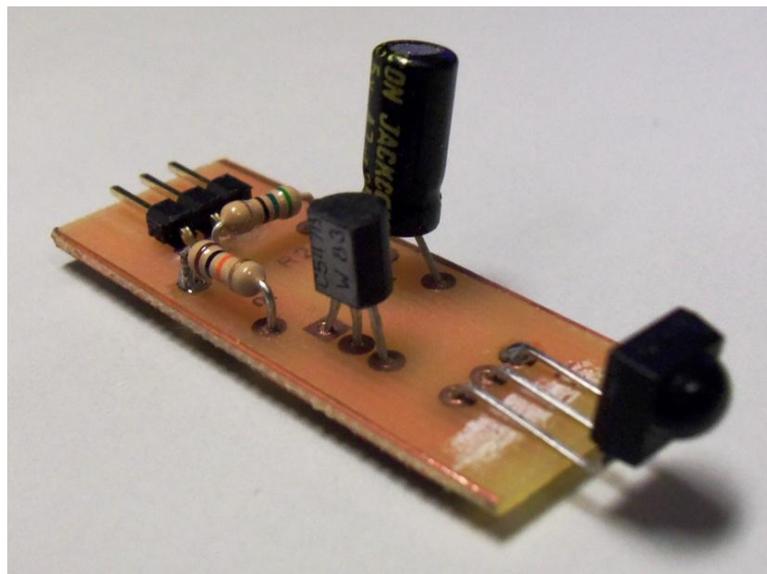
**Figura 5.10.** Capa inferior "bottom" para el receptor.

Como se puede apreciar en las figuras, fue necesario realizar cortes de 45° en las esquinas de la placa para facilitar el acoplo con la caja soporte.

Un inconveniente mecánico presentado, fue la conexión del receptor infrarrojo SFH5110-38 con la placa principal. Dicho receptor, debería estar ubicado en la parte frontal de la caja soporte, en el agujero debajo del altavoz.

Sin embargo, la placa está sujeta por tornillos en el fondo de la caja soporte, fondo que está a aproximadamente 4 cm de la parte frontal. Para salvar dicha distancia, se diseñó una pequeña placa PCB adicional.

En la figura 5.11 tenemos la placa adicional, en la cual se han colocado el receptor de infrarrojos y los elementos de acondicionamiento de señal. Dicha placa adicional, se acopla a la placa principal a través de un jumper de tres vías.

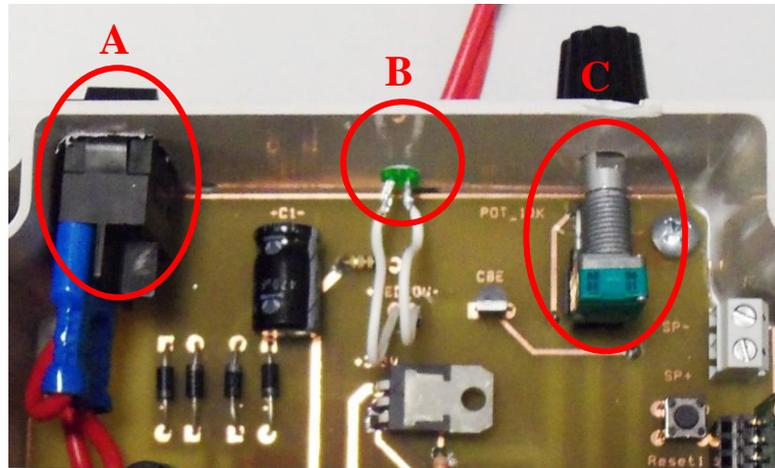


**Figura 5.11.** *Placa adicional para bloque de recepción.*

El circuito receptor, estará alimentado por una tensión de red de 220V. Se ha conectado el cable de fase a un interruptor on/off para permitir la desconexión de tensión durante alguna operación de revisión o extracción de algún componente.

En caso de que fuera necesario extraer la placa completa, es necesario desacoplar tres elementos de la caja soporte: el interruptor, el led indicador de encendido y el potenciómetro. Para facilitar la extracción de dichos componentes, se ha conectado el

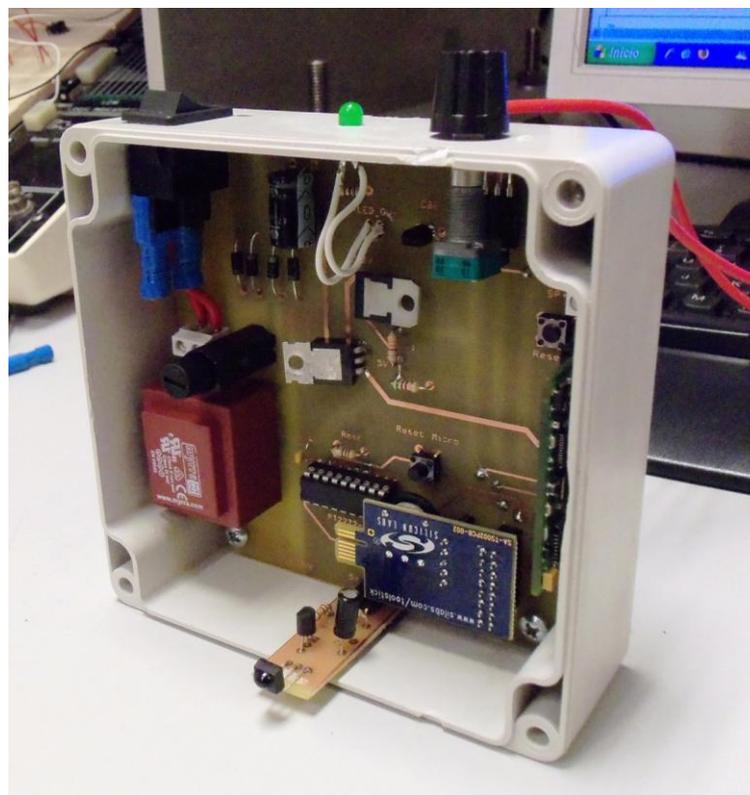
interruptor utilizando conectores fast-on; el led indicador de encendido mediante cable flexible y el potenciómetro a través de jumpers adaptados para desconectarlo hacia el interior de la caja soporte. Se muestran dichos elementos en la figura 5.12.



A: Interruptor, B: Led de encendido y C: Potenciómetro.

**Figura 5.12.** Elementos a desacoplar para extracción de la placa receptora.

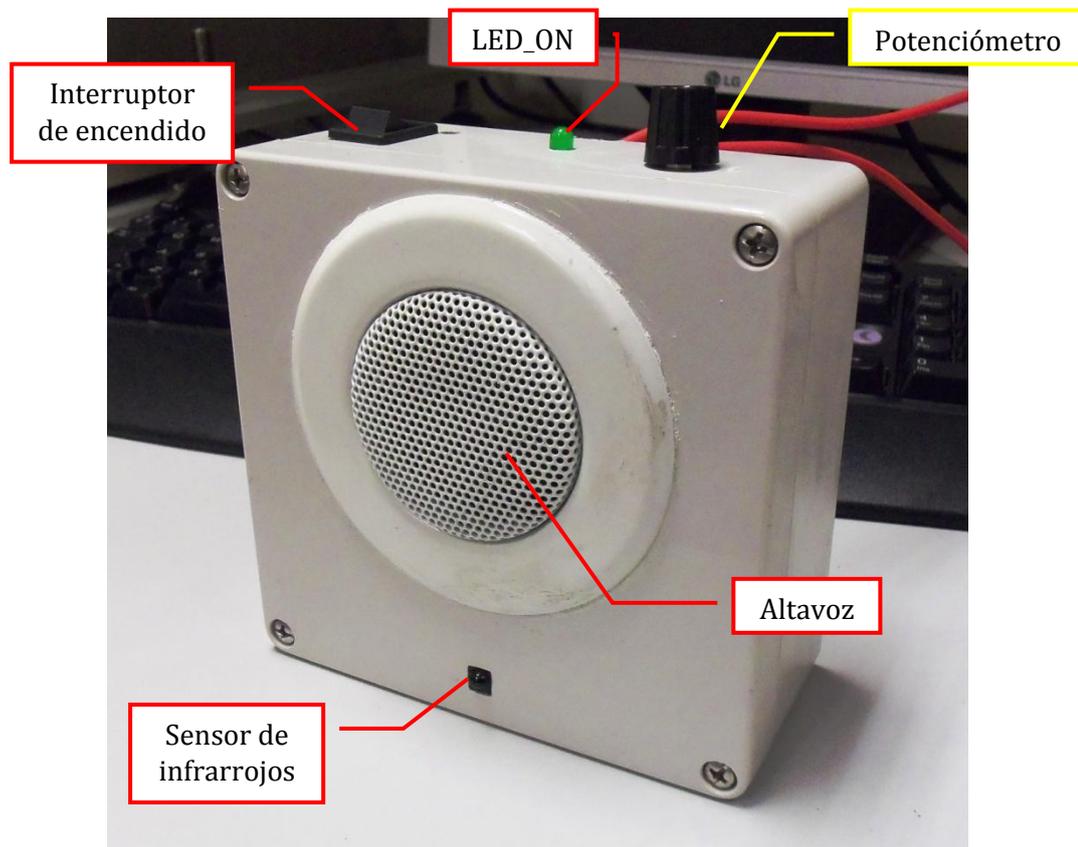
En la figura siguiente se puede observar el montaje final de los componentes en las placas PCB para el circuito receptor.



**Figura 5.13.** Vista frontal circuito receptor en su soporte sin tapa.

## **RESULTADO FINAL PARA EL RECEPTOR**

En la figura 5.14, tenemos una fotografía del circuito receptor, con la tapa colocada. Todos los elementos exteriores, se encuentran marcados en la figura para una fácil localización. El altavoz está fijado a la tapa mediante pegamento de contacto.



**Figura 5.14.** Vista frontal circuito receptor tapado.

Por último y a continuación, se muestra un resumen de las mediciones que se consideraron necesarias, después del montaje final.

## **RESUMEN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIDOS**

Contando tanto con el emisor como con el receptor completamente implementados, y fijados en sus respectivas cajas soportes, se realizaron nuevas mediciones de los que se consideró parámetros característicos del sistema.

