

Diseño de un sensor de alarma contra incendios inalámbrico

11.614 – Trabajo Fin de Grado –
Diseño de Sistemas Electrónicos
Curso 2024-25 – 1er Semestre

Nombre del consultor: Carlos Moreno

Alumno: Eduardo Fernandez Cabezas



Resumen

El objetivo de este TFG es el diseño y simulación de un sistema de alarma de detección de incendios inalámbrico. Este sistema se basa en un sensor de temperatura controlado por un microcontrolador, que garantice una respuesta rápida y eficiente ante posibles incendios. El proyecto abarca desde la planificación inicial hasta la simulación del dispositivo y la selección de todos los componentes necesarios.

El sistema funciona con una alimentación de 220 V AC, que se adaptará, rectificará y regulará a través de una fuente de alimentación específica para cada circuito. La operación se basa en la lectura de la temperatura mediante de un sensor de alarma, monitorizado por un microprocesador. Si la temperatura supera los 60 grados durante diez segundos, se activan las señales de alarma (sonora y luminosa). Estas señales solo se desactivan cuando la temperatura descienda por debajo de los 40 grados durante 10 segundos. Cada 10 segundos, se envía un byte de la temperatura monitorizada a una central mediante modulación FSK a 868 MHz.

En este trabajo se detallan los tiempos de ejecución necesarios para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas. El diseño y la programación de los distintos circuitos y componentes del sistema se han realizado utilizando los programas TINA-TI, MPLAB y KiCad. Estas herramientas han permitido diseñar los esquemas, realizar simulaciones y comprobar el correcto funcionamiento del sistema en cada fase de su evolución.

Abstract

The objective of this Final Degree Project is the design and simulation of a wireless fire detection alarm system. This system is based on a temperature sensor controlled by a microcontroller, ensuring a rapid and efficient response to potential fires. The project encompasses everything from initial planning to device simulation and the selection of all necessary components.

The system operates on a 220 V AC power supply, which is adapted, rectified, and regulated through a specific power supply for each circuit. The operation relies on temperature readings from an alarm sensor, monitored by a microprocessor. If the temperature exceeds 60 degrees for ten seconds, the alarm signals (audible and visual) are activated. These signals are only deactivated when the temperature drops below 40 degrees for 10 seconds. Every 10 seconds, a byte of the monitored temperature is sent to a central unit via FSK modulation at 868 MHz

This work details the execution times required to meet the technical specifications. The design and programming of the various circuits and components of the system have been carried out using TINA-TI, MPLAB, and KiCad software. These tools have enabled the design of schematics, simulations, and verification of the system's correct functioning at each stage of its development.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.	OBJETIVOS DEL TFG	6
1.2.	COMPETENCIAS.....	6
1.3.	OBJETIVOS GENERALES	7
1.4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.5.	PLANIFICACIÓN DEL TFG.....	8
1.6.	RIESGOS E INCIDENCIAS.....	9
1.7.	DESCRIPCIÓN DE LAS SIGUIENTES TAREAS DEL TFG	10
2.	ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIA.....	11
2.1.	ESTUDIO DE LA BANDA ISM	12
2.2.	ANÁLISIS DE LA BANDA ISM 868 MHZ.....	12
2.3.	ANTENAS RF.....	13
3.	DISEÑO DEL CIRCUITO DE ADAPTACIÓN DE LA TEMPERATURA.....	14
3.1.	DISEÑO DEL SENSOR DE TEMPERATURA	14
3.2.	ELECCIÓN DE COMPONENTES.....	16
3.3.	ESQUEMA Y PRUEBA DE TEST DEL CIRCUITO	18
4.	SELECCIÓN DEL MICROPROCESADOR.....	19
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL MICROPROCESADOR	20
5.	DISEÑO DEL CIRCUITO DE ADAPTACIÓN DE LAS SALIDAS.....	21
5.1.	ELECCIÓN DE COMPONENTES.....	22
6.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL.....	27
6.1.	LISTADO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR.	32
7.	DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	43
7.1.	ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.....	44
7.2.	CIRCUITO DE FUENTES	49
8.	DISEÑO DEL LAYOUT DE LA PLACA PCB.....	54
9.	CONCLUSIONES Y AMPLIACIONES.....	57
10.	ANEXO.....	58
11.	BIBLIOGRAFÍA:.....	59

INDICE FIGURAS

Figura 1- Diagrama de bloques del equipo.	6
Figura 2- Diagrama de Gantt.....	9
Figura 3- Espectro Radioeléctrico según clasificación de la UIT	11
Figura 4- Esquema del diseño del circuito de adaptación de temperatura	14
Figura 5- Amplificadora no inversor [9].....	15
Figura 6- Seguidor de tensión	15
Figura 7- LM35H/NOPB	16
Figura 8- Esquema del AO LM124	17
Figura 9- Esquemático del circuito de medida y adaptación de la temperatura.	18
Figura 10- PIC12LF1840T3aA.....	20
Figura 11- Características del PIC12LF1840T39A.....	20
Figura 12- Esquema del relé comandado mediante transistor [14].....	21
Figura 13- Transistor NPN 2N3904.....	22
Figura 14- Diodo 1N4007 [15]	23
Figura 15- Relé OMRON G3MB-202P	24
Figura 16- Esquema del circuito de control de las salidas.....	24
Figura 17- Simulación del funcionamiento del circuito en modo alarma.....	25
Figura 18- Simulación del funcionamiento del circuito en modo no alarma.	25
Figura 19- Onda cuadrada y configuración fuente bombilla	26
Figura 20- Señal cuadrada VG1 y Bombilla en osciloscopio.	26
Figura 21- Configuración Fuente alimentación 220 V.....	26
Figura 22- Diagrama de flujo del programa.....	27
Figura 23- Diagrama del bloque ADC referencia datasheet pic12lf1840t39A.....	29
Figura 24- Registro ADCON0.	29
Figura 25- Registro ADCON1.	30
Figura 26- Registro ADRESH y ADRESL según valor de ADFM	30
Figura 27- Registro ANSELA	30
Figura 28- Registro TRISA.....	31
Figura 29- Ciclos de conversión TAD de analógico a digital.....	31
Figura 30- Interfaz Gráfica de MCC de MPLAB.	32
Figura 31- Diagrama de bloques del transmisor RF.....	39
Figura 32- Modulación en FSK	40
Figura 33- ANT-868-CW-HW.....	40
Figura 34- Código paridad impar.[17].....	42
Figura 35- Fuente de alimentación [18].....	43
Figura 36- Semionda positiva [19].....	43
Figura 37- Semionda negativa [19].....	43
Figura 38- Filtrado después de rectificación [19]	44
Figura 39- Regulador tensión LM317.....	45
Figura 40- Esquema configuración LM37	45
Figura 41- Regulador tensión L7805.....	46
Figura 42- Transformador CROVISA 30312915	47
Figura 43- Diodo 1N4007[15].....	47
Figura 44- Condensador Vishay 4700 uA.....	48
Figura 45- Esquema transformador y simulación transformación de 220 a 12 V AC	49
Figura 46- Esquema Transformador y puente diodos y simulación rectificación.	50

Figura 47- Esquema anterior se le suma etapa de filtrado y simulación resultado filtrado.	51
Figura 48- Esquema de un regulador de tensión y simulación regulación señal filtrada...	52
Figura 49- Esquema fuente alimentación.....	52
Figura 50- Señal 220 V transformada y rectificada por puente diodos.	53
Figura 51- Señal filtrada y adaptada por los diferentes reguladores.....	53
Figura 52- Esquema de la PCB realizado con el editor de esquemas de KiCad.....	55
Figura 53- Top-Bottom	55
Figura 54- Conexiones parte superior del layout.....	56
Figura 55- Conexiones parte inferior del layout.	56
Figura 56- Placa PCB en visor de 3D de KiCad	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1- Actividades del TFG	8
Tabla 2- Tabla de hitos	9
Tabla 3- Riesgos e incidencias.....	10
Tabla 4- Limites de ERP según bandas de frecuencia	13
Tabla 5- Valores de la tensión del sensor LM35 adaptada para enviar al ADC.	18
Tabla 6- Periodos de reloj ADC (TAD) VS Frecuencias de funcionamiento del FOSC.28	
Tabla 7- Trama final.....	41
Tabla 8- Medidas de consumo de cada componente del circuito.	46
Tabla 9- Listado de símbolos y huellas del layout del PCB	54

1. INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto se centra en diseñar un sensor de alarma contra incendios inalámbrico que detecte incendios mediante un sensor de temperatura y comunique la alarma a una central receptora que activará una alarma luminosa y sonora al detectar el posible incendio.

1.1. OBJETIVOS DEL TFG

Este proyecto tiene como objetivo diseñar y simular un sensor de alarma contra incendios inalámbrico, no requiriendo su construcción real, puede ser de ayuda en diferentes ámbitos domésticos o empresariales.

El dispositivo funciona en un rango de detección de temperatura de 20 ° a 120 Celsius, estará alimentado por una fuente de alimentación de 220V, emitirá una señal sonora luminosa cuando la temperatura supere los 60 grados durante 10 segundos y la detendrá al descender a menos de 40 grados durante 10 segundos. Los valores de temperatura serán leídos por un microprocesador que operará a una frecuencia de 868 MHz, mediante banda ISM.

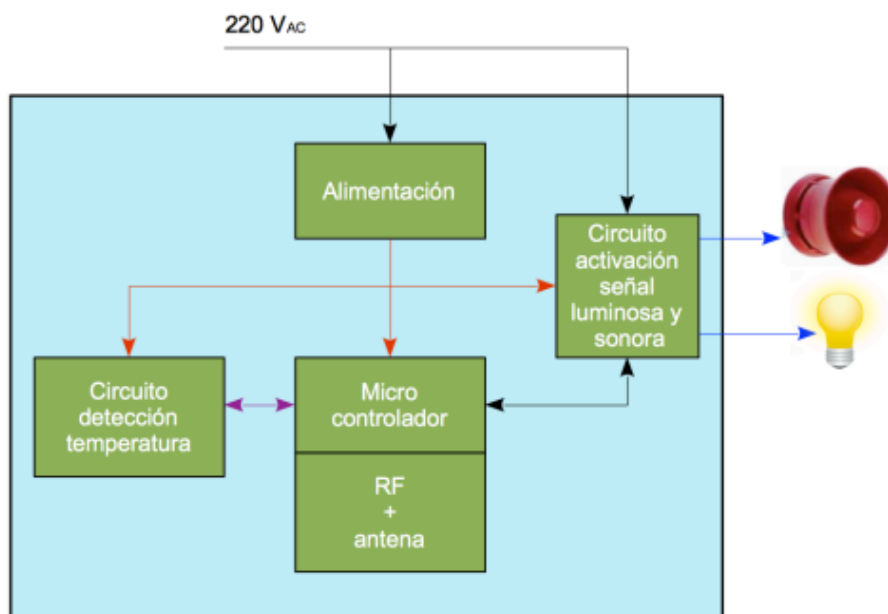


Figura 1- Diagrama de bloques del equipo.

1.2. COMPETENCIAS

La estructura del TFG tiene que ser de fácil comprensión, para animar a la lectura y entendimiento del texto mediante textos, tablas, formulas o imágenes adecuadas.

Competencias Específicas

Los objetivos principales del TFG son:

Identificar los objetivos generales y técnicos para resolver un escenario concreto utilizando diferentes asignaturas de Ingeniería en Telecomunicaciones de manera eficaz

y análisis de los datos obtenidos durante el TFG, que nos aporten nuevas líneas de desarrollo para ejecutar actualizaciones o modificaciones.

Conocer la estructura del sistema inalámbrico contra incendios del TFG:

- Controlador: centraliza el control de los elementos del sensor de alarma.
- Sección de Radio-Frecuencia (RF): nos permite comunicarnos con la central receptora inalámbricamente.
- Circuito de detección: la parte del circuito que mide la temperatura.
- Circuitos de aviso: permiten activar las alarmas sonoras y luminosas cuando sea necesario.
- Alimentación: regula las alimentaciones para adaptarlas a las necesidades del sensor.

Descripción del proyecto: El diseño y simulación de las partes necesarias para el funcionamiento del sensor alarma, nos permitirán entender un proceso de desarrollo de un dispositivo como este.

1.3. OBJETIVOS GENERALES

Aplicar los conocimientos aprendidos durante el Grado, para la realización de un TFG durante los diferentes procesos, eligiendo los más apropiados y solucionando los problemas que puedan aparecer.

Entregando un TFG acorde a lo demandado siguiendo las normativas que se deban aplicar.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentación y planificación de tiempos de ejecución de las diferentes etapas del TFG.
- Diseñar un sensor de alarma contra incendios inalámbrico con rango de temperatura entre 20 y 120 Grados °C.
- Diseñar un circuito para adaptar la lectura de los datos del sensor en el microprocesador.
- Diseñar un circuito para la activación de la señal de alarma acústico-visual monitorizada cada 10 segundos.
- Programación del microprocesador para su comunicación con los procesos del sistema.
- Diseñar una fuente de alimentación de 220 V para alimentar los diferentes elementos del sensor.
- Elaboración del diseño del layout de la placa PCB
- Documentación de la memoria final del TFG

1.5. PLANIFICACIÓN DEL TFG

En la siguiente tabla se especifican las diversas tareas que se realizarán en cada fase del Trabajo de Final de Grado para realizar las entregas de cada PEC en las fechas demandadas.

INICIO DEL TFG	09/25/2024	09/26/2024
Elección del TFG	09/27/2024	09/28/2024
Descarga y lectura de material para la ejecución del TFG	09/28/2024	09/29/2024
ELABORACION PEC1	09/29/2024	10/13/2024
Elaboración estructura PEC1	09/29/2024	10/07/2024
Envío de la PEC1 al tutor para revisión y asesoramiento	10/07/2024	10/09/2024
Aplicar modificaciones de las modificaciones o correcciones	10/10/2024	10/13/2024
ENTREGA DE LA PEC1	10/14/2024	10/14/2024
ELABORACION DE LA PEC2	10/15/2024	11/10/2024
Estudio de normativa y características de la banda ISM	10/15/2024	10/18/2024
Diseño del sensor de temperatura	10/19/2024	10/24/2024
Elección del microprocesador	10/22/2024	10/26/2024
Diseño de circuitos de adaptación de temperatura	10/28/2024	10/31/2024
Diseño del esquema analógico	11/01/2024	11/05/2024
Envío de la PEC2 al tutor para revisión y asesoramiento	11/06/2024	11/09/2024
Aplicación de las modificaciones o correcciones sugeridas.	11/09/2024	11/10/2024
Entrega de la PEC2	11/10/2024	11/11/2024
ELABORACION DE LA PEC3	11/12/2024	12/08/2024
Diseño del circuito de control de salidas:	11/10/2024	11/16/2024
Diseño del esquema analógico	11/17/2024	11/22/2024
Implementación del programa de control del PIC	11/23/2024	11/29/2024
Diseño fuente alimentación	12/01/2024	12/02/2024
Diseño del esquema	12/03/2024	12/04/2024
Envío de la PEC3 al tutor para revisión y asesoramiento	12/04/2024	12/07/2024
Aplicación de las modificaciones o correcciones sugeridas.	12/08/2024	12/09/2024
Entrega de la PEC3	12/09/2024	12/09/2024
ELABORACION DE LA PEC4	12/10/2024	01/12/2025
Diseño layout de la placa PCB	12/12/2024	12/17/2024
Comprobaciones del correcto funcionamiento la placa PCB	12/18/2024	12/21/2024
Recopilación definitiva de datos en la memoria del TFG	12/22/2024	12/24/2024
Envío de memoria TFG al tutor para revisión y asesoramiento	12/25/2024	12/28/2024
Aplicación de las modificaciones o correcciones sugeridas	12/29/2024	01/06/2025
Realizar presentación del TFG al completo	01/05/2025	01/11/2025
Envío de la documentación final completa del TFG	01/13/2025	01/13/2025
Preparación defensa	01/14/2025	01/30/2025
Defensa	01/31/2025	01/31/2025

Tabla 1- Actividades del TFG

Tabla de hitos.

En esta tabla se definen las fechas máximas de entrega de cada fase del TFG, es importante tenerlas en cuenta, pues no se aceptarán entregas después de las fechas indicadas.

Hito	Entrega
PEC1	14 de octubre 2024
PEC2	11 de noviembre de 2024
PEC3	9 de diciembre de 2024
PEC4	13 de enero de 2025
Defensa	31 de enero de 2025

Tabla 2- Tabla de hitos

Diagrama de Gantt

Finalmente, en este diagrama de Gantt se puede visualizar una propuesta orientativa de la duración de las tareas de las diferentes fases del TFG durante su progreso.

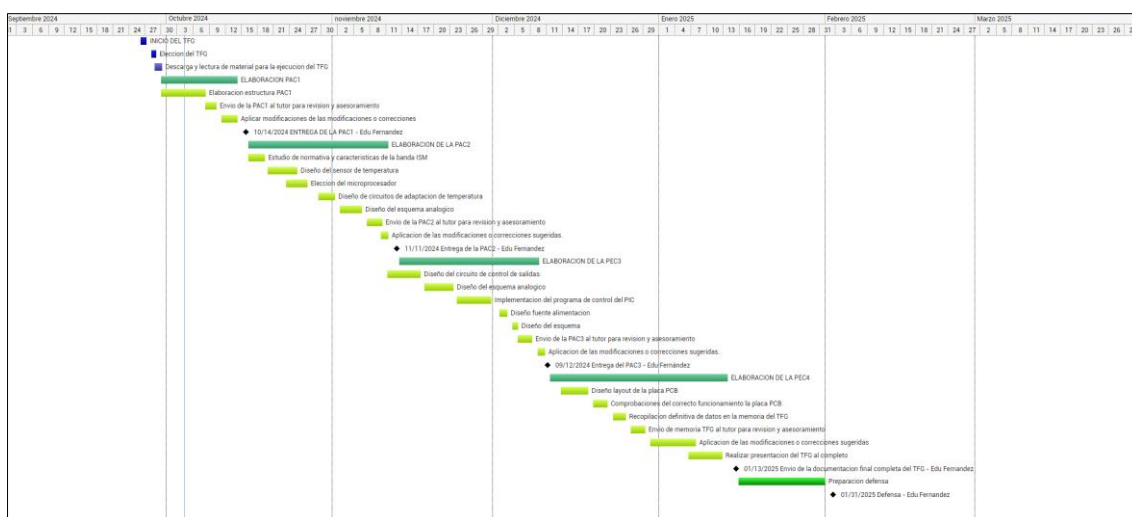


Figura 2- Diagrama de Gantt

1.6. RIESGOS E INCIDENCIAS.

A continuación, se definen los posibles riesgos o incidencias que se pueden presentar durante el proceso de elaboración del TFG y posibles soluciones para solventarlas.

