

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones,  
especialidad en Telemática

DISEÑO DE UN SENSOR DE ALARMA CONTRA INCENDIOS SIN HILOS

MEMORIA

Alumno: Marcos Torres Sahuquillo

Dirigido por: Carlos Alberto Pacheco Navas

CURSO 2012-13 (Segundo Semestre)

**Índice**

Capítulo 1: Introducción .....	4
1.1 Justificación y contexto del TFC.....	4
1.2 Objetivos del TFC.....	4
1.3 Enfoque y método seguidos.....	5
1.4 Planificación del Proyecto. ....	5
1.5 Productos obtenidos.....	9
1.6 Descripción breve de resto de capítulos.....	9
Capítulo 2: Análisis RF .....	10
2.1 Análisis del espectro electromagnético .....	10
2.2 Radiofrecuencia .....	10
2.3 Análisis de la banda ISM.....	12
2.4 Particularidades de la banda 868Mhz .....	13
Capítulo 3: Microcontrolador + RF .....	15
3.1 Motivos para la elección del PIC12LF1840T48A.....	15
3.2 Características del PIC12LF1840T48A .....	16
3.3 Radiofrecuencia .....	17
Capítulo 4: Diseño del circuito de adaptación de temperatura .....	19
4.1 Motivos para la elección del diseño .....	19
4.2 El sensor. Características. ....	19
4.3 El circuito de medición .....	20
4.3a Estudio de componentes .....	20
4.3b Esquema .....	22
4.3c Funcionamiento .....	23
4.4 Resultados de la simulación mediante Tina-TI .....	23
4.5 Esquema del circuito final .....	25
Capítulo 5: Diseño del circuito de activación de alarmas .....	26
5.1 Motivos para la elección del diseño .....	26
5.2 Estudio de componentes. ....	26
5.3 Esquema .....	29
5.4 Funcionamiento .....	30
5.5 Resultados de la simulación mediante Tina-TI .....	32
5.6 Esquema del circuito final .....	34

Capítulo 6: Implementación del programa de control .....	35
6.1 Algoritmo del programa de control .....	35
6.2 Exposición de puntos clave .....	36
6.3 Resultados de la ejecución del programa .....	40
Capítulo 7: Diseño la FA .....	44
7.1 Motivos para la elección del diseño .....	44
7.2 Estudio de componentes. ....	44
7.3 Esquema .....	46
7.4 Funcionamiento .....	47
7.5 Resultados de la simulación mediante Tina-TI .....	48
7.6 Esquema del circuito final .....	49
Capítulo 8: Diseño del <i>layout</i> de la placa PCB .....	50
8.1 Consideraciones previas .....	50
8.2 <i>Layout Top - Bottom</i> .....	51
8.3 <i>Layout Vista real</i> .....	53
Capítulo 9: Conclusiones y futuras ampliaciones.....	55
Capítulo 10: Bibliografía.....	56
Anexos .....	57

#### **Índice de Figuras**

Figura 1: Espectro electromagnético .....	10
Figura 2: Regiones ITU .....	12
Figura 3: Imagen PIC12LF1840T48A .....	15
Figura 4: Diagrama de bloques del PIC12LF1840T48A .....	17
Figura 5: Diseño de circuito de antena .....	18
Figura 6: Características físicas del LM-35A/TO-46 .....	20
Figura 7: Esquema del encapsulamiento de LM158 y vista real .....	21
Figura 8: Esquema funcionamiento A.O. como seguidor de tensión .....	21
Figura 9: Esquema funcionamiento A.O. como amplificador no inversor.....	22
Figura 10: Esquema del circuito de detección y adaptación de entradas .....	22
Figura 11: Valores de salida .....	24
Figura 12: Esquema final del circuito de detección y adaptación de entradas...25	

Figura 13: Distribución de pins en los relés de la serie IM y símbolo del relé	27
Figura 14: Vistas del diodo Schottky BAT54	28
Figura 15: Distribución de contactos del transistor y equivalencia con símbolo	29
Figura 16: Esquema del circuito de activación de alarmas	29
Figura 17: Señales de entrada en circuito de activación	30
Figura 18: Señales de salida en circuito de activación	31
Figura 19: Señales de control en circuito de activación (inicio de señal)	32
Figura 20: Señales de control a las entradas de los relés	32
Figura 21: Señales de salida en función de las entradas	33
Figura 22: Esquema final del circuito de control de salidas	34
Figura 23: Algoritmo de programa de control	35
Figura 24: Detalle de alarmas en funcionamiento y envío de byte RF	42
Figura 25: Detalle del proceso completo de envío de un byte de datos	42
Figura 26: Representación de modulación FSK del word A4FAh	43
Figura 27: Análisis espectral de nuestro sistema de modulación FSK	43
Figura 28: Detalle de momento de desactivación de alarmas	43
Figura 29: Diagrama configuración LM-317	45
Figura 30: Circuito de FA a medida para simulación	46
Figura 31: Evolución de señal en FA	47
Figura 32: Evolución de señal en FA en la simulación	48
Figura 33: Circuito final de la FA	49
Figura 34: <i>Layout</i> de parte frontal de pistas	52
Figura 35: <i>Layout</i> de parte trasera de pistas	53
Figura 36: Vista real del <i>layout</i>	54

### **Índice de Tablas**

Tabla 1: Tabla de hitos	6
Tabla 2: Tabla de riesgos	7
Tabla 3: Medidas de contingencia	9
Tabla 4: Características de las bandas de radiofrecuencia	11
Tabla 5: Requerimientos y condiciones para la emisión en 868MHz	13
Tabla 6: Directrices RF del proyecto	14
Tabla 7: Resultado de salidas de circuito de detección	24
Tabla 8: Ganancias de corriente	33

## **Capítulo 1: Introducción**

Este capítulo está destinado a orientar al lector dentro de este TFC. Explicaremos, desde un punto de vista general, en qué consiste. También expondremos las razones para diseñarlo y qué fines perseguiremos. A continuación abordaremos los diferentes puntos de su planificación y que productos obtendremos en su realización. Por último, comentaremos de forma breve el resto de capítulos que forman esta memoria.

### **1.1 Justificación y contexto del TFC**

En la actualidad son cada vez más los dispositivos que funcionan mediante tecnologías inalámbricas. Teclados, ratones, teléfonos móviles, portátiles, una gran variedad de mandos a distancia... En este proyecto vamos a realizar el diseño de un sensor de alarma contra incendios sin hilos.

Las partes que van a componer este sensor son:

- Un *controlador*, que centralizará el control sobre el resto de elementos del sensor.
- La *sección de radiofrecuencia (RF)*, que nos permitirá comunicarnos sin hilos con la centralita receptora.
- El *circuito de detección*, responsable de la medición de la temperatura.
- Los *circuitos de aviso*, vitales para la activación y desactivación de las alarmas sonaras y luminosas de que dispone el sensor.
- La *alimentación*, que deberá adaptar las alimentaciones corrientes (220V) a las que necesitemos en el dispositivo.

El diseño y simulación de todos los elementos que serán necesarios para el buen funcionamiento de la alarma nos hará una idea de lo que supone el desarrollo de un dispositivo de estas características.

### **1.2 Objetivos el TFC. Alcance**

El principal objetivo que cumpliremos durante el progreso de este TFC es el de poner en valor técnicas, conocimientos y habilidades adquiridas durante los estudios de Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones, especialidad en Telemática.

Otros objetivos, de cariz más técnico, que se puede identificar son:

- Adquisición de los conocimientos necesarios acerca de la banda ISM 868Mhz.
- El diseño de una alarma contra incendios inalámbrica, que consistirá en la creación de los circuitos de adaptación de entrada y salida a los niveles del micro controlador, la programación del mismo, y de la fuente de alimentación

con que alimentaremos a todos ellos. Este sensor deberá cumplir con las especificaciones incluidas en la descripción del proyecto (consultar documento adjunto 'Enunciado.pdf').

- El diseño del *layout*, que plasme una visión clara del conjunto de elementos que forman el sensor.

Pasemos a detallar el alcance del proyecto. Va a ser considerado dentro de este:

- El estudio de la banda ISM 868Mhz.
- La elección del microcontrolador más adecuado.
- La elección del sensor de temperatura más apropiado a las características del sensor.
- El diseño de los circuitos de adaptación de temperatura.
- El diseño del circuito de control sobre las salidas (alarmas).
- La implementación de un programa de control para el microcontrolador.
- El diseño de la F.A.
- El diseño del *layout* de la placa PCB.
- Las labores de documentación necesarias para cumplir con las entregas.
- La elaboración de un video/presentación en que se expondrán los puntos más relevantes de este TFC y entrega de todos los archivos fuente llevados a cabo.
- Las tareas de seguimiento sobre el proyecto, para evitar desviaciones.

Se considera fuera del alcance del mismo:

- La fabricación y montaje del sensor en sí.
- La simulación por ordenador de todo el conjunto a la vez.

### **1.3 Enfoque y método seguidos**

El enfoque que utilizaremos en el desarrollo de este TFC está claramente orientado a objetivos. Por ello, para llevar a cabo su planificación hemos partido de ellos, dividiendo el trabajo para obtenerlos repartidos en tareas y dividiendo estas, a su vez, en subtareas.

Durante el transcurso del proyecto trataremos de centrarnos en el trabajo del día a día, pero sin perder de vista la línea global del trabajo a realizar. Para ayudarnos a ello, contaremos, además, con la asesoría y guía de nuestro tutor del TFC.

### **1.4 Planificación del Proyecto**

Para la planificación de este proyecto nos apoyaremos en diversas herramientas que resultan muy útiles:

- **Tabla de hitos**

En este apartado mostraremos la tabla de hitos donde se encuentran las fechas cruciales a tener muy en cuenta. Se tratan de fechas límite de entrega bien definidas:

Hito	Fecha
Inicio de Proyecto	27/02/2013
Encuentro virtual con consultor	1/03/2013
Entrega borrador-Plan de Trabajo	8/03/2013
Entrega oficial Plan de Trabajo	12/03/2013
Entrega borrador-PEC2	5/04/2013
Entrega oficial PEC2	9/04/2013
Entrega borrador-PEC3	10/05/2013
Entrega oficial PEC3	14/05/2013
Entrega borrador-Memoria	25/05/2013
Entrega oficial Memoria + Presentación	9/06/2013
Debate virtual – Respuesta a cuestiones	28/06/2013

Tabla 1: Tabla de hitos

- **Calendario**

A continuación se presenta el calendario de proyecto con la distribución de horas de trabajo posible al día:

FEBRERO						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

MARZO						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

ABRIL						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

MAYO						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

JUNIO						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Horas dedicadas al día	
	2
	4
	5

- Análisis de riesgos y medidas de contingencia**

En este apartado abordaremos qué riesgos y qué medidas de contingencia tendremos previstas, mediante la tabla de riesgos y la de medidas de contingencia:

Cód.	Riesgo	Probabilidad	Criticidad
R1	Avería física estación de trabajo	Baja	Alta
R2	Fallo del sistema operativo	Baja	Alta
R3	Baja por enfermedad	Media	Baja
R4	Enfermedad de hija	Media/Alta	Media
R5	Problemas para cumplir con contenidos PEC3	Baja	Media

Tabla 2: Tabla de Riesgos

Cód.	Explicación Riesgo	Medidas de contingencia
M1	R1- Subida de tensión daña el equipo provoca perdida de datos y falta de una estación de trabajo.	Preventiva: Se utiliza una regleta de conexiones eléctricas de seguridad, para evitar daños por picos de tensión.



M2	R1- Avería en la estación de trabajo de forma fortuita provoca pérdida de datos y falta de una estación de trabajo.	Correctiva: Se mantiene una copia de seguridad de todo el proyecto en un <i>pendrive</i> , actualizando siempre el contenido después de cada sesión. También se va a mantener un portátil con los programas necesarios para poder continuar el proyecto en este caso.
M3	R2- Fallo en S.O. provoca pérdida de datos y falta de una estación de trabajo.	Preventiva: Durante el transcurso del TCF no se va a instalar ningún dispositivo nuevo en el equipo. Tampoco se va a instalar ningún programa, aparte de los propios de este TCF, actualizaciones críticas del sistema y actualizaciones de antivirus.
M4	R2- Fallo en S.O. provoca pérdida de datos y falta de una estación de trabajo.	Correctiva: Aparte de las medidas correctivas contempladas para R1, realizaremos una imagen de todo el disco de sistema con todos los programas instalados tan pronto se pueda.
M5	R3- Una enfermedad común provoca no poder trabajar en el TCF durante días. R4- Una enfermedad en mi hija (asiste a una guardería) provoca no poder trabajar en el TCF durante días.	Correctiva: Mi actual puesto de trabajo me permite disponer de varios días de libre disposición a cambio de no tener días festivos. También dispondría de todos los días de vacaciones, de días libres en compensación por trabajar un nº de domingos del año anterior, etc. En resumen, dispondré de los días necesarios para rectificar la marcha del proyecto
M6	R3- Una enfermedad común provoca no poder trabajar en el TCF durante días. R4- Una enfermedad en mi hija (asiste a una guardería) provoca no poder trabajar en el TCF durante días.	Correctiva: Alargar turnos de 4 horas a 5 y los de 5 a 6 hasta reconducir la situación.
M7	La fase de programación del microcontrolador resulta más	Correctiva: Se hará entrega del diseño del layout en la memoria final

	compleja de lo inicialmente previsto y no es posible incluir el diseño del layout en la PEC3.	en lugar de en la PEC3. Dispondremos de algún día de vacaciones durante la fase de diseño del layout para no afectar la redacción de las conclusiones y la elaboración del video-presentación.
--	---	--

Tabla 3: Medidas de contingencia

- **Diagrama de Gantt**

Los procesos que componen el TFC quedan definidos mediante un diagrama de Gantt, incluido como Anexo 1.

### **1.5 Productos obtenidos**

Los productos que perseguiremos obtener durante este proyecto son:

- Una memoria explicativa del proyecto.
- Un video-presentación, que sirva de resumen visual del TFC.
- Los archivos fuente de la implementación y simulación realizados.

### **1.6 Descripción breve de resto de capítulos**

En el *Capítulo 2* de esta memoria estudiaremos, inicialmente, las bandas de frecuencia. Pero sobretodo las características técnicas y normativas de las bandas ISM (principalmente la banda de 868Mhz). Estas nos ayudarán a definir unas directrices que deberemos cumplir al escoger el PIC, que será el proceso que explicaremos en el *Capítulo 3*. También expondremos sus características principales y detallaremos la antena que utilizaremos en la alarma.

En los *Capítulo 4* y *Capítulo 5* diseñaremos todo lo relacionado con los circuitos analógicos de adaptación de temperaturas y con los que controlarán las alarmas, respectivamente. Realizaremos los desarrollos teóricos y las oportunas simulaciones demostrativas en cada caso.

A continuación implementaremos el programa de control para el procesador. Esto hará posible el cumplimiento de las especificaciones sobre su funcionamiento. Realizaremos su simulación en MPLAB y lo incluiremos en el *Capítulo 6*.

Elaboraremos una fuente de alimentación (FA) que adaptará las tensiones de entrada ya mencionadas a las que necesiten las diversas partes del diseño, de forma lo más precisa posible. Todo ello aparecerá en el *Capítulo 7*.

En el *Capítulo 8* realizaremos el diseño del *layout* de la placa PCB con todos los elementos que componen nuestro sistema, lo que nos va a proporcionar una buena visión del conjunto.

Por último, el Capítulo 9 irá destinado a la exposición de nuestras conclusiones.

## Capítulo 2: Análisis RF

En este apartado abordaremos varios conceptos. Desde la definición de espectro electromagnético y radiofrecuencia y sus particularidades, al análisis de las Bandas ISM, y más concretamente, de la banda de frecuencias 868MHz.

### 2.1 Análisis del espectro electromagnético

El espectro electromagnético consiste en el conjunto finito de ondas electromagnéticas distribuidas en función de su frecuencia, y por lo tanto, de su longitud de onda. Casi todas las ondas conocidas por la tecnología actual, desde las de menor longitud de onda (Rayos cósmicos, Rayos Gamma) a las de mayor (Ondas Radio), pasando por Rayos X, la luz visible, microondas, etc., pertenecen a este conjunto. Se puede observar gráficamente el espectro electromagnético en el diagrama con escalas de frecuencia y longitud de onda que aparece a continuación:

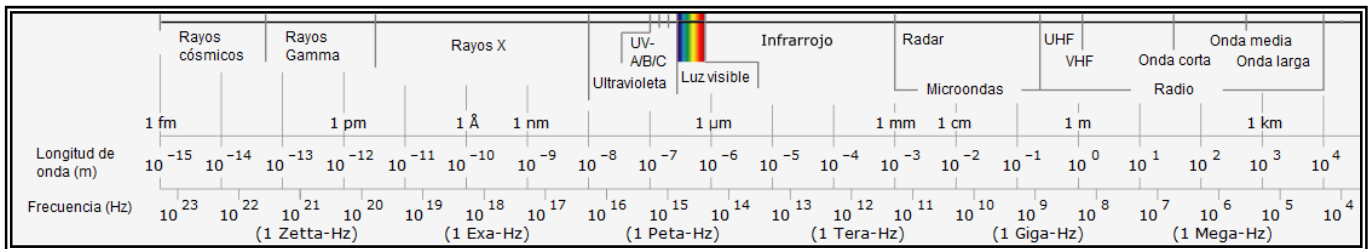


Figura 1: Espectro electromagnético

Podemos observar que las características físicas de ondas con diferentes longitudes de onda varían de manera extraordinaria. A pesar de ello, la velocidad de todas ellas es la de la luz y pueden propagarse en el vacío, capacidad que no tienen, por ejemplo, las ondas sonoras (mecánicas).

Tal y como hemos mencionado, las ondas electromagnéticas son un conjunto finito y limitado, un bien a compartir. Este hecho llega a su máximo exponente en nuestro siguiente apartado, donde realizaremos una explicación detallada de la zona de espectro que ocupa la radiofrecuencia.

### 2.2 Radiofrecuencia (RF)

Las microondas y las señales de radio, que aparecen en la Figura 1 forman parte de las señales de radiofrecuencia, o RF. Se diferencian del resto, como hemos dicho, en que sus señales se pueden emitir suministrando corriente eléctrica a una antena.