Para el circuito receptor, se midió el rango donde existía comunicación con el emisor, variando la frecuencia de la señal portadora. Se concluyó, que la frecuencia

mínima que permitía la comunicación era 36 kHz y la máxima 40 kHz. Es decir, 2 kHz por arriba y por debajo de la frecuencia nominal del sensor SFH5110 que hemos seleccionado. Hay que mencionar, que aunque existe comunicación, la calidad de la misma empeora según nos alejamos de la frecuencia nominal.

Se tomaron medidas de la corriente que consumía el circuito receptor, tanto en reposo como en condiciones de máximo consumo, es decir, durante la reproducción de un mensaje al nivel máximo de volumen. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 5.

Para el circuito emisor, se realizaron varias pruebas y en diferentes situaciones simulando estados de pila nueva y gastada. Se buscaba definir la resistencia de colector  $R_c$  más adecuada para la aplicación, que nos proporcionara un alcance óptimo para no forzar demasiado al usuario y para no activar dos receptores a la vez. Se ha optado por una resistencia de colector de 33  $\Omega$ .

Los parámetros de resistencia de oscilación máximo y mínimo para el codificador, son los correspondientes para alcanzar los límites de tolerancia en frecuencia para la señal portadora. Es decir, para que exista comunicación entre mando y receptor.

Parámetro	Condiciones	Valor	Unidades
Corriente consumida por receptor en reposo	-	9	mA
Corriente máxima consumida por receptor	-	14	mA
Tolerancia en frecuencia para señal portadora	$R_{oscPT2272} = 1 \text{ M}\Omega$ $R_{oscPT2262} = 510 \text{ k}\Omega$ $f_{portadora} = 38 \text{ kHz}$	$\pm 2$	kHz
Alcance mínimo del emisor (*)	$R_c = 33 \text{ }\Omega$ $V_{cc} = 4\text{V}$	1.5	m
Alcance máximo del emisor (*)	$R_c = 33\Omega$ $V_{cc} = 6\text{V}$	3	m
Resistencia de oscilación mínima PT2262	-	440	k $\Omega$
Resistencia de oscilación máxima PT2262	-	580	k $\Omega$

(\*) Estos parámetros son válidos para ésta aplicación y dependen de las condiciones.

**Tabla 5.** Resumen de parámetros característicos medidos.

# Capítulo 6

## Conclusiones y Trabajos Futuros

Una vez terminada la fase de implementación y contando con los prototipos finales, se realizaron distintas pruebas para comprobar la fiabilidad del sistema.

Comenzando por el mando a distancia, se pudo comprobar que funcionaba correctamente en diferentes condiciones de iluminación ambiental como en ausencia de luz, ó bajo las luces fluorescente o halógena comúnmente usadas en pasillos y para iluminar salas de trabajo.

Para el circuito receptor, se comprobó que se pudiera activar el sensor infrarrojo desde dos alturas principales: la de un niño de pie sujetando el mando (aproximadamente 60 cm) y desde el reposabrazos de una silla de ruedas (entre 55 cm y 67 cm) [17].

En ambos casos, se activó el mando situándonos delante del sensor a una distancia de 2m y a las alturas antes mencionadas.



El resultado de dichas pruebas fue satisfactorio, aunque hay que tener en cuenta que para el caso de la silla de ruedas se debe procurar que el reposabrazos no obstaculice el haz de radiación del mando a distancia.

Podemos asegurar que los objetivos secundarios del proyecto han sido alcanzados completamente, y en principio el objetivo principal también. Se ha cumplido con las especificaciones solicitadas por los tutores del colegio. Sin embargo, la valoración definitiva vendrá dada a posteriori, ya que habrá que esperar a que el sistema se encuentre instalado al completo para ver la respuesta de los niños al diseño.

Esperamos sinceramente que el resultado sea positivo y que se vea reflejado en la autonomía de los usuarios y en una mejoría en su salud.

Como líneas futuras, se podría modificar el software y utilizar los puertos disponibles del micro-controlador para integrar nuestro sistema con la domótica empleada en el centro, como puede ser la apertura automática de las puertas pidiendo que se pulse nuevamente el botón del mando a modo de confirmación de que desea entrar, ya que los niños irán buscando aleatoriamente la sala que quieran. De esta manera se podrían generar más estímulos que ayuden a la mejoría de los niños alumnos del colegio.

Otro punto a desarrollar, puede ser el mejorar la adaptación del mando a una silla de ruedas. Para nuestra aplicación, se nos ha comunicado que los tutores de los niños manejarán la silla de ruedas y que por tanto, serán los tutores quienes orienten la silla con el mando hacia el receptor. Así, el niño únicamente deberá pulsar el botón.

Teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior, se puede buscar una manera de que el sistema se active sin tener que orientar la silla de ruedas de una manera en concreto. Así, los niños en silla de ruedas podrían desplazarse de forma lineal a lo largo del pasillo, y no tendrían que orientar la silla hacia el receptor o si este se encuentra a la derecha o a la izquierda. Tal vez, se podría eliminar esta limitación invirtiendo funciones, es decir, que sea la sala la que detecte a la silla de ruedas cuando pase por delante.

# Capítulo 7

## Estudio Económico

### 7.1 Introducción

En el estudio económico que se presenta a continuación se resumen los costes del diseño e implementación del proyecto. En él se incluyen los costes del material y personal.

#### **Coste de material**

En la siguiente tabla se detalla los componentes utilizados en el proyecto, la medición de elementos necesarios, su precio unitario y el precio total.

Además, se han agrupado los componentes con características similares formando capítulos. De esta manera se puede encontrar un elemento de forma eficaz y facilita la comprensión del trabajo realizado.



Descripción	Unidad	Medición	Precio Unitario	Precio Total
<b>CAPÍTULO I: Componentes Eléctricos</b>				
<b>GL380</b> Diodo emisor de infrarrojos. Longitud de onda de 950nm.	uds.	1	0,91 €	0,91 €
<b>SFH5110-38</b> Receptor infrarrojo para sistemas con control remoto. Adecuado para aplicaciones a 940nm. Detecta señal portadora de frecuencia 38Khz.	uds.	1	0,696 €	0,696 €
<b>Altavoz</b> Altavoz para montaje en techo. Tamaño 2". Impedancia 8Ω.	uds.	1	11,95 €	11,95 €
<b>Transformador</b> Transformador para montaje PCB; 2VA, 230V, 2x9V	uds.	1	6,04 €	6,04 €
<b>Resistencia 510kΩ</b> Resistencia tipo 1206 para montaje superficial de 510kΩ	uds.	50	0,04 €	2,00 €
<b>Resistencia 36Ω</b> Resistencia tipo 1206 para montaje superficial de 36Ω	uds.	50	0,019 €	0,950 €
<b>Potenciómetro</b> Potenciómetro 10kΩ	uds.	1	4,57 €	4,57 €
<b>Mando para potenciómetro</b> Mando para potenciómetro de 6mm de diámetro en eje	uds.	1	1,80 €	1,80 €
<b>Condensador Electrolítico</b> Condensador electrolítico 1000μF	uds.	1	0,88 €	0,88 €
<b>Condensadores Cerámicos</b> Condensador cerámico de 10nF	uds.	3	0,45 €	1,35 €
<b>Soporte Pila Botón</b> Soporte para pila de botón de 16mm para montaje con agujero pasante	uds.	2	0,53 €	1,06 €
<b>Interruptor ON/OFF</b> Interruptor ON/OFF para desconexión de tensión	uds.	1	2,48 €	2,48 €
<b>Transistor Bipolar BC547B</b> Transistor Bipolar BC547B formato TO-92	uds.	5	0,174 €	0,87 €
<b>Conectores</b> Conectores de varios tipos: zócalos, jumpers, etc...	uds.	x	x	2,00 €
			<b>Total Capítulo I =</b>	<b>37,556 €</b>



<b>CAPÍTULO II: Circuitos Integrados</b>				
<b>PT2262 Remote Control Encoder</b> Codificador 3 <sup>12</sup> para control remoto con tecnología CMOS. Codifica sus pines de datos y de direcciones a un código serie. Su forma de onda de salida adecuada para transmisión por medio IR o RF. (*)	uds.	1	1,612 €	1,612 €
<b>PT2272-M5 Remote Control Decoder</b> Decodificador 3 <sup>12</sup> para control remoto con tecnología CMOS. Tiene 12 bits (6 de datos y 8 de dirección). Salida de datos tipo Momentáneo. (*)	uds.	1	1,612 €	1,612 €
<b>QV606-M1 (QUADRAVOX)</b> Módulo reproductor/grabador de audio contralado a través de conexión RS-232. Reproduce hasta 240 mensajes. Numeración de mensajes automática, sin necesidad de referirse a una dirección física concreta. Compatible con kit de programación QV430P y QV460P.	uds.	1	53,34 €	53,34 €
<b>Regulador de tensión LM371</b> Regulador de tensión LM371 empaquetado TO-220	uds.	1	0,81 €	0,81 €
<b>Estabilizador de tensión LM7805</b> Estabilizador de tensión LM7805 empaquetado TO-220	uds.	1	1,57 €	1,57 €
			<b>Total Capítulo II =</b>	<b>58,944 €</b>
<b>CAPÍTULO III: Microcontrolador</b>				
<b>Toolstick C8051F330-DC</b> Tarjeta hija de kit de desarrollo para microcontrolador C8051F330	uds.	1	27,99 €	27,99 €
			<b>Total Capítulo III =</b>	<b>27,99 €</b>
<b>CAPÍTULO IV: Hardware para programación</b>				
<b>QV430P</b> Kit de prueba y programación para QV606-M1 (*)	uds.	1	47 €	47 €
			<b>Total Capítulo IV =</b>	<b>47 €</b>
<b>CAPÍTULO V: Software de programación</b>				
<b>QV600s</b> Software para programación de QV606-M1	Licencia	1		Gratis
			<b>Total Capítulo V =</b>	<b>0 €</b>
<b>CAPÍTULO VI: Fabricación</b>				
<b>Placas PCB</b> Fabricación de circuito impreso PCB para conexionado de los elementos eléctricos.	uds.	2	5 €	10 €
<b>Carcasa Exterior</b> Caja de plástico Bopla Enclosure IP65 para recubrimiento y protección del circuito receptor.	uds.	1	13,46 €	13,46 €



<b>Caja MINITEC clase E tamaño M</b> Carcasa para mando a distancia OWK MINITEC Clase E tamaño M con aberturas laterales para correa.	uds.	1	8,85 €	8,85 €
			<b>Total Capítulo VI =</b>	<b>32,31 €</b>
(*) Gastos de envío desde el extranjero no incluidos.				