Riesgo	Incidencia	Probabilidad	Solución aportada
Problema de salud	Baja/Media	Baja	Aumentar las horas de trabajo en los días restantes para absorción de las horas perdidas
Perdida o rotura equipo informático	Baja	Baja	Sustitución de equipo e instalación de software necesario
Perdida de información del TFG del PC	Baja	Baja	Copias en USB y en la nube.

Problemas con software del proyecto.	Media	Media/Baja	Consultar con el tutor opciones de software alternativas.
Complicación con el diseño de los circuitos electrónicos.	Media/Alta	Media	Invertir más horas adelantando todo lo posible su inicio
Problemas a la hora de realizar la programación TFG	Alta	Media	Invertir más horas adelantando todo lo posible su inicio
Dificultad grabación Video-presentación	Media	Media	Pedir ayuda al tutor.

Tabla 3- Riesgos e incidencias

1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS SIGUIENTES TAREAS DEL TFG

Los siguientes pasos que se realizarán son los siguientes:

- En el apartado 2 se estudiarán las bandas de frecuencia, enfocándonos en las características técnicas y normativas de la banda ISM de 868 MHz.
- Con la información obtenida decidiremos el microprocesador más apropiado para nuestra labor en el apartado 3 junto con las características de su antena explicando el proceso de selección del conjunto PIC+ANT.
- En el apartado 4 se diseñarán los circuitos de adaptación de temperaturas para ser monitorizadas por el microprocesador.
- En el apartado 5 se diseñará el circuito que controlará el estado de las alarmas acústico-visual ejecutando test de las simulaciones de los apartados 4 y 5 y se comprobará su correcto funcionamiento.
- En el apartado 6 se elaborará el algoritmo de control para gestionar todas las partes del sensor de temperatura mediante el microprocesador.
- En el apartado 7 se elaborará una fuente de alimentación que adaptará todas las tensiones de entrada a las necesidades del diseño.
- En el apartado 8: se diseñará el layout de la placa PCB con todos los elementos del sistema.
- En el apartado 9 se detallarán las conclusiones oportunas y posibles ampliaciones que se podrían realizar.
- En los últimos apartados 10 y 11 se entregarán los anexos pertinentes y se entregará toda la bibliografía recopilada durante la elaboración del mismo.

2. ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIA

El espectro de radiofrecuencia (RF) que se emplea en la actualidad hace uso de sistemas de comunicación inalámbrica, tanto analógicos como digitales. El rango de frecuencias del espectro de radiofrecuencia varía de 3 KHz hasta 300 GHz [1].

Las bandas de Radiofrecuencia son las siguientes:

- (ELF) Frecuencia extremadamente baja: De 3 Hz a 3 KHz, vulnerable a perturbaciones atmosféricas y precisa de antenas de gran tamaño.
- (VLF) Frecuencia muy baja: De 3 KHz a 30 KHz, utilizada en submarinos y estaciones de radio para sincronizar señales de reloj. Diseño complicado de antenas debido a su longitud de onda.
- (LF) Baja frecuencia: De 30 KHz a 300 KHz, idóneas para comunicaciones de larga distancia de radioaficionados o aplicaciones militares.
- (MF) Frecuencia media: De 300 KHz a 3 MHz, se utiliza en la transmisión de radio AM, navegación para barcos, aeronaves y señales de emergencia.
- (HF) Alta frecuencia: De 3 MHz a 30 MHz, conocida como onda corta, es adecuada para comunicaciones a larga distancia. Empleada por la industria aeronáutica, sistemas gubernamentales y estaciones meteorológicas.
- (VHF) Muy alta frecuencia: De 30 MHz a 300 MHz, utilizada en comunicaciones de corta distancia para la transmisión de TV analógica, FM, equipos médicos, radioaficionados y aplicaciones militares.
- (UHF) Ultra alta frecuencia: De 300 MHz a 3 GHz, imprescindible para la comunicación inalámbrica hoy en día, GPS, satélites, Wi-Fi, Bluetooth, transmisión de TV y redes móviles.
- (SHF) Súper alta frecuencia: De 3 GHz a 30 GHz, se emplea en comunicación a línea de vista, su diseño es complicado debido al reducido tamaño de su longitud de onda, sistemas satelitales, TDT, Wi-Fi y redes móviles.
- Frecuencia extremadamente alta (EHF): De 30 GHz a 300 GHz, esta banda se utiliza en radioastronomía o sistemas de Internet 5G, debido a sus requerimientos implica un alto grado de complejidad.

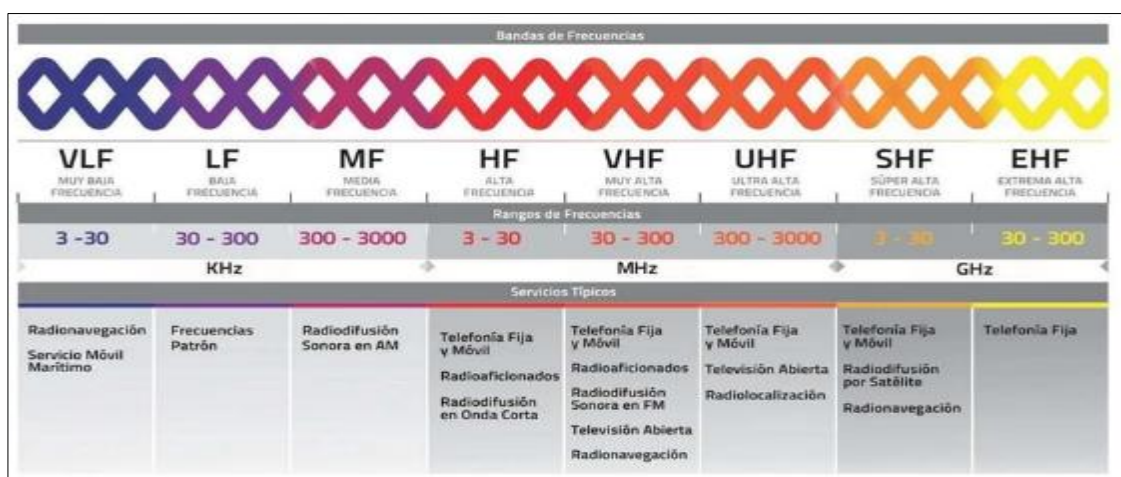


Figura 3- Espectro Radioeléctrico según clasificación de la UIT

El reglamento de radio de la UIT [2] en el artículo 4, asigna las diferentes frecuencias de los servicios de telecomunicación global del espectro de radiofrecuencia y las orbitas

satelitales para los Servicios de Telecomunicaciones. Así facilita el acceso a estos recursos e impulsa la correcta operatividad de los servicios de telecomunicación, promoviendo la investigación y regulando las nuevas tecnologías. La UIT asegura paralelamente la reserva de frecuencias para comunicaciones de emergencia y seguridad, a fin de prevenir y solucionar los posibles conflictos entre operadores de servicios de telecomunicaciones.

2.1. ESTUDIO DE LA BANDA ISM

Las bandas ISM son frecuencias que están reservadas internacionalmente para uso industrial, científico y médico, no precisan de licencia siempre y cuando se cumplan unas ciertas normas para garantizar la coincidencia con otros sistemas, asumiendo que habrá pequeñas interferencias entre dispositivos [3].

Estas bandas se limitan por diferentes parámetros como, la frecuencia central, la frecuencia mínima, la frecuencia máxima y el ancho de banda [4].

Su uso está regulado por regiones geográficas:

Región 1 (Europa, África, antigua URSS, Mongolia, parte oeste de Oriente Medio).

Región 2 (América, Groenlandia, islas del este del Pacífico)

Región 3 (Asia, excepto la zona de la Región 1, y Oceanía).

Las bandas ISM trabajan con las siguientes bandas de frecuencia, 13,56 MHz, 27,12 MHz, 433,92 MHz, 868 MHz, 915 MHz, 2,45 GHz, 5,8 GHz y 61,25 GHz.

2.2. ANÁLISIS DE LA BANDA ISM 868 MHZ

La banda ISM de 868 MHz se utiliza en la transmisión de datos entre dispositivos, está reservada para uso europeo y no requiere licencia. Esta frecuencia se propaga a través de la atmósfera y puede conseguir unos 1000 metros de alcance. La señal de 868 MHz se ve menos afectada por las interferencias que otros dispositivos al no utilizarse tan habitualmente como la frecuencia 433 MHz [5].

Las ventajas principales de la Banda ISM 868 MHz son

- Más velocidad de transmisión, consigue transmitir datos más rápido.
- Mejor resistencia al ruido, menor probabilidad de afectación al ruido ambiental.
- Mayor alcance, es capaz de llegar hasta una distancia de 1 kilómetro.

Hacen uso del espectro ensanchado con ciclos de trabajo (0,1%, 1% o 10%), utilizan técnicas de escucha de banda para cerciorarse de su disponibilidad y agilidad de frecuencia adaptativa o para evitar colisiones y reducir interferencias.

En la norma europea EN 300 220-3-2 [6] se especifican las regulaciones del ETSI, esta norma se centra en los dispositivos de corto alcance que trabajan en el rango de frecuencias 868,6-869,7 MHz para la comunicación con alarmas sin hilos:

Banda de Frecuencia	Aplicación	ERP	Espaciado del canal	Ciclo de trabajo

868,600 to 868,700 MHz	Alarmas	10 mW	25 KHz	1 %
869,200 to 869,250 MHz	Alarmas	10 mW	25 KHz	0,1 %
869,250 to 869,300 MHz				0,1 %
869,300 to 869,400 MHz				1 %
869,650 to 869,700 MHz	Alarmas	25 mW	25 KHz	10 %

Tabla 4- Límites de ERP según bandas de frecuencia

La máxima potencia radiada efectiva (ERP) [7] se consigue sumando la potencia de salida del transmisor más la ganancia de la antena, restándole la atenuación y las pérdidas entre el transmisor y la antena.

$$ERP = P_{Transmisor} + G_{T(dbd)} - L_c = [\text{dBW o dBm}] \quad (1)$$

Según las especificaciones del TFG la única banda de frecuencia que trabaja en 868 MHz será la primera de la tabla anterior con los siguientes datos técnicos.

- Banda 868,6- 868,7 MHz
- Potencia radiada aparente máxima 10 mW
- Espaciado del canal de 25 KHz
- Ciclo de trabajo 1 % = $\left(\frac{0,1 \text{ segundos}}{10 \text{ segundos}}\right) \times 100 = 1 \text{ bit cada } 10 \text{ segundos}$.

Por tanto, la banda de frecuencia 868,6-868,7 KHz cumple los requisitos del TFG.

2.3. ANTENAS RF

Las antenas RF para la banda ISM de 868 MHz son muy utilizadas en aplicaciones de comunicaciones inalámbricas de corto alcance.

El alcance de una antena de 868 MHz puede variar considerablemente dependiendo de varios factores, como los obstáculos, el entorno y la potencia de su transmisión. En condiciones óptimas, se pueden alcanzar hasta los 2 kilómetros con un bajo consumo de energía. Sin embargo, en entornos urbanos con numerosos obstáculos, el alcance de su cobertura se reduce. En nuestro caso el alcance de la propagación de la antena nos permite una buena cobertura entre 2 o 3 veces más que una señal de 2,4 GHz.

La conexión inalámbrica se realizará mediante tecnología FSK, se ha estudiado la posibilidad de realizarla con RF LoRaWAN, pero es más indicada para múltiples dispositivos y áreas extensas, la modulación FSK ofrece transmisión segura de corto alcance con menos interferencias, configuración sencilla y más económica por tanto se ajusta más al caso expuesto en el TFG [8].

La configuración y cálculos para la transmisión de la modulación FSK se realizarán una vez elegido el microprocesador que incorpore la RF.

3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE ADAPTACIÓN DE LA TEMPERATURA

En este apartado, resumiremos los motivos principales de la elección del diseño de nuestro circuito de adaptación de la temperatura. Primero, examinaremos los componentes individuales, después realizaremos un análisis conjunto de todo el circuito y procederemos a su simulación.

En caso de un posible escenario de incendio, el sensor medirá la temperatura para transmitirla al microprocesador, en esta parte se realizará la amplificación de la señal de temperatura para adaptarla al microprocesador, para ello seleccionaremos los componentes electrónicos necesarios para su amplificación y se realizarán los cálculos para que cumpla con las especificaciones establecidas en este TFG.

El circuito estará dividido en dos partes, en la primera parte se detectará la temperatura y en la segunda parte se amplificará la señal del sensor para su envío al microprocesador. La información del sensor de temperatura será enviada al microprocesador, para que pueda tomar decisiones en función de los datos recibidos.

Tendremos un sensor capaz de medir temperaturas en el rango de 20 a 120 °C, con una precisión mínima de 1°C. Además, necesitará de un amplificador operacional para que amplifique la señal del sensor y sea recibida en el ADC del microprocesador.

3.1. DISEÑO DEL SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura convertirá el valor de la temperatura ambiente en voltaje actuando como un transductor y un circuito adicional transmitirá estos datos al microprocesador. Para lograr esto, nos hará falta, un circuito que amplifique la señal del sensor, que estará entre 200 mV y 1,2 V que es el rango de temperatura de detección y se amplificará de 0 V hasta 3,6 V, para su recepción en el ADC del microprocesador.

El circuito de adaptación de la temperatura del sensor es el siguiente:

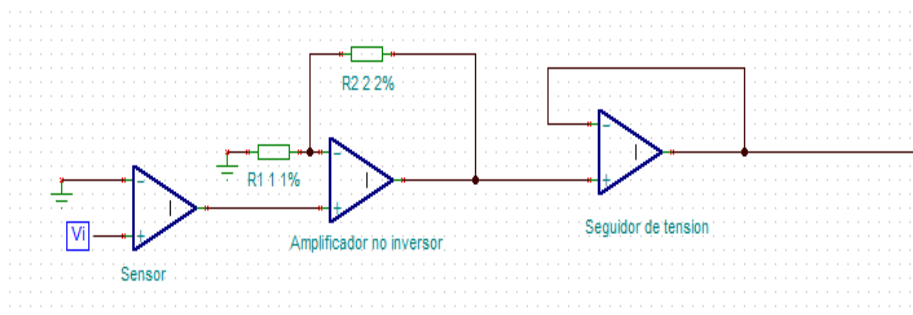


Figura 4- Esquema del diseño del circuito de adaptación de temperatura

El sistema estará compuesto por un sensor que medirá en un rango de 20 a 120 °C, generando un voltaje de salida de 200 mV a 1,2 V, debido a su escala de +10 mV por °C. La señal analógica de salida del sensor será adaptada mediante un amplificador operacional de configuración no inversora, que mantendrá la fase de la señal del sensor y mediante dos resistencias de la etapa no inversora se proporcionará la ganancia adecuada para asegurar que el voltaje de salida, esté dentro del rango de operación del ADC del microprocesador.

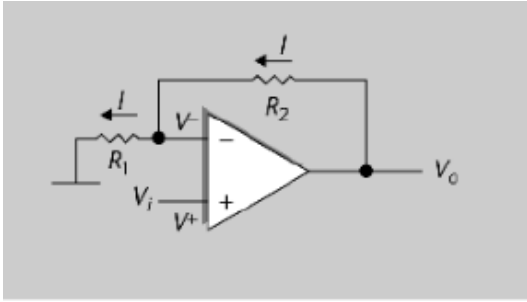


Figura 5- Amplificadora no inversor [9]

Se calcularán las dos resistencias que obtengan la ganancia de voltaje adecuada. El objetivo es adaptar el rango de voltaje de trabajo del sensor de temperatura que conocemos (0,2 V a 1,2 V correspondiente a temperaturas de 20°C a 120°C) al rango de operación del microprocesador que es de 0 a 3,6 V, con estos datos obtendremos la tensión máxima de temperatura del sensor y la tensión máxima a la entrada del ADC del microprocesador, limitaremos a 3 V la tensión máxima operacional del microprocesador para protegerlo de sobretensiones.

Para lograrlo, elegiremos una amplificación:

$$G_{ideal} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{3V}{1,2V} = 2,5 \quad 2,5 = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad R_1 = \frac{R_2}{1,5} \quad \text{-----} \quad R_2 = 1,5R_1 \quad (2)$$

La relacion es R_2 es 1,5 veces mayor que R_1

Selecciono los valores de $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$ para conseguir un mejor equilibrio entre ruido térmico y consumo de energía.

En nuestro circuito, utilizamos un seguidor de tensión ubicado entre el amplificador operacional LM124 y el microprocesador PIC12LF1840T39A. Este seguidor de tensión proporciona aislamiento a la señal, adaptación de las impedancias y lo hace más estable. De este modo, se evita que la impedancia de entrada del microprocesador distorsione la señal amplificada, garantizando mediciones precisas y sin alteraciones.

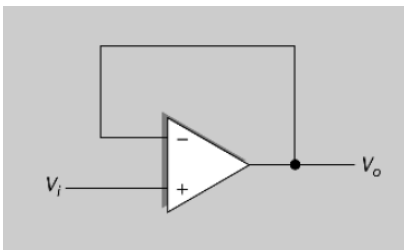


Figura 6- Seguidor de tensión

3.2. ELECCIÓN DE COMPONENTES

En el siguiente apartado se ha realizado un estudio de los diferentes tipos de componentes necesarios para elaborar el circuito.

Las características principales del sensor son:

- El rango de temperatura de trabajo es de 20 °C a 120 °C
- Con una precisión mínima de 1 °C

Tras analizar varios tipos de sensores, el sensor LM35AH/NOPB [10] es un firme candidato para nuestro diseño ya que este sensor cubre un rango de temperatura de -55°C a 150°C y ofrece una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$, cumpliendo así con los principales requisitos específicos de este TFG.

También se han considerado otras opciones, pero no cumplen las condiciones demandadas o introducen complicaciones innecesarias, con características más potentes que las requeridas. Las opciones descartadas han sido:

- TMP36 [11]: Con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$, no cumple con los requisitos de este TFG.
- DS18B20: Aunque es muy preciso, su necesidad de programación más extensa al hacer uso de la característica 1-Wire complica su integración.
- PT100: Ofrece un rango excesivo de temperatura de -200°C a 850°C , es más costoso debido a los materiales de construcción y sus prestaciones exceden nuestro TFG.

Por otra parte, el sensor LM35H/NOPB destaca por tener buena precisión, un tamaño compacto y una excelente disipación del calor dentro de la familia LM35, contando con la ventaja de que no utiliza plomo en su construcción (NOPB).