Aunque, técnicamente, una parte de la radiofrecuencia consta de la denominada audiofrecuencia ( $f$  inferiores a 20 kHz), estas ondas carecen del componente electromagnético que estamos analizando y por lo tanto no nos son, para este estudio, de interés. El resto de las bandas que componen la RF son:

<i>Nombre</i>	<i>Abreviatura inglesa</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Longitud de onda</i>
Baja frecuencia	LF	30–300 kHz	10–1 km
Utilizada por servicios de comunicaciones de navegación aeronáutica y marina.			
Media frecuencia	MF	300–3.000 kHz	1 km – 100 m
La onda más importante que existe en este rango es la de radio AM (530-1605 kHz)			
Alta frecuencia	HF	3–30 MHz	100–10 m
Explotada por comunicaciones de diversas naturalezas: gubernamentales, militares, radiodifusión, banda civil, radioaficionados, etc. También es conocida como “onda corta”.			
Muy alta frecuencia	VHF	30–300 MHz	10–1 m
Banda utilizada también por varios servicios: comunicaciones marinas y aeronáuticas, radio FM (88-108 MHz), radioaficionados, además de los canales de televisión del 2 al 12 (en Europa).			
Ultra alta frecuencia	UHF	300–3.000 MHz	1 m – 100 mm
Son múltiples sus usos: comunicaciones militares, servicios de telefonía móvil, los canales de televisión UHF (del 21 al 69 en Europa) y en servicios móviles de comunicación en tierra,			
Súper alta frecuencia	SHF	3-30 GHz	100–10 mm
Ya dentro del rango de las microondas. Utilizada por comunicaciones vía satélite y radioenlaces terrestres. También en comunicaciones de alta tasa de transmisión de datos a muy corto alcance y radares de última generación.			
Frecuencia extremadamente alta	EHF	30-300 GHz	10–1 mm
Pertenece al rango de las microondas. Por el momento tiene pocos usos, como en radioastronomía y radares de alta resolución.			

*Tabla 4: Características de las bandas de radiofrecuencia*

El uso de todas estas bandas y de los canales en que se subdividen se haya fuertemente reglamentado para tratar de alcanzar un uso racional y coherente del espectro. Se trata de un bien finito y escaso, por lo que, desde 1934, la ITU (Unión Internacional de las Telecomunicaciones), organismo de la ONU, desarrolla recomendaciones para regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las empresas operadoras y trata de coordinar su uso a nivel global.



Figura 2: Regiones ITU

Aunque el espectro radioeléctrico se administra normalmente entre cada administración local y el ITU, este último intenta que las normas generadas sean lo más homogéneas posible dentro de la misma región ITU. Entre diferentes regiones las diferencias entre finalidades de las mismas frecuencias son notables. Se puede observar la distribución de las regiones ITU en la Figura 2.

### **2.3 Análisis de la banda ISM**

Las bandas de frecuencias ISM están orientadas al uso no comercial dentro de los campos de la industria, de la ciencia o de la medicina. Cualquiera, sin licencia, puede emitir en estas frecuencias, siempre y cuando cumpla la normativa vigente respetando los niveles de potencia transmitida. No obstante, hay que tener en cuenta que existen diversos aparatos -microondas, máquinas de diatermia (uso médico), etc.- que emiten interferencias en estas bandas, por lo que será necesario que los dispositivos que vayan a operar en ellas presenten cierta tolerancia a errores.

El uso 'libre' de estas frecuencias se fundamenta en las recomendaciones de la ITU 5.138 (Región ITU 1) y 5.150 (Región ITU 2). Las bandas ISM recomendadas por la ITU para la Región 1 son: 6765-6795 kHz (frecuencia central 6780 kHz), 433.05-434.79 MHz (frecuencia central 433.92 MHz), 61-61.5 GHz (frecuencia central 61.25 GHz), 122-123 GHz (frecuencia central 122.5 GHz), and 244-246 GHz (frecuencia central 245 GHz).

Sin embargo, el listado exacto de bandas ISM y de su uso (si es que se ha destinado alguno) varía en función de cada territorio y está sujeto a su legislación. Dentro de la UE hay que consultar al ERC (*European Radiocommunications Committee*), organismo del que se dotó la unión para tratar de regular las telecomunicaciones a nivel europeo y al ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), que se encarga de reglamentar los estándares de comunicaciones. El ERC también emite recomendaciones sobre las que cada país puede guiarse, pero dentro del ámbito de la UE.

Como veremos a continuación, algunos de los usos que le dan a estas bandas están ya fijados y protegidos. A continuación hacemos referencia a algunas de esas asignaciones para Europa:

402/405 MHz - Implantes Médicos de muy baja potencia; 868.6/868.7 MHz – Alarmas; 863/865 MHz - Micros inalámbricos; 2400/2483.5 MHz - Transmisión de datos de banda ancha; 2400/2483.5 MHz - Sensores de movimiento; 2446/2454 MHz - Sistemas RFID. Otros, en cambio, no están asignados a ningún uso como, por ejemplo, las bandas de 433.05 a 434.79 MHz, de 868 a 868.6 MHz, de 869.7 a 870 MHz, o de 2400 a 2483.5 MHz, entre otras.

Queremos destacar que hemos encontrado la banda 868MHz como comúnmente aceptada, tanto por los fabricantes y la legislación europea y española, como por los estándares del ETSI. En el siguiente apartado analizamos un poco más de cerca esta banda en concreto y escogeremos un canal apropiado por el que emitir por RF con nuestra alarma contra incendios.

#### **2.4 Particularidades de la banda 868Mhz**

Se trata de una de las bandas aceptadas como ISM en Europa, África, Asia y Oceanía. Comprende las frecuencias entre 868 y 870Mhz, y por lo tanto se halla ubicada dentro de la UHF. Dispone de 20 canales con una separación de 100kHz entre uno y otro. Veamos detalladamente este conjunto de canales:

Banda de canales	ERP	Ciclo de trabajo	Ancho de canal	Con aplicación destinada
868 a 868.6 MHz	+14 dBm	< 1%	Sin límite	No
868.6 a 868.7 MHz	+10 dBm	< 0.1%	25 kHz (debe utilizarse todo el canal para transmisión de datos)	Si
868.7 a 869.2 MHz	+14 dBm	< 0.1%	Sin límite	No
869.2 a 869.25 MHz	+10 dBm	< 0.1%	25 kHz	Si
869.25 a 869.3 MHz	+10 dBm	< 0.1%	25 kHz	Si
869.3 a 869.4 MHz	+10 dBm	Sin límite	Necesario protocolo de acceso adecuado.	No
869.4 a 869.65 MHz	+27 dBm	< 10%	< 25 kHz	No
869.65 a 869.7 MHz	+14 dBm	< 10%	25 kHz	Si
869.7 a 870 MHz	+7 dBm	Sin límite	Sin límite	Si

*Tabla 5: Requerimientos y condiciones para la emisión en 868MHz*

Vamos a exponer en qué frecuencia vamos a emitir con nuestra alarma y por qué motivos:

Tenemos claro que uno de los principales enemigos de nuestra emisión serán las interferencias. Al revisar por encima las características de los microcontroladores hemos averiguado que casi todos los que incorporan RF también disponen de la posibilidad de emitir mediante FSK, lo que proporcionaría a nuestro sistema cierta resistencia a errores. Por lo tanto, para ello necesitaríamos cierto ancho de banda disponible. Por otro lado, el utilizar bandas sin regularizar, en este caso nos parece arriesgado. Por ejemplo, Zigbee opera en la 868-868.6MHz, entre otras frecuencias. Es un ejemplo de lo que queremos evitar.

Esto nos lleva a tomar una decisión de compromiso. Utilizaremos la siguiente banda, teniendo bien presentes sus limitaciones, que en adelante utilizaremos de guía:

<b>868.6 - 868.7 MHz</b>	
10 mW (ERP)	No podremos operar a más de 10dBm
< 0.1 % (Ciclo de trabajo)*	Ciclo de trabajo aceptable: solo emitiremos un byte de información cada 10 segundos, según el enunciado del proyecto.
Limitaciones del ciclo de trabajo < 0,1%:	
- Máx. Trabajando en una hora:	3.6s*
- Max. Trabajando en una sola transmisión:	0,72s*
- Mín. Tiempo entre dos transmisiones:	0,72s*
25 kHz (Con opción canal completo)	Suficiente para lo que necesitamos, tanto si emitimos modulando en FSK como si no, finalmente.

*Tabla 6: Directrices RF del proyecto*

\* Límites de ciclo de trabajo acordados en la recomendación ERC-REC-70-03. (Ver Anexo 2).

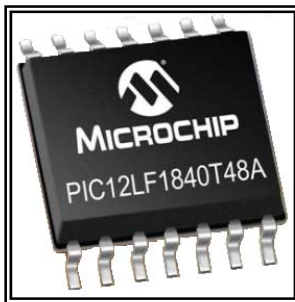
La normativa española sobre esta banda queda definida en el IR89 del BOE. El ERC la documentó, como ya hemos comentado, en su recomendación 70-03, pero también en su decisión ERC/DEC(01)09, reglando su uso a nivel europeo. Y, finalmente, el ETSI le proporciona, también sobre el marco europeo, su estándar ETSI EN 300 220-1.

### Capítulo 3: Microcontrolador + RF

En este apartado vamos a aportar las razones fundamentales para escoger nuestro microcontrolador y a continuación expondremos sus características más relevantes.

#### 3.1 Motivos para la elección del PIC12LF1840T48A

En esta fase del proyecto vamos a abordar la elección de un microcontrolador para nuestra alarma contra incendios. Hay un gran número de fabricantes de microcontroladores (Atmel, AMD, Intel, Phillips, Texas, Toshiba, etc.) pero vamos a seleccionar uno de los PIC de Microchip, ya que se trata de uno de los líderes en el mercado de los microchips y dispone de un gran abanico de modelos de microcontroladores.



Existe cierta variedad de PIC's de esta marca que puedan trabajar en la banda de 868MHz, desde algunos modelos un tanto básicos, como el *PIC12F5529T39A*, hasta otros de grandes posibilidades, como el *PIC16LF1824T39A* (próximamente disponible en el momento de confeccionar este trabajo), todos ellos chips de 8 bits. Nosotros hemos optado por una versión algo inferior a este último, pero muy apropiada para nuestro propósito, el *PIC12LF1840T48A*.

Figura 3: Imagen PIC12LF1840T48A

A continuación presentaremos los principales motivos por los que se considera idóneo este PIC para nuestro cometido:

- Está orientado a emitir en RF por la frecuencia central de 868,65MHz, entre otras. Este hecho nos ahorrará tiempo de configuración, simplificándola, y nos permitirá emitir en la banda que deseamos.
- Puede operar hasta temperaturas notablemente altas (en realidad entre -40°C y 125°C). Este punto lo hace idóneo para formar parte de una alarma contra incendios. Aunque, exceptuando el sensor en sí, la alarma debería ir suficientemente protegida, este punto lo consideramos importante.
- El chip cuenta con cuatro ADC. El uso de unos de ellos nos facilitará el diseño del bloque de entrada de temperatura. También cuenta con la posibilidad de pre-configurar tensiones de referencia FVR (1.024V o 2.048V) para trabajar con dicho ADC.



- Dispone de 5 pins de entrada y salida más otro, solo de entrada, suficientes para nuestro diseño, donde con una entrada y dos salidas era suficiente
- Se trata de un chip de muy bajo consumo, lo que siempre es importante tener en mente en cualquier diseño.
- El precio resultaría asequible en el caso de montar la alarma físicamente.
- La documentación relativa a nuestro chip es muy completa.

### **3.2 Características del PIC12LF1840T48A**

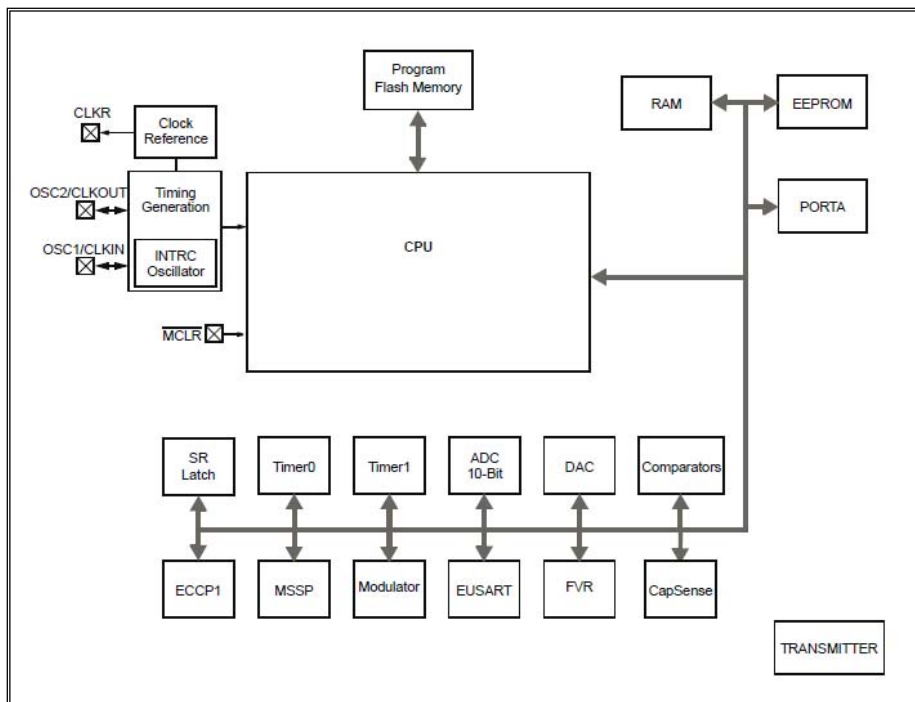
En esta sección haremos referencia a las características más notables y que puedan ser más útiles del PIC que vamos a utilizar. Sin embargo, es posible que no nos sea necesario utilizar todas ellas. Podemos consultar la hoja de características completa y la distribución de pins en el chip en el documento adjunto 'Características técnicas del PIC12LF1840T48A'.

Dispone de:

- Un juego de 49 instrucciones para el procesador.
- Reloj interno de 32MHz y un ciclo de instrucción de 125ns.
- 3 tipos de memoria:
  - o Memoria para programas – 4096 words
  - o Memoria para datos SRAM (registros, RAM de propósito general...) – 256Kb
  - o Memoria para datos EEPROM - 256Kb
- 6 Pins de entrada/salida (1 de ellos solo entrada).
- 4 ADC de 10 bits de conversión.
- Posibilidad de configurar tensiones fijas de referencia.
- 1 Módulo comparador.
- 2 *Timers* de 8 bits y 1 de 16 bits.
- 1 Transmisor RF capaz de emitir en la banda del 868MHz a 0 y 10dBm.
- Moduladores OOK y FSK.
- Oscilador interno a 32MHz de f máx.
- Temporizador Watchdog (Para reiniciarlo en caso de error de programa)
- Características de bajo consumo:
  - o Corriente en reposo:
    - 170 nA @ 1.8V, típicos, RF Sleep
  - o Corriente en funcionamiento:
    - 35 µA @ 1 MHz, 1.8V, RF off, típicos
    - 9 mA @ 1 MHz, 1.8V, RF a 0 dBm, típicos
    - 16.5 mA @ 1 MHz, 1.8V, RF a +10 dBm, típicos

- Corriente de bajo consumo del temporizador Watchdog:
  - 500 nA @ 3.0V, típicos
- Dispone de ICSP. Es decir, se puede reprogramar ya montado.

En la Figura 4 podemos observar la estructura interna del PIC12LF1840T48A:



*Figura 4:  
Diagrama de bloques del  
PIC12LF1840T4  
8A*

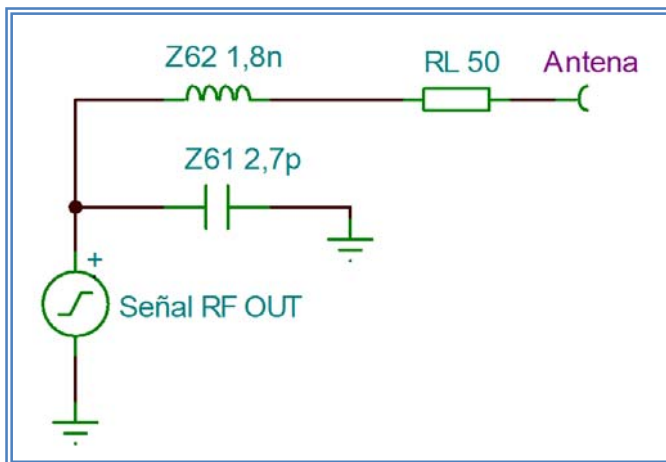
### **3.3 Radiofrecuencia**

Este apartado está dedicado a los medios que necesitaremos para emitir la información que transmitirá nuestro PIC a través de su pin RFOUT. Básicamente se trata de una antena monopolo de tipo PCB, de las muchas que tiene publicadas TI. Hemos optado por el diseño de *la Monopole Dual Band PCB Antenna*, pero la configuraremos con los valores recomendados para funcionar solamente en la banda de 868 MHz (en otra configuración trabaja en la banda de 2,4Ghz). Se compone de una pequeña placa con las pistas dispuestas para el aislamiento, adaptación y posterior emisión de la señal. Solo necesita de un par de pequeños componentes de superficie para optimizar su eficiencia, centrada en la banda de 868Mhz:

- Condensador Murata de 2,7pF (P/N: GRM1555C1H2R7CZ01D):
- Bobina Murata de 1,8nH (P/N: LQG15HS1N8S02D):



A continuación mostramos el diseño del circuito equivalente a la antena:



Aunque se trata de un diseño notablemente simple, este ha llegado a obtener una eficiencia del 97,67% sin fuentes de interferencia cercanas (situación óptima). Podemos revisar sus características en el documento adjunto 'Características de la antena monopolo'. En este mismo documento también encontraremos los patrones de radiación, que deberían ser tenidos en cuenta en el caso de realizar la instalación.

Figura 5: Diseño de circuito lógico de antena

En cambio, con interferencias, su eficiencia, naturalmente, no es tan buena. Veamos como calculamos la potencia radiada que nos va a facilitar el sistema:

Potencia RF Out: 10dBm

Eficiencia antena situación óptima: - 0,1 dBm

Eficiencia antena montada en placa de pruebas: - 1,95 dBm

Potencia radiada en situación óptima:  $10dBm - 0,1dBm = 9,9dBm$

Potencia radiada montada en placa de pruebas:  $10dBm - 1,95dBm = 8,05dBm$

En nuestro caso, tendremos como posible interferencia el resto de alarma, lo que reducirá a ciencia cierta la potencia radiada final. Es decir, que emitiremos a entre 9,057 y 6,38mW, y por lo tanto, a menos de los 10dBm a los que está limitado el ERP en esta banda según las directrices que nos hemos marcado.

Dado que se trata de una placa PCB, como es lógico, su layout se adjuntará al del resto de la alarma.

## ***Capítulo 4: Diseño de circuito de adaptación de temperatura***

En este capítulo vamos a aportar las razones fundamentales para escoger el diseño de nuestro bloque de entradas. Estudiaremos sus componentes, y acto seguido lo analizaremos en bloque y lo simularemos.