Los costes totales de material son los siguientes:

Total capítulo I	37,556 €
Total capítulo II	58,944 €
Total capítulo III	27,99 €
Total capítulo VI	47 €
Total capítulo V	0 €
Total capítulo VI	32,31 €
<b>COSTE TOTAL MATERIAL</b>	<b>203,80 €</b>

### Coste de personal

Para estimar los costes de personal se ha tomado como referencia los costes por hora de trabajadores adscritos a un proyecto en la Universidad Carlos III de Madrid. A continuación se muestran estos costes en función de la categoría:

Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica.....	30 €/hora
Secretario.....	20 €/hora

Las cargas sobre los salarios son las siguientes:

Seguridad social.....	27%
Desempleo.....	1,55%
Formación profesional.....	0,1%
Total.....	28,65%

Los gastos totales de personal son los siguientes, en función del número de horas dedicadas a cada tarea:



<b>Tarea</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Coste/hora</b>	<b>Total</b>
Diseño y Pruebas	500 h	38,59 €/hora	19295 €
Documentación	100 h	25,73 €/hora	2573 €
<b>COSTE TOTAL DE PERSONAL</b>			<b>21868 €</b>

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 22071,8 € VEINTIDOS MIL SETENTA Y UNO EUROS, CON OCHENTA CÉNTIMOS.

Leganés a 1 de Febrero de 2011

El ingeniero proyectista

Fdo. Edwin Daniel Oña Simbaña



# Bibliografía y Referencias

## Bibliografía y Referencias:

- [1] **The Center for Universal Design (1997)**. The Principles of Universal Design, Version 2.0. Raleigh, NC: North Carolina State University. Authors: Bettye Rose Connell, Mike Jones, Rone Mace, Jim Mueller, Elaine Ostroff, Jon Sanford, Ed Steinfeld, Molly Story, and Gregg Vanderheiden. Disponible [Internet]: <http://www.design.ncsu.edu/cud/15> [1 de febrero de 2011]
- [2] **Wordreference.** [17 de noviembre de 2010]  
<http://www.wordreference.com/definicion/control>
- [3] **Tipos de antenas y funcionamiento.** [17 de noviembre de 2010]  
[http://www.wni.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62:antenasporte&catid=31:general&Itemid=79](http://www.wni.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenasporte&catid=31:general&Itemid=79)
- [4] **Hoja de catálogo para diodo emisor GL380** [19 de diciembre de 2010]  
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/42678/SHARP/GL380.html>
- [5] **Definición wikipedia.** [23 de diciembre 2010]  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Mando\\_a\\_distancia](http://es.wikipedia.org/wiki/Mando_a_distancia)
- [6] **Protocolos comunicación por infrarrojos.** [18 de noviembre de 2010]  
<http://users.telenet.be/davshomepage/>



- [7] **Pedrotti Frank.** L. y Pedrotti Leno S. *Introduction to Optics*. Edition 2. Prentice-Hall International, Inc. 1993.
- [8] **Malacara Daniel.** *Óptica tradicional y moderna*. Colección la Ciencia para Todos Volumen 2. Disponible [Internet]:  
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/portflash/libro84.htm> [22 de diciembre de 2010].
- [9] **Hecht Eugene.** *Teoría y Problemas de Óptica*. Primer tomo. Traducción al español. Editorial Mc-Graw Hill, Inc.
- [10] **Aplicaciones de optoelectrónica en Medicina.** C3-Detectores. Semestre II de 2010. Disponible [Internet]:  
<http://profesores.fi-b.unam.mx/NATANAEL/docs/notas/C3-Detectores.pdf>
- [11] **Pérez García Alfonso.** *Curso de Optoelectrónica*. I. T. de San Luis de Potosí. Disponible [Internet]: [9 de septiembre de 2010].  
[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/alfonso\\_perez\\_garcia/optoelectronica/texto/opto.pdf](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/alfonso_perez_garcia/optoelectronica/texto/opto.pdf)
- [12] **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Anexo V.
- [13] **Tecnología de control remoto.** [1 de octubre de 2010]  
<http://www.epanorama.net/links/irremote.html>
- [14] **Silicon Labs Toolstick.** [5 de diciembre de 2010]  
<http://www.silabs.com/toolstick>
- [15] **Quadravox homepage.** [10 de diciembre de 2010]  
<http://www.quadravox.com>
- [16] **Sedra Adel S. y Smith Kenneth C.** *Circuitos microelectrónicos*. 5ª Edición 2006. Mc Graw Hill.
- [17] **Estudio técnico: Discapacitados físicos.** [1 de febrero de 2011]  
<http://www.minusval2000.com/otros/legislacion/estudiotecnico/index.html>

### Hojas de catálogo:

- LM317:  
<http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/8619/NSC/LM317.html>
- TL7805:  
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/28834/TI/TL780.html>
- C8051F330:  
<http://www.silabs.com/>
- PT2262-IR y PT2272-M6:  
<http://www.princeton.com.tw>



- SFH5110-38:  
<http://www.osram-os.com>
- Grabador-reproductor de mensajes digitales QV606-m1:  
<http://www.quadravox.com>

# APÉNDICE **A**

## Proceso de grabación del QV606-m1

### A1.1 Descripción general

Para la grabación de los mensajes en el CI grabador-reproductor de voz QV606-m1, se utilizarán básicamente dos elementos:

- El módulo de programación QV430P, y
- El software QV600s.

Colocaremos el CI grabador-reproductor en el zócalo adecuado del módulo de programación QV430P y mediante una conexión serie RS-232 con un ordenador, grabaremos los mensajes utilizando el software QV600s.

### A1.2 Módulo QV430P

El módulo programador QV430P, nos proporciona una manera sencilla de grabar y probar los mensajes de audio en nuestro circuito grabador-reproductor QV606-m1. Utilizado en conjunto con el software QV600s, nos permite a través de un ordenador administrar y crear proyectos, programar el circuito grabador-reproductor con los mensajes deseados, escuchar la calidad del sonido, todo ello mediante una conexión RS-232.

A continuación se describe las conexiones, que se corresponden con las indicadas en la figura A1.1.:

- 1. DB9F - RS232:** La conexión RS-232 con el ordenador se realiza a través de un cable macho-hembra como el utilizado para los módems. La conexión utiliza únicamente las líneas de recepción RXD y de transmisión TXD.



2. **Conector de módulo 1:** zócalo para la conexión con módulos programadores de la serie QV301. En nuestro caso, no utilizaremos éste punto de conexión.
3. **Conector de módulo 2:** zócalo de doble fila para conexión con módulos QV306m4 y QV606m1. El zócalo de doble fila solo proporciona solidez mecánica, siendo necesario introducir el CI grabador-reproductor en una de las dos filas únicamente. Ambas filas están conectadas eléctricamente, así que no importa cuál de las dos utilizamos. Se debe utilizar SOLO UN módulo CI grabador-reproductor a la vez con el QV430P.
4. **Alimentación (9VDC):** El conector para la alimentación es un jack circular estándar con 2.1mm de diámetro. La toma central es el polo positivo. Se puede utilizar una fuente de alimentación mínima de 6.5V para la programación del QV606m1, aunque se recomienda usar una fuente de 9V. Hay que tener en cuenta que aunque la fuente de alimentación pueda variar entre 6.5V hasta 18V (máx.), la calidad del sonido durante la grabación dependerá del rizado en la fuente. La grabación estaría libre de zumbidos.
5. **Conexión para tarjeta de sonido:** La entrada al sistema se conectará mediante un cable de sonido estéreo macho-macho de 3.5mm.
6. **Conexión para altavoz:** Salida para un altavoz de 8ohm, que se debe conectar directamente al módulo mediante un conector jack de 3.5mm.
7. **RESET:** El botón de reset.
8. **REC LED:** Led indicador controlado por el módulo. Se ilumina durante la grabación.
9. **POWER:** Led indicador de alimentación VDC conectada.

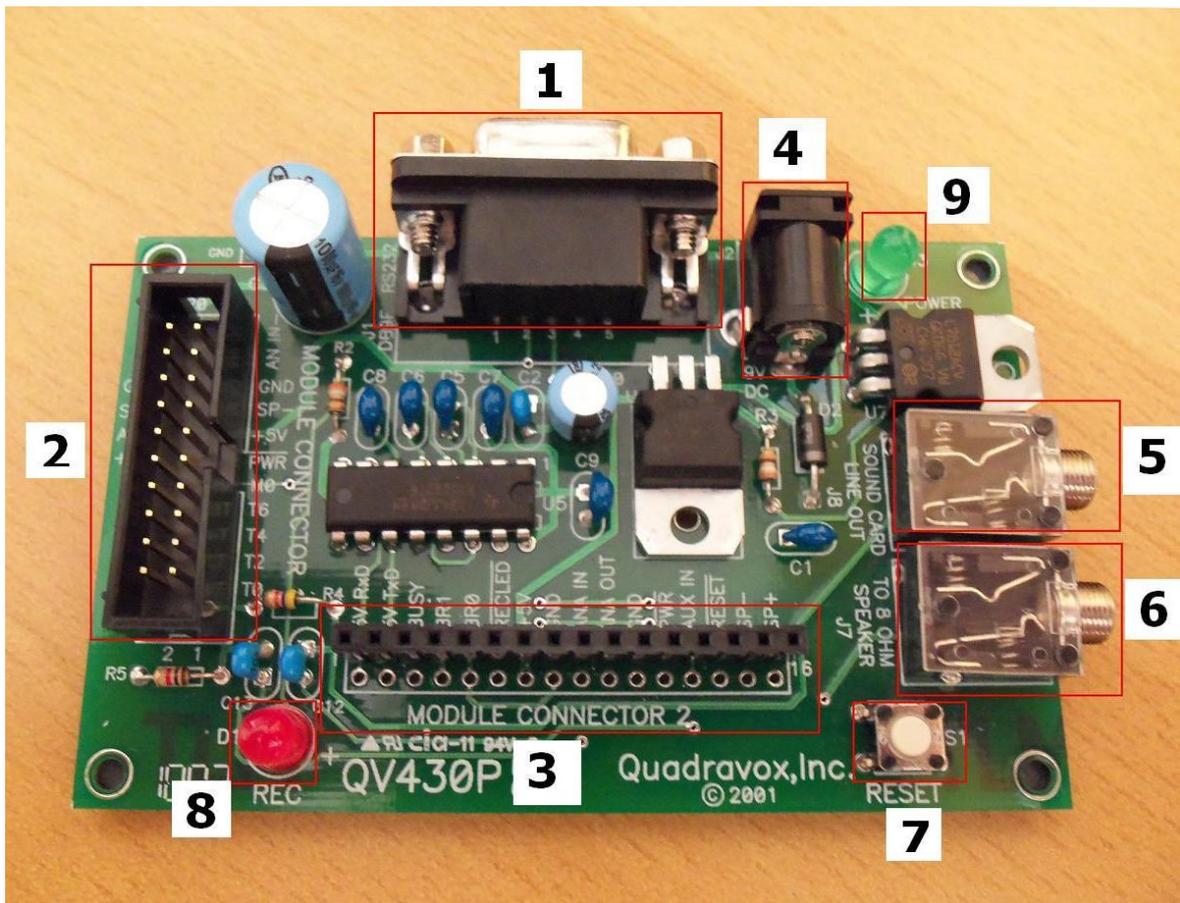


Figura A1.1. Módulo programador QV430P.