Las características del datasheet de este sensor son las siguientes: [12]

- Calibrado directamente en grados Celsius.
- Lineal + factor de escala de 10 mV/°C
- Precisión garantizada de 0,5 °C (a 25 °C)
- Precisión del sensor local (máx.) 0,5, 1
- Rango de temperatura de funcionamiento (°C) De -55 a 150
- Tensión de alimentación (min) (V) 4 --- 30 (máx.) (V)
- Corriente de alimentación (máx.) 114 (μA)
- Tipo de interfaz Salida analógica
- Ganancia del sensor 10 (mV/°C)

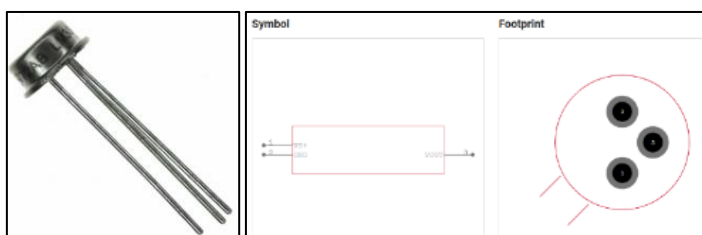


Figura 7- LM35H/NOPB

Para seleccionar el amplificador operacional y el seguidor de tensión adecuados, evaluamos varios modelos. Inicialmente consideramos el LM741 debido a su amplio rango de operación (-55 a 125 °C), estabilidad y precisión. Sin embargo, su corriente de polarización de entrada, que oscila entre 60 nA y 150 nA, excede los 50 nA máximos que medimos en nuestro circuito con un amperímetro. Por esta razón, optamos por amplificadores con menor corriente de polarización.

El LM124 y el LM358 ofrecen una corriente de polarización de entrada de solo 20 nA, lo que los hace más apropiados para nuestro diseño. Ambos modelos funcionaron bien en pruebas, pero el LM124 demostró mayor precisión. Además, el LM124 incluye cuatro amplificadores operacionales en un solo chip, lo que nos permite utilizar dos amplificadores y mantener los otros dos disponibles para futuras ampliaciones. Por estos motivos, elegimos el LM124 para nuestro proyecto.

- Rango de Voltaje de Alimentación: 3 V a 30 V (Fuente Simple).
- Corriente de Alimentación Mínima: 0,8 mA.
- Corriente de Salida por Canal: 25 mA.
- Rango de Voltaje de Entrada: Hasta ± 32 V.
- Ganancia de Voltaje: 100 dB.
- Corriente de Entrada Máxima: 50 mA.
- Corriente de Polarización: 20 nA.
- Temperatura de Funcionamiento: -55°C a 125°C

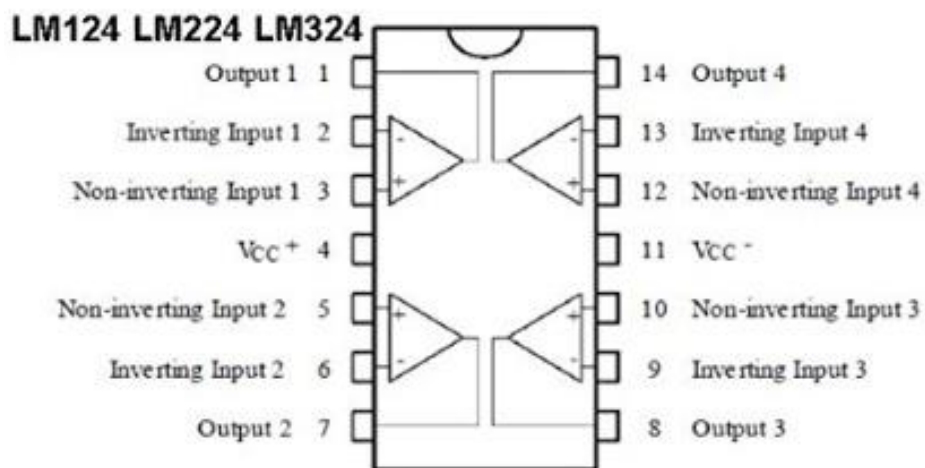


Figura 8- Esquema del AO LM124

3.3. ESQUEMA Y PRUEBA DE TEST DEL CIRCUITO

El esquema del circuito de medida y adaptación de temperatura la hemos realizado en Tina-TI.

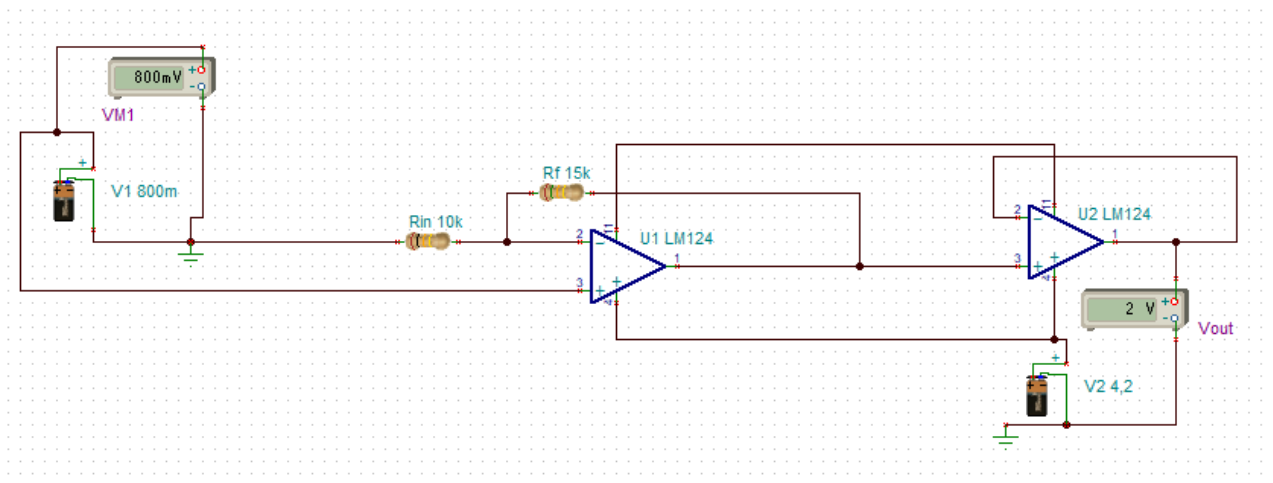


Figura 9- Esquemático del circuito de medida y adaptación de la temperatura.

Para simular la lectura del sensor, hemos empleado una fuente de tensión continua, aplicando la escala de 10 mV por grado °C para obtener los valores de temperatura necesarios.

Al amplificador operacional se le ha establecido un voltaje diferencial V_d de 4.2 V, para asegurar que los datos de la simulación se aproximen lo más posible a los valores calculados para este circuito.

La simulación se representa en la siguiente tabla:

Temperatura sensor	Vout Sensor	Vout AO Simulada	Vout AO calculada
20	200 mV	503,14 mV	500 mV
40	400 mV	1 V	1 V
60	600 mV	1,5 V	1,5 V
80	800 mV	2 V	2 V
100	1 V	2,5 V	2,5 V
120	1,2 V	3 V	3 V

Tabla 5- Valores de la tensión del sensor LM35 adaptada para enviar al ADC.

La simulación del sensor de temperatura entre 20 y 120 °C nos ofrece valores dentro de los admisibles por el ADC, por seguridad se analiza valor de temperatura de 150 °C que es la máxima que leerá el sensor LM35 y su Vout AO calculada es de 3,18 V muy por debajo del máximo del ADC que es de 3,6 V.

4. SELECCIÓN DEL MICROPROCESADOR

Una vez el circuito de adaptación está definido, elegimos el microprocesador adecuado para monitorizar la temperatura del sensor y controlar la activación o desactivación de la señal de alarma, mediante una antena de RF en modulación FSK a 868 MHz.

La misión del microprocesador de nuestro TFG es la de monitorizar las temperaturas que detecte el sensor y decidir según el algoritmo de programación que se le implemente si conecta las señales de alarma o las desconecta.

Existen numerosos fabricantes de microprocesadores en el mercado, pero tras analizar varios modelos, he decidido usar el PIC12LF1840T39A de Microchip considerándolo la opción más adecuada para este proyecto. Este microprocesador incluye un módulo de RF integrado que puede operar en la banda de 868 MHz y permite trabajar con modulación FSK, lo que nos permitirá la comunicación inalámbrica.

El PIC12LF1840T39A dispone de cinco pines de entrada/salida (E/S) y un pin dedicado exclusivamente a la entrada. De estos pines, uno de los pines de E/S será utilizado para recibir la señal del sensor a través del convertidor analógico-digital (ADC) del microprocesador. Una vez que el microprocesador haya procesado esta señal a través de su algoritmo interno, se utilizarán dos pines adicionales de E/S para controlar las señales de alarma.

Este microprocesador PIC12LF1840T39A nos permite una buena integración de las funciones de detección y activación necesario en nuestro sistema de alarmas con una respuesta rápida y precisa ante la detección de incendios en un formato reducido y compacto.

Otras opciones consideradas fueron:

- **El CC1310 de Texas Instruments:** Es adecuado para proyectos más complejos, su mayor costo y dificultad de programación no lo hacen tan conveniente para nuestro proyecto.
- **El ATtiny85 de Microchip:** Muy económico y compacto, pero ha sido descartado debido a la falta de una RF integrada.

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL MICROPROCESADOR

El PIC12LF1840T39A [13] es un microprocesador de 8 Bits de la familia XLP de Microchip Technology de bajo consumo con un transmisor RF integrado.

- Dispone de 49 instrucciones de memoria para el microprocesador, reloj interno de 32 MHz y ciclo de instrucción de 125 ns.
- Oscilador interno de precisión de 32 MHz.
- Voltaje de funcionamiento de 1,8 V - 3,6 V.
- Consumo en modo espera:
30 nA a 3V, RF apagada
530 nA a 3V RF Sleep
- Consumo en funcionamiento:
0,67 mA a 8 MHz, 3 V RF apagada
9,67 mA a 8 MHz, 3 V, RF encendida a 0 dBm
15,67 mA a 8 MHz, 3 V, RF encendida a +10 dBm
- Corriente del temporizador watchdog de baja potencia:
500 nA a 3 V
- Transmisión FSK para banda 868 MHz con salida configurable de +10 dBm a 0 dBm.
- Modulo comparador analógico.
- Modulo ADC de 4 canales, 10 bits resolución, modulo DAC 1 canal 5 bits.
- 5 pines E/S y 1 pin de solo entrada.
- 2 Timers de 8 Bits y 1 Timer de 16 bits
- Memoria:
- Memoria Flash 4 KB.
- Memoria SRAM 256 bytes.
- Memoria EEPROM 256 bytes.
- Diagrama de pines de PIC12LF1840T39A.

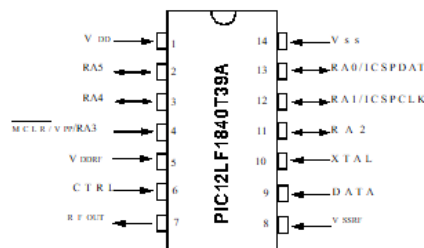


Figura 10- PIC12LF1840T3aA

Device	Program Memory Flash (words)	Data Memory EEPROM (Bytes)	Data Memory SRAM (Bytes)	IOs ⁽¹⁾	10-bit ADC (ch)	CapSense (ch)	Comparators	Timers (8/16-bit)	EUSART	MSSP (fC ^(M) /SPL)	ECCP (Half-Bridge)	SF Latch	RF Transmitter	Debug ⁽²⁾
PIC12LF1840T39A	4K	256	256	6	4	4	1	2/1	1	1	1	Yes	Yes	1

Figura 11- Características del PIC12LF1840T39A

5. DISEÑO DEL CIRCUITO DE ADAPTACIÓN DE LAS SALIDAS

En esta sección se llevará a cabo el estudio de los componentes y el diseño del circuito de control de las salidas del sistema. Posteriormente, se analizará y simulará para asegurar su correcto funcionamiento, siguiendo las indicaciones del TFG.

El circuito de control de salidas, activará una señal acústica y una señal visual intermitente de pulso cuadrado de 1 segundo, cuando el sensor de temperatura detecte un valor superior a 60 °C durante 10 segundos. Las señales de alarma no se detendrán hasta que el sensor detecte que la temperatura ha descendido por debajo de los 40 °C durante 10 segundos.

Para conectar las señales de alarma, es necesario un dispositivo intermedio que permita que la señal del microprocesador pueda controlar la activación de una tensión de 220 V AC. El componente que puede cumplir esta función son los relés, para que el microprocesador pueda excitar la bobina de un relé será necesario el uso de un transistor que adapte la señal a la corriente de la bobina del relé, permitiendo entonces cerrar su contacto y conectar la tensión de 220 V a los sistemas de alarma. De este modo, se separará en dos partes el circuito, la primera parte será la de mando que excitará la bobina del relé y la segunda será la de potencia por donde circulará la tensión de 220 V por los contactos del relé hacia las señales de alarma, consiguiendo separar los dispositivos que operan a diferente potencial.

Para adaptar la tensión e intensidad del microprocesador y actuar adecuadamente sobre la bobina del relé, se utilizará un transistor BJT, que también funcionará como un interruptor. La señal del microprocesador se enviará a la base del transistor, pasando primero por una resistencia de base para ajustar la corriente de base y permitir que el transistor entre en modo saturación. Esto permitirá que la corriente circule del colector al emisor y excite la bobina del relé. Cuando el microprocesador decida detener el relé, pondrá a cero la base del transistor, haciendo que el transistor entre en modo corte y detenga la circulación de corriente del colector al emisor, no excitando así la bobina del relé.

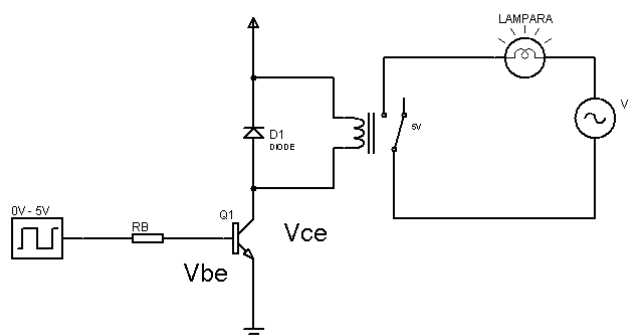


Figura 12- Esquema del relé comandado mediante transistor [14]

5.1. ELECCIÓN DE COMPONENTES

Para diseñar el circuito, es necesario seleccionar los diferentes componentes que se utilizarán. El primer elemento a elegir es el transistor, que será el encargado de excitar la bobina del relé. Optaremos por un transistor BJT NPN 2N3904.

Los elementos del circuito de control son los siguientes:

- **Transistor NPN 2N3904:** con las siguientes características [13]:
 - Tipo: NPN (Negativo-Positivo-Negativo)
 - Voltaje Colector-Emisor (V_{ce}): 40 V.
 - Corriente de Colector (I_c): 200 mA (máxima corriente continua)
 - Ganancia de Corriente (h_{FE}): 100-300
 - Tensión Base-Emisor de saturación: 0,7 V
 - Encapsulado: TO-92

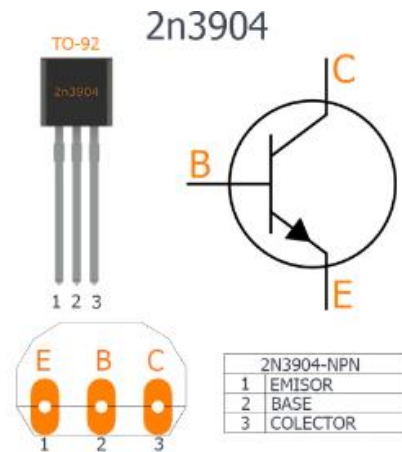


Figura 13- Transistor NPN 2N3904

El transistor deberá adaptar la corriente de colector a la corriente nominal de la bobina del relé. Para ello, será necesario calcular la corriente de base para determinar la resistencia de base que usará nuestro transistor. La corriente máxima del colector es de 200 mA y el voltaje máximo del colector es de 40 V. Estos valores serán considerados al seleccionar el relé y al calcular la resistencia de base del transistor, la intensidad de base y el valor de la intensidad del colector en función de su factor beta o ganancia, que varía entre 100 y 300.

También añadiremos un diodo para eliminar las tensiones negativas que se generan cuando la bobina del relé se desconecta. Este diodo se colocará en paralelo con la bobina del relé, con el cátodo conectado a la alimentación y el ánodo conectado al colector. Emplearemos el diodo 1N4007, ya que es lo suficientemente robusto para soportar las demandas del relé que utilizaremos.

- Voltaje inverso máximo (V_R) 1000 V
- Corriente directa máxima (I_F) 1 A
- Caída de voltaje directo (V_f) 1,1 V
- Corriente de sobretensión máxima 30 A
- Corriente inversa (I_r) 5 μ A

- Rango de temperatura operativa -55°C a 150°C
- Tipo de encapsulado DO-41

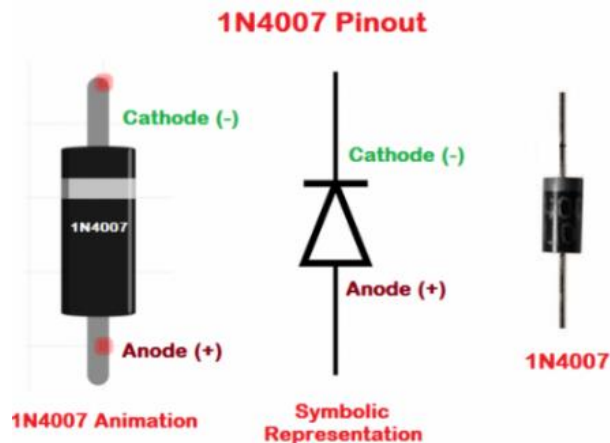


Figura 14- Diodo 1N4007 [15]

Para poder hacer llegar la tensión de 220 V controlados por los 3,6 V del microprocesador utilizaremos relés, estos dispositivos permiten abrir o cerrar sus contactos cuando se le aplica una excitación eléctrica a su bobina. Un relé está compuesto por una bobina y un número variable de contactos (normalmente abiertos o normalmente cerrados, NA o NC). Cuando se aplica la tensión correcta a la bobina, cambia el estado de sus contactos, permitiendo o impidiendo la circulación de corriente según si los contactos son NA o NC.

Se selecciona el relé OMRON G3MB-202P ya que su tamaño reducido y su diseño simple lo hace idóneo para un circuito como el nuestro. He estudiado otros relés, pero su tamaño o características no me han convencido, Schneider Electric RXG21M7 corriente excesiva 5 A, OMRON G6K-2P-Y 1 A, trabaja a 125 V su bobina primaria.

El funcionamiento del relé OMRON G3MB-202P será el siguiente, cerrará su contactor, permitiendo la circulación de una tensión de 220 VAC cuando se le aplique un mínimo de 2,2 V y una corriente entre 7 y 20 mA en las bornas de su bobina. Es importante no sobrepasar los 2,4 V ni los 20 mA, ya que podría dañar su bobina. El relé abrirá su contacto cuando la tensión aplicada a su bobina sea inferior a 0,25 V o la corriente sea menor de 7 mA. Los contactos del relé permitirán hacer llegar 220 V AC y hasta 60 W a las señales de alarma.