### ***4.1 Motivos para la elección del diseño***

El diseño del circuito de adaptación de temperatura consta de dos bloques:

- Circuito detector, básicamente caracterizado por el sensor de temperatura en sí.
- Circuito de adaptación entre el sensor y el microcontrolador.

Al disponer el microcontrolador de ADC programable, nos encontramos en una situación cómoda en lo referente al diseño; con proporcionar una señal analógica DC a la entrada del ADC en proporción a una tensión máxima convenida, desde el PIC ya será posible interpretar dicha tensión como un valor de temperatura medible.

Por lo tanto, debemos escoger un sensor que, además de cumplir las especificaciones que se nos menciona en el enunciado del trabajo, cumpla con la condición de facilitar una salida de tensión proporcional a la temperatura medida.

La razón de ser del circuito adaptación es simple. No es posible encontrar un sensor que cubra exactamente las condiciones como para ser conectado directamente, sin más, al PIC. De ese modo adaptaremos tensiones, corrientes e impedancias a unos valores que nos permitirán interpretar el valor de tensión facilitado desde el sensor desde el PIC, todo ello de una forma segura para el PIC.

### ***4.2 El sensor. Características***

En este apartado estudiaremos el sensor que hemos escogido para que forme parte de nuestra alarma. Le daremos la importancia que tiene, pues se trata de alguna manera del protagonista del circuito de detección. Para su elección hemos tenido en todo momento en mente las especificaciones de detección que debía cumplir nuestro dispositivo:

- Rango de temperaturas mínimo: entre 20 y 120°C.
- Precisión mínima de 1°C.

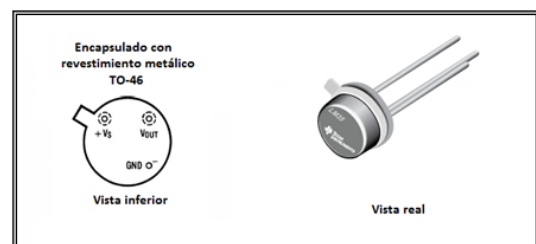
El sensor de temperatura LM-35A en su encapsulado TO-46 cumple la segunda especificación a la perfección, pero además la primera incluso la supera (puede medir entre -55 y 150°C configurado adecuadamente, si es necesario). Se trata de un sensor por contacto, por lo que debería ir instalado en la alarma en una zona lo más superficial posible.

Sus características más notables son:

- Tensión de escala de salida lineal analógica de +10 mV/°C.
- No necesita calibración externa. Se ajusta y se calibra mientras trabaja.
- Mínima corriente de alimentación de 60µA.
- Factor de auto-calentamiento bajo (menos de 0,1°C en aire estático).
- Tensión de alimentación entre 4 y 20V.
- Temperatura mínima para una medida fiable de 1,5°C.

En el siguiente gráfico mostramos las características físicas del sensor:

*Figura 6: Características físicas del LM-35A/TO-46.*



### **4.3 El circuito de medición**

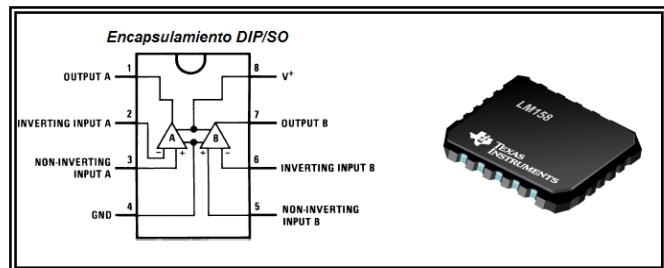
#### *4.3a Estudio de componentes*

Los componentes que nos van a ser necesarios para el desarrollo de este circuito son los siguientes. Solo expondremos los que componen nuestro montaje:

- Sensor de temperatura LM-35A: Se han explicado sus características en el punto anterior. Tal y como lo configuraremos, proveerá al circuito de adaptación de entre 20mV (aprox.) y 1,5V de tensión, que equivaldría a la detección de entre 2 y 150°C.
- Amplificador operacional LM-158: Los amplificadores operacionales (AO) son dispositivos con una impedancia de entrada alta y una impedancia de salida baja. Configurados adecuadamente, nos permiten multiplicar su tensión de entrada  $V_i$  por una ganancia  $\beta$  (que depende del AO y de su configuración) y obtener una tensión de salida  $V_o$ :

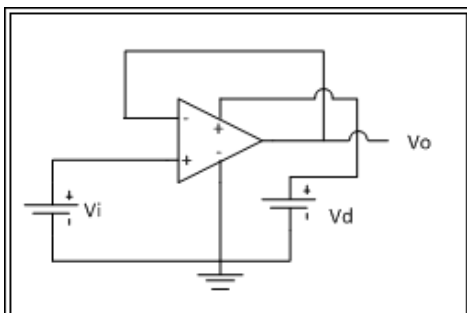
$$\beta = \frac{V_o}{V_i} \rightarrow V_o = V_i \cdot \beta$$

En combinación con una serie de resistencias y alimentado por 3,12V, este dispositivo nos va a permitir proveer al microcontrolador de una entrada de entre 46mV (aprox.) y 2V de tensión, que variarán proporcionalmente a la temperatura entre 2 y 120°C. Por lo tanto, aunque nuestro sistema de alarma será capaz de medir temperaturas bajas, su fiabilidad será máxima en la franja entre 20 y 120°C.



*Figura 7: Esquema del encapsulamiento de LM158 y vista real*

La elección de este AO entre otros muchos viene determinada por su capacidad de trabajo con tensiones de salida cercanas a 0. También es muy flexible en lo referente a su tensión de entrada, pudiendo alimentarse con entre 3 y 32V. Su consumo de corriente también es muy bajo (unos 700µA aproximadamente como máximo).



Dado que nos sobra un AO en el chip que utilizaremos, en el montaje de circuito final lo instalaremos tras el otro, configurado en modo de seguidor de tensión. De ese modo nos aseguramos aislar el circuito de la impedancia de entrada de PIC.

*Figura 8: Esquema básico de funcionamiento A.O. como seguidor de tensión*

- Resistencias: Las resistencias necesarias han sido escogidas en función de las necesidades del AO, pero también se ha tenido en cuenta que en la realidad hay unos cuantos valores reales entre los que podemos escoger, en lo referente a resistencias. Tenemos que las resistencias que cumplen las condiciones son, por ejemplo:

$$R_1 = 1,5k\Omega$$

$$R_2 = 1k\Omega$$

Ya que:

$$\beta = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{2V}{1,2V} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow$$

$$1,6\overline{6} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \boxed{\beta = 1,6\overline{6} = 2,2dB}$$

$$1,6\overline{6} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \boxed{0,6\overline{6}R_1 = R_2}$$

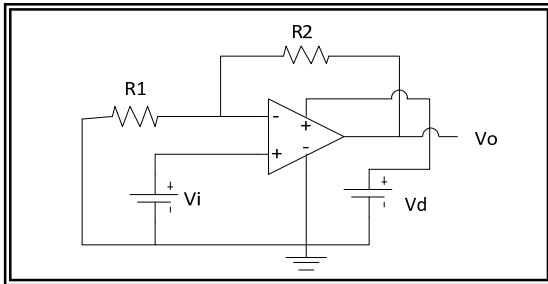


Figura 9: Esquema básico de funcionamiento A.O. como amplificador no inversor

$$xR_1 = R_2 \rightarrow x1,5k = 1k$$

$$x = \frac{1k}{1,5k} = \boxed{0,666}$$

Estas resistencias cumplen con notable exactitud nuestra estimación y permiten prácticamente la ganancia teórica:

Los códigos de las resistencias que deberemos utilizar en nuestro circuito son los siguientes. En general, trataríamos de seleccionar las que dispusiesen de unos valores lo más parecidos posibles a los calculados, con la mejor tolerancia:

- R1: 1,5kΩ / 1% tolerancia .....
- R2: 1kΩ / 1% tolerancia.....
- Condensadores: Utilizamos el siguiente condensador para filtrar picos indeseables en la entrada de alimentación del AO:
  - C\_f: 0,1μF.....



4.3b Esquema

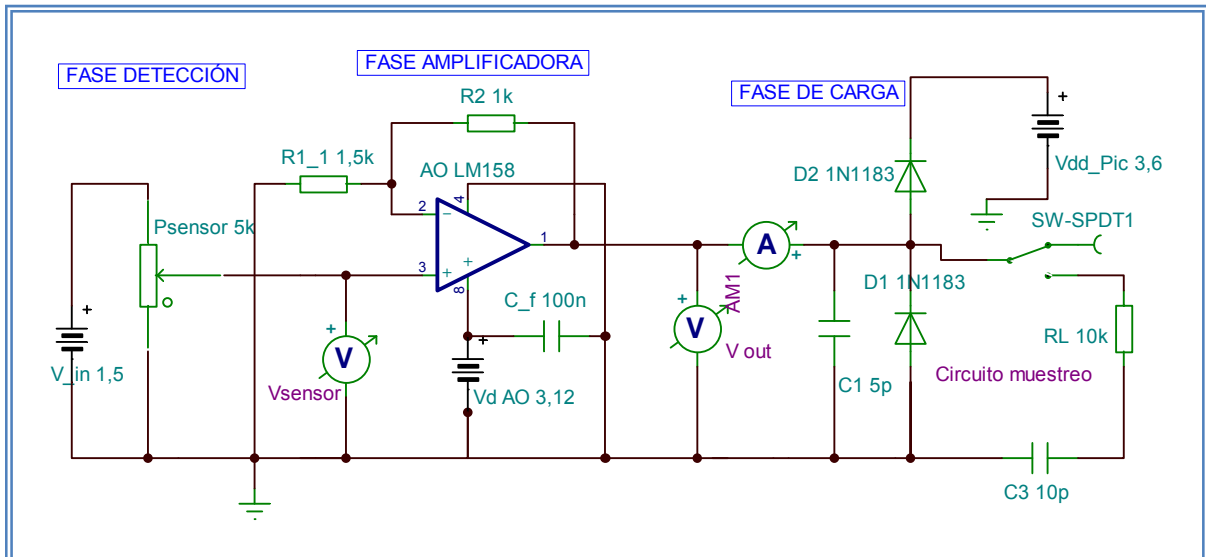


Figura 10: Esquema del circuito de detección y adaptación de entradas en simulador

En este apartado presentamos el esquema del circuito de detección de temperatura, tal y como lo vemos en el simulador, como se puede observar en la *Figura 10*.

#### *4.3c Funcionamiento*

El funcionamiento del circuito es simple y consta de tres fases bien diferenciadas:

- El fase de detección: Se trata de la simulación de los posibles cambios de temperaturas en el área de detección del sensor, cerca de su superficie, y consecuentemente, de su tensión de salida. Esta simulación la hemos obtenido con la utilización de una fuente de tensión y un potenciómetro. A la salida de este bloque obtendremos entre 0 y 1,5V. Esta simulación es muy fiel por encima de 5°C, lo que se ajusta a las especificaciones del montaje del sensor.
- La fase amplificadora: Esta fase consta de un amplificador operacional, alimentado por la fuente de tensión Vd (previamente filtrada por el condensador C\_f). Lo hemos configurado como amplificador no inversor, con una ganancia de 2,2dB. Este hecho significa que debería proporcionarnos, a la entrada analógica del microcontrolador que hemos seleccionado, entre unos 33,3mV (señal que se proveería para notificar 2°C) y 2V (notificación de 120°C).

¿Qué ocurre en la franja de temperaturas que oscila entre 120 y 150°C? Bien, como veremos en el próximo punto, lo que sucede es que la tensión de salida aumenta sensiblemente, pero dista mucho de ser lineal. Esto sucede gracias a la utilización de la tensión Vd justa. Sencillamente, no puede amplificar valores mayores a 1,2V con la misma ganancia.

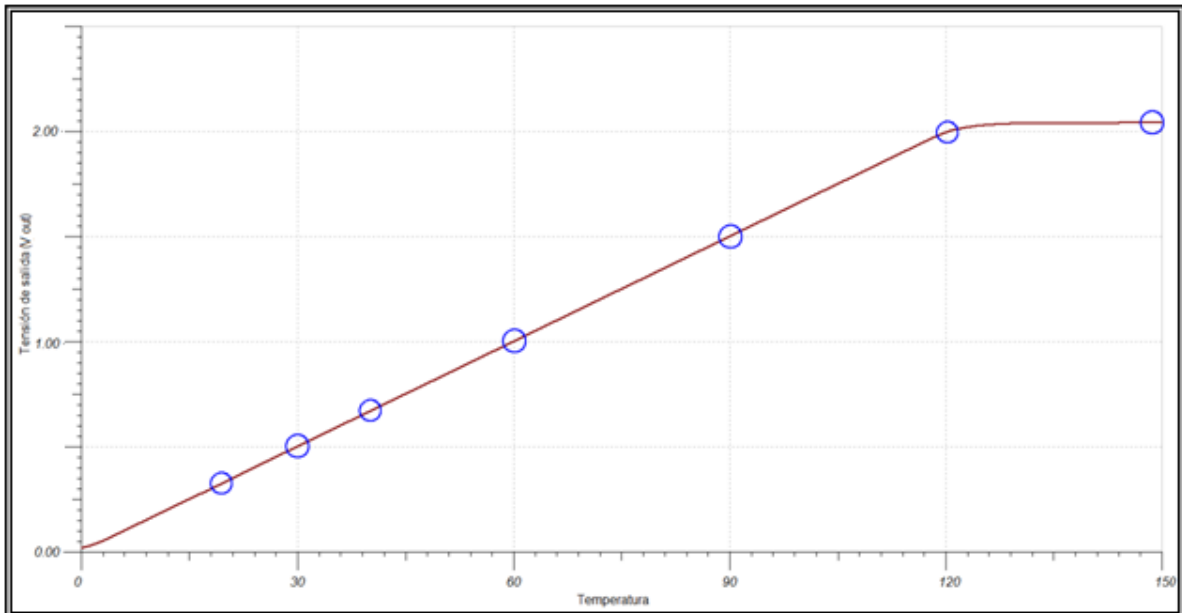
- La fase de carga: El sentido de incluir esta fase es la de realizar la medición de los valores de tensión de entrada al microcontrolador. Para ello, hemos consultado la documentación de nuestro PIC y hemos dado con el circuito de entrada de muestreo de su ADC. Para dar mayor exactitud a nuestra salida de tensión lo hemos querido reproducir junto al circuito de entrada, ya que toda la simulación se ha a realizar incluyéndolo. Debe quedar claro que no se trata de un circuito que hayamos diseñado, no se han expuesto sus componentes y el hecho de adjuntarlo solo persigue que los datos que obtendremos sean lo más fiables posible.

#### **4.4 Resultados de la simulación mediante Tina-TI**

Los resultados que obtenemos mediante la simulación de este circuito con la aplicación Tina-TI son los siguientes:



- Gráfico de los posibles valores de salida (en V out) en función de la temperatura en el sensor:



*Figura 11: Valores de salida*

Como vemos, hemos señalado los valores de temperatura más relevantes, de modo que a continuación presentamos la tabla de valores donde podremos comparar entre los valores teóricos, calculados, y los que finalmente nos muestra la simulación:

Temperatura en sensor	V out calculada	V out Simulada
2°C	33,3mV	46mV
20°C	333,33mV	336,5mV
30°C	500mV	503,2mV
40°C	666,66mV	670mV
60°C	1V	1,003V
90°C	1,5V	1,503V
120°C	2V	1,989V
150°C	2,048V*	2,05V*

*Tabla 7: Resultado de salidas de circuito de detección*

\* Como en teoría no deseamos introducir valores de tensión mayores a 2,048V en la entrada analógica del microcontrolador, hemos tratado de que esta tensión quedase limitada a estos 2,048V teóricos.

- Calculo de errores

Como se observa en el punto anterior, en la práctica es imposible que se coincidan exactamente los valores calculados y planificados. Sin embargo, en nuestro caso, los resultados son alentadores, ya que dentro de la franja de entre 20 y 120°C introducimos un error de unos 4mV de media. Como comparativa, una desviación de 16mV entre el valor teórico y el práctico nos ocasionaría un error de 1°C sobre la temperatura medida. Sumado al medio grado que ya nos viene determinado en el sistema por el error estimado en la utilización del sensor LM-35A, significaría no cumplir con las especificaciones planteadas.

Afortunadamente, tras este paso solo nos puede introducir algún error más las fases de muestreo y cuantificación del ADC, ya en el microcontrolador.

#### **4.5 Esquema del circuito final**

Con este apartado cerramos este capítulo, mostrando el esquema del circuito de detección, pero tal y como quedaría en la placa, es decir, sin simulaciones. Como podemos observar, incluye ya el sensor 'real' y el segundo AO, que utilizaremos, como hemos comentado ya, como seguidor de tensión:

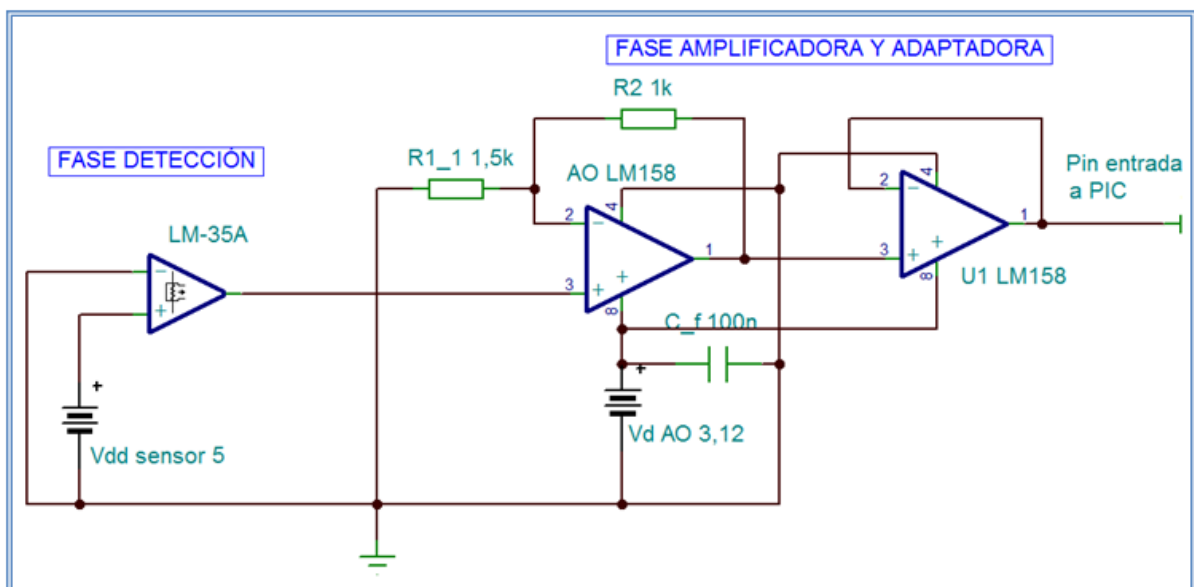


Figura 12: Esquema final del circuito de detección y adaptación de entradas

## ***Capítulo 5: Diseño del circuito de activación de alarmas***

Este apartado va a tratar de cómo conseguir que con los medios que se han planteado en el enunciado de la práctica, pueda el microcontrolador activar y desactivar las alarmas. No abordaremos el *cómo* controlará estas salidas, tema que abordaremos en el *Capítulo 6*, sino los medios que se utilizarán para permitirselo.