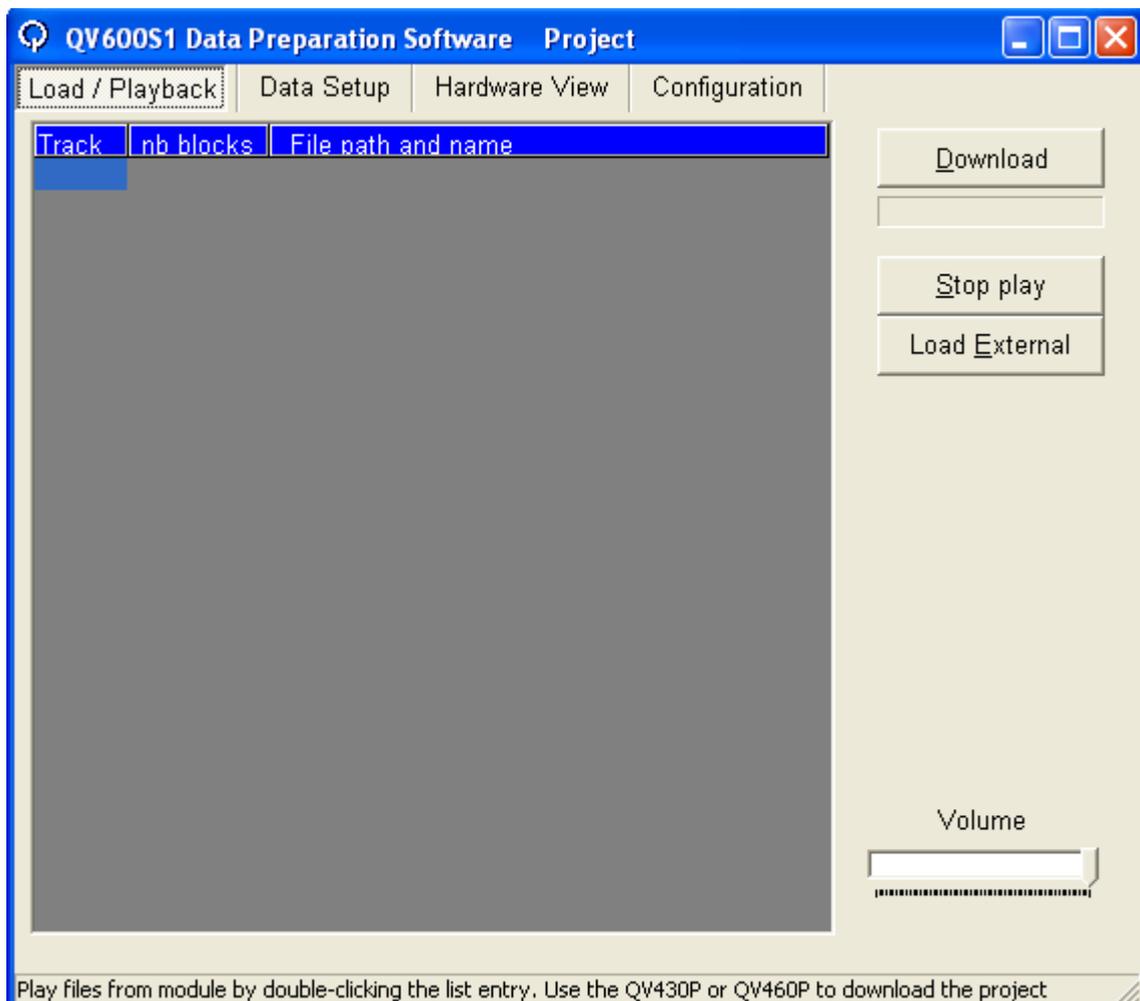
**Nota:** La velocidad de grabación está fijada a 9600 baudios durante la programación. El circuito grabador-reproductor puede operar en otras velocidades durante la reproducción.

### A1.3 Software QV600S1

En el presente proyecto, se ha utilizado el software QV600S1 versión 1.1 compatible con el módulo programador QV430P. Lo podemos descargar de forma gratuita desde la página web del fabricante [www.quadravox.com](http://www.quadravox.com). Para actualizaciones, consultar también la página web del fabricante y comprobar que sea compatible con el módulo programador.

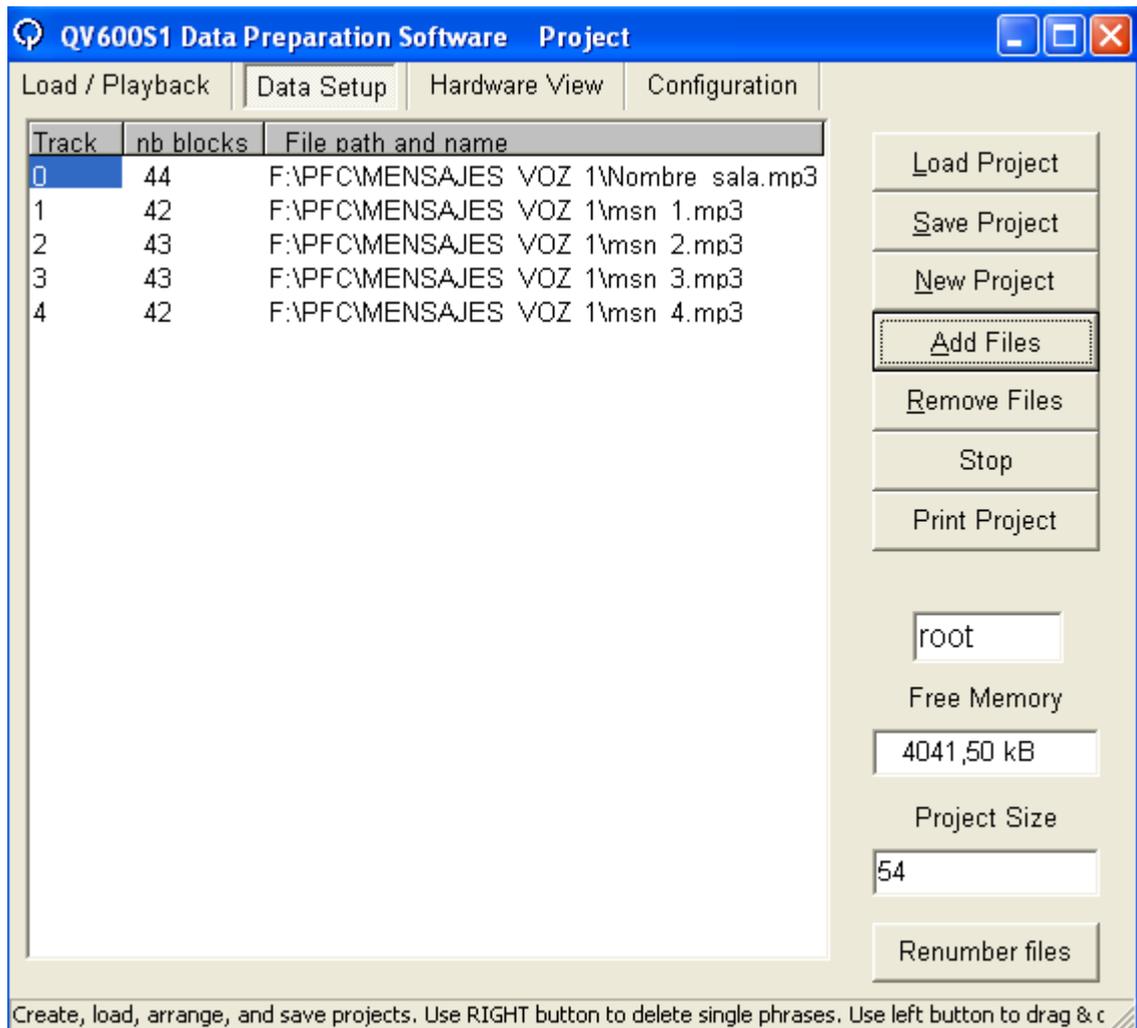
Este software, nos ayuda a grabar mensajes de audio en el CI grabador-reproductor QV606m1 de una manera sencilla y eficaz.

Presenta cuatro pestañas como se puede ver en la figura A1.2. El primer menú que encontramos es **Load/Playback**, desde donde podemos descargar los mensajes hacia el CI grabador-reproductor haciendo click en el botón *Download*.



**Figura A1.2.** Software *QV606s1*.

Desde el segundo menú **Data Setup** (figura A1.3), se puede crear la lista de mensajes. Para ello, utilizamos el botón *Add Files*, buscamos el mensaje deseado y seleccionando el mensaje lo añadimos.



**Figura A1.3.** Menú *Data Setup*.

Podemos modificar la lista de manera sencilla. Para eliminar mensajes de nuestro proyecto, seleccionamos el mensaje y hacemos click en el botón *Remove Files*. También se puede modificar su orden, seleccionando un mensaje y arrastrándolo hacia arriba o abajo.

Es aconsejable que cada vez que modifiquemos la lista, utilicemos el botón *Renumber files* (ubicado en la parte inferior derecha) para volver a numerar los mensajes, esta vez siguiendo el orden modificado.

En el menú *Hardware View* (figura A1.4) podemos enviar órdenes al CI grabador-reproductor. Si tenemos conectado un altavoz al módulo QV430P, se pueden reproducir los mensajes y comprobar la calidad del sonido. Para ello, seleccionamos el

mensaje y hacemos doble click en *Play file*. También si hacemos directamente doble click sobre el mensaje a escuchar.