Características del relé OMRON G3MB-202P:

- Voltaje de bobina nominal 2,4 VDC
- Corriente de la bobina nominal 7 mA-20 mA
- Potencia estimada en la bobina 144 mW
- Resistencia en la bobina 40 Ω
- Resistencia del conmutador abierto 100 Ω
- Tensión de encendido 2,2 VDC
- Tensión de apagado 0,5 VDC
- Corriente en el contacto 2 A
- Voltaje de conmutación máx. 250 VCA, 220 VCC
- Potencia de conmutación 60 W

- Temperatura de trabajo -40°C a 85°C

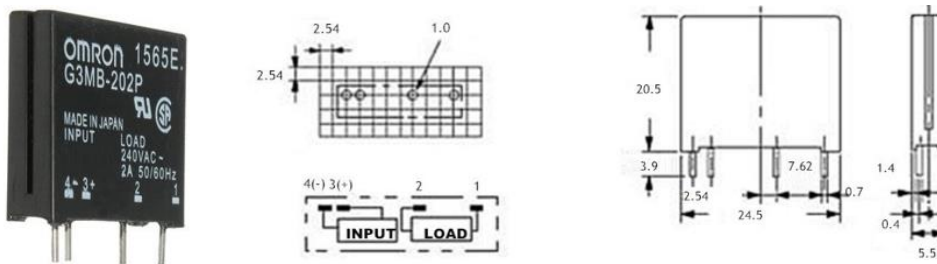


Figura 15- Relé OMRON G3MB-202P

Para diseñar nuestro circuito, es necesario calcular los valores que aseguren el correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos. La corriente del colector que el transistor 2N3904 es capaz de soportar, permite el uso de los valores necesarios para la activación de la bobina del relé OMRON $I_c = 7 - 20 \text{ mA}$, el valor I_c junto al valor de la Ganancia del transistor nos permitirá obtener el valor de la corriente de base.

$$I_B = \frac{I_c}{G} = \frac{20 \text{ mA}}{100} = 0,2 \text{ mA.} \quad (3)$$

Ahora conociendo el valor de la tensión base-emisor de 0.7 V del transistor y la tensión de entrada (V_{in}) de la señal del microprocesador de 3,6 V, junto con la corriente de base (I_b) calculada anteriormente, podemos determinar el valor de las resistencias de base:

$$R_{B_{sirena}} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{3,6 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{0,2 \text{ mA}} = 11,6 \text{ K} = 2 \text{ K } R_B \text{ transistor de la sirena.} \quad (4)$$

$$R_{B_{bombilla}} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{1,8 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{0,2 \text{ mA}} = 5,5 \text{ K} = 5,6 \text{ K } R_B \text{ transistor de la bombilla.}$$

(5)

Una vez calculados los valores de los elementos necesarios para configurar el circuito lo representamos con el programa Tina-TI:

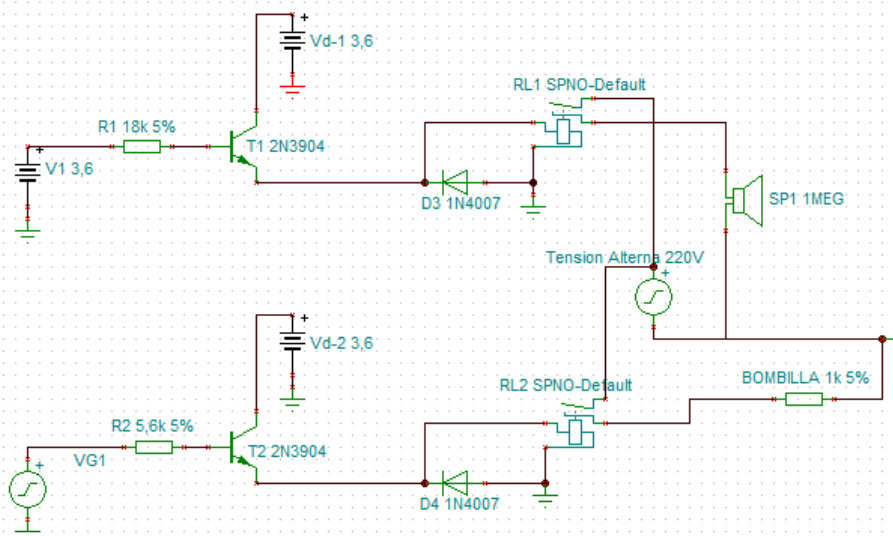


Figura 16- Esquema del circuito de control de las salidas

En la siguiente grafica analizamos el circuito cuando el microprocesador envía una señal de alarma, se han colocado dos amperímetros que miden la I_{Base} y la I_{Emisor} del transistor del circuito de la bombilla, donde se puede apreciar como al pasar la señal cuadrada de la bombilla (VG1) a 0 V, la corriente de los dos amperímetros pasan a 0, desconectando la bobina del relé y por tanto cortando la alimentación de 220 V de la bombilla, al pasar su contacto de cerrado a abierto, cuando la señal cuadrada vuelva a 3,6 V se volverá a activar bombilla.

La señal acústica una vez el microprocesador envía la señal de alerta se conecta la sirena por medio del relé que queda activo hasta que se pase a señal de no alarma.

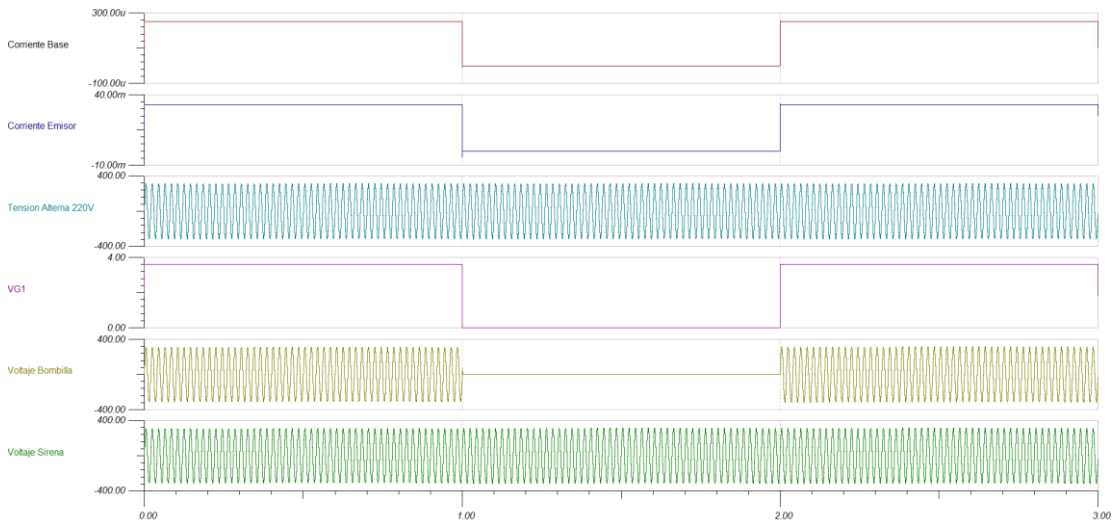


Figura 17- Simulación del funcionamiento del circuito en modo alarma.

Para la simulación del circuito en modo no alarma se eliminan las fuentes de alimentación que simulan la señal del microprocesador, en modo no alarma el microprocesador está en stand by monitorizando y analizando los datos del sensor y no envía tensión alguna a la base de los transistores, por tanto, estarán en modo corte y los relés desconectados con lo cual sus contactos estarán abiertos no permitiendo la circulación de los 220 V a la bombilla ni a la sirena.

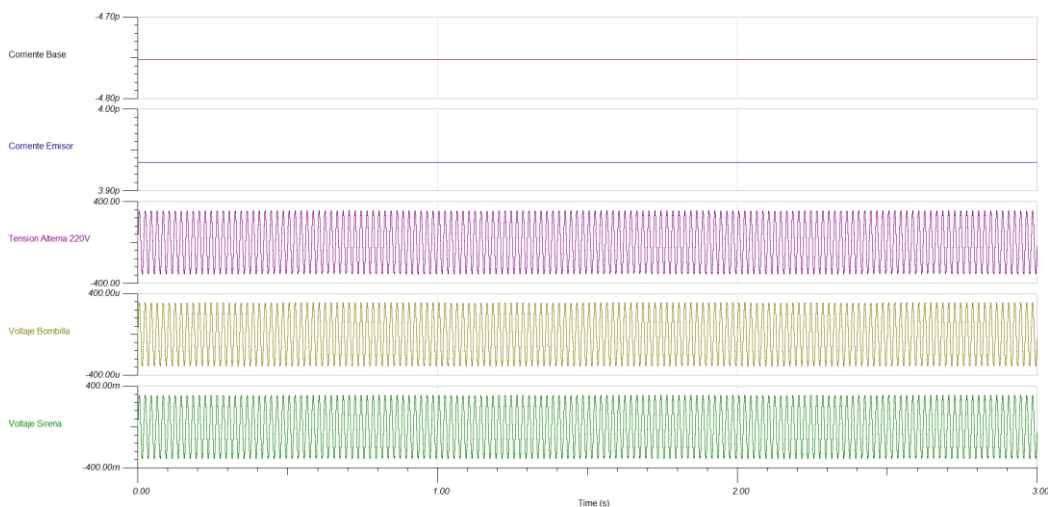


Figura 18- Simulación del funcionamiento del circuito en modo no alarma.

Para simular la señal del microprocesador se ha utilizado una fuente DC de 3,6 V para la sirena, para la fuente de alimentación de la bombilla y la fuente de alimentación de 220 V se ha realizado los siguientes ajustes para su configuración:

En la fuente de señal cuadrada de la bombilla, su periodo está compuesto por dos ciclos, un ciclo alto y un ciclo bajo y la cadencia de nuestra fuente debe de ser un segundo a 3,6 V y el otro a 0 V, sumando los dos ciclos obtenemos un periodo $T = 2$ segundos.

$$\text{Por tanto } f = \frac{1}{T} = 0,5 \text{ Hz o } 500 \text{ mHz}$$

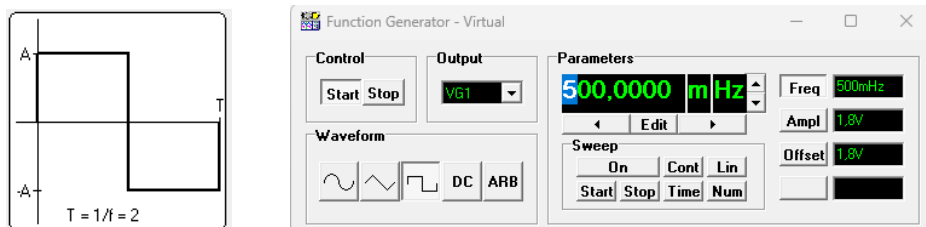


Figura 19- Onda cuadrada y configuración fuente bombilla

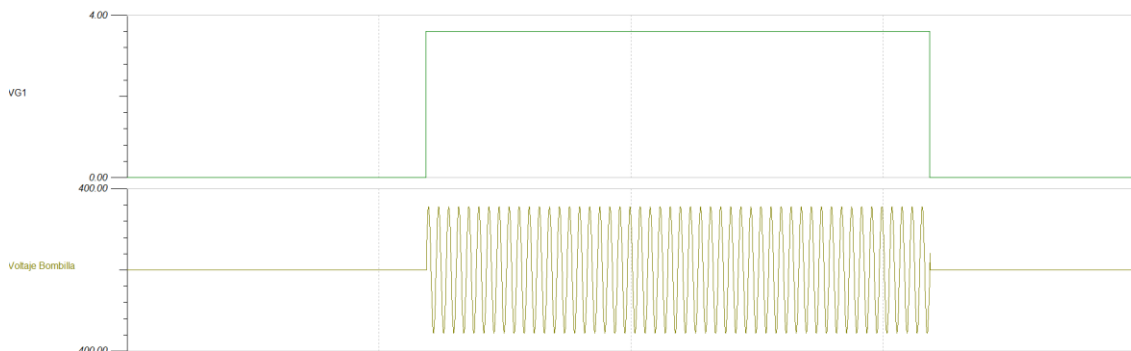


Figura 20- Señal cuadrada VG1 y Bombilla en osciloscopio.

La señal cuadrada se ha configurado con una amplitud de 1,8 V y un offset de 1,8 V para eliminar la parte negativa y que trabaje de 0 a 3,6 V.

Para la fuente de tensión de 220 V alterna de 50 HZ se ha tenido que configurar la tensión ya que al ser una señal sinusoidal en alterna para conseguir una tensión de 220 V real se ha tenido que tener en cuenta sus tensiones de pico.

$$V_{\text{-pico}} = V_{\text{efectiva}} \times \sqrt{2} = 220 \text{ V} \times \sqrt{2} = 311,88 \text{ V} \approx 312 \text{ V} \quad (6)$$

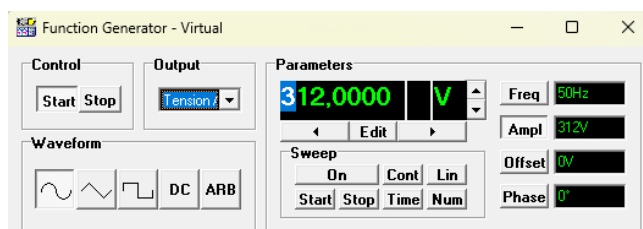


Figura 21- Configuración Fuente alimentación 220 V

6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL

A continuación, vamos a realizar el código de programación para el correcto funcionamiento del programa de control encargado de la gestión del sistema contra incendios.

Para realizarlo se dibujará el diagrama de flujo del programa de control que actuará de la siguiente manera:

El programa de control al iniciarse comenzará con (Estado alarma, la sirena y la señal intermitente desactivadas y los contadores de temperatura a cero). El programa leerá el primer valor de temperatura y según sea su valor pasará a uno de estos dos estados.

En el primer estado si la temperatura supera los 60 °C, se incrementará el contador de temperatura alta y se pondrá a cero el contador de temperatura baja, si el contador de temperatura alta una vez incrementado es igual o mayor a 10 activará Estado alarma, la Sirena y la señal intermitente, en caso contrario leerá un nuevo valor de temperatura.

En el segundo estado si la temperatura es inferior a 40°C, se incrementa el contador de temperatura baja y se pondrá a cero el de temperatura alta, si el contador de temperatura baja una vez incrementado es igual o mayor a 10 desactivará Estado alarma, la Sirena y la señal intermitente, en caso contrario leerá un nuevo valor de temperatura.

DIAGRAMA DE FLUJO:

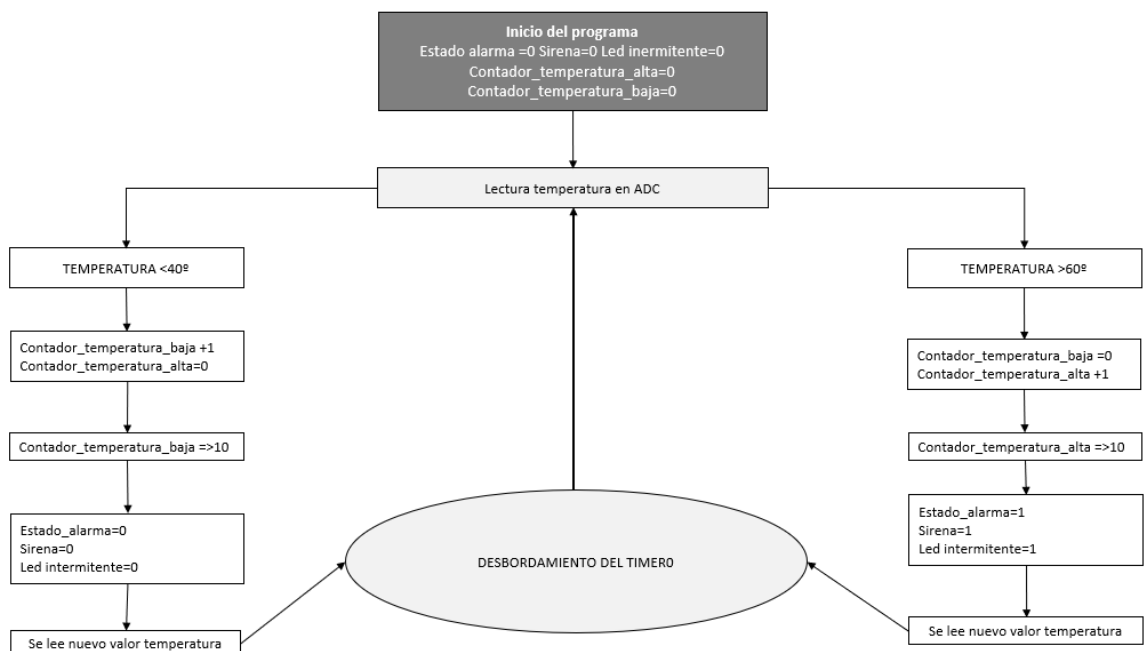


Figura 22- Diagrama de flujo del programa

Tras elaborar el diagrama de flujo procederemos a configurar los registros que necesita el programa para funcionar correctamente.