### ***5.1 Motivos para la elección del diseño***

El circuito que presentaremos en esta fase del proyecto tiene por finalidad la activación de dos tipos de señales para alertar ante un posible incendio. Se trata de una sirena o zumbador (señal acústica), y una bombilla (señal visible). Ambos dispositivos deben, por las especificaciones recibidas, funcionar a una tensión de 220V, la de la red eléctrica. Sin embargo, como sabemos, un PIC no es capaz de trabajar directamente sobre estos niveles de voltaje, siendo necesario algún tipo de etapa adaptadora que lo haga posible.

La solución que hemos encontrado pasa por la utilización de relés para la activación y desactivación de las alarmas. Las señales de control llegarán a ellos desde el PIC, conmutándolos cuando sea necesario y dando paso, de ese modo, a la alimentación de 220V AC que activará las alertas. Para ello, estas señales deberán ser adaptadas para poder actuar sobre los relés adecuadamente.

### ***5.2 Estudio de componentes***

A continuación presentaremos los diversos componentes con los que será necesario contar en el montaje de este circuito:

- Relé IM08GR

Los relés son dispositivos que permiten controlar la apertura y cierre de un interruptor mediante una señal de tensión. Existen múltiples tipos de relés, por lo que aquí expondremos el funcionamiento del tipo de relé que utilizaremos a nivel general.

El relé consta de una bobina (o más de una) y un interruptor o un conmutador (o más de uno, también). La aplicación de una tensión concreta sobre los bornes de la bobina genera un campo electromagnético que provoca un movimiento en el conmutador, dando paso a la corriente. Las características principales del relé que hemos escogido se caracterizan por ser un dispositivo de gran sensibilidad y de baja potencia, y son las siguientes:

## Diseño de un sensor de alarma contra incendios sin hilos

Marcos Torres Sahuquillo

· Voltaje de bobina nominal:	2,4VCC
· Corriente de la bobina:	59,5mA
· Potencia estimada en la bobina:	140mW
· Resistencia en la bobina ( $\pm 10\%$ ):	41 $\Omega$
· Resistencia del conmutador abierto:	10 <sup>9</sup> $\Omega$
· Tensión de encendido:	1,8VCC
· Tensión de apagado:	0,24VCC
· Corriente en el contacto:	2A
· Voltaje de conmutación máx.:	250 VCA, 220 VCC
· Potencia de conmutación:	60W
· Temperatura de trabajo:	Entre -40°C y 85°C

Este dispositivo conmutará a cerrado, aplicando una tensión de 220VAC, cuando se aplique un mínimo de 1,8V sobre los bornes de la bobina, no siendo recomendable sobrepasar los 2,4V. Conmutará de nuevo a abierto al aplicar 0,24V o menos. Aunque que los tiempos tanto de apertura como de cierre son pequeños, de en torno a 3ms, como es lógico, estos no son relevantes en nuestra práctica. A continuación se muestra la disposición del patillaje de este modelo, como vemos tenemos un relé con una bobina y dos conmutadores:

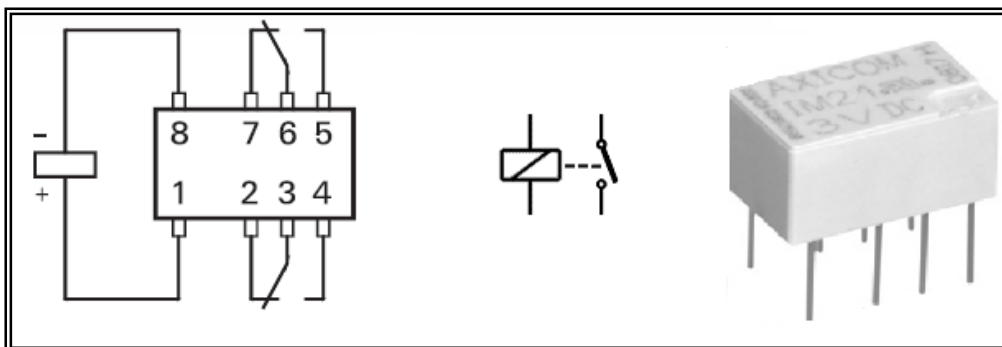


Figura 13: Distribución de pins en los relés de la serie IM y símbolo del relé

- Diodo 1N4007

Utilizaremos este componente semiconductor para neutralizar los picos de tensión negativa que se producen en la bobina de los relés, en su desconexión. De no incluirlos, estos picos podrían dañar uno o más componentes de nuestro circuito, incluso el mismo PIC. Veamos cuáles son sus especificaciones más notables:

· Tensión inversa repetitiva de pico ( $V_{RRM}$ ):	1000V
---	-------



interesa de este componente. Adjuntamos sus principales características en el documento adjunto 'Características técnicas del BC618'.

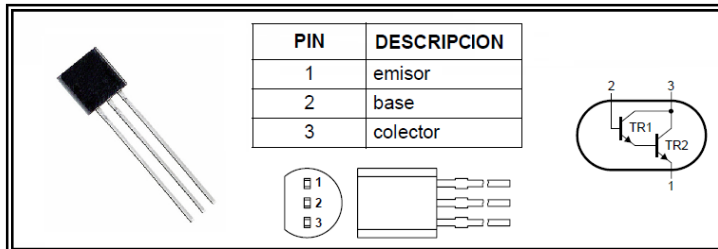


Figura 15: Distribución de contactos del transistor y equivalencia con símbolo

- Sirena y bombilla

Se pueden instalar cualquiera de los dos elementos siempre y cuando funcione mediante su conexión a 220Vef AC y no supere ni un consumo de 60W ni sobrepase los 2A de corriente. Esto es debido a las limitaciones de uso de los relés escogidos.

**5.3 Esquema**

A continuación vamos a presentar el circuito de activación de alarmas, tal y como lo hemos diseñado:

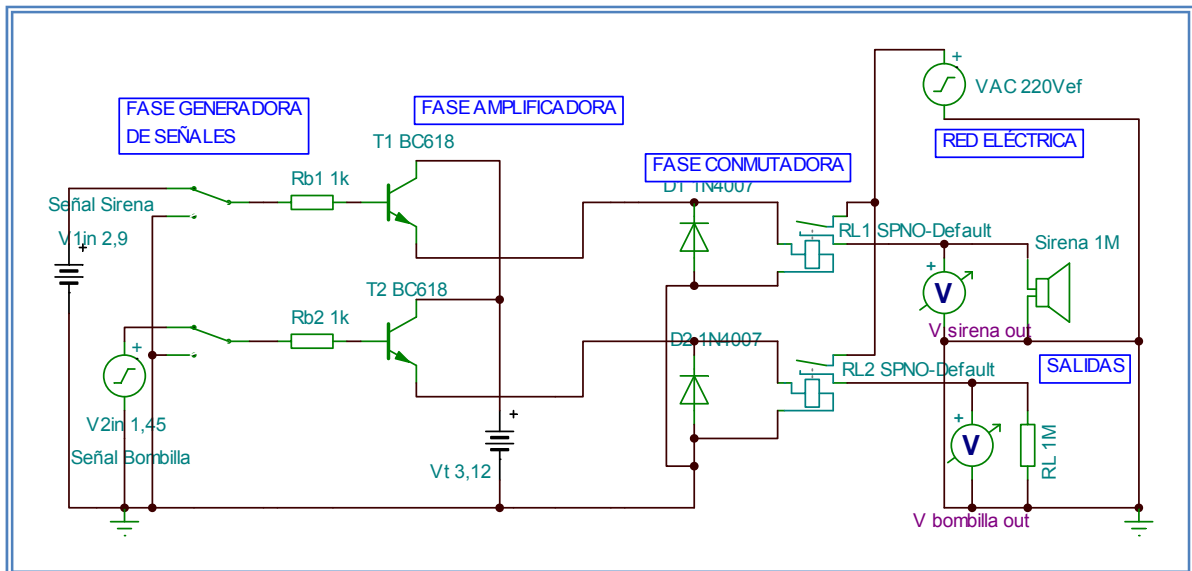


Figura 16: Esquema del circuito de activación de alarmas

### 5.4 Funcionamiento

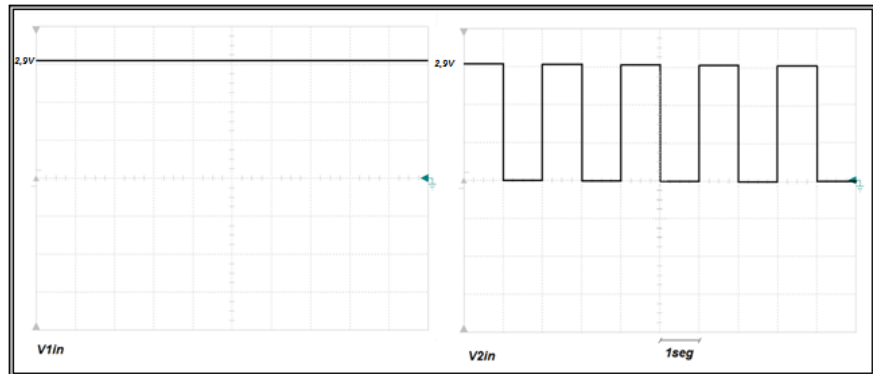
El funcionamiento de nuestro circuito es diferente en función de la situación en la que nos encontremos:

- Situación de descanso: El circuito permanecerá inactivo, a la espera. Las señales de control serán de 0V.
- Situación de alarma: Desde el PIC se envían dos señales de control para poner en marcha las alarmas y el circuito se activa. Consta de las siguientes fases:
  - Fase generadora de señales: Se basa en dos generadores de señal: una,  $V1in$ , de 2,9V de corriente continua, que simula el envío de la señal de alerta a la sirena; la otra,  $V2in$ , que se compone de una señal cuadrada de 0,5Hz, con una amplitud de 1,45V y un offset de 1,45V también. Veremos cómo deberían ser estas señales en la teoría, de forma aproximada, en la

- 
- Figura 17.

De este modo nos ajustamos a lo que se menciona en el enunciado: la sirena debe sonar de forma continuada, pero la bombilla debe funcionar 1 segundo si, y otro segundo no. Para ello debemos enviar unas señales de control que actúen justamente de ese modo.

Figura 17: Señales de entrada en circuito de activación



Dado que la tensión de alimentación de nuestro PIC será de 3,6V, sus salidas quedarán limitadas a ese valor  $V_{dd}-0,7V$ . Es decir, los 2,9V con los que hemos contado para el circuito.

La primera señal quedaría definida como  $V1in = 2,9$ , al ser esta de corriente continua, y la segunda que daría definida como la función

$$V2in(t) = \begin{cases} 2,9 & t > 0 \text{ y } t \leq T/2 \\ 0 & t > T/2 \text{ y } t \leq T \end{cases}$$

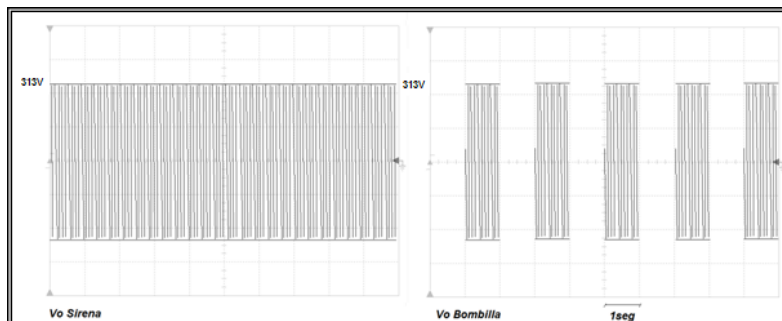
- Fase amplificadora: Esta fase dispone de dos transistores Darlington, los BC618, que se encargan de amplificar las corrientes que lleguen a su base. Su ganancia de corriente nominal es aproximadamente de 3000 y los estamos haciendo trabajar alimentándolos con en torno a 3V. El paso por esta fase de amplificación hace pagar un precio en tensión, por lo que cada una de las señales perderá en torno a 0,7V de esta.
- Fase conmutadora: La zona de conmutación recibe las señales de control tras el paso por la etapa amplificadora, unas señales muy similares a las de la

Figura 17, aunque con solo 2,2V de amplitud.

En el primer relé, RL1, la llegada de la señal de control significa el cierre de su conmutador. Con ello da paso a los 220V de alterna, y pone en marcha la sirena (que en el circuito hemos simulado con un altavoz). El segundo relé, al recibir su señal de control discontinua, también comienza a funcionar. Al pasar de 0 a 2,2V instantáneos, la bobina del relé conlleva el cierre del conmutador, dando paso a los 220V y enciende la bombilla (que en el circuito hemos simulado mediante una bobina). Al paso de 2,2V a 0V, la bobina, durante un instante tiene un pico de tensión negativo y se descarga. Esto es posible gracias al diodo que hemos dispuesto en paralelo a la bobina del relé, en inversa. Absorbe primero el pico de tensión, y después ayuda a la descarga de la bobina a través suyo. Llegados a este punto, el proceso se repetirá hasta que desaparezca la situación de alarma. Cuando esta desaparezca, el primer relé experimentará el mismo proceso de descarga que ya hemos explicado.

Cabe decir que ambas señales de control aparecerán a la vez. Es decir, aunque una de las señales sea continua y la otra sea discontinua, consideraremos que ambas señales de alarma notificarán la situación de alerta de forma simultánea.

- Salidas: Consta de la sirena y la bombilla. Si el funcionamiento es correcto, las salidas de tensión en estos elementos debería ser la siguiente en situación de alarma:



*Figura 18: Señales de salida en circuito de activación*

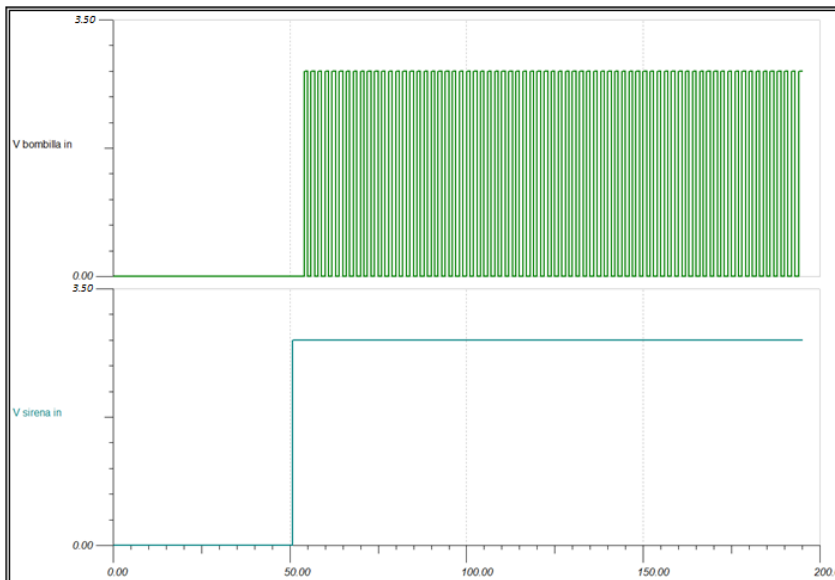


- Red eléctrica: Suministra 220V de tensión eficaces a la sirena y a la bombilla cuando el juego de relés se lo permite. Es decir,  $220 \cdot \sqrt{2} = 311,13V$  de pico.

### **5.5 Resultados de la simulación mediante Tina-TI**

Vamos a presentar los resultados que mediante la simulación del circuito en Tina-TI hemos obtenido. Analizaremos los resultados y eventos a través de una teórica situación de alarma:

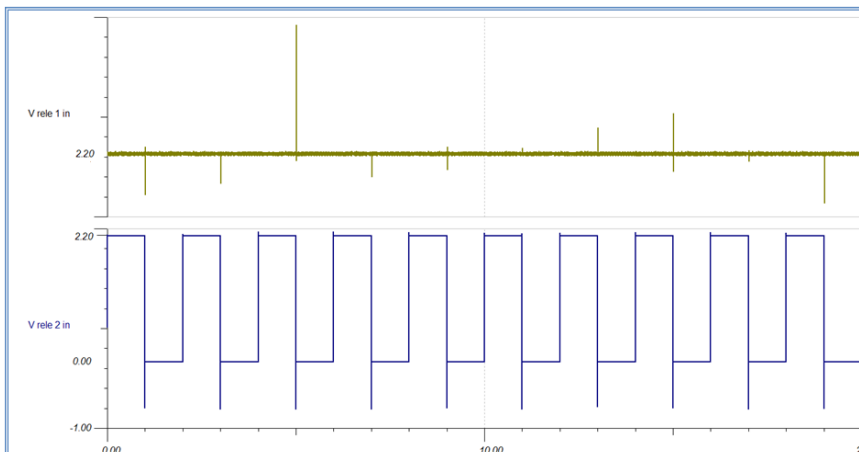
- Comienza la situación de alarma, aparecen activas las señales de control generadas por el PIC. Veamos como aparecen en el momento en que surge la alarma:



*Figura 19: Señales de control en circuito de activación (inicio de señal)*

Obtenemos las señales de 2,9V de amplitud, una continua y la otra discontinua, a una frecuencia de 0,5Hz.

- En la etapa de amplificación de corriente obtenemos la ganancia de intensidad que consigue actuar sobre los relés, cerrándolos a conveniencia. Pero para ello se sacrifica parte de tensión en el camino. Conseguimos obtener casi 2,2V de



tensión, suficiente para activar y mantener cerrados los conmutadores

de los relés. Vemos las señales que llegan a ellos en la

-

- Figura 20:

*Figura 20: Señales de control a las entradas de los relés*

Como se observa en la figura anterior, a la entrada del segundo relé se sufre el fenómeno de descarga de la bobina de este, que ocasiona picos negativos de tensión. Se puede observar como estos son limitados a las 0,7V del diodo que queda, en ese momento, polarizado en directa. De ese modo evitaremos las consecuencias de una sobretensión.