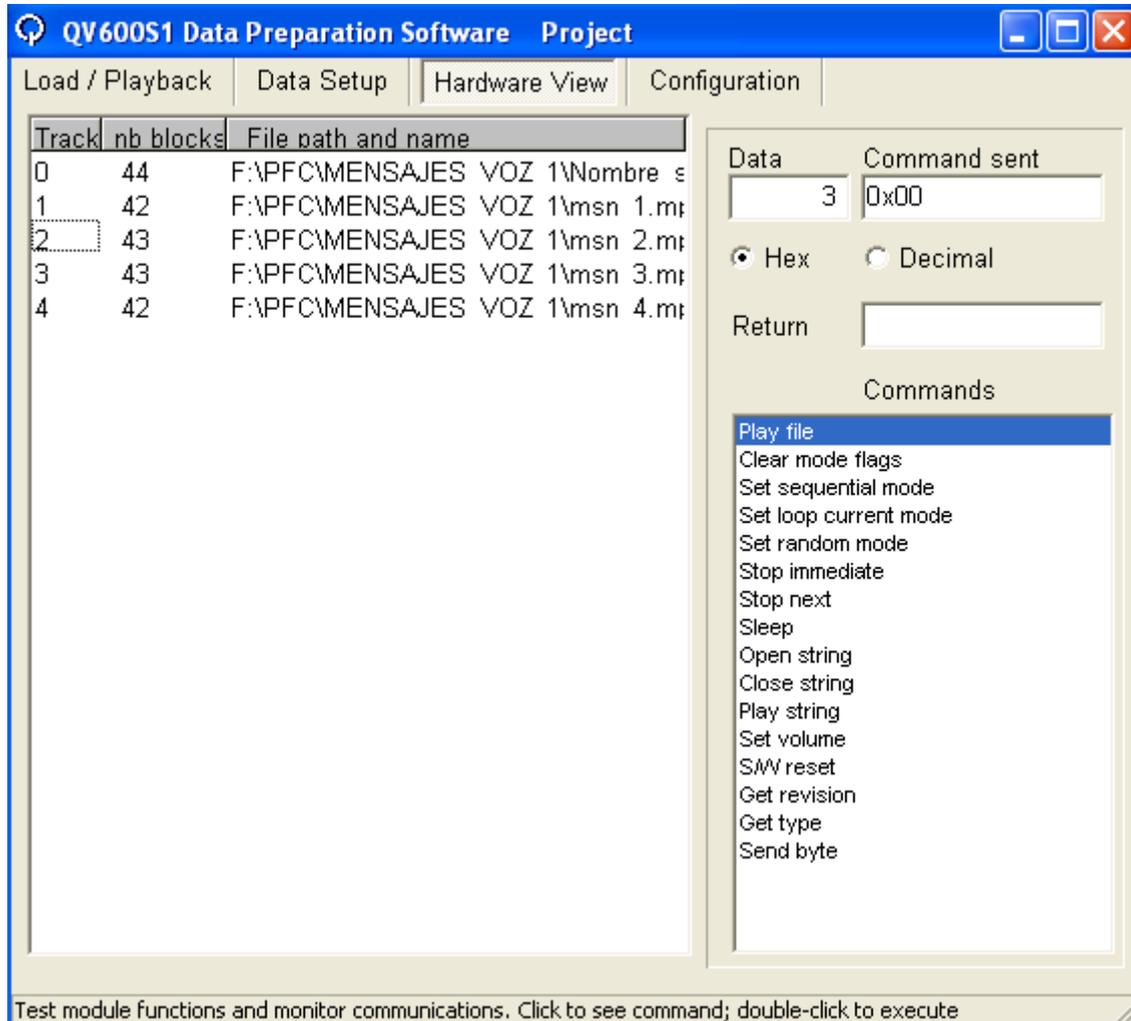
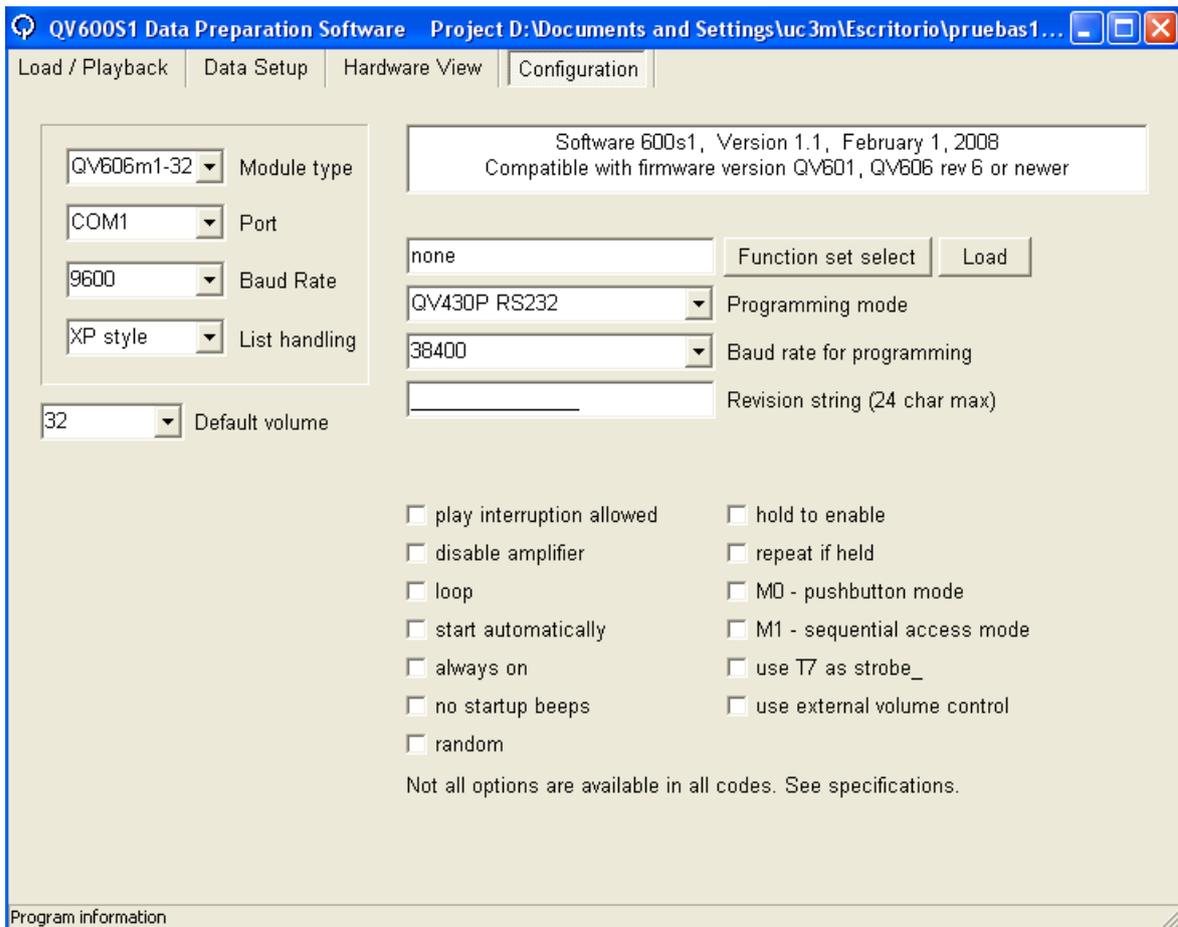


Figura A1.4. Menú *Hardware View*.

Por último, tenemos el menú *Configuration* en donde encontramos varias opciones de conectividad. Este software es compatible con varios modelos de CI grabador-reproductor.

Elegiremos el adecuado desde el menú desplegable *Module Type*. También determinaremos el modelo de módulo programador con el que grabaremos los mensajes desde el desplegable *Programming mode*, y la velocidad a la que grabamos los mensajes en *Baud rate for programming*.

En el caso de nuestro proyecto, la configuración sería la mostrada en la figura A1.5:



**Figura A1.5.** Configuración para módulo QV430P.

## A1.4 Pasos para la grabación de mensajes.

Para almacenar mensajes de audio en el CI grabador-reproductor utilizando el módulo QV430P seguiremos los siguientes pasos:

1. Conectar el módulo QV430P con un ordenador utilizando el puerto serie RS-232.
2. Introducir el CI grabador-reproductor QV606m1 en el conector de módulo 2 (ver figura A1.5).
3. Conectamos la alimentación del módulo. Se iluminará el led verde.
4. Ejecutamos el software QV600s1, y en la pestaña *Configuration* realizamos los siguientes cambios (véase figura A1.3):



- 
- Module type: QV606m1-32.
  - Port: COM1.
  - Baud rate: 9600.
  - Programming mode: QV430P RS232.
5. En la pestaña *Data Setup* añadimos los mensajes, creando una lista. Grabaremos los mensajes en el mismo orden en que asignamos los códigos a los niños (ver capítulo 3 tabla 1). Hay que recordar que el mensaje número cero debe ser el nombre de la sala.
  6. A continuación, vamos a la pestaña *Load/Playback* y descargamos los mensajes hacia el CI grabador-reproductor haciendo click en el botón *Download*.
  7. El indicador rojo REC LED se ilumina y se mantiene así durante unos 15 segundos mientras se realizan verificaciones internas automáticas. Transcurrido este proceso empieza a parpadear, lo que indica que la grabación está en curso. Cuando el led se apague, la grabación estará finalizada.
  8. Para terminar, desconectamos la alimentación del módulo programador y extraemos el CI grabador-reproductor.