Timer0(a)

El uso del Timer0 nos va a permitir generar la señal de pulso cuadrado para la activación de la bombilla. También su configuración nos permitirá que el programa obtenga el valor de un segundo de manera constante y evitar que la monitorización se detenga o se activen o desactiven las alarmas en caso de que sea necesario.

$$T = \frac{4}{F_{osc}} * preescaler * (256 - Timer0) \quad (7)$$

* Operating Speed:
 - DC - 32 MHz oscillator/clock input
 - DC - 125 ns instruction cycle

Obtenemos los valores requeridos del PIC12LF1840T39A [13], su ciclo de instrucción es de 125 ns, con una frecuencia de 32 MHz, el Preescaler lo conseguimos revisando la tabla 6 donde se nos recomienda elegir el Fosc/32, el cual no transgrede el tiempo mínimo requerido por el TAD, para su cálculo tomamos una temporización de 1 ms y así podemos calcular el timer0 necesario despegándolo de la ecuación anterior:

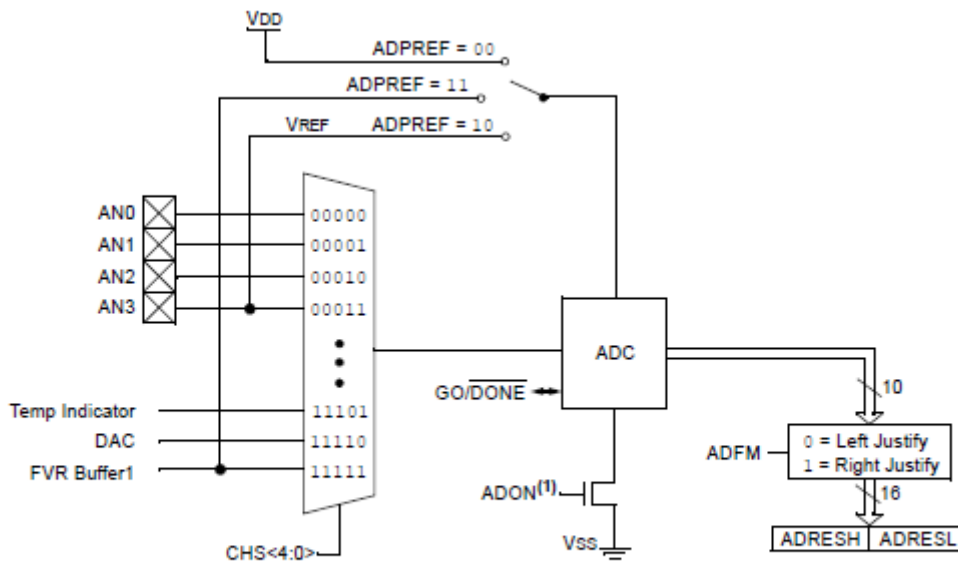
$$Timer0 = 256 - \frac{T}{\frac{4}{F_{osc}} * preescaler} = 256 - \frac{1ms}{125ns * 32} = (256 - 250) = 6 \quad (8)$$

ADC Clock Period (TAD)		Device Frequency (FOSC)					
ADC Clock Source	ADCS<2:0>	32 MHz	20 MHz	16 MHz	8 MHz	4 MHz	1 MHz
Fosc/2	000	62.5ns ⁽²⁾	100 ns ⁽²⁾	125 ns ⁽²⁾	250 ns ⁽²⁾	500 ns ⁽²⁾	2.0 µs
Fosc/4	100	125 ns ⁽²⁾	200 ns ⁽²⁾	250 ns ⁽²⁾	500 ns ⁽²⁾	1.0 µs	4.0 µs
Fosc/8	001	0.5 µs ⁽²⁾	400 ns ⁽²⁾	0.5 µs ⁽²⁾	1.0 µs	2.0 µs	8.0 µs ⁽³⁾
Fosc/16	101	800 ns	800 ns	1.0 µs	2.0 µs	4.0 µs	16.0 µs ⁽³⁾
Fosc/32	010	1.0 µs	1.6 µs	2.0 µs	4.0 µs	8.0 µs ⁽³⁾	32.0 µs ⁽³⁾
Fosc/64	110	2.0 µs	3.2 µs	4.0 µs	8.0 µs ⁽³⁾	16.0 µs ⁽³⁾	64.0 µs ⁽³⁾
FRC	x11	1.0-6.0 µs ^(1,4)	1.0-6.0 µs ^(1,4)	1.0-6.0 µs ^(1,4)	1.0-6.0 µs ^(1,4)	1.0-6.0 µs ^(1,4)	1.0-6.0 µs ^(1,4)

Tabla 6- Periodos de reloj ADC (TAD) VS Frecuencias de funcionamiento del FOSC.

Al cargar en el timer0 el valor de 6 se realizará un desbordamiento cada 1 ms, así cada 1000 interrupciones obtendremos el valor de 1 s y se podrá utilizar como medida de tiempo para diferentes partes del programa.

Después de conseguir configurar el Timer0 y provocar un desbordamiento cada 1 ms obteniendo una medida de tiempo 1 s el siguiente paso será enviar la señal del sensor a nuestro microprocesador mediante su ADC.



Note 1: When ADON = 0, all multiplexer inputs are disconnected.

Figura 23- Diagrama del bloque ADC referencial datasheet pic12lf1840t39A

El diagrama de bloques del microprocesador muestra los pines analógicos y las opciones de referencia de voltaje para el ADC, controlados mediante combinaciones de bits específicos. La conversión se gestiona a través de los bits ADON y GO/DONE, y el resultado se guarda en los registros ADRESH/ADRESL, con la justificación configurada por el bit ADFM.

Para la configuración del ADC se utilizarán los registros de control ADCON0 y ADCON1.

U-0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0
—	CHS<4:0>				GO/DONE	ADON	
bit 7						bit 0	

Figura 24- Registro ADCON0.

Bit 7 no tiene implementación, se lee como 0.

Los bits 6-2 según su estado nos permitirán configurar los pines según precisemos para nuestro algoritmo.

- bit 6-2 CHS<4:0>: Analog Channel Select bits
- 00000 = AN0
 - 00001 = AN1
 - 00010 = AN2
 - 00011 = AN3
 - 00100 = Reserved. No channel connected.
 -
 -
 - 11100 = Reserved. No channel connected.
 - 11101 = Temperature Indicator⁽³⁾.
 - 11110 = DAC output⁽¹⁾
 - 11111 = FVR (Fixed Voltage Reference) Buffer 1 Output¹

El bit 1 es el GO/DONE que nos indicará el estado en que se encuentra la conversión, en 1 la conversión A/D ciclo en progreso y en 0 la conversión A/D estará completada.

El bit 0 ADON indica el estado del ADC, si está conectado = 1 y si está desconectado = 0.

R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	U-0	U-0	R/W-0/0	R/W-0/0
ADFM	ADCS<2:0>			—	—	ADPREF<1:0>	
bit 7							bit 0

Figura 25- Registro ADCON1.

En el bit 7 encontramos el registro ADFM cuando este a 0 justificará a la izquierda poniendo a 0 los 6 bits menos significativos de ADRESL cuando realice el ADC la conversión y si está a 1 justificará a la derecha poniendo a cero los 6 bits más significativos de ADRESH al finalizar conversión.

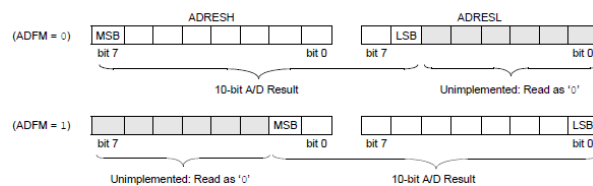


Figura 26- Registro ADRESH y ADRESL según valor de ADFM

Los bits 6-4 nos permitirán seleccionar el reloj de conversión (Preescaler) según sea el estado de sus bits (6:5:4).

- ADCS<2:0>**: A/D Conversion Clock Select bits
- 000 = Fosc/2
 - 001 = Fosc/8
 - 010 = Fosc/32
 - 011 = FRC (clock supplied from a dedicated RC oscillator)
 - 100 = Fosc/4
 - 101 = Fosc/16
 - 110 = Fosc/64
 - 111 = FRC (clock supplied from a dedicated RC oscillator)

Bits 3-2 no tienen implementación se leen como 0.

Bits (1:0) Voltaje de referencia del ADC

00 = V_{ref} está conectado como VDD.

01 = Reservado.

10 = V_{ref} está conectado al pin 3 Vref externa.

11 = V_{ref} valor interno fijo de voltaje referencia FVR.

Otros registros importantes son los registros TRISA y ANSELA:

ANSELA configurará los pines en analógicos = 1 o digitales = 0, cuatro pueden ser configurados (AN0, AN1, AN2, AN4) tanto en analógico como digital, el bit 3 se lee siempre como 0.

U-0	U-0	U-0	R/W-1/1	U-0	R/W-1/1	R/W-1/1	R/W-1/1
—	—	—	ANSA4	—	ANSA2	ANSA1	ANSA0
bit 7							bit 0

Figura 27- Registro ANSELA

TRISA configurara los pines AN0, AN1, AN2, AN4 entre entradas o salidas según sea su bit Entradas = 1 y Salidas = 0, el pin AN3 siempre es entrada.

U-0	U-0	R/W-1/1	R/W-1/1	R-1/1	R/W-1/1	R/W-1/1	R/W-1/1
—	—	TRISA5	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0
bit 7							bit 0

Figura 28- Registro TRISA

Ahora configuraremos el canal de entrada del ADC para que pueda convertir la señal del sensor analógica en digital en el PIC12LF1840T39A:

En el registro TRISA se coloca el bit TRISA0 = 1 se configura como entrada RA0.

En el registro ANSELA se coloca el bit ANSA0 = 1 se configura RA0 como analógico.

Valores ADCON0 inicio conversión:

En el registro ADCON0 se colocan los bits (6:2) como CHS= 00000 y se conecta ADC ADON=1, el GO/DONE en 0 ya que no está iniciada ninguna conversión.

U-0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0
—	CHS<4:0>					GO/DONE	ADON

0	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

ADCON0: 0b00000001 → 0x01

Valores ADCON1 inicio conversión:

ADFM = 1 se justifica a la derecha y el ADCS = 010 Fosc/32 los bits 3 y 2 siempre a 0 y se referencia a VDD, ADPREF = 00.

R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	U-0	U-0	R/W-0/0	R/W-0/0
ADFM	ADCS<2:0>			—	—	ADPREF<1:0>	

1	0	1	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

ADCON1: 0b10100000 → 0x20

El tiempo de conversión empleado en cada conversión es el siguiente:

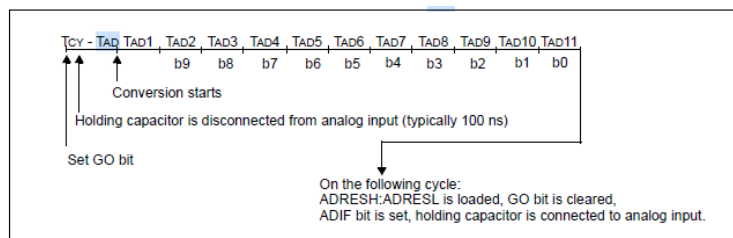


Figura 29- Ciclos de conversión TAD de analógico a digital

$$T_{conv} = 1T_{CY} + 100ns + (11TADs) = \frac{4}{32MHz} + 100ns + 11 \frac{32}{32MHz} \mu s = 11,225 \mu s. \quad (9)$$

6.1. LISTADO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR.

Para realizar las configuraciones de los registros y de la cabecera del programa he utilizado la herramienta MCC de MPLAB mediante su interfaz gráfica.

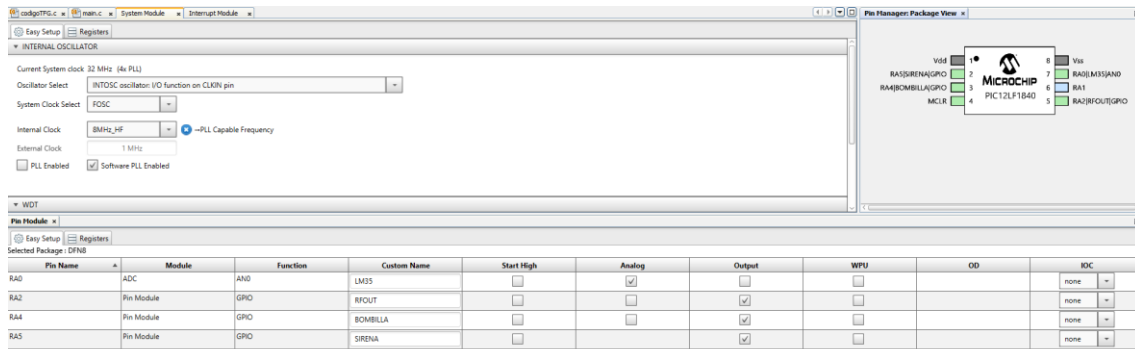


Figura 30- Interfaz Gráfica de MCC de MPLAB.

PROGRAMACION PIC12LF1840T39A.

Bibliotecas importadas y cabecera realizada con el MCC de MPLAB X IDE según mis especificaciones para el PIC12LF184039A.

```
#include <xc.h>
#include "mcc_generated_files/mcc.h"
```

Definición de constantes que se utilizan en el programa.

```
#define TEMP_UMBRAL_ALTA 60
#define TEMP_UMBRAL_BAJA 40
#define RECARGA_TIMER0 6
#define XTAL_FREQ 32000000 // Frecuencia del oscilador (32 MHz)
```

Definición de variables globales

```
volatile int contador_PULSO = 0;
volatile int contador_10s = 0;
volatile int contador_temperatura_alta = 0;
volatile int contador_temperatura_baja = 0;
volatile int estado_alarma = 0;
```

Declaración de funciones que se utilizan en el código.

```
void inicializar_osc(void);
void inicializar_Timer0(void);
void inicializar_ADC(void);
unsigned int leer_ADC(void);
float convertir_temperatura(int);
void __interrupt() ISR(void);
```


Configuración del oscilador interno

Configura el oscilador a 4MHz.

```
void inicializar_osc(void) {  
    //Configurar el oscilador interno a 8 MHz con 4xPLL activado  
    //IRCF = 1110 (8 MHz) y SCS = 10 (Oscilador interno)  
    OSCCON = 0b11110010;  
}
```

Configuración del Timer0 con Prescaler de 1:4

Configura el Timer0 para usar un Prescaler de 1:4 y carga el valor inicial de 6 para lograr una interrupción cada 1ms.

```
void inicializar_Timer0(void) {  
    //Configurar Timer0  
    OPTION_REG = 0b00000001; // Prescaler 1:4, fuente de reloj Fosc/4  
    TMR0 = RECARGA_TIMER0;  
    INTCONbits.TMR0IE = 1; // Habilitar interrupción de Timer0  
    INTCONbits.GIE = 1; // Habilitar interrupciones globales  
}
```

Configuración del ADC

Configura el ADC para leer el valor del LM35 conectado al pin AN0.

```
void inicializar_ADC(void) {  
    //Configurar ADC  
    ADCON0 = 0b00000001; // ADC habilitado, canal AN0 seleccionado  
    ADCON1 = 0b10100000; // Justificación a la derecha, Fosc/32, referencia de voltaje VDD  
}
```

Lectura del ADC

Realiza la lectura del valor ADC y combina ADRESH y ADRESL para formar un valor de 10 bits.

```
unsigned int leer_ADC(void) {  
    //Iniciar conversión ADC  
    __delay_us(10); // Tiempo de adquisición  
    ADCON0bits.GO_nDONE = 1; // Iniciar conversión ADC  
    while (ADCON0bits.GO_nDONE); // Esperar a que termine la conversión  
    unsigned int resultado = (ADRESH << 8) + ADRESL;  
    return resultado; // Devuelve resultado ADC  
}
```

Conversión del ADC

Convierte el valor del ADC en un valor de temperatura en °C.

```
float convertir_temperatura(int adc_value) {  
    float voltaje = adc_value * (5.0f / 1023.0f); // Convertir ADC a voltaje  
    return voltaje * 100.0f; // Convertir voltaje a temperatura en °C  
}
```

Interrupción y Temporización del Timer0

Maneja la interrupción del Timer0, utilizando el valor de carga de 6 para desbordamiento cada 1ms. Controla el pulso del LED intermitente y maneja la lógica de temporización de 10 segundos.

```
void __interrupt() ISR() {  
    if (INTCONbits.TMR0IF) {  
        TMR0 = RECARGA_TIMER0; // Recargar Timer0  
        INTCONbits.TMR0IF = 0; // Limpiar bandera de interrupción  
        // Incrementar contador para el LED intermitente  
        __delay_ms(1);  
    }  
}
```

Bucle principal y lógica de temperatura

En el bucle principal, se lee el valor de ADC y se convierte a temperatura. Se manejan los contadores de temperatura para activar y desactivar los Leds según la lógica especificada.

```
void main(void) {  
    // Configuración inicial  
    inicializar_osc();  
    inicializar_Timer0();  
    inicializar_ADC();  
  
    // Configuración de los pines del LED intermitente y Sirena  
    TRISAbits.TRISA4 = 0; // LED intermitente (RA4)  
    TRISAbits.TRISA5 = 0; // Sirena (RA5)  
  
    while(1) {  
        unsigned int adc_value = leer_ADC();  
        float temperatura = convertir_temperatura(adc_value);  
  
        if (temperatura > TEMP_UMBRAL_ALTA) {  
            contador_temperatura_alta++; // Incrementa en 1 el valor temperatura alta  
            contador_temperatura_baja = 0; // Resetear indicador de temperatura baja  
        } else if (temperatura < TEMP_UMBRAL_BAJA) {  
            contador_temperatura_baja++; // Incrementa en 1 el valor temperatura baja  
            contador_temperatura_alta = 0; // Resetear indicador de temperatura alta  
        }  
  
        if (contador_temperatura_alta >= 10) {  
            estado_alarma = 1;  
        } else if (contador_temperatura_baja >= 10) {  
            estado_alarma = 0;  
        }  
  
        if (estado_alarma) {  
            LATAbits.LATA5 = 1; // Activar Sirena  
            if (contador_PULSO % 2 == 0) {  
                LATAbits.LATA4 = !LATAbits.LATA4; // Alterna intermitencia de 1 segundo  
            }  
        } else {  
            LATAbits.LATA5 = 0; // Desactiva Sirena  
            LATAbits.LATA4 = 0; // Desactiva Led intermitente  
        }  
    }  
}
```

Simulación del código.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
LATA4	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
LATA5	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
estado_alarma	file:C:\Users\ESU\Desktop\PIC12\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
adc_value	unassigned int	0x0098	0x0098	155	00000000 10011011
ADRESL	SFR	0x98	0x98	155	10011011
temperatura	float	75.268814	0x42688A12	1117161890	01000010 10010110 10001001 10100010

Se detecta temperatura de 75,26 grados y el contador_temperatura_alta se actualiza a 1 al comparar temperatura con la TEMP_UMBRAL_ALTA, el valor leído por el ADC 155 se actualiza con los valores en ADRESH 10011011 y ADRESL 00000000.

```
99      .....if (temperatura > TEMP_UMBRAL_ALTA) {
```

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
LATA4	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
LATA5	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
estado_alarma	file:C:\Users\ESU\Desktop\PIC12\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
ADRESH	SFR	0x01	0x01	1	00000001
adc_value	unassigned int	0x0136	0x0136	310	00000001 00110110
ADRESL	SFR	0x36	0x36	54	00110110
temperatura	float	75.757376	0x42978E1	111722953	01000010 10010111 10000011 11100001
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0002	0x0002	2	00000000 00000010

En el siguiente segundo se recibe otro valor por encima de 60 grados, 75,76 grados el contador_temperatura_alta se actualiza a 2 y el valor del ADC 00000001 00110110 se carga en ADRESH 00000001 y ADRESL 00110110.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
LATA4	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
LATA5	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
estado_alarma	file:C:\Users\ESU\Desktop\PIC12\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0003	0x0003	3	00000000 00000011
ADRESH	SFR	0x02	0x02	2	00000010
adc_value	unassigned int	0x29C	0x29C	428	00000010 01101100
ADRESL	SFR	0x9C	0x9C	156	01101100
temperatura	float	151.51515	0x43176E1	1129614961	01000011 00010111 10000011 11100001