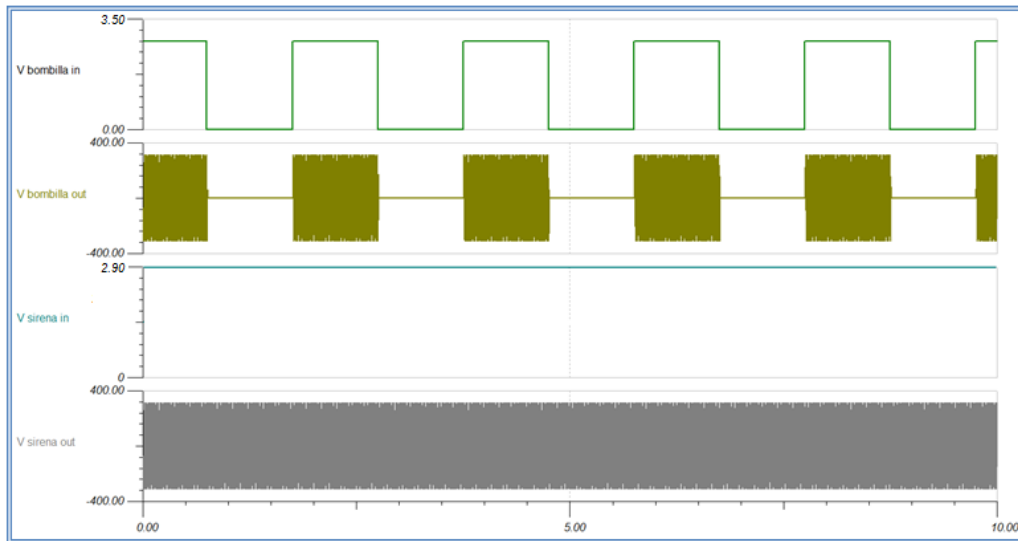
A continuación presentamos los valores de las corrientes a través del circuito, antes y después del paso por la etapa amplificadora y veremos el resultado de la ganancia del transistor Darlington, que es nominalmente de 3000:

Circuito	Antes de amplificación	Tras amplificación	$\beta$
Sirena	16,9 $\mu$ A	50,84mA	3008
Bombilla	5,31 $\mu$ A*	16,19mA*	3048

*Tabla 8: Ganancias de corriente*

\* Por efectos de cálculo de corriente discontinua, la aplicación de simulación no muestra los valores de tensión y corriente instantáneos, que serian idénticos a los valores correspondientes a la sirena. No obstante, es suficiente para realizar el cálculo de  $\beta$ .

Finalmente, tenemos las tensiones de salida. Como vemos a continuación, hacen un seguimiento de las entradas de control del circuito y obtenemos el objetivo final del circuito, que es tener el control sobre las señales de alarma:



*Figura 21: Señales de salida en función de las entradas*

Solo nos queda realizar un breve resumen final acerca de los resultados del circuito: hemos obtenido los resultados que perseguíamos utilizando fuentes de señal que simulan las señales de control generadas por un PIC. Hemos amplificado dichas señales para que sean capaces de controlar un relé, y de ese modo alimentar las señales acústicas y luminosas de alarma.

### **5.6 Esquema del circuito final**

En este último apartado del capítulo representaremos el diagrama del circuito tal y como insertaremos en placa. Mostramos también alguna de las conexiones de nuestro PIC, sobre todo en lo referente a protección de entradas y salidas mediante diodos BAT54:

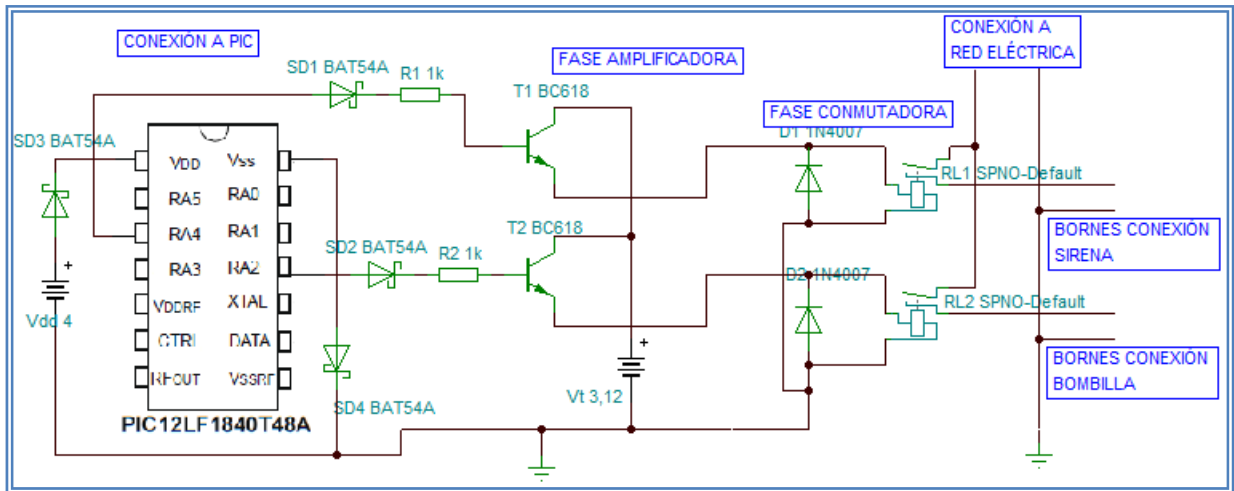


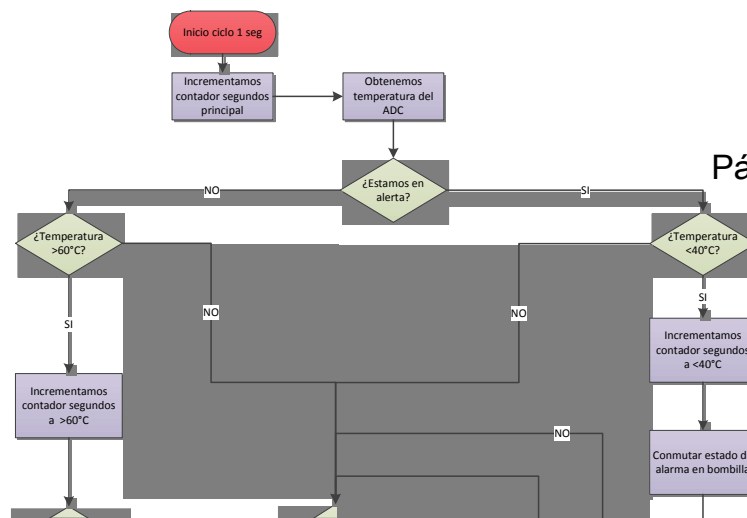
Figura 22: Esquema final del circuito de control de salidas

## Capítulo 6: Implementación del programa de control

En este apartado presentaremos el programa de control que hemos diseñado para controlar el PIC12LF1840T48A. Hemos utilizado MPLAB X IDE 1.70 con el compilador XC8, y lo hemos puesto a prueba en su simulador.

### 6.1 Algoritmo del programa de control

A continuación presentamos el algoritmo que nuestro micro deberá obedecer. En el punto 6.2 realizaremos una exposición de sus fases más relevantes:



*Figura 23: Algoritmo del  
programa de control*

## **6.2 Exposición de puntos clave**

A continuación expondremos los puntos más importantes en el funcionamiento de nuestro programa, estructurado según el diagrama de flujo visto en la *Figura 23*:

- *Bucle generador de tiempos de 1 segundo*

```
do{
    if (TMR0IF == 1) {
        TMR0IF = 0;
        TMR0 = 131;
        contador++;
        if (contador == 125){
            - CÓDIGO A EJECUTAR CADA SEG. -
        }
    }
}
```

```
} while (1);
```

Se trata de la creación de un bucle infinito do-while(1) para imposibilitar la salida del programa. El timer0 ya está funcionando, para calcular cuantos pasos debe dar el TMR0 y cuantos el contador aplicamos la fórmula siguiente:

$$f_{out} = \frac{f_{clk}}{4 \text{ ciclos } \times \text{ instrucción} \cdot \text{Prescaler} \cdot (256 - \text{TMR0}) \cdot \text{Contador}}$$

Con el fin de obtener una frecuencia de 1Hz, habremos ajustado el *prescaler* a 8 (PS2=0;PS1=1;PS0=0;PSA=0). Además el conteo de TMR comenzará en 131, por lo que solo realizará 125 conteos, los mismos que la variable contador. Dado que la frecuencia del reloj la hemos iniciado a 500kHz:

$$\frac{500000}{4 \cdot 8 \cdot (256 - 131) \cdot 125} = 1\text{Hz}$$

### - *Conversión ADC*

El módulo ADC se ha habilitado y configurado para aceptar datos de forma analógica, a través del pin RA1. Y utilizamos como referencia el valor aportado por el módulo FVR, de 2,048V estables (ADCON0 = 0x0D; ADCON1 = 0xF3; ANSA1 = 1;TRISA1 = 1). Veamos:

```
// Habilitamos el pin GOnDONE, con lo que iniciamos la conversión
GOnDONE = 1;
//Esperamos a que acabe la conversión ADC. GOnDONE pasará a 0
//y proseguiremos con el resto de instrucciones.
do{
    NOP();
}while(GO_nDONE == 1);
// Una vez finalizado el proceso, obtenemos el dato de la
//lectura en ADC_data mediante un Register Injection File, de
//Stimulus.
ADC_data = 0xFFFF;
ADC_data = (ADC_data & ADRESH) << 8;
ADC_data = (ADC_data | ADRESL);
```

Este módulo funciona apoyado por la aplicación *Stimulus* (que forma parte de MPLAB), que dispone de un *register injection* que se encarga de alimentar los registros ADRESL y ADRESH con un listado de datos compatibles con la entrada del módulo ADC de nuestro chip, que le suministramos en forma de listado. Su configuración, en sí, es notablemente sencilla.

### - *Cuerpo de control del sistema*

Este es el código de control general del sistema. Determinará si nos hayamos o no en alerta. Si estamos en **alerta** efectuaremos la conmutación de la salida de la bombilla. Controlará también si nos encontramos por debajo de 40°C y cuantos segundos seguidos hace que lo estamos. Si es preciso, desactivará las alarmas.

Si nos encontramos en estado de **no alerta**, controlará los segundos que nos encontramos por encima de 60°C (si así es), y en caso de ser procedente, se encargará de activar las alarmas.

```
//Control sobre si nos encontramos en alerta
if (alerta == TRUE){

    // Conteo 1 segundo más por debajo de los 40
    if (ADC_data < VALOR40){
        cont_menos40++;
        // Fase de desactivación de alertas
        if (cont_menos40 == 10 ){
            desactivar_alarmas();
            cont_menos40 = 0;
            alerta = FALSE;
        }
    } else {cont_menos40 = 0;}

    //Conmutador salida bombilla
    if (RA2 == 0){
        RA2 = 1;
    } else {
        RA2 = 0;
    }

    //Si no estamos en alerta entonces...
} else {

    // Conteo 1 segundo más por encima de los 60
    if (ADC_data > VALOR60){
        cont_mas60++;
        //Fase de activación de alertas
        if (cont_mas60 == 10){
            activar_alarmas();
            cont_mas60 = 0;
            alerta = TRUE;
        }
    } else {cont_mas60 = 0;}

}
```

- *Conversión de datos de escala 0-1000 a 0-120*

Para hacer posible el envío de un solo byte de datos deberemos realizar una conversión, pues fácilmente la representación de datos entre 0 y 1000 nos ocuparía dos bytes (recordemos que el ADC tiene una definición de 10 bits  $\rightarrow 2^{10} = 1024$ , pero hemos limitado por software los resultados a 1000). Con esa finalidad hemos utilizado el siguiente procedimiento, que realiza esta tarea con redondeo incluido. Para ello trabajamos con factores comunes y la operación división con resto, básicamente:

```
uint8_t word_a_byte(uint16_t word){
    uint8_t byte_dec = 3;
    uint8_t resto;
    //Control sobre si nos ha llegado un 0
    if (word != 0){
        resto = word % 25;
        word = word / 25;

        if (resto != 0){
            byte_dec = (byte_dec * word)+((resto+3)/8);
        } else {
            byte_dec = (byte_dec * word);
        }
    }
    return(byte_dec);
}
```

Nos basamos en que  $1000 = 25 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5$  y  $120 = 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5$ , es decir, que tienen factor común de 40. Después le sumamos el resto si lo hay, redondeando, finalmente. Sería equivalente, básicamente, a dividir el dato entrante entre 8,333.

- *Configuración de módulo RF a SLEEP o a TX ON*

Utilizaremos dos llamadas para la configuración del módulo RF. La primera la utilizaremos para habilitar la emisión, a un mínimo de 2ms antes del envío de datos, y la segunda se ejecutará a un mínimo de 20µs del envío de datos, tras estos:

<code>config_RF_up();</code>	<code>config_RF_down();</code>
<pre>void config_RF_up(){ envioTx ( T48_FORCED_TX   T48_FREQ_86865   T48_MOD_FSK   T48_DEV_25K   T48_TX_10dB   T48_TX_2mS   T48_TUNE_0PLL);}</pre>	<pre>void config_RF_down(){ envioTx ( T48_AUTO_WAKE_UP   T48_FREQ_86865   T48_MOD_FSK   T48_DEV_25K   T48_TX_10dB   T48_TX_2mS   T48_TUNE_0PLL);}</pre>



Ambas configuraciones acabarán utilizando la rutina envioTx (), que llama a su vez a la rutina envioByteTxCfg(), que enviará uno de los bytes de configuración al pin DATA (haciendo uso del pin RA5 vía *stimulus*), siendo todo sincronizado por la señal del pin CTRL (RA0, vía *stimulus*, también):

```
void envioByteTxCfg(unsigned char valor)
{
    char i;
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        //Enviamos a DATA 0 o 1
        if ((valor & 0x80) == 0x80){
            RA5 = 1;}
        else{
            RA5 = 0;}
        //Pasamos CTRL a 1 y a 0 para dar un tiempo de envío.
        RA0 = 1;
        NOP();
        NOP();
        RA0 = 0;
        valor = valor << 1;
    }
}
```

De este modo, proporcionaremos una ventana de tiempo a nuestra emisión de datos codificados en FSK, con el formato que veremos en el siguiente punto.

### - Envío de byte de datos encapsulado

Este procedimiento se encarga del envío por RF del byte de temperatura. Se emitirá una vez cada 10 segundos, dentro de la ventana de tiempo planteada en el punto anterior.

El formato de envío será: 1010xxxxxxxx1010. Se este modo, sería más fácil configurar un teórico receptor para que ignorase cualquier señal que no coincidiese con este formato:

```
void envioByteTx(unsigned char valor)
{
    char i;
    //Enviamos a DATA un dato 1010b
    for (i=3; i<7; i++){
        RA5 = i % 2;
        NOP();
    }
}
```

```

        NOP();
    }
    //Enviamos a DATA el byte de temperatura
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        if ((valor & 0x80) == 0x80){
            RA5 = 1;}
        else{
            RA5 = 0;}
        //Pasamos CTRL a 1 y a 0 para dar un tiempo de envío.
        NOP();
        NOP();
        valor = valor << 1;
    }
    //Enviamos a DATA un dato 1010b
    if (RA5 == 1){
        RA5 = 0;}

    for (i=3; i<7; i++){
        RA5 = i % 2;
        NOP();
        NOP();
    }
}

```

### 6.3 Resultados de la ejecución del programa

Los resultados que deben obtenerse son los que ya se sugieren en el enunciado, y son los siguientes:

- Recepción y adaptación de los datos del ADC para ser utilizados por el programa de control, con una actualización de los datos por segundo

Para controlar estos datos en ejecución, he generado una vista personalizada de variables. Comienza a ejecutarse el programa:

El tiempo va corriendo y ADC\_data, la variable que recoge la última medición de temperatura es 209 y temp\_byte, la ultima temperatura enviada por RF, es de 25°C.

Name	Type	Address	Hexadecimal	Decimal	Binary
contador	unsigned char	0x33	0x20	32	00100000
segundos	unsigned char	0x36	0x07	7	00000111
ADC_data	unsigned int	0x37	0x01F6	502	00000001 11110110
alerta	unsigned char	0x32	0x00	0	00000000
cont_mas60	unsigned char	0x34	0x01	1	00000001
cont_menos40	unsigned char	0x35	0x00	0	00000000
temp_byte	unsigned char	0x31	0x2F	47	00101111

Como vemos, el tiempo sigue pasando, y la última medición de temperatura es de 502 (más de 60°C), con lo que ya tenemos contabilizado 1 segundo a más de 60°C. La última temperatura enviada por RF es de 47°C.

Name	Type	Address	Hexadecimal	Decimal	Binary
contador	unsigned char	0x33	0x54	84	01010100
segundos	unsigned char	0x36	0x05	5	00000101
ADC_data	unsigned int	0x37	0x024E	590	00000101001110
alerta	unsigned char	0x32	0x00	0	00000000
cont_mas60	unsigned char	0x34	0x09	9	00001001
cont_menos40	unsigned char	0x35	0x00	0	00000000
temp_byte	unsigned char	0x31	0x40	64	01000000

Tras unos segundos más, la temperatura ha seguido subiendo, y ya alcanzamos 590 (71°C), solo falta un segundo para que salten las alarmas. La última temperatura enviada ha sido de 64°C.