# APÉNDICE B

## Código de programación del C8051F330

### A2.1 Código empleado

Para la programación del micro-controlador, se ha utilizado el siguiente código en lenguaje C:

```
//-----  
// Includes  
//-----  
  
#include <C8051F330.h>          // SFR declarations  
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
  
//-----  
// SFR and Bit Definitions  
//-----  
sfr16 ADC0          = 0xBD;      // ADC result  
sfr16 TMR3RL        = 0x92;      //Timer 3 Reload value  
sfr16 TMR3          = 0x94;      // Timer3 counter  
  
sbit LED_ON        = P1^1;      // LED='1' means ON  
sbit ocupado       = P1^2;      // LED='1' means ON  
sbit LEDMICRO      = P1^3;      // LED='0' means ON  
  
//-----  
// Constantes  
//-----  
unsigned char SETVOLUMEN      = 0xFC;  
unsigned char OPEN_STRING     = 0xF9;  
unsigned char CLOSE_STRING    = 0xFA;  
unsigned char PLAY_STRING     = 0xFB;  
unsigned char NOMBRE_SALA     = 0x00;  
unsigned char RESET           = 0xFD;  
  
//-----  
// Variables Globales  
//-----  
unsigned char PUERTO0=0x00, PUERTO1=0x00;  
unsigned char LECTURA, ID_NINO;  
unsigned char volumen = 0x00;  
  
int flag=0;  
unsigned int ADC_anterior=10, ADC_nuevo=0;
```



```
//-----  
// Global Constants  
//-----  
#define SYSCLK      3000000L      // SYSCLK frequency in Hz  
#define MIN_BLINK_RATE 1          // Min blink rate in Hz for Timer mode  
  
//-----  
// Function Prototypes  
//-----  
  
void OSCILLATOR_Init (void);  
void Port_IO_Init (void);  
void TIMER3_Init (void);  
void INT0_Init (void);  
void UART0_Init();  
void ADC0_Init (void);  
  
void Transmision_Datos (unsigned char instruccion);  
void Control_Volumen (void);  
  
//-----  
// MAIN Routine  
//-----  
  
void main (void)  
{  
//INICIALIZACIÓN DEL MICRO  
  
    PCA0MD &= ~0x40;          // WDTE = 0 (clear watchdog timer enable)  
    OSCILLATOR_Init ();      // Initialize system clock to 12.25 Mhz  
    Port_IO_Init ();        // Initialize crossbar and GPIO  
    TIMER3_Init ();        // Init timer used to blink LED  
    INT0_Init ();          // Enable /INT0  
    UART0_Init();          // Enable UART using global settings  
    ADC0_Init();  
  
    TR0 = 1;                //Arrancar el Timer 0  
    ET0 = 1;                //Enable Timer 0 interrut  
    T10 = 1;                // Indicate TX0 ready  
  
//CODIGO PRINCIPAL  
  
    flag=0;  
  
    while (1)  
    {  
        LEDMICRO=0;  
        LED_ON=1;  
        EIE1  &=~ 0x80;      // Disable Timer3 interrupts  
  
        if(flag==1)          //Lectura del dato recibido al activarse la /INT0  
        {  
            EX0 = 0;         // Deshabilita la interrupción /INT0  
  
            LECTURA = PUERTO0; //Guardo los el recibido por el puerto 0  
            PUERTO0 &= 0x40;   //Recojo el 6 (D4) bit recibido por el P0.  
            PUERTO0 >>= 2;     //Desplazo el D4 a la posición 4  
            LECTURA &= 0x0F;  //Pongo a cero los 4 bits de más peso de LECTURA.
```



```
LECTURA |= PUERTO0;      //Introduzco el D4 en la variable lectura.

PUERTO1 &= 0x01;          //Guardo el LSB (D5) y pongo a cero el resto
PUERTO1 <<= 5;            //Desplazo el D5 a la 5 posición
LECTURA |= PUERTO1;      //Inserto D5 en la quinta posición de LECTURA

ID_NINO =~ LECTURA;      //LECTURA negado ya que trabajamos en lógica negativa
ID_NINO &= 0x3F;          //Anulo los 2 MSB que no son parte de la información

Transmision_Datos(OPEN_STRING);
Transmision_Datos(ID_NINO);
Transmision_Datos(NOMBRE_SALA);
Transmision_Datos(CLOSE_STRING);
Transmision_Datos(PLAY_STRING);

EIE1 |= 0x80;             // Enable Timer3 interrupts

for(k=0;k<=100;k++);     //Espera a que se active la señal /BUSY

if(ocupado==1)           //Si no se ha activado la señal /BUSY
{
    Transmision_Datos(RESET); //Envío un Reset en caso de que el sistema
    Control_Volumen();        //se bloquee.
}

while(ocupado==0){};     //Espera a que finalice la reproducción del mensaje

flag=0;                  //Reset flag
IE0=0;                   //Ignoro las interrupciones pendientes activadas durante la reproducción
EX0 = 1;                 //Habilita la interrupción /INT0
}

if(ADC_nuevo != ADC_anterior) Control_Volumen(); //Detecta si hay variación en el
//potenciómetro
}

}

//Función que transmite las instrucciones por la UART0 hacia el QV606M1

void Transmision_Datos (unsigned char instruccion)
{
    int i=0;
    TI0=0;
    SBUF0 = instruccion;
    while(!TI0){};       //Espera a que se complete la transmisión
}

//Función que actualiza el nivel del volumen de reproducción.
void Control_Volumen (void)
{
    ADC0 >>= 4;           //Divido por 16 para adaptar el ADC al rango
    volumen = ADC0L;      //de volumen aceptado por el QV606M1
    if (volumen < 0x40)
    {
        Transmision_Datos(SETVOLUMEN);
        Transmision_Datos(volumen);
    }

    ADC_anterior=ADC_nuevo;
}
```



```
}
//FIN DEL BUCLE PRINCIPAL

//-----
// RUTINAS DE ATENCIÓN A INTERRUPCIÓN ISR
//-----

//-----
// INTO_ISR
//-----
//
// INTO_ISR Se activa al cambiar el nivel en el pin /INT0.
//
//-----
void INTO_ISR (void) interrupt 0
{
    PUERTO0 = P0;
    PUERTO1 = P1;
    flag=1;
}

//-----
// TIMER0_ISR
//-----
//
// Ésta ISR se dispara en cada desbordamiento del Timer0. Se usa para temporizar
// la lectura del convertidor ADC0.
//
//-----
void TIMER0_ISR (void) interrupt 1
{
    static int overflows = 0;

    // Habilitamos la lectura del convertidor cada 20 desbordamientos del
    // TIMER0

    overflows++;
    if(overflows == 20)
    {
        ADOBUSY=1;
        overflows=0;
    }
}

//-----
// ADC0_ISR
//-----
//
// ADC0_ISR is triggerered upon the completion of an ADC conversion. The ISR
// calculates the volumen speaker based on the voltage
// across the potentiometer.
//
//-----
void ADC0_ISR (void) interrupt 10
{
    AD0INT = 0;          // Clear conversion complete flag
```



```
ADC_nuevo = ADC0;

AD0BUSY=0;
}

//-----
// TIMER3_ISR
//-----
//
// This ISR is triggered upon a Timer3 overflow. The ISR simply toggles
// the state of the LED and keeps track of the number of times the LED blinks.
//
//-----

void TIMER3_ISR (void) interrupt 14
{
    TMR3CN &= ~0x80;          // Clear Timer3 Flags

    LED_ON = !LED_ON;
}

//-----
// Initialization Subroutines
//-----

//-----
// OSCILLATOR_Init
//-----
//
// Return Value : None
// Parameters   : None
//
// This function initializes the system clock to use the internal 12 MHz
// oscillator as its clock source. Also enables missing clock detector reset.
//
//-----
void OSCILLATOR_Init (void)
{
    OSCICN = 0x82;          // Configure internal oscillator for
                          // 12MHz
    RSTSRC = 0x04;         // Enable missing clock detector
}

//-----
// PORT_Init
//-----
//
// This function configures the crossbar and GPIO ports.
//
// P0.4 digital push-pull  UART TX
// P0.5 digital open-drain UART RX
// P0.7 digital open-drain /INT0
// P1.3 digital push-pull  LEDMICRO
// P1.7 analog             Potentiometer (ADC input)
//
//-----
```



```
void Port_IO_Init()
{
    P1MDIN    = 0x3F;
    P0MDOUT   = 0x10;
    P1MDOUT   = 0x02;
    P1SKIP    = 0xC0;
    XBR0      = 0x01;    //Habilita la UART0
    XBR1      = 0x40;
}

//-----
// INT0_Init
//-----
//
// Return Value : None
// Parameters   : None
//
// Configure /INT0 (P0.7) to be a level-sensitive interrupt pin.
// Starts active-high, but the INT0 ISR will switch this back and forth.
//
//-----

void INT0_Init (void)
{
    IT01CF = 0x0F;    // Configure /INT0 to P0.7
                    // Active High
    IT0    = 1;      // /INT0 is level sensitive
    IE     = 0x81;   // Enable /INT0 interrupts
}

//-----
// UART0_Init
//-----
//
// Return Value : None
// Parameters   : None
//
// Configure the UART1 using Timer1, for <baudrate> and 8-N-1.
//
//-----

void UART0_Init()
{
    SCON0 = 0x00;    //SCON0: 8-bit variable bit rate
                    // level of STOP bit is ignored
                    // RX enabled
                    // ninth bits are zeros
                    // clear RI0 and TI0 bits
    TMOD  = 0x20;    // TMOD: timer 1 in 8-bit autoreload
    CKCON = 0x01;
    TH1   = 0x60;    //Valor de precarga del Timer 1
    TL1   = TH1;     // Init Timer1
    TR1   = 1;       // START Timer1
}

//-----
// ADC0_Init
```



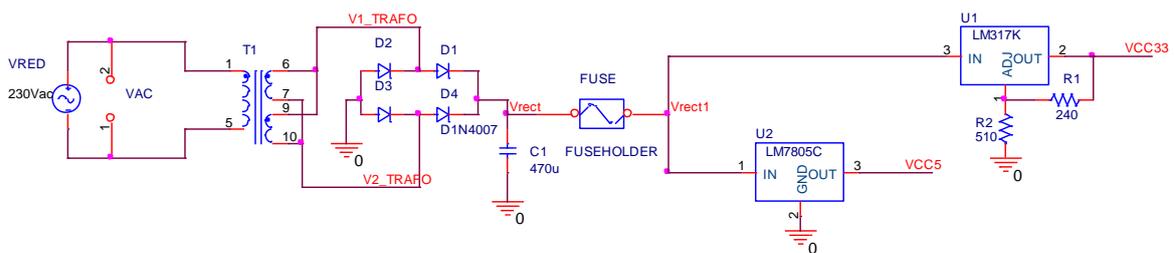
```
//-----  
//  
// Return Value : None  
// Parameters : None  
//  
// This function initializes the ADC to measure potentiometer connected  
// to P1.7 in single-ended mode.  
//  
//-----  
void ADC0_Init (void)  
{  
    ADC0CN = 0x40;           // Deshabilita ADC0  
                           // Low-power Track Mode  
                           // Permite la conversion para AD0BUSY = 1  
  
    AMX0P = 0x0F;           // P1.7 es la entrada positiva  
    AMX0N = 0x11;           // GND es la entrada negativa  
  
    ADC0CF = 0xC0;           //Reloj de conversion del ADC = 500000  
    ADC0CF &= ~0x04;        // Justifica el ADC0 a la derecha  
  
    EIE1 |= 0x08;           // Permite la interrupción de conversión completa  
                           // del ADC0  
  
    REF0CN = 0x0A;           // VREF = VDD, bias generator is on.  
  
    AD0EN = 1;              // Habilita ADC0  
  
}  
  
//-----  
// TIMER3_Init  
//-----  
//  
// Return Value : None  
// Parameters : None  
// Configure Timer3 to 16-bit auto-reload and generate an interrupt at  
// interval specified by <counts> using SYSCLK/12 as its time base.  
//  
//-----  
void TIMER3_Init (void)  
{  
    TMR3CN = 0x00;           // Stop Timer3; Clear flags;  
                           // use SYSCLK/12 as timebase  
  
    CKCON &= ~0xC0;         // Timer3 clocked based on T3XCLK;  
  
    TMR3RL = -(SYSCLK / 12 / MIN_BLINK_RATE); // Init reload values  
  
    TMR3 = 0xffff;          // Set to reload immediately  
    // EIE1 |= 0x80;         // Enable Timer3 interrupts  
  
    TMR3CN |= 0x04;         // Start Timer3  
  
}  
//-----  
// End Of File  
//-----
```