En el tercer segundo se recibe un valor de 151,51 grados que actualiza ADRESL 01101100 y ADRESH 00000010 con el valor del ADC 00000010 01101100 y el contador_temperatura_alta pasa a 3.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
LATA4	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
LATA5	unassigned char	0x00	0x00	0	00000000
estado_alarma	file:C:\Users\ESU\Desktop\PIC12\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\ESU\Desktop\int	0x0009	0x0009	9	00000000 00001001
adc_value	unassigned int	0x09E	0x09E	158	00000000 10011100
ADRESL	SFR	0x9E	0x9E	158	10011100
temperatura	float	76.73509	0x429976E	1117354079	01000010 10011001 01110000 01011110

La temperatura sigue recibiendo temperaturas por encima de los 60 grados y el contador pasados 9 segundos actualiza el contador_temperatura_alta a 9 y el ADC sigue actualizando los valores de ADRESL y ADRESH.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
estado_alarma	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x000A	0x000A	10	00000000 00001010
adc_value	unsigned int	0x001F	0x001F	31	00000000 00011111
LATABits.LAT5	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
LATABits.LAT4	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
ADRESL	SFR	0x1F	0x1F	31	00011111
temperatura	float	76.73509	0x4299795E	111739479	01000010 10011001 01110000 01011110

Transcurren 10 segundos con temperaturas por encima de los 60 grados el contador_temperatura_alta llega a 10 segundos y activa el estado_alarma y activa las salidas LATABitsLAT5 = 1 (Sirena Pin RA5) y LATABitsLAT4 = 1 (Led intermitente Pin RA4). Se ha realizado la comparación con la TEMPERATURA_ALTA_UMBRAL e inicia una nueva conversión en el ADC.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
LATABits.LAT4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
estado_alarma	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0022	0x0022	34	00000000 00101010
adc_value	unsigned int	0x0022	0x0022	34	00000000 00101010
ADRESL	SFR	0x22	0x22	34	00100010
temperatura	float	15.151516	0x41726C9C	1098017948	01000001 01110010 01101100 10011100
LATABits.LAT5	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
estado_alarma	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001

En el siguiente ciclo se recibe la primera temperatura por debajo de los 40 grados, el valor estado_alarma seguirá activo, LATABits.LAT5 = 1 (Sirena) pero el LATABits.LAT4 = 0 Led intermitente se desconecta durante este ciclo de 1s, el contador_temperatura_alta pasa a 0 y el contador_temperatura_baja se pone a 1.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
estado_alarma	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0002	0x0002	2	00000000 00000010
adc_value	unsigned int	0x0025	0x0025	37	00000000 00101011
LATABits.LAT5	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
LATABits.LAT4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
ADRESL	SFR	0x25	0x25	37	00101011
temperatura	float	16.417792	0x418F13D	1099231549	01000001 10000100 11110001 00111101

Se detecta la siguiente temperatura baja y se activa contador_temperatura_baja a 2 el contador_temperatura_alta seguirá a 0, la salida LATABits.LAT5 sigue conectada (Sirena) y LATABits.LAT4 se conecta de nuevo en este nuevo ciclo cumpliendo el pulso de intermitencias de 1 segundo requerido en la señal lumínica.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
LATABits.LAT4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
estado_alarma	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0003	0x0003	3	00000000 00000011
LATABits.LAT5	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
ADRESL	SFR	0x25	0x25	37	00101011

Con la llegada de la siguiente temperatura al pasar 1 segundo se vuelve a desconectar LATABits.LAT4 = 0 cumpliendo el pulso de 1s.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_alta	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
estado_alarma	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
contador_temperatura_baja	file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1 int	0x0004	0x0004	4	00000000 00000100
LATABits.LAT5	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
LATABits.LAT4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
ADRESL	SFR	0x0F	0x0F	15	00011111

Siguiente ciclo se conecta LATABits.LAT4 = 1.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
<Enter new watch>					
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
LATAbits.LATA4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_alta; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
estado_alarma; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
contador_temperatura_baja; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0009	0x0009	9	00000000 00001001
adc_value	unsigned int	0x001F	0x001F	31	00000000 00011111
LATAbits.LATA5	unsigned char	0x01	0x01	1	00000001
ADRESL	SFR	0x1F	0x1F	31	00011111
temperatura	float	15.151516	0x41726C9C	1098017948	01000001 01110010 01011000 10011100

Pasan 9 segundos registrando temperaturas por debajo de 40 grados y en el siguiente breakpoint se recibirá decima temperatura por debajo de los 40.

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
<Enter new watch>					
ADRESH	SFR	0x00	0x00	0	00000000
LATAbits.LATA3	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
estado_alarma; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_alta; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
ADRESL	SFR	0x1F	0x1F	31	00011111
temperatura	float	15.151516	0x41726C9C	1098017948	01000001 01110010 01011000 10011100
adc_value	unsigned int	0x000F	0x000F	15	00000000 00001111
LATAbits.LATA4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
contador_temperatura_baja; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x000A	0x000A	10	00000000 00001010

Se recibe la décima seguida temperatura por debajo de los 40 grados y se desconecta el estado_alarma y las salidas LATAbits.LAT5 (Sirena) y LATAbits.LATA4 (Led intermitente).

Name	Type	Value	Hexadecimal	Decimal	Binary
<Enter new watch>					
LATAbits.LATA5	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
LATAbits.LATA4	unsigned char	0x00	0x00	0	00000000
estado_alarma; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_baja; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0000	0x0000	0	00000000 00000000
contador_temperatura_alta; file:C:\Users\Edu\Desktop\PIC12.X1.int	int	0x0001	0x0001	1	00000000 00000001
ADRESH	SFR	0x01	0x01	1	00000001
adc_value	unsigned int	0x0136	0x0136	310	00000001 00110110
ADRESL	SFR	0x36	0x36	54	00110110
temperatura	float	75.268814	0x429689A2	1117381890	01000010 10010110 10001001 10100010

Se vuelve a recibir temperatura mayor de 60 y se actualiza contador_temperatura_alta a 1 y contador_temperatura_baja vuelve a 0

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del programa se enviará un byte a la central con la información del sensor. Para ello se utilizará el módulo RF de nuestro microprocesador mediante una antena en modulación FSK-868 MHz

El bloque del módulo RF de nuestro PIC12LF1840T39A lo encontramos en su datasheet:

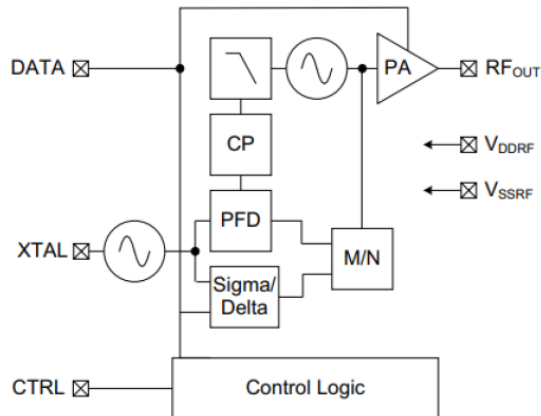


Figura 31- Diagrama de bloques del transmisor RF

El diagrama de bloques muestra los componentes claves del transmisor RF, que incluyen:

- DATA: Entrada de datos digitales.
- CP (Control Processor): Procesador de control.
- XTAL: Oscilador de cristal.
- FFD: Filtro de frecuencia digital
- Sigma/Delta: Modulación Sigma-Delta.
- MN: Modulo de mezcla (Mixer).
- PA: Amplificador de potencia.
- Control Logic: Lógica de control para gestionar el funcionamiento del transmisor.

Modulación FSK:

La modulación FSK [16] es una técnica de modulación digital que utiliza dos frecuencias diferentes para representar los símbolos binarios (0, 1). La señal modulada FSK se representa por la ecuación:

$$x(t) = V_c * \cos \left[(W_c + W_{\Delta}(t) * \frac{2\pi}{D_f} * t) \right] \quad (x)$$

Dentro de la ecuación encontramos V_c que es la amplitud de la señal portadora (una constante que determina la magnitud de la señal), el coseno que describe la forma de la señal modulada W_c que es la frecuencia angular de la señal portadora, $W_{\Delta}(t)$ que es la desviación de la frecuencia en función del tiempo que representa como varía la frecuencia de la portadora a la señal modulante y D_f es la desviación de frecuencia máxima.

La transmisión por desplazamiento de frecuencia se compone de la señal portadora, la señal moduladora y la señal modulada.

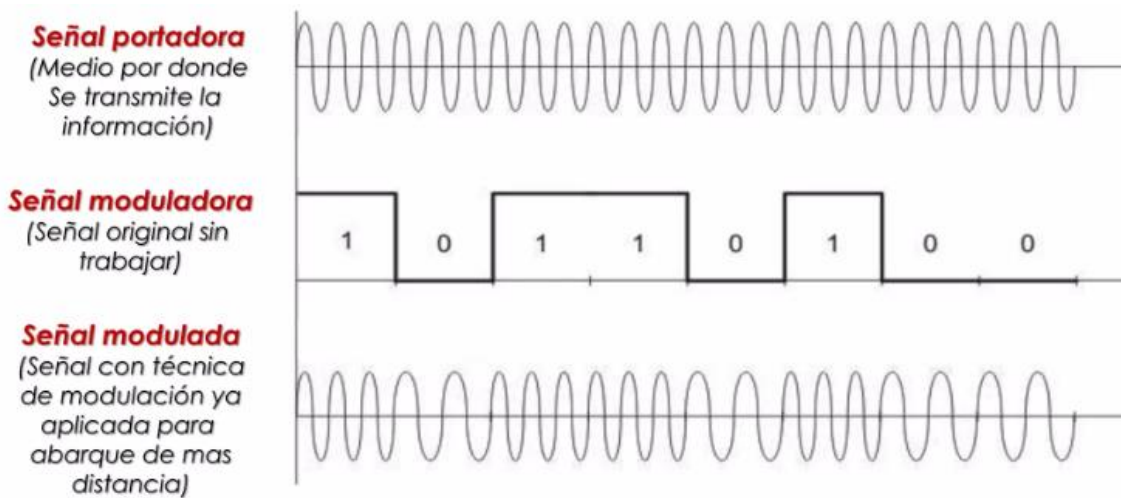


Figura 32- Modulación en FSK

La antena se conectará al pin RFout con la configuración obtenida del datasheet del microprocesador para configuración en 868 MHz.

Se utilizará una antena ANT-868-CW-HW [23], es una antena dipolo de alimentación central de $\frac{1}{2}$ onda serie HW, ofrecen un buen rendimiento y se conectan mediante un SMA estándar (conectores RF de radiofrecuencia standard).

- Frecuencia central: 868 MHz
- Recomendado. Frec. Rango: 855–880 MHz
- Longitud de onda: $\frac{1}{2}$ onda
- VSWR: d 2,0 típico en el centro
- Ganancia máxima: 0 dBi
- Impedancia: 50 ohmios
- Conexión: SMA o RP-SMA
- Temperatura. Rango: -20°C a $+85^{\circ}\text{C}$

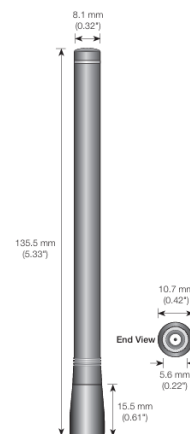


Figura 33- ANT-868-CW-HW

El envío de un byte entre el módulo RF y la central implica tener una secuencia de bits que entregue la información de manera estable y sin errores. Para ello el byte necesita de una identificación para la trama utilizando bits de control, así como adaptar la señal de 10 bits del ADC a 8 bits para su envío.

```
uint8_t convertir_Byte(uint16_t adc_value) {
    uint8_t valor_temperatura = 0;
    if (adc_value > 0) {
        // Escalar el valor de ADC a un rango de 0 a 120
        adc_value = (adc_value * 120) / 1024;
        // Añadir un valor base para evitar temperaturas bajas
        uint8_t valor_temperatura = (uint8_t) adc_value + 15;
        return valor_temperatura;
    } else {
        return 0; // Devuelve 0 si el ADC es 0 o menor
    }
}
```

La trama final estará compuesta por una cabecera, el valor de la temperatura, una cola y un bit de paridad.

Cabecera 16 bits	Valor Temperatura 8 bits	Cola 16 bits	1 bit de paridad
------------------	--------------------------	--------------	------------------

Tabla 7- Trama final

```
uint16_t calcular_paridad(uint8_t valor) {
    uint16_t paridad = 0;
    if ((valor % 2) == 1) {
        paridad = 1;
    }
    return paridad;
}

uint16_t construir_trama(uint16_t cabecera, uint8_t temperatura, uint16_t cola, uint16_t paridad) {
    return (cabecera | ((unsigned int) temperatura << 1) | paridad | cola);
}

uint16_t procesar_ADC(uint16_t adc_value) {
    // Constantes control
    const uint16_t CABECERA = 0b1110000000000000;
    const uint16_t COLA = 0b0000000000000000;
    // Convierte valor ADC a Temperatura
    uint8_t valor_temperatura = convertir_Byte(adc_value);
    // Calcular bit de paridad
    uint16_t bit_paridad = calcular_paridad(valor_temperatura);
    // Construir la trama final
    uint64_t trama_final = construir_trama(CABECERA, valor_temperatura, COLA, bit_paridad);
    return trama_final;
}
```

El código determinara si el numero de 1 en el valor de 8 bits es impar, para ajustar el bit de paridad para que haya un número impar de unos e identificar posibles errores de transmisión.

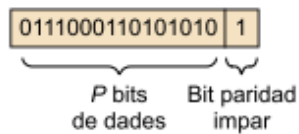


Figura 34- Código paridad impar.[17]

Para inicializar y enviar comandos al módulo RF del controlador se utiliza este código que nos sugiere la hoja del datasheet del PIC12LF1840T39A.

```

#define APP_REG_PREFIX 0
#define FREQ_REG_PREFIX 0x18
void sendTxCommand(unsigned char cmd)
{
    unsigned char i;
    for(i = 0; i < 8; i++)
    {
        if(cmd & 0x80)
            DATA_OUT = 1;
        else
            DATA_OUT = 0;
        CTRL_OUT = 1;
        NOP();
        NOP();
        CTRL_OUT = 0;
        cmd = (unsigned char)(cmd << 1);
    }
}

void TX_Init(void)
{
    unsigned char app_high = (T39A_APP_CONFIG & 0x00FF00) >> 8;
    unsigned char app_low = (T39A_APP_CONFIG & 0x0000FF);
    unsigned char f_upper = (T39A_FREQ_CONFIG & 0x700000) >> 16;
    unsigned char f_high = (T39A_FREQ_CONFIG & 0x0FF00) >> 8;
    unsigned char f_low = (T39A_FREQ_CONFIG & 0x0000FF);
    sendTxCommand(APP_REG_PREFIX);
    sendTxCommand(app_high);
    sendTxCommand(app_low);
}

```

Para adaptar el código del módulo RF habrá que declarar los pines RA2 y RA1 como enlace entre el módulo RF y el PIC12LF1840T39A.

```

TRISAbits.TRISA2 = 0; // Configura RA2 como DATA_OUT
TRISAbits.TRISA1 = 0; // Configura RA1 como CTRL_OUT

LATAbits.LATA2 = 0;
LATAbits.LATA1 = 0;

TX_Init();

```

7. DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En este apartado se elaborará una fuente de alimentación que nos permitirá alimentar los diferentes circuitos de nuestro TFG. El circuito recibirá 220 V AC de 50 Hz que se emplearán para alimentar las señales de alarma de nuestro circuito de potencia, para alimentar los circuitos de mando, se precisará disminuir el valor de la tensión y transformarla a tensión continua, haciendo uso de un circuito que transformará, rectificará y filtrará la tensión de manera adecuada para el uso en los diferentes circuitos del TFG.

El diseño de nuestra fuente de alimentación es el siguiente:

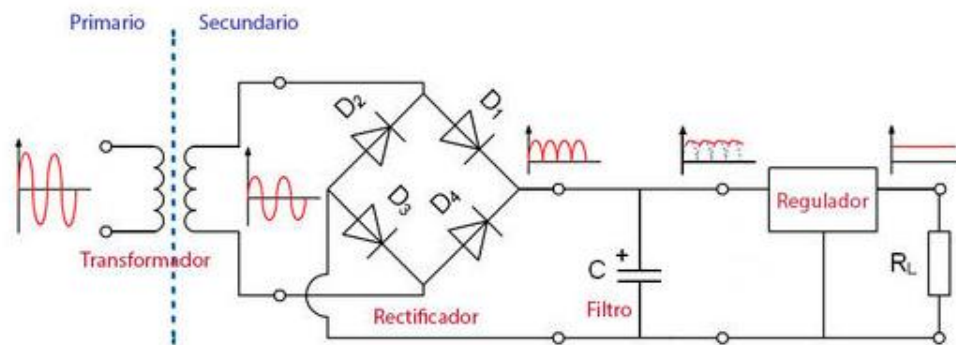


Figura 35- Fuente de alimentación [18]

Los cuatro elementos principales son el transformador, el rectificador, el filtro y el regulador de tensión.

El transformador ajustará el nivel de tensión mediante dos bobinas, cada una con un número de espiras determinado que nos permitirá disminuir la tensión y la intensidad. El transformador estará conectado a la red con 220 V AC en su bobina primaria y en la salida de su bobina secundaria obtendremos 12 V AC.

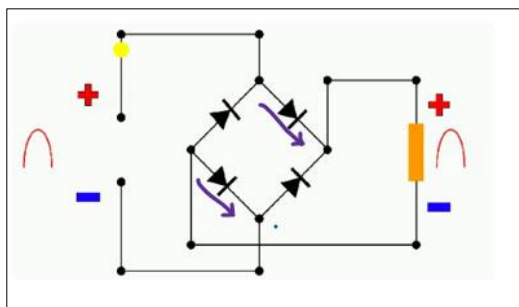


Figura 36- Semionda positiva [19]

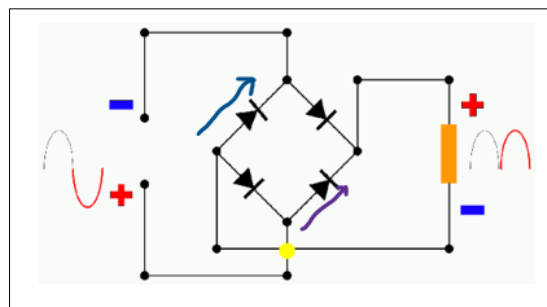


Figura 37- Semionda negativa [19]

El rectificador estará compuesto de 4 diodos que convertirán la corriente AC del transformador en corriente DC pulsante, y eliminará la parte negativa.

En la semionda positiva los diodos marcados están polarizados en directa y conducen la corriente los otros dos están en inversa, en la semionda negativa los diodos que estaban en inversa se polarizan en directa dejando circular la corriente y los que estaban en directa se ponen en inversa.