Name	Type	Address	Hexadecimal	Decimal	Binary
contador	unsigned char	0x33	0x00	0	00000000
segundos	unsigned char	0x36	0x00	0	00000000
ADC_data	unsigned int	0x37	0x0290	656	0000001010010000
alerta	unsigned char	0x32	0x01	1	00000001
cont_mas60	unsigned char	0x34	0x00	0	00000000
cont_menos40	unsigned char	0x35	0x00	0	00000000
temp_byte	unsigned char	0x31	0x4F	79	01001111

Ya se han disparado las alarmas. El bit de alerta pasa a estar a 1 y las salidas se activan para dar la alerta el último byte enviado ha sido de 79°C. Veamos como se ha registrado el evento en la siguiente gráfica:

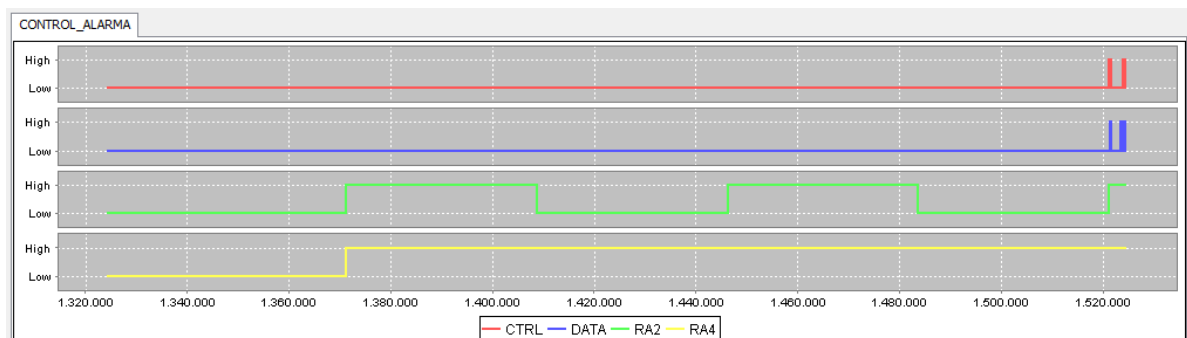
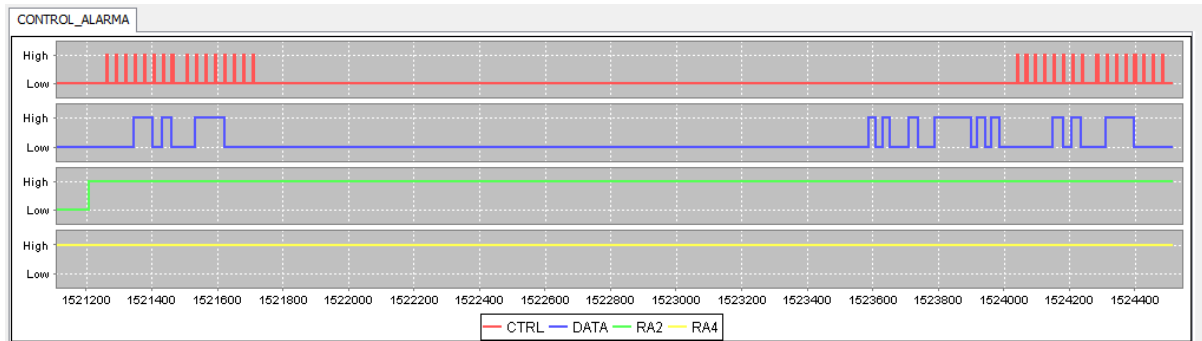


Figura 25: Detalle de alarmas en funcionamiento y envío de byte RF

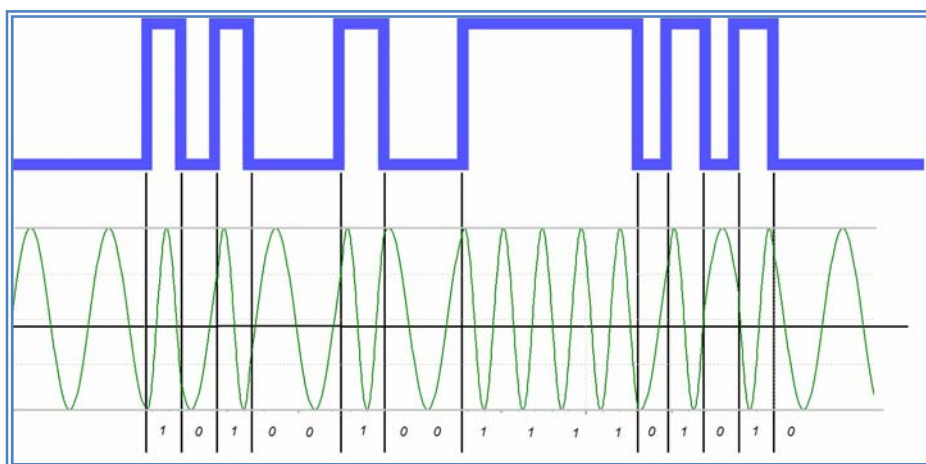
Como vemos por RA2 y RA4, las alarmas se han disparado (la sirena de forma continua y la bombilla a intervalos de un segundo) y también se visualiza el envío de

un paquete habilitando el modulo RF. A continuación vemos el detalle del proceso de envío del byte correspondiente a los 79°C, ampliando temporalmente el gráfico:



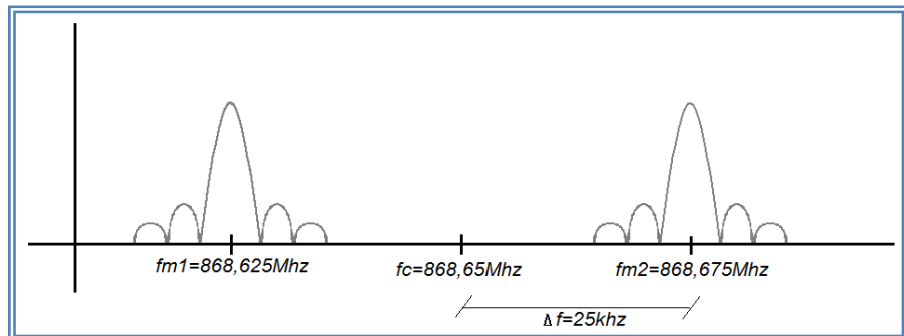
*Figura 26: Detalle del proceso completo de envío de un byte de datos.*

Como se observa, el paquete de configuración de activación del modulo RF es 1A70h (000110100111000b) y el de apagado es el 0A70h (000010100111000b). Entre uno y otro se genera, como habíamos comentado en el anterior apartado, una ventana de tiempo que permite transmitir datos en base a la configuración especificada en el paquete de activación. En nuestro caso estamos enviando A4FAh (1010010011111010b). El receptor deberá filtrar el encapsulado y obtener el byte 4Fh = 79. El motivo del encapsulado es evitar que el receptor pueda tomar por ceros alguna pequeña porción de tiempo antes o después del envío de nuestro dato, lo que provocaría errores en los datos que llegasen, lógicamente. Veamos como resultaría la emisión RF modulada en FSK:



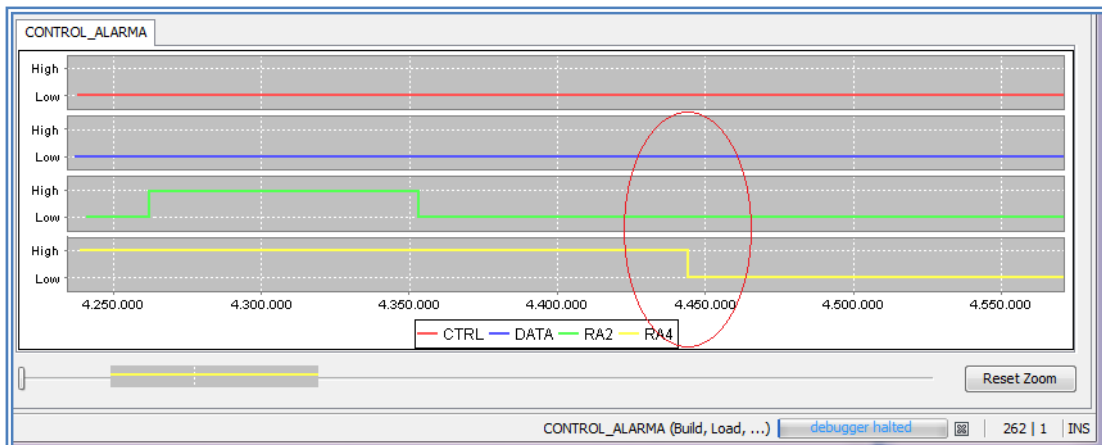
*Figura 27:  
Representación  
de modulación  
FSK del word  
A4FAh*

En caso de realizar un análisis espectral de una de nuestras emisiones el resultado sería muy similar al de la siguiente figura:



*Figura 28: Análisis espectral de nuestro sist. de modulación FSK*

Por último, en la siguiente imagen mostramos como el estado de alarma finaliza tras el conteo de 10 segundos seguidos con una temperatura menor a 40°C:



*Figura 29: Detalle de momento de desactivación de alarmas*

## **Capítulo 7: Diseño de la F.A.**

El presente capítulo va destinado al diseño y simulación de una fuente de alimentación (en adelante FA) con que alimentar el montaje de la alarma que hemos implementado

### **7.1 Motivos para la elección del diseño**

Nos hemos decantado por el presente diseño porque cumple con las condiciones de estabilidad para con las alimentaciones (sobre todo en el caso del PIC) que nos habíamos marcado. El diseño de las etapas transformadora y rectificadora es similar al de el común de FA's, después hemos diseñado una etapa reguladora por cada salida que necesitamos: por ejemplo, dado que nuestro sensor se puede alimentar entre 4 y 20V, hemos realizado un sencillo diseño mediante un regulador de tensión 7805 (Vdd del sensor en nuestro diseño = 5V). Para obtener 3,12V y 3,6 hemos optado por la creación de dos etapas reguladoras independientes. Cada una utiliza

un regulador LM-317, de modo que nos será posible regular sus salidas variables al valor que necesitamos (facilitan entre 1,2 y 37V).

## **7.2 Estudio de componentes**

En este apartado realizaremos el estudio de los componentes más relevantes en el montaje de la FA. Entraremos en más detalles sobre su funcionamiento en puntos posteriores:

- Transformador: Se tratará de un transformador encapsulado, hemos escogido uno de 220V a 12V, con 6VA de potencia. Nos debería proporcionar 0,5A, lo que será más que suficiente para el consumo que deberemos afrontar, que hemos calculado en torno a 400mA en los momentos de mayor consumo.
- Fusible: Aunque en el diseño de la simulación no aparecerá, en el circuito final lo añadiremos, efectivamente. Con un fusible de 1,5A deberá bastar.
- Diodos 1N5405: Se tratan de diodos rectificadores, que pueden llegar a trabajar con 400Vp como máximo en picos repetitivos, lo que se ajusta a nuestras necesidades, donde no excederemos los 312Vp. Muy habitualmente utilizados en puentes de Graetz, nos serán de utilidad para generar una tensión, básicamente positiva, a partir de una señal de 12V alterna.
- Diodos 1N4001: Son diodos que incluimos en el montaje para proteger los rectificadores, básicamente. Le proporcionamos un camino de descarga a los condensadores a través suyo en caso de apagado repentino.

Son muy similares en sus características al diodo 1N4007, ya expuesto en el *Estudio de componentes*

. La única diferencia destacable consta en que soporta 50Vp como máximo en inversa, mientras que el 1N4007 soporta 1000. Dados los niveles de tensión con que trabajaremos en estas últimas etapas de la FA, son bastante adecuados para el uso que les daremos.

- Condensador 2200 $\mu$ F: Se trata de un condensador imprescindible en nuestro montaje. Tras pasar por la etapa rectificadora, necesitaremos un filtrado de esa señal, con el fin de comenzar a percibirse la tensión como continua, y de ese modo poder alimentar los tres reguladores que utilizaremos y que procedemos a mostrar.
- Regulador de tensión 7805: Este regulador lineal, con la configuración adecuada, nos proporciona 5V de corriente continua a su salida. Como mínimo deberemos proporcionarle 7V y 6mA a su entrada, pero no



sobrepasar los 35V. No proporciona una importante corriente a la salida, pero para alimentar a nuestro sensor, que solo tiene un consumo de corriente de 65µA, será más que suficiente.

- Regulador de tensión variable LM-317: Para el diseño de las salidas de la FA que alimentarán el PIC, los amplificadores y los transistores Darlington vamos a utilizar un regulador de tensión variable, el LM-317. Requerimos obtener 3,12 y 3,6V, y es necesario que sean obtenidos de la manera más precisa posible (razonablemente), de modo que el uso de un regulador variable nos facilitará esta tarea. Puede soportar hasta 1,5A, mucho más de lo que necesitaremos. Estos valores se obtienen combinando las resistencias adecuadas a la salida y al pin de ajuste (adj), como veremos a continuación. Las resistencias quedan definidas por la siguiente ecuación:

$$V_o = V_{Ref} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{Adj} \cdot R2$$

Siendo:  $V_o$  la tensión que deseamos obtener;  $V_{Ref} = 1,25V$ , la tensión existente entre el pin de salida y el de ajuste del regulador;  $I_{Adj}$  la corriente saliente del pin de ajuste del regulador;  $R1$  la resistencia fija (en nuestro caso una resistencia de  $240\Omega$ );  $R2$  será la resistencia variable, que ajustaremos para obtener  $V_o$ . En el siguiente diagrama veremos gráficamente un esquema 'tipo' de configuración del LM-317:

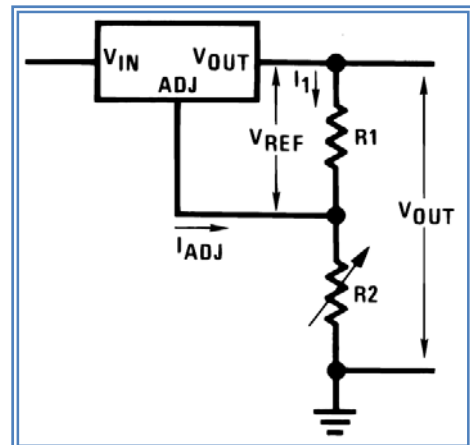


Figura 30: Diagrama configuración LM-317

Realizando los cálculos oportunos, obtenemos que la  $R2$  de la etapa reguladora de tensión para el PIC será de  $422\Omega$ , y la de la etapa reguladora de tensión para transistores y AO's, será de  $355\Omega$ .

### 7.3 Esquema

A continuación presentamos el esquema de FA a la medida de nuestras necesidades de suministro para la alarma:

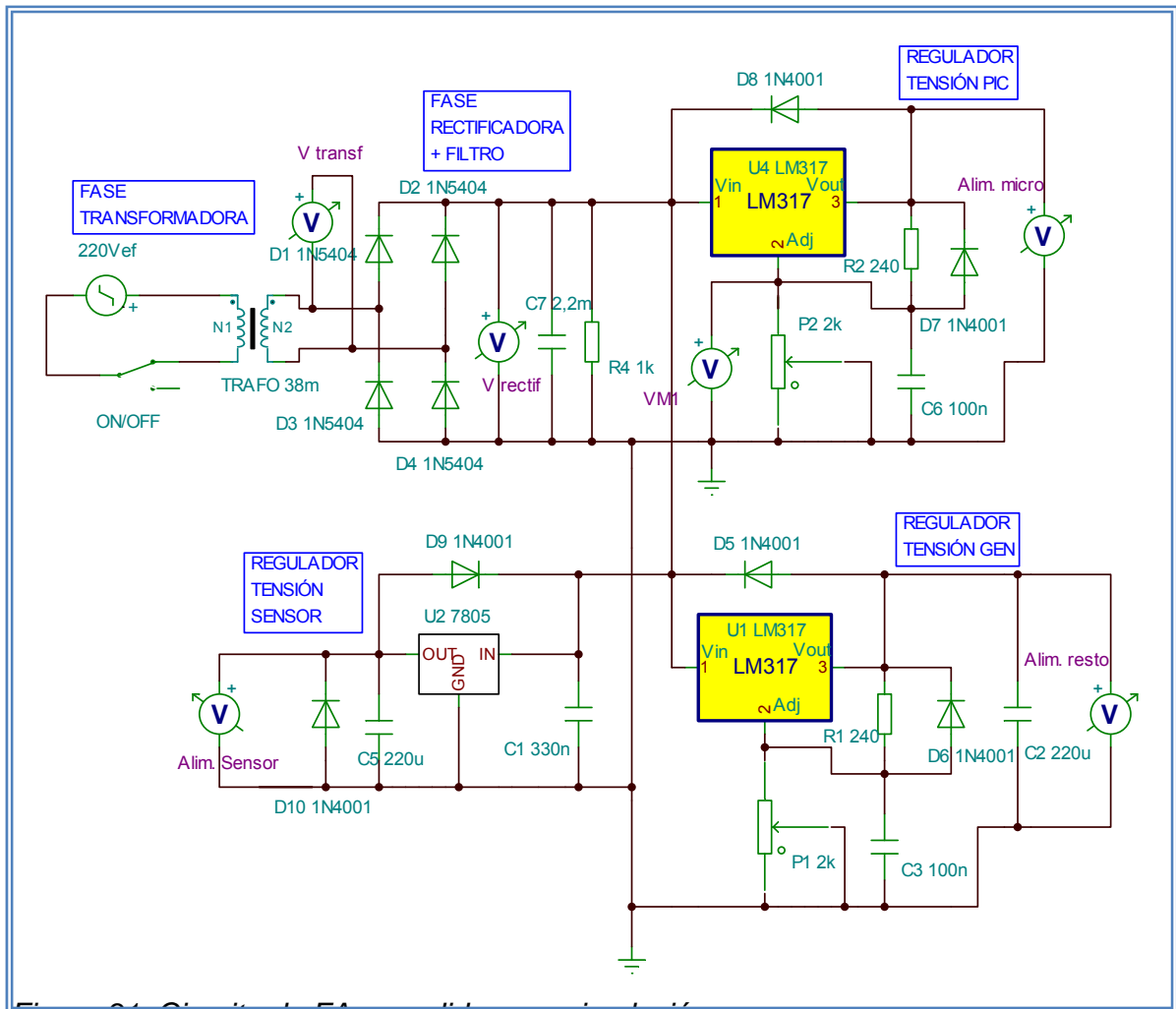


Figura 31. Circuito de FA a medida para simulación

### 7.4 Funcionamiento

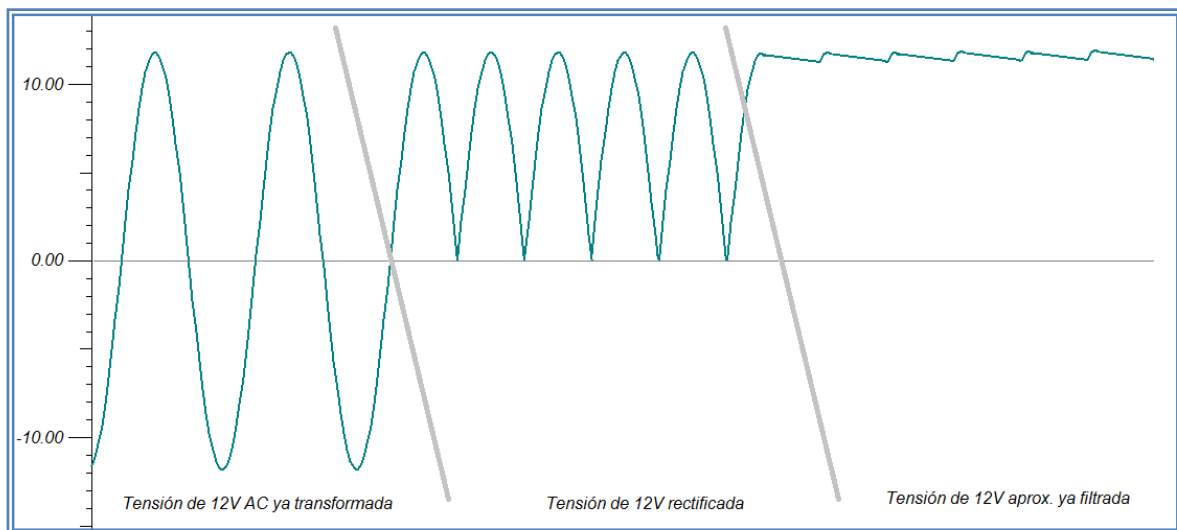
El funcionamiento de la FA es relativamente simple: consiste en el tratamiento, paso a paso, de una tensión AC de 220V (tensión de red eléctrica nominal), a una tensión DC de los valores que precisamos: 3,12, 3,6 y 5V. Para ello haremos uso de los componentes expuestos en el anterior apartado para el diseño de las diferentes etapas:

- *Etapas transformadora:* En nuestro caso se caracteriza por disminuir el nivel de tensión a unos valores en que nos sea posible trabajar con ellos (220-12 AC/AC).