# APÉNDICE C

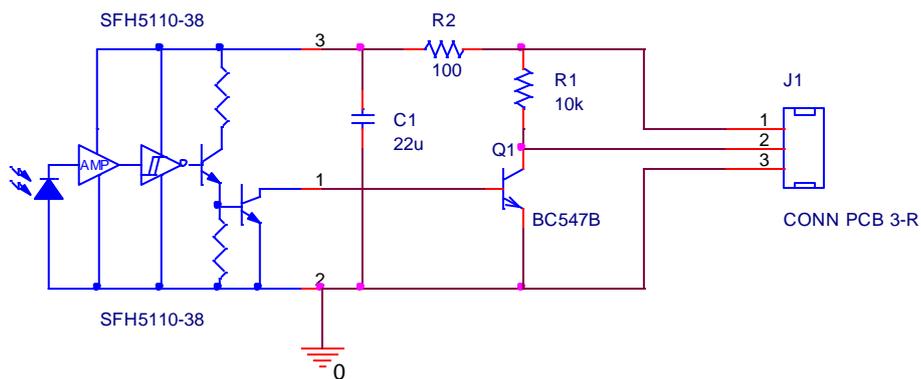
## Esquemas eléctricos y Layouts

### CIRCUITO RECEPTOR

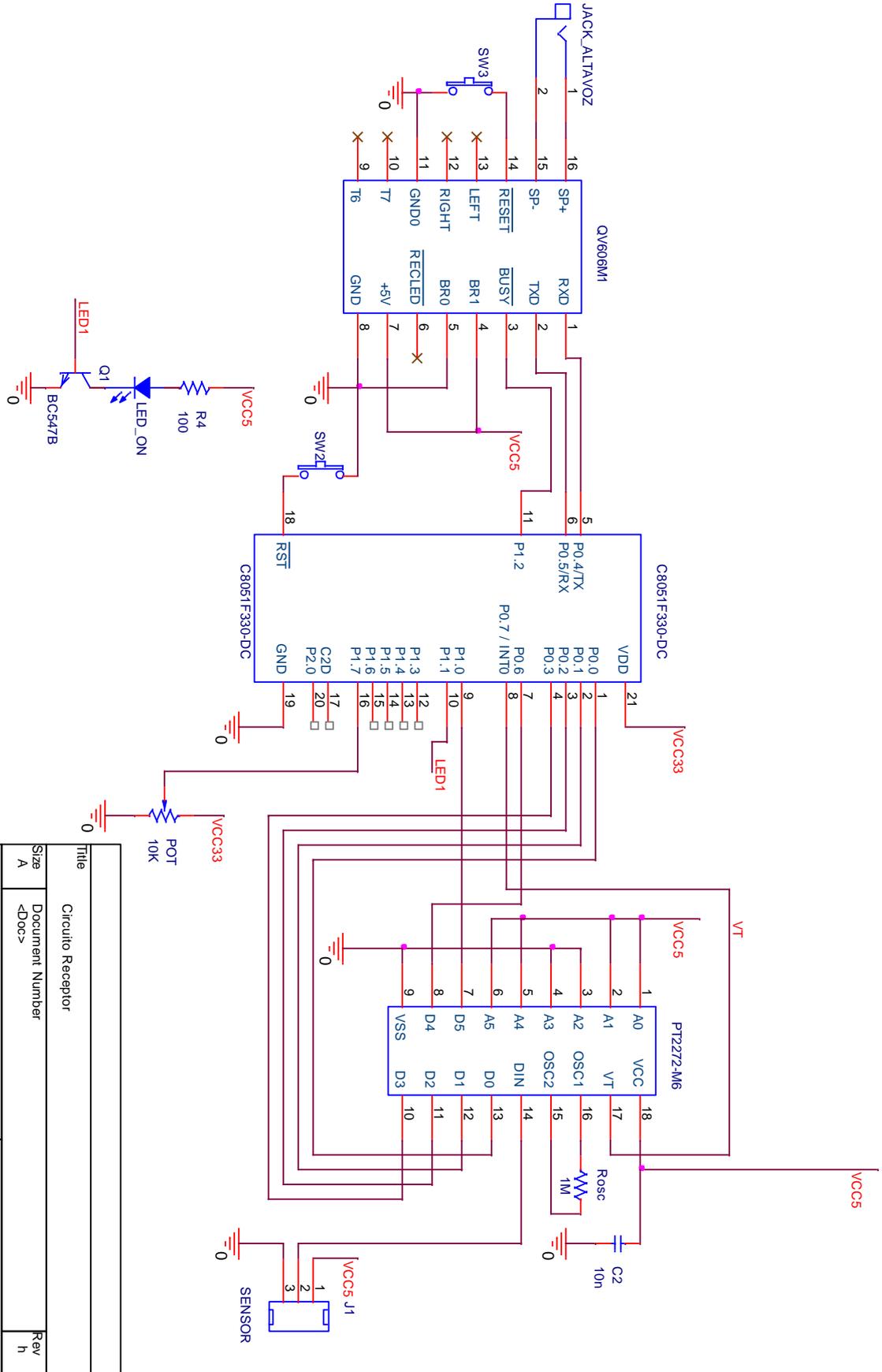
#### Etapa de Rectificado y Fuentes de alimentación



#### Sensor Infrarrojo con Circuito de Acondicionamiento



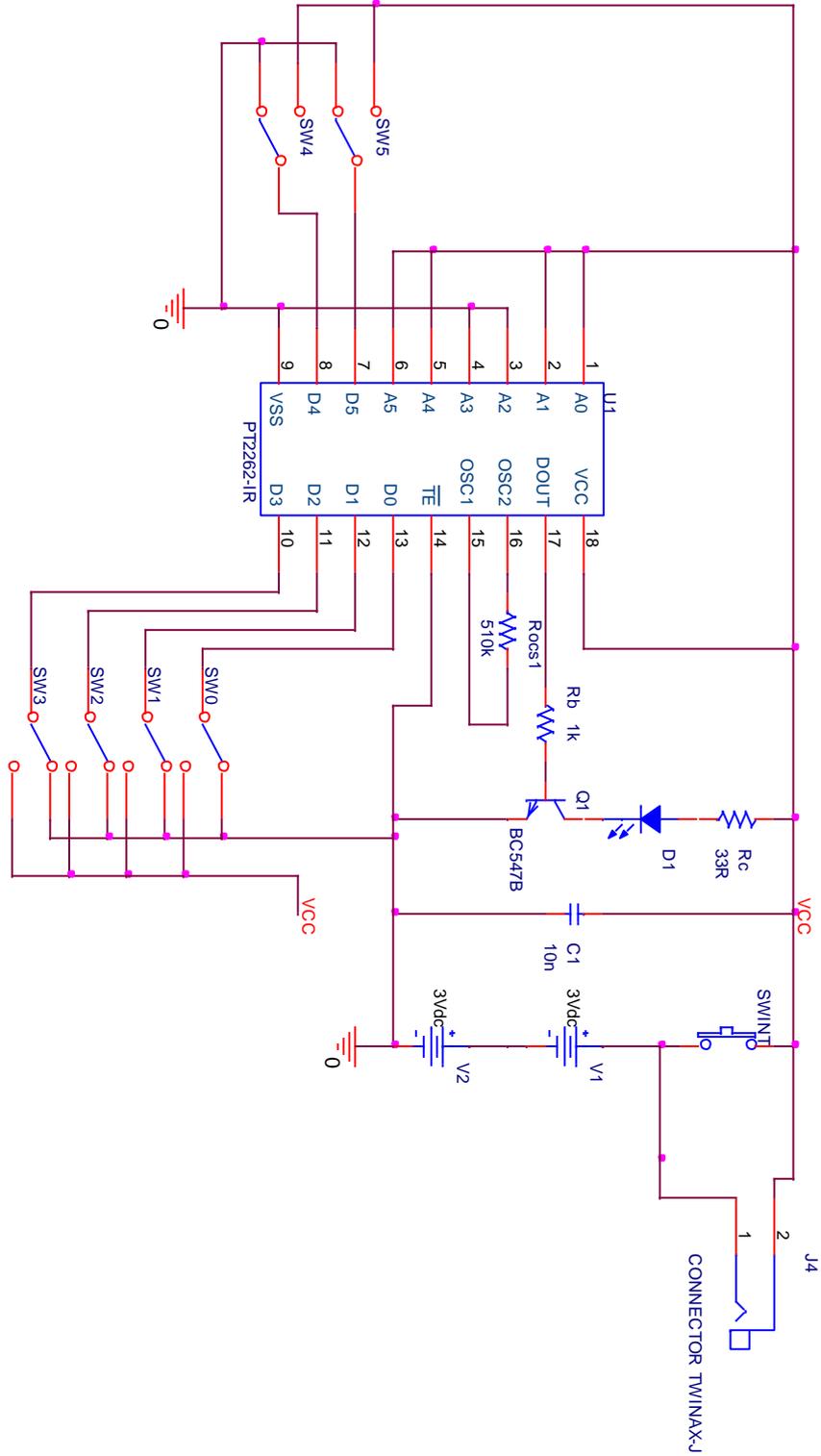
### Circuito Principal



Title	Circuito Receptor	
Size	Document Number	Rev
A	<Doc>	h
Date:	Tuesday, February 08, 2011	Sheet 1 of 1