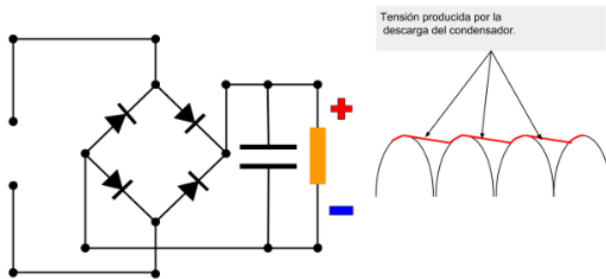


Figura 38- Filtrado después de rectificación [19]

El filtro nos permitirá suavizar el rizado de la señal rectificada, la carga y descarga del condensador eliminará la parte de la componente alterna consiguiendo una señal más plana. Cuando la señal cae por debajo de una tensión el condensador se descarga llenando el hueco entre semiperiodos.

Una vez filtrada la señal, el regulador de tensión facilitará a su salida una tensión constante y evitará que se supere el valor máximo de trabajo de los componentes para su protección.

7.1. ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

Para elegir los componentes seleccionare antes los reguladores de tensión y obtener su consumo para poder escoger el transformador adecuado en función del consumo del circuito completo.

Para alimentar los transistores, amplificadores operacionales y el microprocesador utilizaremos reguladores variables (LM317) [20] pues estos dispositivos requieren de diferentes tensiones de alimentación (3,6 V el microcontrolador y los transistores) y (4,2 V los amplificadores operacionales), para poder adaptar el LM317 a estas tensiones se utilizarán dos resistencias externas para ajustar la tensión de salida a los dispositivos mencionados anteriormente. Se instalarán dos condensadores de desacoplo en la entrada y otro en su salida más unos diodos de protección contra corrientes inversas y transitorias.

- Tipo: Regulador de voltaje ajustable.
- Voltaje de salida: Ajustable entre 1,25 V y 37 V.
- Corriente de salida: Hasta 1,5 A.
- Tensión de entrada: Mínima 7 V, máxima 35 V.
- Paquetes disponibles: TO-220, TO-263, SOT-223.
- Protección interna: Protección contra sobrecarga térmica y sobreintensidad.

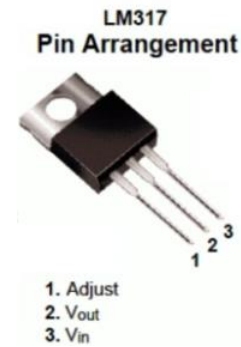


Figura 39- Regulador tensión LM317

Para ajustar el LM317 se precisa del valor V_{ref} , dos resistencias R1 y R2 y el valor de I_{adj} .

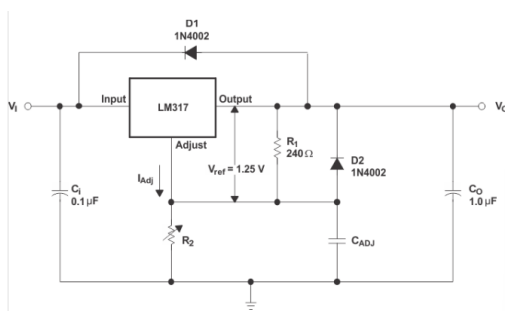


Figura 40- Esquema configuración LM317

$$V_O = V_{REF} (1 + R_2 / R_1) + (I_{ADJ} \times R_2) \quad (10)$$

- V_{ref} es el voltaje de referencia entre el pin de salida (OUT 0, OUT 1) y el pin de ajuste (ADJ) es un voltaje constante de 1.25V para el LM317.
- R1 es un valor fijo que elegimos, (se recomienda utilizar 240 Ω o 120 Ω) y R2 ajustará el voltaje salida al valor que deseemos, estas dos resistencias externas son las que configuran el voltaje de salida del regulador.
- I_{adj} es la corriente de ajuste que entra en el pin (ADJ) es un valor muy pequeño entorno a los 50 μ A.

En la mayoría de los casos prácticos, debido a que la ($I_{adj} = 50 \mu A$), se suele simplificar la fórmula (10) y el valor I_{adj} se desprecia en la mayoría de cálculos:

$$V_O = V_{REF} (1 + R_2 / R_1) \quad (11)$$

Realizamos los cálculos del primer regulador que ajustará su salida V_{out} a 3,6 V para alimentar el microprocesador y los transistores, para ello tomamos los valores específicos recomendados de su datasheet, donde $V_{ref} = 1,25 V$, $R_1 = 240 \Omega$ y $V_{out} = 3,6 V$

$$R_{2,3,6V} = R1 * \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1\right) = 240 \Omega * \left(\frac{3,6V}{1,25V} - 1\right) = 451 \Omega \quad (12)$$

Para la alimentación de los amplificadores se ajustará el segundo regulador de tensión para una tensión de salida V_{out} de 4,2 V.

$$R_{2,4,2V} = R1 * \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1\right) = 240 \Omega * \left(\frac{4,2V}{1,25V} - 1\right) = 566 \Omega \quad (13)$$

Se colocarán condensadores para mejorar la estabilidad de los reguladores y diodos de protección contra voltajes inversos.

Para el sensor de temperatura se hará uso de un regulador de voltaje lineal fijo (L7805) [21] que nos proporciona una salida de 5 V ideal para alimentar nuestro sensor LM35 de manera estable, no requiere de resistencias adicionales, además dispone de una muy buena disipación de calor para que no influya en las medidas de nuestro sensor de temperatura, se le instalarán dos condensadores de desacoplo en la entrada y otro en su salida más unos diodos de protección contra corrientes inversas y transitorias.

- Voltaje de salida: 5 V.
- Corriente de salida: Hasta 1,5 A.
- Tensión de entrada: Mínima 7 V, máxima 35 V.
- Protección interna: Protección contra sobrecarga térmica.
- Disipación de potencia: Alta capacidad de disipación de potencia.

- 1 - Tensión de entrada
- 2 - Masa
- 3 - Tensión de salida

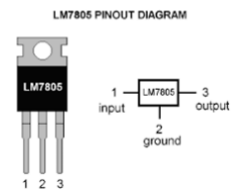


Figura 41- Regulador tensión L7805

Para la elección del transformador se tendrá en cuenta el consumo de los dispositivos del circuito:

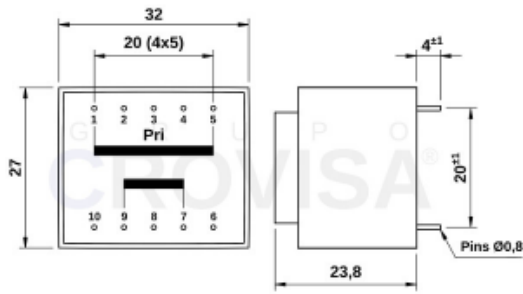
Componente	Cantidad	Intensidad mA	Valor intensidad circuito en mA.
LM35AH/NOPB	1	114 uA	0,114
AO LM124	2	100 uA	0,2
PIC12LF1840T39A	1	15,67 mA	15,67
Transistor 2N3904	2	25 mA	50
OMRON G3MB-202P	2	20 mA	40
Regulador LM7805	1	8 mA	8
Regulador LM317	2	100 uA	0,2
		Total	114,184 mA por seguridad 150 mA

Tabla 8- Medidas de consumo de cada componente del circuito.

Los valores de consumo del circuito se toman mayoritariamente de los datos de sus datasheet con cierto margen para que el circuito sea eficiente y seguro.

Con la información del consumo del circuito y tensión de alimentación de los reguladores de tensión se elige el transformador encapsulado CROVISA 30312915 para la transformación de la tensión, de 220 AC 50 HZ a 12 V y con 150 mA de intensidad. Se

colocará un fusible de 200 mA en la salida de la bobina del secundario para proteger de sobrecorrientes.

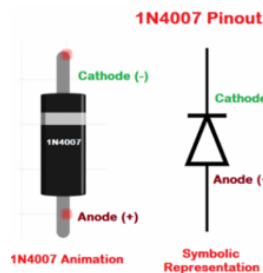


EI30/12,5
Dimensiones (mm)
Peso aprox.: 0,085 Kg

230V		
Código	Salida	
30306915	6V	0,300A
30307915	7,5V	0,240A
30309915	9V	0,200A
30312915	12V	0,150A
30315915	15V	0,120A
30318915	18V	0,100A
30324915	24V	0,075A

Figura 42- Transformador CROVISA 30312915

Para la construcción del puente de diodos utilizaremos el diodo 1n4007 usado anteriormente en otras partes del circuito.



- Voltaje inverso máximo (VR) 1000 V
- Corriente directa máxima (IF) 1 A
- Caída de voltaje directo (Vf) 1.1 V
- Corriente de sobretensión máxima 30 A
- Corriente inversa (Ir) 5 μ A
- Rango de temperatura operativa -55°C a 150°C
- Tipo de encapsulado DO-41

Figura 43- Diodo 1N4007[15]

Después de rectificar la señal mediante el puente de diodos, se debe filtrar para obtener una señal continua y estable, para alimentar de manera correcta los reguladores de tensión. Este filtrado se consigue utilizando un condensador para aplanar la componente alterna de la señal, su elección depende de la tensión y el factor de rizado deseado.

El rizado es una pequeña componente de corriente alterna (AC) que permanece en la señal después de su rectificación. La señal de salida debe tener menos de un 10% de factor de rizado.

Para conseguir el valor del condensador de filtrado, antes es necesario usar la siguiente fórmula que calcula la tensión de rizado o factor de rizado F_r , que es la cantidad de rizado que conserva la señal continua después de su rectificación, utilizaremos un valor de 0,1 de factor de rizado ya que se considera aceptable, $V_{DC} = 12 V$ que es la componente de tensión continua y no conocemos V_{AC} que es la componente de tensión alterna presente en nuestra señal.

$$F_r = \frac{V_{AC}}{2 * \sqrt{2} * V_{DC}} \Rightarrow 0,1 = \frac{V_{AC}}{2 * \sqrt{2} * 12 V} \quad (14)$$

De la formula anterior despejamos V_{AC} :

$$V_{AC} = 0,1 * 2 * \sqrt{2} * 12 V = 3.394 V$$

El condensador tendrá la siguiente capacidad:

$$C = \frac{I_{max} * T}{V_{AC}} = \frac{0,15 A * 0,01}{3,394} = 0,0044195 F = 4.419,56 \mu F \quad (15)$$

Los valores los obtenemos de la ecuación anterior menos I_{max} que la sabemos de los datos de la salida del transformador 150 mA. Para rectificar la onda completa la frecuencia es el doble que la frecuencia de la red así el periodo será $T = \frac{1}{2 * 50 Hz} = 0,01$.

Para nuestro circuito de 12 V elijo el condensador electrolítico Vishay [22] serie 158 de 4700 uF de 12 V , para estabilizar la señal mejor.

QUICK REFERENCE DATA		
DESCRIPTION	VALUE	
	058	059
Nominal case sizes (Ø D x L in mm)	22 x 25 to 35 x 50	
Rated capacitance range (E6 series), C_R	33 µF to 47 000 µF	
Tolerance on C_R	± 20 %	
Rated voltage range, U_R	10 V to 100 V	200 V to 400 V
Category temperature range	-40 °C to 105 °C	-25 °C to 105 °C
Endurance test at 105 °C	≤ 50 V: 2000 h; ≥ 63 V: 5000 h	
Useful life at 105 °C	≤ 50 V: 5000 h; ≥ 63 V: 10 000 h	
Useful life at 40 °C, 1.9 x I_R applied	≤ 50 V: 125 000 h; ≥ 63 V: 250 000 h	
Shelf life at 0 V, 105 °C	500 h	
Max. RMS value of ripple voltage	n/a	12 V
Based on sectional specification	IEC 60384-4 / EN130300	



Figura 44- Condensador Vishay 4700 uA

En paralelo se colocara una resistencia de carga con valor de 1K que tendrá la misma tensión que el condensador para estabilizar la señal y mejorar la rectificación.

7.2. CIRCUITO DE FUENTES

Seguidamente presentamos el circuito de la fuente de alimentación con las diferentes tensiones adaptadas para alimentar los dispositivos del TFG.

El funcionamiento de la fuente de alimentación tiene diferentes etapas:

La primera etapa es la transformadora: Donde el transformador disminuirá la tensión de 220 V AC de la bobina primaria a 12 V AC en la bobina secundaria.

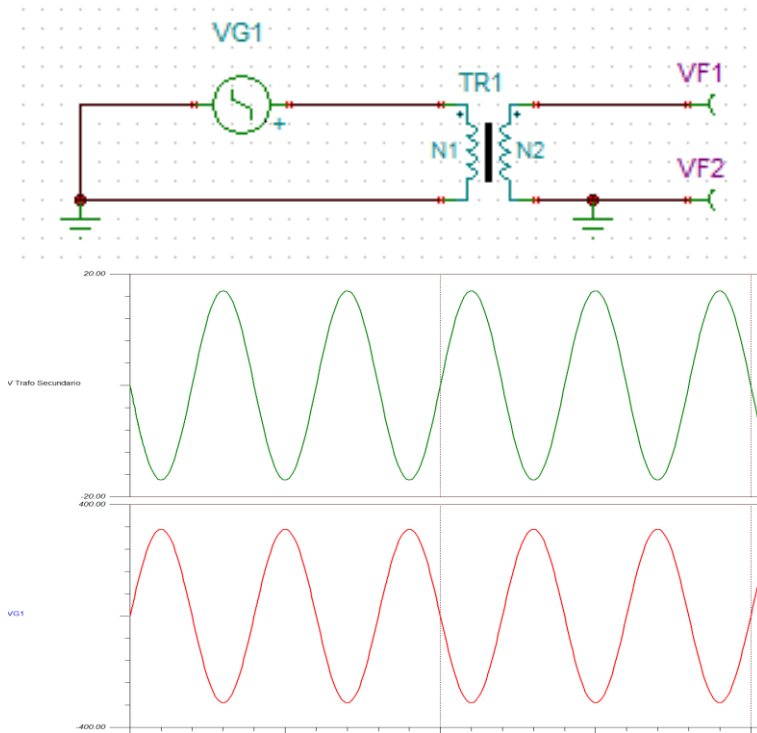


Figura 45- Esquema transformador y simulación transformación de 220 a 12 V AC

En la grafica se visualizan los valores pico de la tension de unos 17 V en el trafo secundario y no la tension nominal RMS de 12 V. $V_{pico} = V_{RMS} * \sqrt{2} = 12 * 1,414 = 16.968 V$ (x)

La segunda etapa es la rectificadora: En esta etapa se eliminará la tensión negativa de la señal alterna mediante 4 diodos y se convertirán en positivos los ciclos negativos.

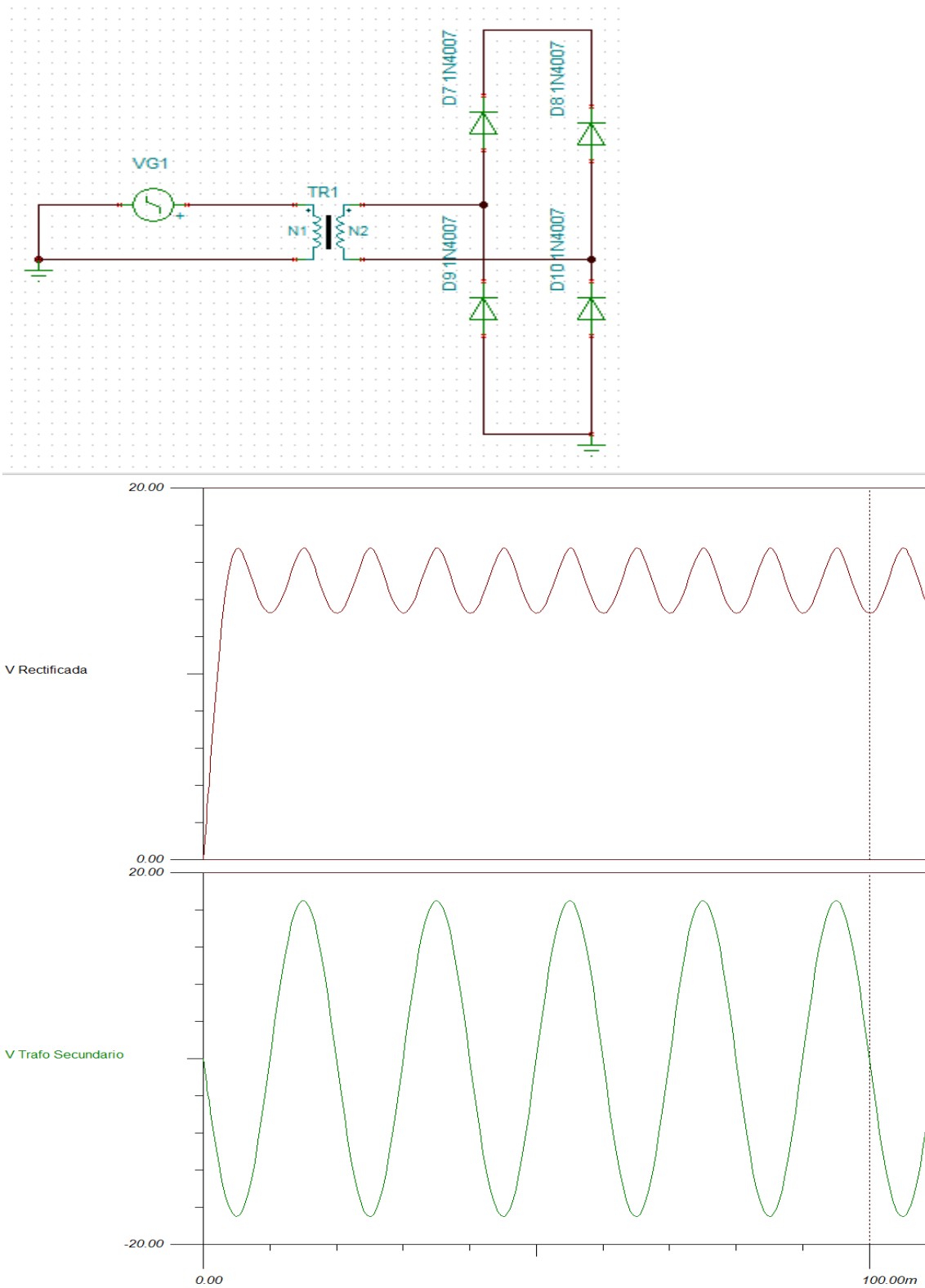


Figura 46- Esquema Transformador y puente diodos y simulación rectificación.

La tercera etapa es la de filtrado: En esta etapa mediante el uso de un condensador y una resistencia se aplanará la señal reduciendo la componente de alterna.