- *Etapa Rectificadora:* En esta fase se modifica la tensión negativa de la señal de tensión, convirtiéndola en positiva.
- *Etapa de Filtrado:* A través de un condensador (por lo general electrolítico) tratamos de mantener el nivel de tensión lo más estable posible.

Pero veamos gráficamente los puntos detallados hasta ahora:



**Figura 32:** Evolución de señal en FA

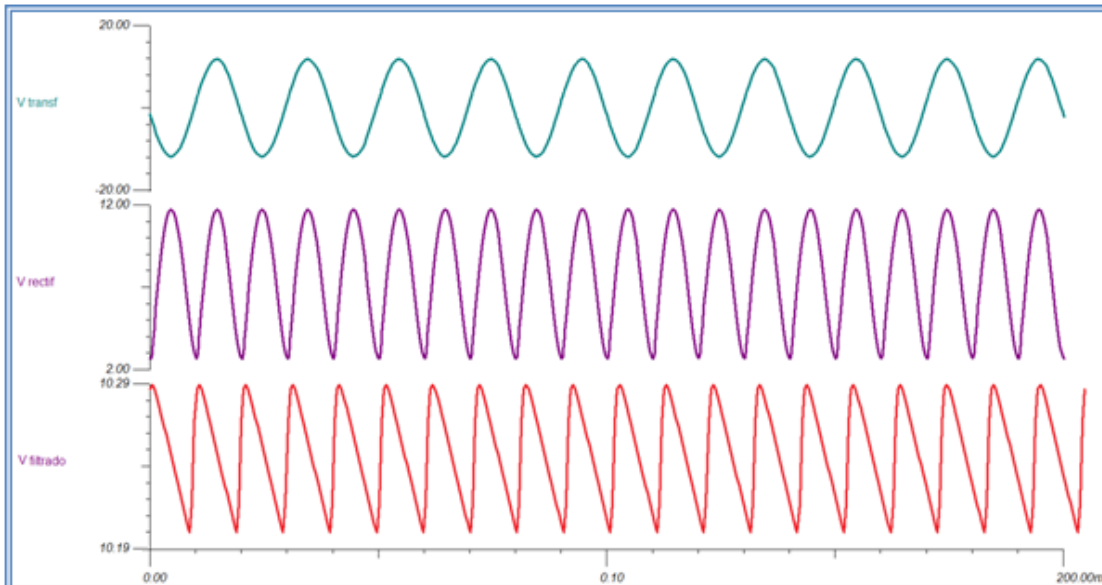
- *Etapas reguladoras de tensión:* Estas etapas recogen la tensión de salida del filtrado y básicamente alimentamos los reguladores de tensión oportunos. Producirán una tensión continua más estable que la obtenida hasta ahora.

Para el caso de la alimentación del sensor se utiliza un 7805, muy fácil de configurar, con el que obtendremos los 5V que necesitamos; para alimentar el PIC y el resto de dispositivos utilizaremos dos LM-317, ya que se trata de un tipo de regulador de tensión variable, que hará posible la configuración de unas salidas de 3,12 y 3,6V. A su configuración básica le añadimos unos condensadores a la salida para tratar de dar una buena respuesta a fenómenos transitorios y los diodos para proteger al regulador de posibles cortocircuitos a su entrada o salida.

### **7.5 Resultados de la simulación mediante Tina-TI**

A continuación expondremos la simulación de este circuito en Tina-Ti.

En la siguiente gráfica podemos observar los resultados de las etapas transformadora, rectificadora y de filtrado:



*Figura 33: Evolución de señal en FA en la simulación*

Si comparamos los datos obtenidos con los teóricos del anterior apartado vemos que son muy similares. La tensión de salida de la fase de filtrado tiene un rizado de 100mV, antes de entrar en los reguladores.

Finalmente, las salidas que nos proporciona la FA tras las etapas reguladoras son precisamente de 5V, 3,6V y 3,12V, tal y como necesitamos. Se tratan ya de tensiones continuas.

Llegados a este punto, damos por finalizado este apartado. Pero antes queremos mencionar que para encontrar cierto rizado en estos últimos voltajes de salida hemos tenido que entrar en el terreno de los  $\mu\text{V}$ , lo que entra dentro de lo razonable.

## **7.6 Esquema del circuito final**

En este apartado vemos el circuito de FA que deberemos implementar en PCB. Veamos:



- Antena: Se trata de una antena monopolo de un cuarto de onda, cuyo diseño básico lo tiene publicado TI en su *Design Note DN024*. Tal y como está configurado en dicha nota debería conseguir que obtuviésemos una eficiencia en la transmisión del 90%, operando en frecuencias cercanas a los 900Mhz.

En la práctica, para obtener ese máximo rendimiento sería preciso que su instalación se realizase a 90 grados del plano de tierra de nuestro montaje, es decir, perpendicularmente a tierra. Además, habría que regular el último tramo de la antena a otras dimensiones para ajustar su funcionamiento. La posicionamos en nuestro montaje dentro del mismo plano que el resto de circuito por la necesidad de que su visualización sea lo más clara posible.

Respecto a su ubicación, es deseable que la antena esté a la mayor distancia posible del resto de dispositivos, pero sobretodo de los electromagnéticamente más activos (Transformador y relés). Como se puede observar en nuestro diseño, se haya lo más alejada posible.

- Pistas: Como veremos, las pistas se hayan distribuidas entre la cara frontal de la placa (*Top*) y la cara trasera (*Bottom*), según el diseño que hemos creado. A la hora de escoger los anchos de pista hemos elegido un ancho de 0,406mm para las pistas que mantendrán tensiones de 220V, donde circulará más amperaje. En el resto de pistas tendrán 0,254mm de ancho. La elección de dichos anchos viene determinada por nuestra intención de que el circuito genere la menor radiación de temperatura posible, de modo que no desvirtuemos la eficacia de nuestro sistema detector de temperatura. La obtención del ancho de pista mínimo para pistas externas viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Ancho} = ((I / (0,0647 * \Delta T^{0,4281}))^{\frac{1}{0,6732}}) / (L * 1,378)$$

Siendo I la intensidad máxima soportada,  $\Delta T$  la variación máxima de temperatura, y L el grosor de la pista a calcular. (Hemos de tener en cuenta que en esta formula el grosor se calcula en onzas por pie cuadrado, y el ancho de pista en milésimas de pulgada al cuadrado). Afortunadamente existen multitud de utilidades de cálculo de ancho de pista en varios sistemas de unidades, lo que facilita y agiliza considerablemente su cálculo.

Como es posible verificar, en nuestro caso mantendremos un margen considerable entre el mínimo ancho posible y el aplicado. Por ejemplo, una de las pistas de entrada de 220V de 7cm de longitud y un máximo teórico de 2A debería tener un

ancho mínimo de 69 micras, muy inferior al de 406 utilizado. Insistimos, nuestro objetivo es minimizar el máximo posible el aumento artificial de temperatura.

- Distribución de componentes: Con la distribución de componentes realizada hemos tratado de evitar riesgos de interferencias en la antena con el transformador y los relés. También ha sido nuestra intención realizar una distribución clara, de modo que fuese posible localizar los distintos bloques que forman parte de la alarma a simple vista. También hemos ubicado el sensor de temperatura lo más lejos posible de los elementos que más calor pueden generar (Diodos rectificadores, Trafo.)

## **8.2 Layout Top – Bottom**

En este apartado veremos las dos caras de las pistas de nuestro circuito. Se muestran en las *Figura 36* y *Figura 37*.

Como observaremos, la zona destinada a la antena es la superior izquierda; en la zona inferior izquierda hemos instalado el sensor de temperatura y sus dispositivos de adaptación. El resto de zona inferior se reparte entre el microcontrolador, en la zona central, y el circuito de control de salidas, más a la derecha. En el área derecha de nuestro *layout* ubicamos el interruptor y los conectores a red eléctrica, sirena y bombilla; también encontraremos el fusible, el transformador y, finalmente, la etapa rectificadora de la FA en la zona superior derecha. El resto de placa, el área central y central superior, tiene distribuidos los componentes del resto de FA. Veamos:

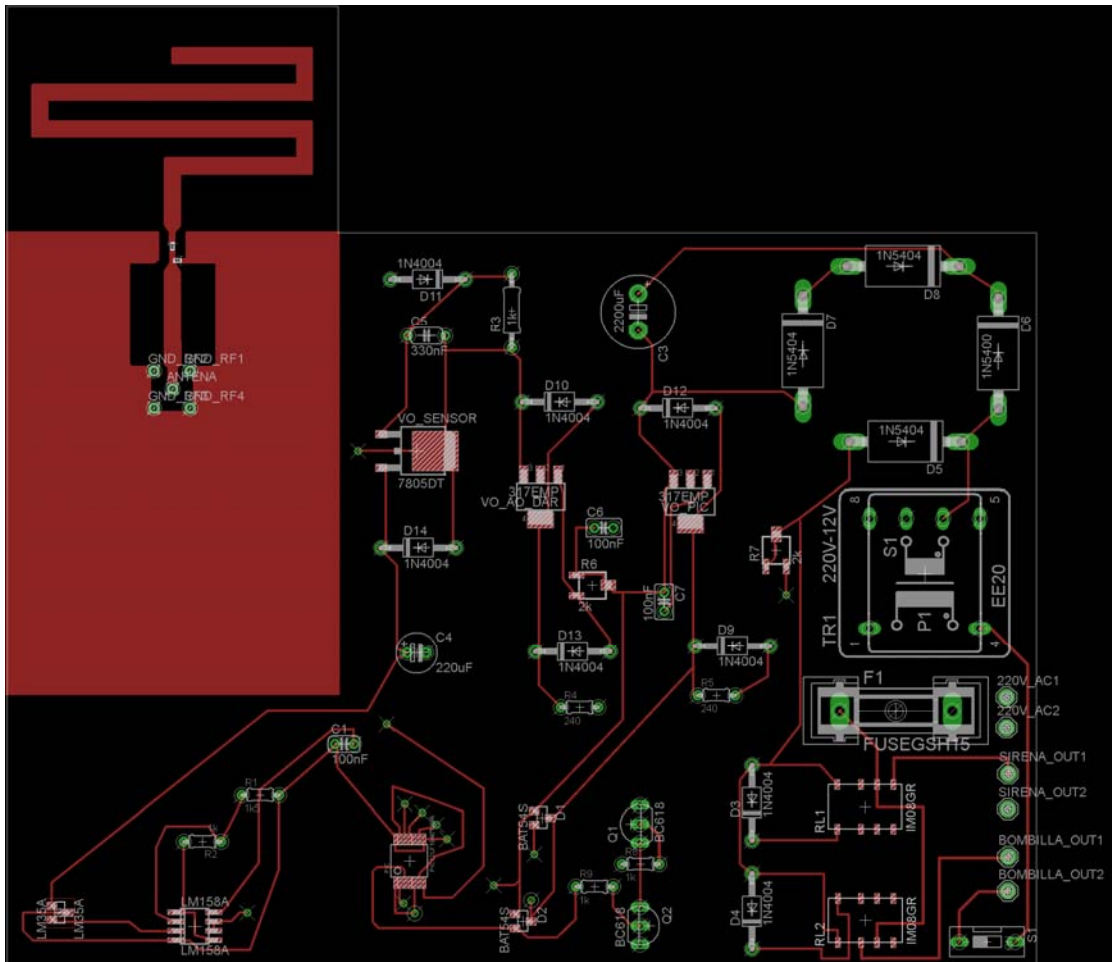


Figura 36: Layout de parte frontal de pistas

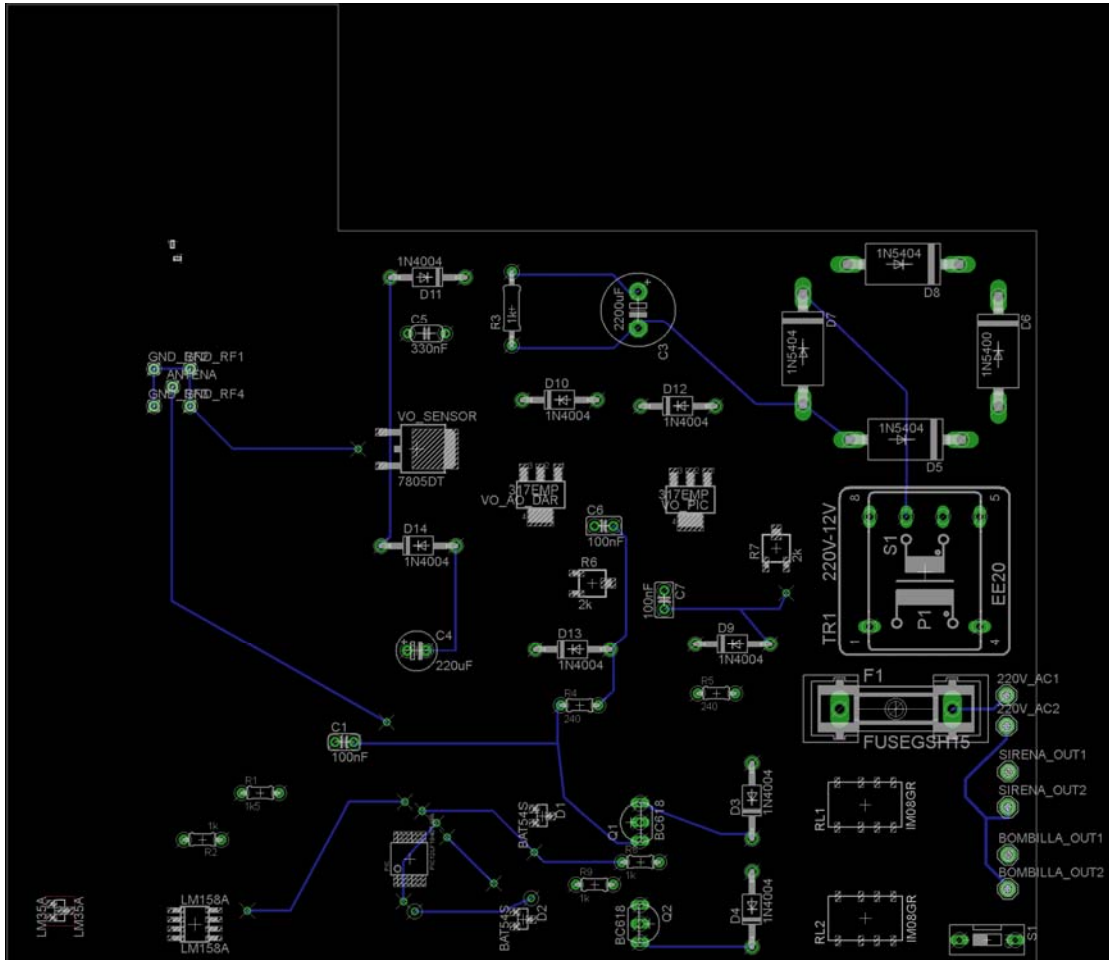


Figura 37: Layout de parte trasera de pistas

### 8.3 Layout Vista Real

Para finalizar este capítulo mostraremos el producto final: un modelo 3D de la alarma que hemos diseñado bloque por bloque, mediante Eagle3D. Debemos mencionar que algunos de los elementos que aparecen no son exactamente como los que teníamos en mente durante el proceso de diseño, pero hemos debido de optar por algún otro componente compatible para hacer posible esta vista real. Por ejemplo, los relés originales eran de Axicom, y mucho más pequeños que los que aquí se muestran, de Omron. El encapsulado del sensor utilizado también es diferente. No obstante, son lo suficientemente parecidos como para hacernos una idea de cuál sería el resultado en caso de montarlo:

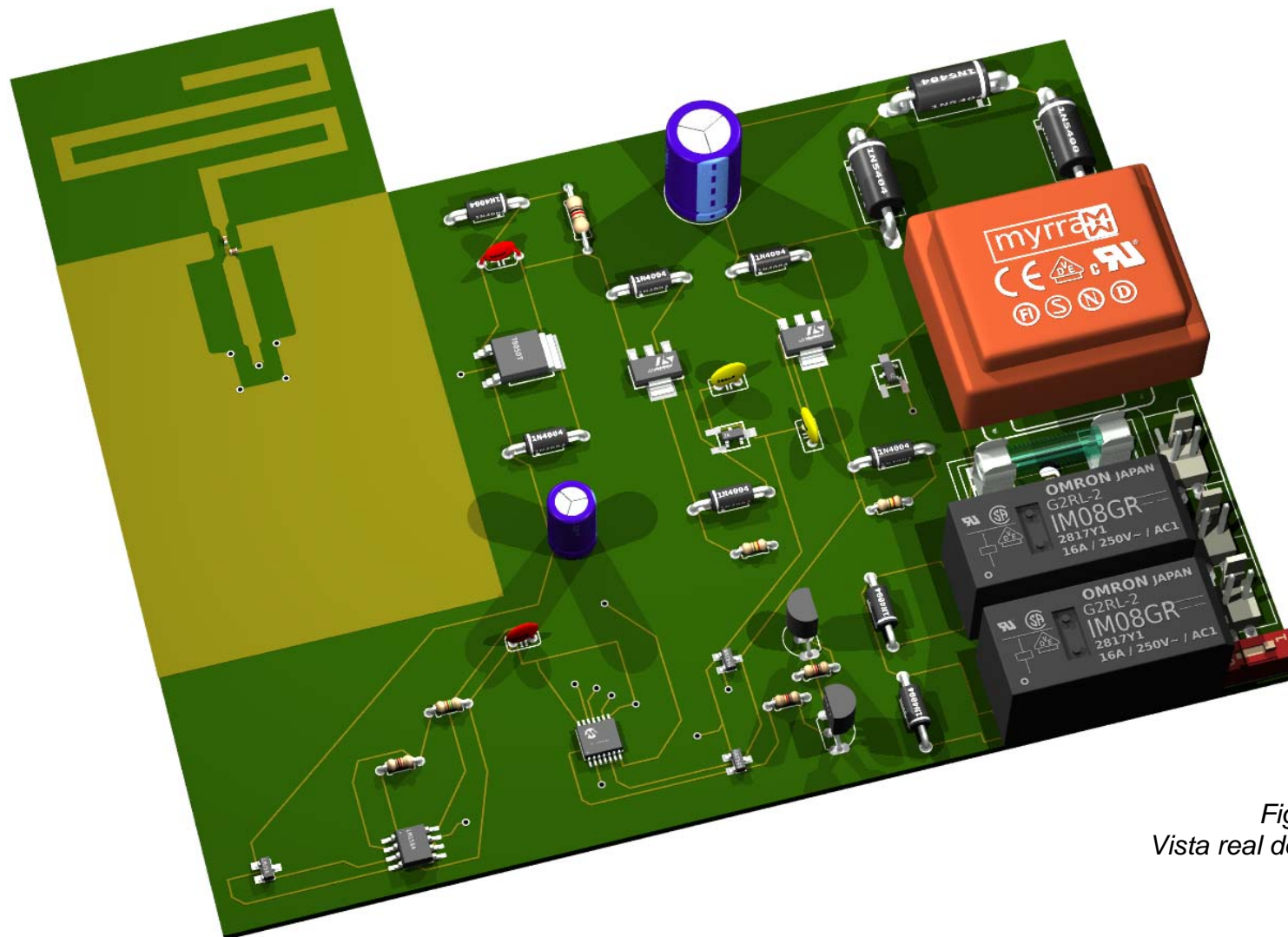


Figura 38:  
Vista real de layout



## ***Capítulo 9: Conclusiones y futuras ampliaciones***

Durante el transcurso de este proyecto hemos podido comprobar la importancia de una planificación adecuada (tanto en lo referente a la proyección como a la previsión del trabajo), que puede facilitar el devenir del proyecto, y minimizar el número de situaciones imprevistas posibles. Dentro de la resolución de un problema complejo con numerosas fases interrelacionadas, ésta nos ha sido de vital importancia para contar con el tiempo necesario para culminar el trabajo.