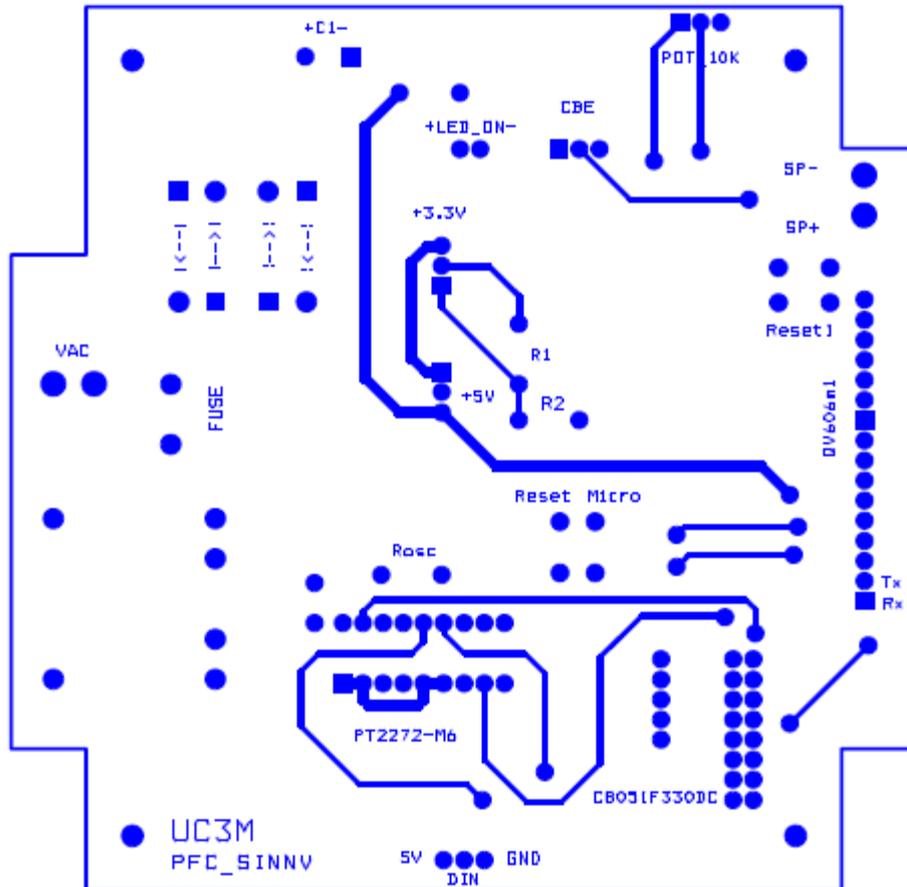
**CIRCUITO EMISOR**

**Mando a distancia.**

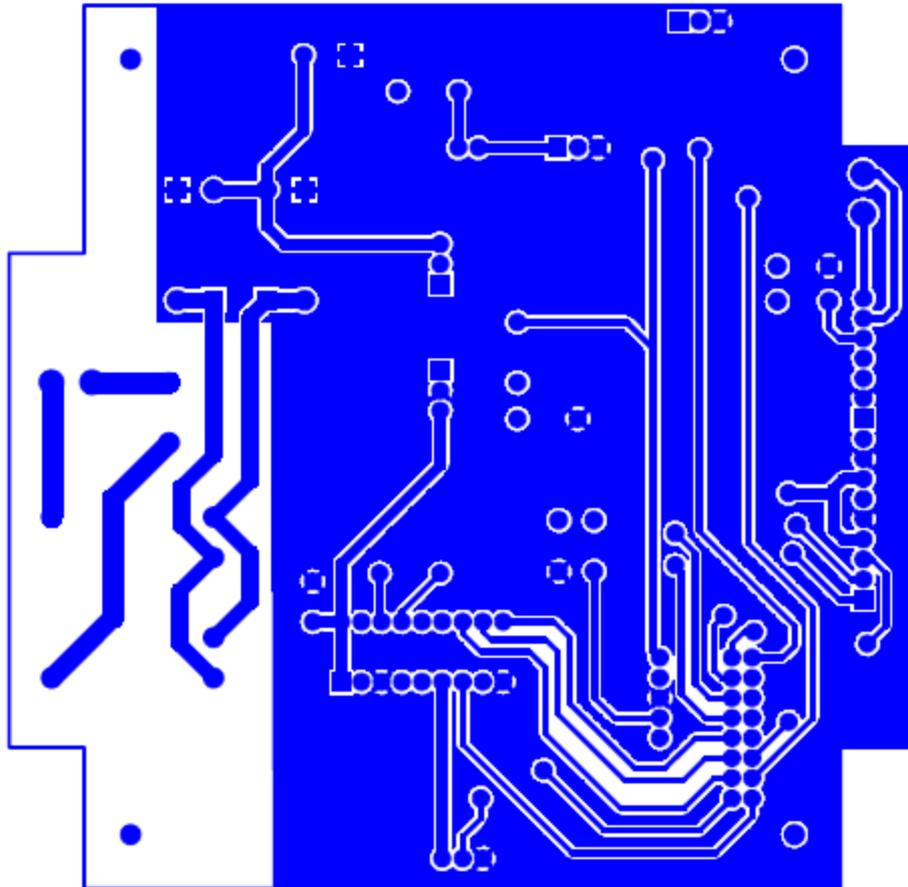


Title	Circuito Emisor		
Size	Document Number	Rev	<RevCode>
A	<Doc>	1	1
Date:	Saturday, November 20, 2010	Sheet	1 of 1

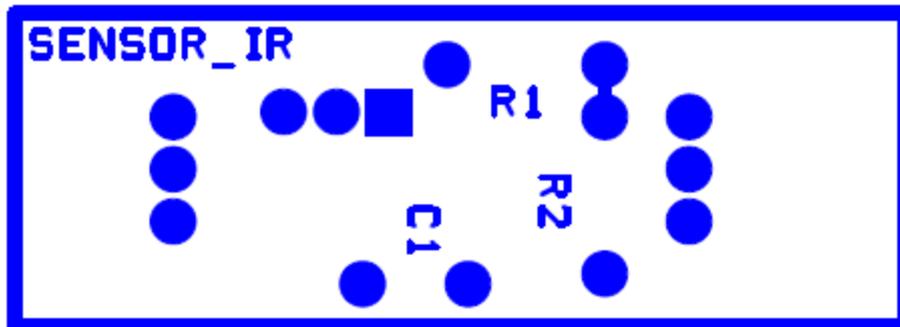
### LAYOUT CAPA TOP CIRCUITO RECEPTOR



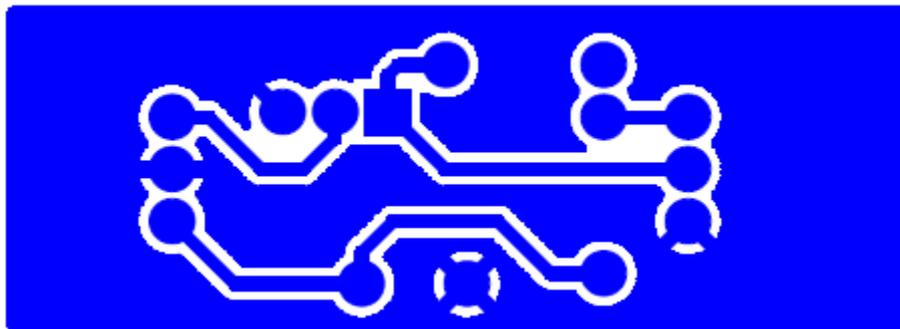
## LAYOUT CAPA BOTTOM CIRCUITO RECEPTOR



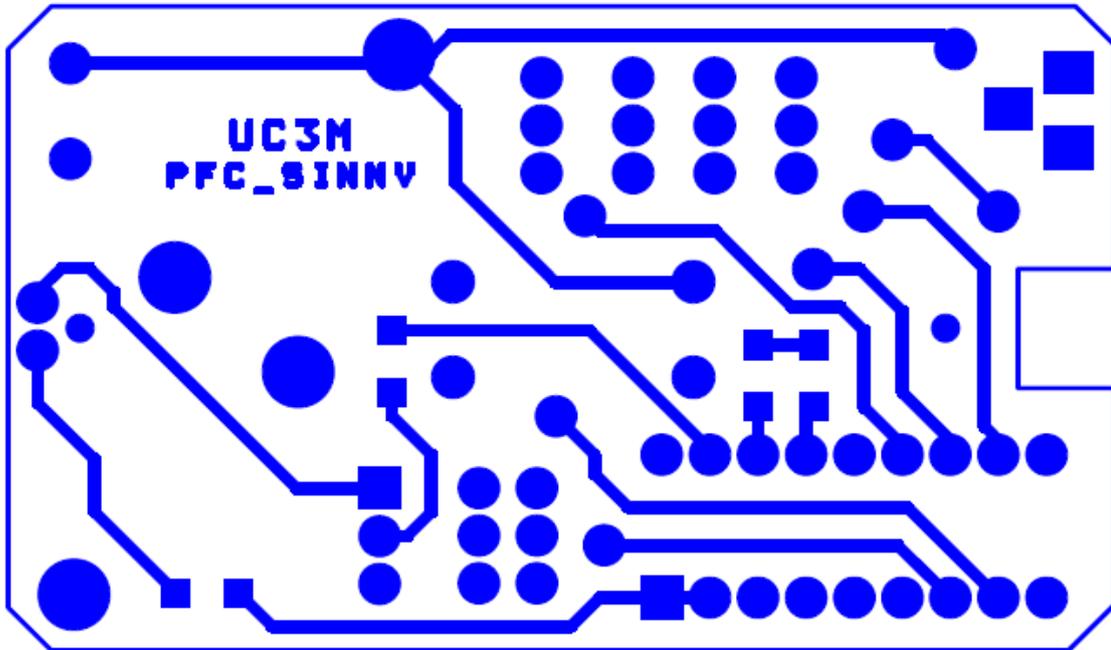
**CAPA TOP DE PLACA ADICIONAL: SENSOR IR**



**CAPA BOTTOM DE PLACA ADICIONAL: SENSOR IR**



### LAYOUT CAPA TOP CIRCUITO EMISOR



### LAYOUT CAPA BOTTOM CIRCUITO EMISOR