Además, hemos experimentado como la imposibilidad de documentarse por completo sobre el conjunto de dispositivos a utilizar puede acarrear incidencias que hagan perder un tiempo precioso en fases clave del proyecto. En este trabajo hemos sufrido este efecto sobre todo en al área de programación del PIC, ya que tanto el manual del microcontrolador como del compilador son muy extensos, y a menudo la información que encontrábamos resultaba poco clara. Por otro lado, el tener que buscar tanta información nos ha hecho obtener un conocimiento mucho más próximo y realista de la utilidad y programación de microcontroladores, concretamente con PIC's. No obstante, en adelante deberíamos estudiar y escoger con mayor detenimiento que material es clave para la realización del diseño.

También queremos remarcar el hecho de que planificar la instalación de MPLAB al principio, con el resto de aplicaciones, ha resultado problemática. Inmediatamente después de su instalación, Microchip publicó una actualización que solventaba un problema referente a 'Stimulus', que funcionaba de forma errática en la versión instalada. No prever este hecho nos acarreó numerosos problemas y una consulta a su servicio de atención, tras lo cual actualizamos MPLAB a la última versión, y conseguimos que funcionara de forma estable. Hemos aprendido que realizar una instalación poco antes de necesitarla o, al menos, revisar que no exista ninguna versión más reciente antes de comenzar, puede evitar problemas posteriores.

Las líneas de futuro de este proyecto deberían orientarse, en mi opinión, en la creación de una red de alarmas. Para ello sería preciso poder identificar los dispositivos de alarma que perteneciesen a la red y de ese modo controlar las zonas cubiertas de un edificio o área determinada. Evidentemente, el trabajo de diseño del receptor de datos se complicaría, en comparación con un mero receptor de datos de una sola alarma. Debería, por ejemplo, poder identificar qué alarma le emite información en cada momento, y gestionarla convenientemente. De ese modo, aparte de las alarmas locales, también se podrían generar unos avisos más detallados sobre la localización del fuego.

El detalle acerca de qué protocolos se utilizarían o de si sería precisa la instalación de receptores intermedios entre las alarmas y la central (receptor final), son temas que deberán abordarse en el desarrollo de un proyecto concreto que se encargue de ello en su diseño, en caso de aplicar estas líneas de futuro.

## **Capítulo 10: Bibliografía**

**Wikipedia**

<http://es.wikipedia.org/wiki>

**Web de la ITU**

<http://www.itu.int/es/pages/default.aspx>

**Web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo**

[http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/es-ES/Servicios/Normalizacion/InterfacesRadioelectricas/Interfaces/Dispositivos%20de%20corto%20alcance%20%28SRD%29/IR88\\_91.pdf](http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/es-ES/Servicios/Normalizacion/InterfacesRadioelectricas/Interfaces/Dispositivos%20de%20corto%20alcance%20%28SRD%29/IR88_91.pdf)

**Web de Texas Instruments**

<http://www.ti.com/lit/an/swra048/swra048.pdf>

**Web del ETSI**

[http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300200\\_300299/30022001/02.04.01\\_40/en\\_30022001v020401o.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300200_300299/30022001/02.04.01_40/en_30022001v020401o.pdf)

**Resistencias Reales**

<http://www.fv.uan.edu.mx/mod/resource/view.php?id=1841>

**Datasheets de:**

**PIC12LF1840T48A; LM-35; LM-158; Relés serie IM; BC618; Diodo 1N4007; Diodo BAT54; Reguladores de tensión LM-317 y 7805.**

**IT Application Note AN1393**

**IT Design Note DN024**

**IT Design Note DN031**

**IT Application Note DN616**

**IT Application Note AN058**

**Manual MPLAB X IDE v1.60**

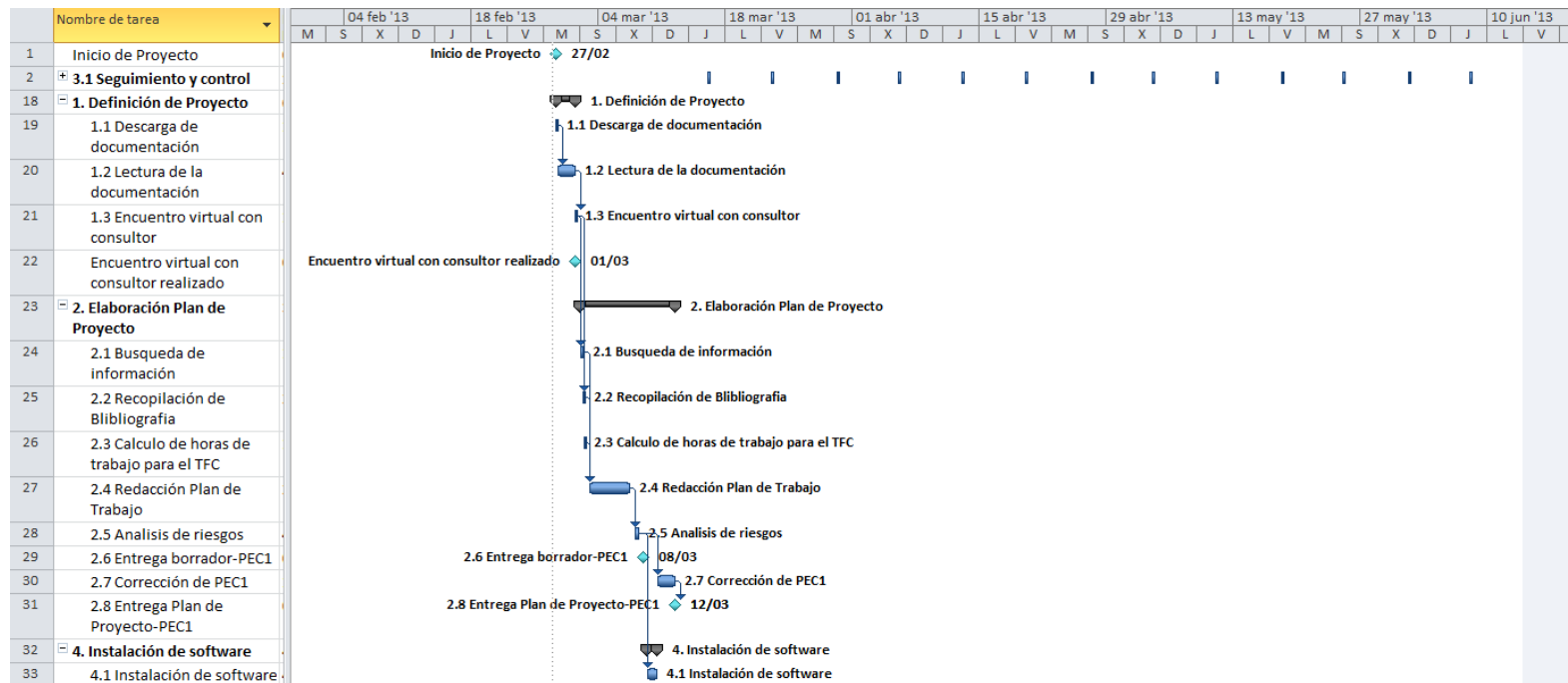
**Manual Compilador XC8 v1.12**

**Calculadora de ancho de pistas en PCB:**

<http://circuitcalculator.com/wordpress/2006/01/31/pcb-tracewidth-calculator/>

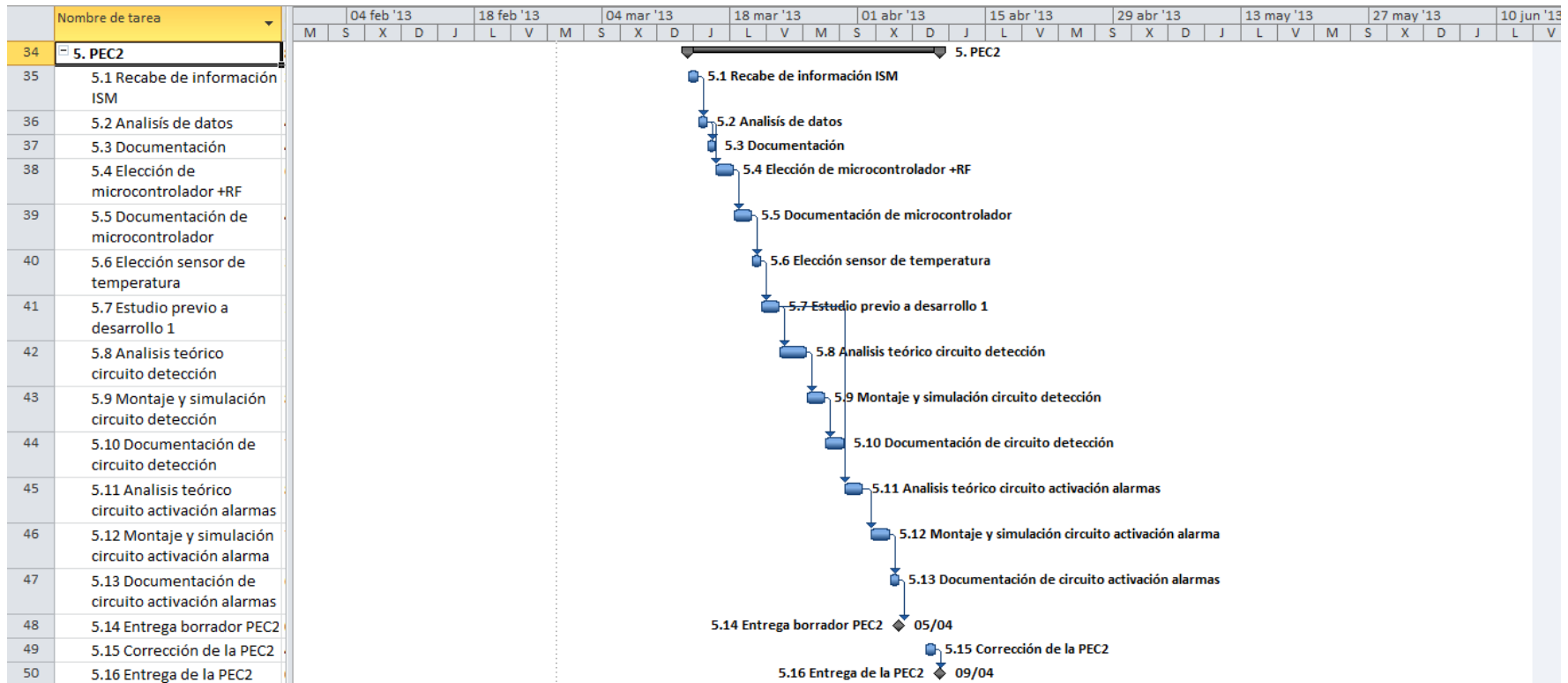
## Anexo 1: Diagrama de Gantt

En este anexo se expone el proceso que ha seguido nuestro proyecto mediante una serie de diagramas de Gantt, con todas las tareas detalladas:



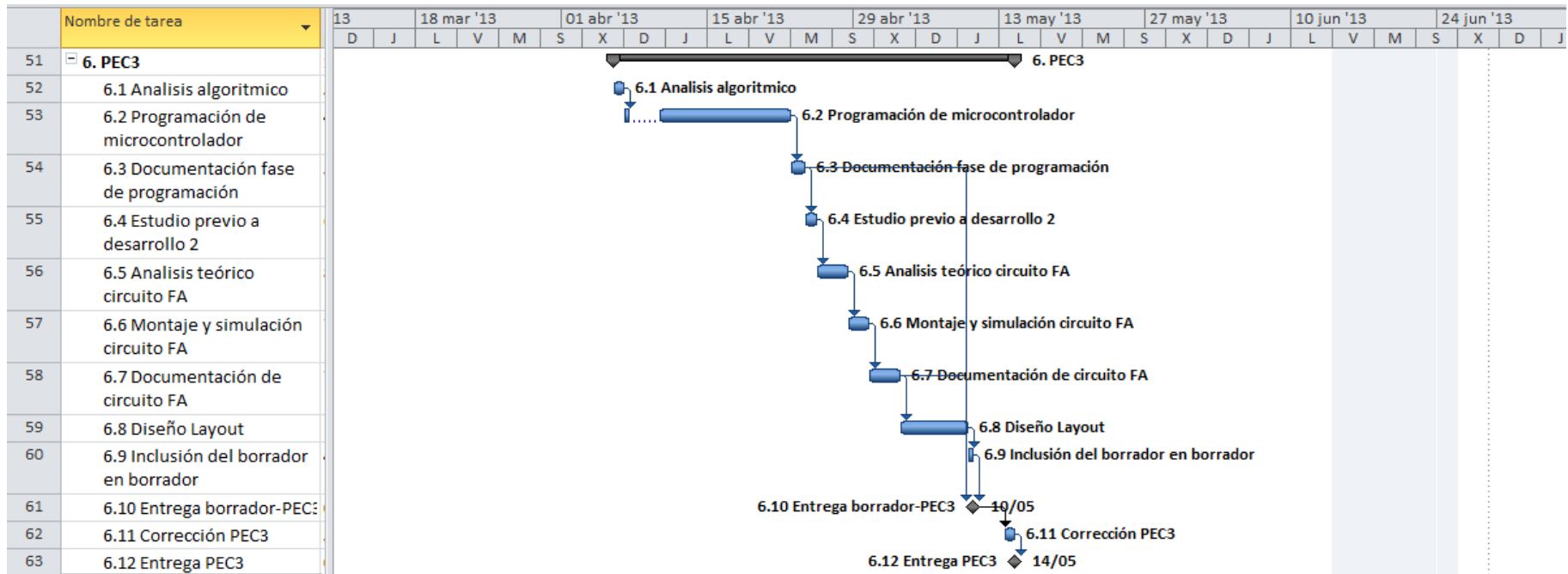
# Diseño de un sensor de alarma contra incendios sin hilos- PEC2

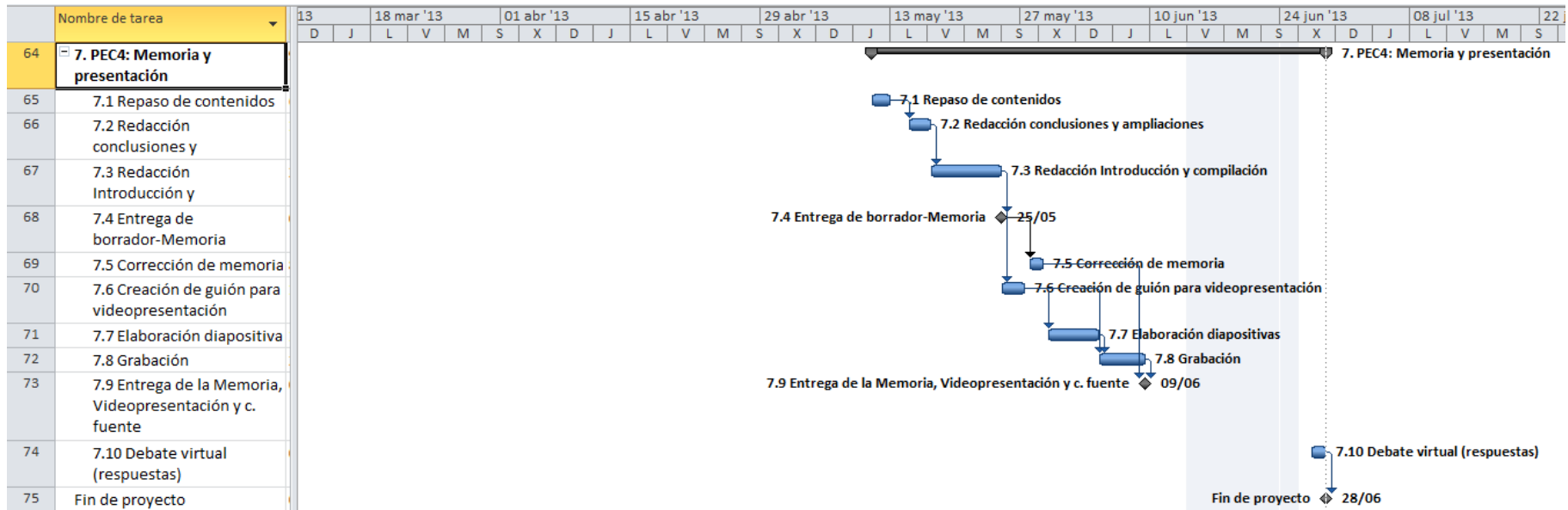
Marcos Torres Sahuquillo



# Diseño de un sensor de alarma contra incendios sin hilos- PEC2

Marcos Torres Sahuquillo





## Anexo 2: Límites del ciclo de trabajo de ERC-REC-70-03

Table 11. Duty Cycle Limits According to ERC-REC 70-03

Duty Cycle Limit	Total On Time Within One Hour	Maximum On Time of One Transmission	Minimum Off Time of Two Transmission
< 0.1%	3.6 seconds	0.72 seconds	0.72 seconds
< 1%	36 seconds	3.6 seconds	1.8 seconds
< 10%	360 seconds	36 seconds	3.6 seconds