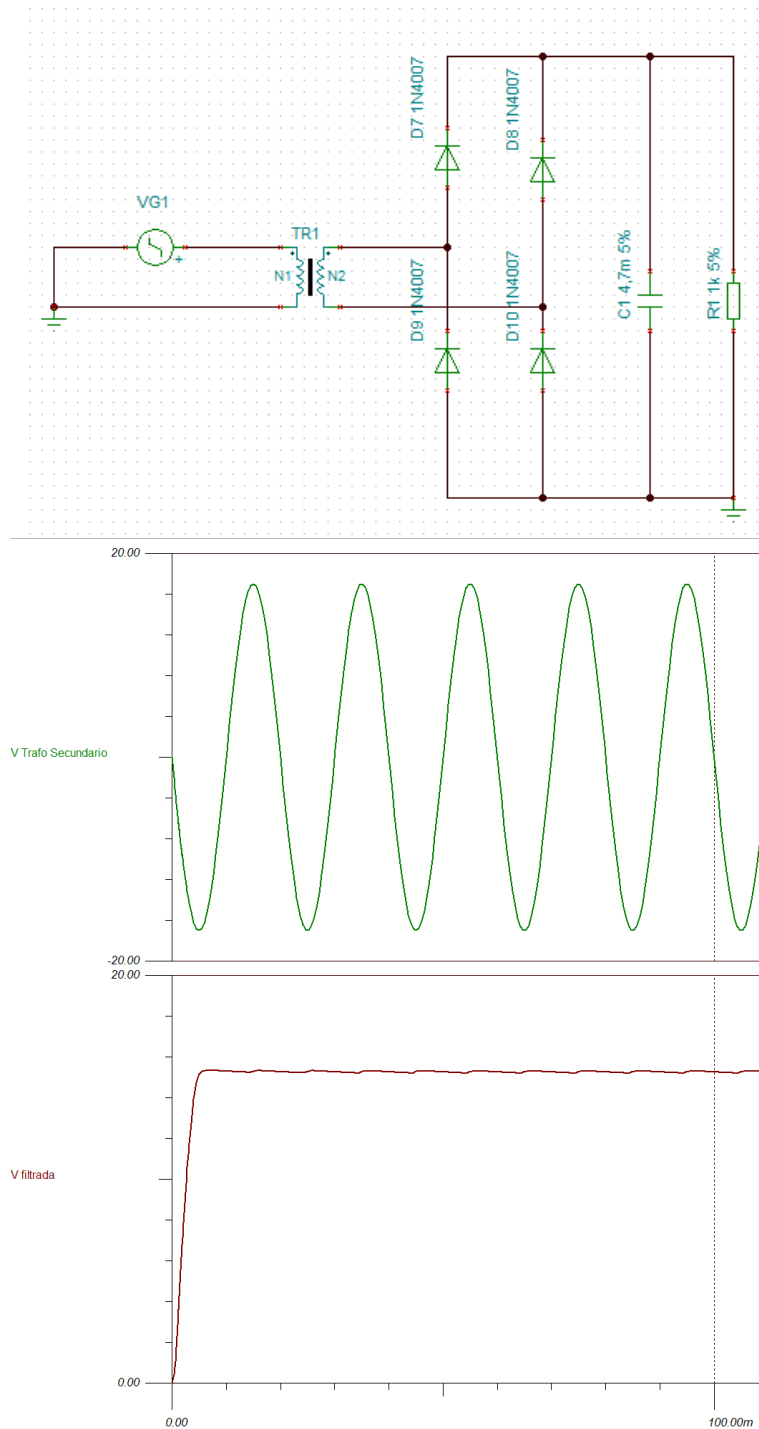


Figura 47- Esquema anterior se le suma etapa de filtrado y simulación resultado filtrado.

Y la última etapa es la de regulación de tensión: En esta etapa la señal filtrada es enviada al regulador que eliminará los picos de tensión para obtener una señal continua.

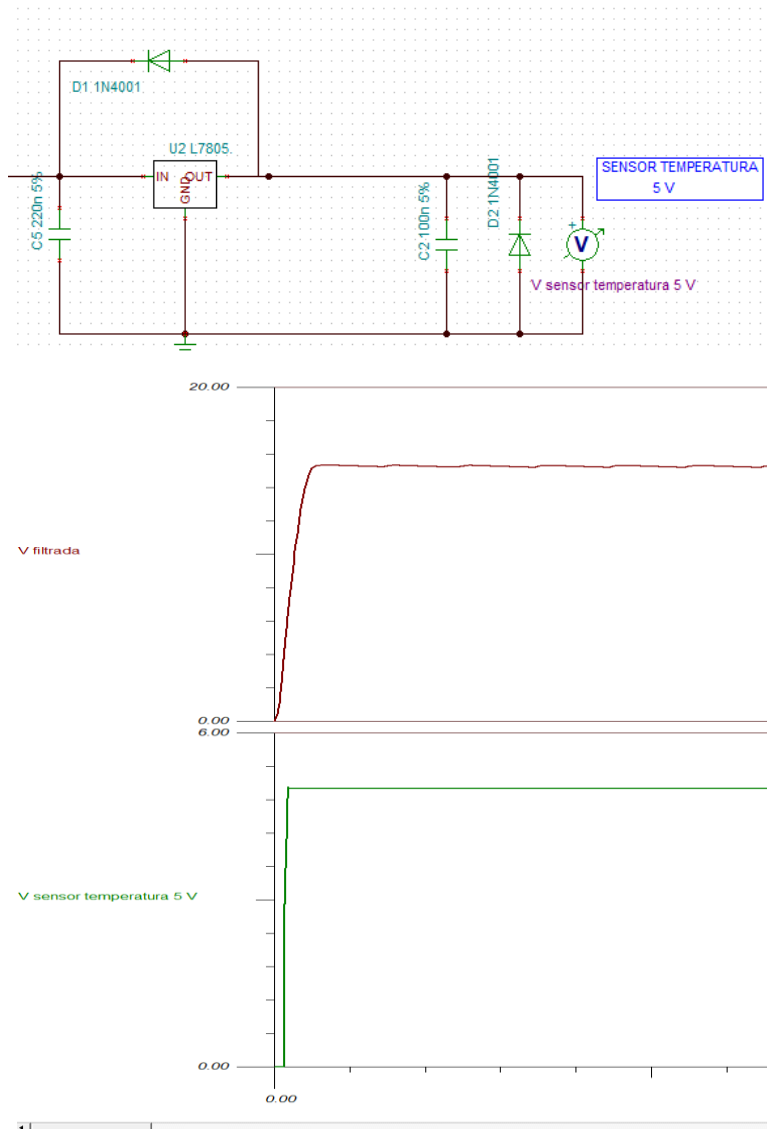


Figura 48- Esquema de un regulador de tensión y simulación regulación señal filtrada

El esquema de la fuente de alimentación con todos los componentes será la siguiente:

Esquema fuente alimentación en Tina-TI:

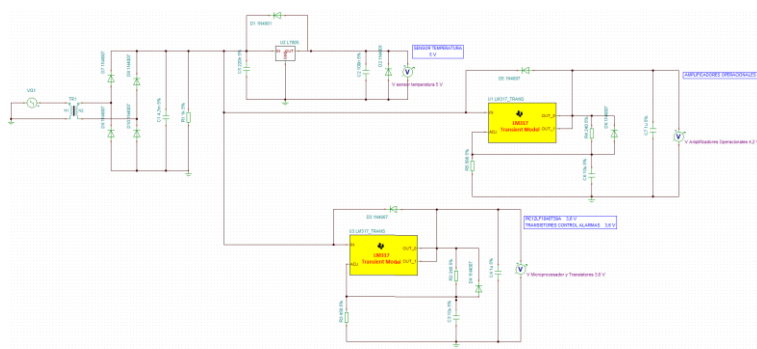


Figura 49- Esquema fuente alimentación

En la gráfica siguiente se muestran las señales VG1 de 220 V AC que al pasar a la bobina secundaria del transformador se reduce a 12 V AC y como es rectificadas por el puente de diodos, rectificando los ciclos negativos en la señal V de la bobina secundaria del transformador.

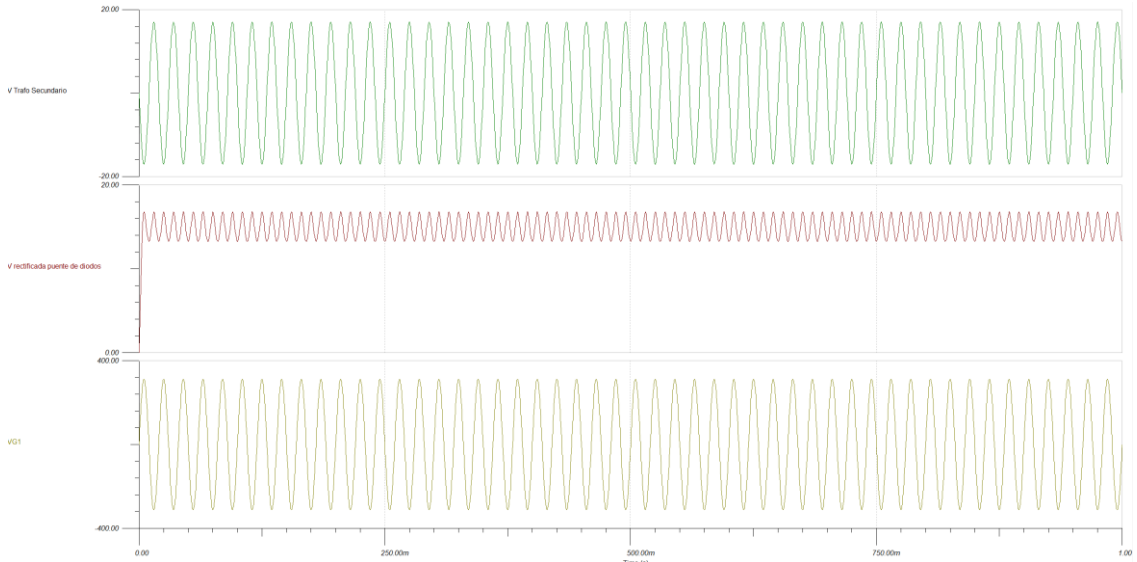


Figura 50- Señal 220 V transformada y rectificada por puente diodos.

En la siguiente grafica ya se puede apreciar como se ha aplanado rectificada por el puente de diodos en la señal V filtrada, mediante la carga y descarga del condensador y como los reguladores la adaptan a las diferentes tensiones que precisan los dispositivos del esquema.

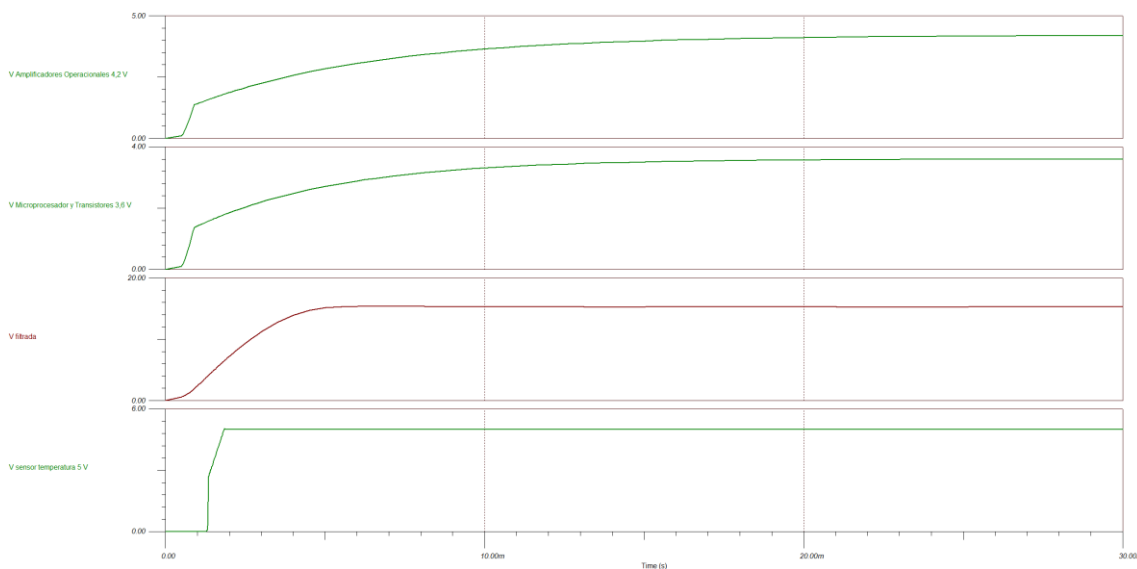


Figura 51- Señal filtrada y adaptada por los diferentes reguladores.

8. DISEÑO DEL LAYOUT DE LA PLACA PCB.

En este último apartado se realizará el diseño de la placa PCB de nuestro sensor de alarma. El programa que se ha utilizado para realizar el layout de nuestra placa PCB es KiCad.

El programa KiCad nos permite dibujar el esquema incorporando los dispositivos en el panel de trabajo asignando a cada dispositivo su huella, algunos dispositivos se han tenido que importar ya que no se encontraban en la librería de KiCad y algún componente ha sido sustituido al no encontrar su huella y no poder incorporarla al esquema.

En la siguiente tabla encontramos los dispositivos utilizados y sus huellas correspondientes.

Reference	Value	Datasheet	Footprint	Qty
AE1	Antenna	~	RF_Antenna:Johanson_2450AT18x100	1
BZ1	Buzzer	~	Buzzer_Beeper:Buzzer_Murata_PKMCS0909E	1
C1	2200uF	~	Capacitor_THT:C_Radial_D12.5mm_H25.0mm_P5.00mm	1
C2	100n	~	Capacitor_SMD:C_0504_1310Metric_Pad0.83x1.28mm_HandSolder	1
C3	220n	~	Capacitor_SMD:C_1206_3216Metric_Pad1.33x1.80mm_HandSolder	1
> C4, C7	1u	~	Capacitor_SMD:C_1206_3216Metric_Pad1.33x1.80mm_HandSolder	2
> C5, C6	10u	~	Capacitor_SMD:C_1206_3216Metric_Pad1.33x1.80mm_HandSolder	2
C8	2,7p	~	Capacitor_SMD:C_1206_3216Metric_Pad1.33x1.80mm_HandSolder	1
C9	1p	~	Capacitor_SMD:C_1206_3216Metric_Pad1.33x1.80mm_HandSolder	1
C10	1n	~	Capacitor_SMD:C_1206_3216Metric_Pad1.33x1.80mm_HandSolder	1
> D1-D12	1N4007	http://www.vishay.com/docs/88503/1n4001.pdf	Diode_THT:DO-41_SOD81_P10.16mm_Horizontal	12
J2	Screw_Terminal_01x02	~	TerminalBlock:TerminalBlock_Xinya_XY308-2.54-2P_1x02_P2.54mr	1
> K1, K2	G2RL-1	https://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-g2rl.pdf	Relay_THT:Relay_SPDT_Omron_G2RL-1	2
L1	27n	~	Inductor_SMD:L_0402_1005Metric_Pad0.77x0.64mm_HandSolder	1
L2	120n	~	Inductor_SMD:L_2010_5025Metric_Pad1.52x2.65mm_HandSolder	1
> Q1, Q2	2N3904	https://www.onsemi.com/pub/Collateral/2N3903-D.PDF	Package_TO_SOT_THT:TO-92_Inline	2
R1	10k	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	1
> R2, R8	R	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	2
R3	1k	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	1
R9	A9060	http://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/A500/A90xxx%23F	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	1
> R11, R15	240	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	2
R12	450	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	1
R13	15k	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	1
R16	566	~	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P15.24mm_Hori:	1
TR1	TRANSF1	~	Transformer_THT:Transformer_CHK_EI30-2VA_1xSec	1
U1	LM35-LP	http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf	Package_TO_SOT_THT:TO-92_Inline	1
U2	L7805	http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/d	Package_TO_SOT_SMD:TO-252-2	1
> U3, U9	LM317_TO39	http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf	Package_TO_SOT_THT:TO-39-3	2
> U4, U6	LM741	http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf	Package_DIP:DIP-8_W7.62mm	2
U5	PIC12LF1840T39A	https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001594/Audio_ModulePIC12LF1840T39A	~	1

Tabla 9- Listado de símbolos y huellas del layout del PCB

Mediante KiCad he podido mover libremente los dispositivos para conseguir un dibujo que me ha ayudado a la hora de realizar el conexionado de las vías de esta PCB reduciendo los cruces entre conexiones de los dispositivos y separando los diferentes circuitos. También he mirado de distribuir el sensor de temperatura alejado de posibles fuentes de calor y alejar la antena lo máximo posible del transformador para protegerla de posibles interferencias.

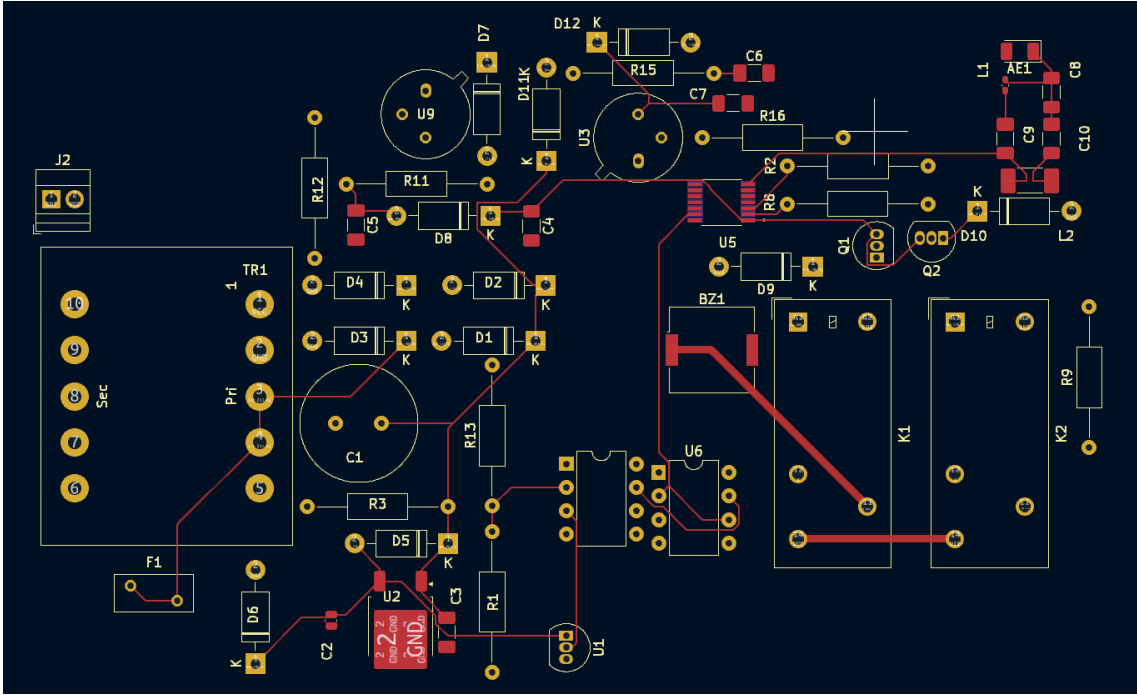


Figura 54- Conexiones parte superior del layout.

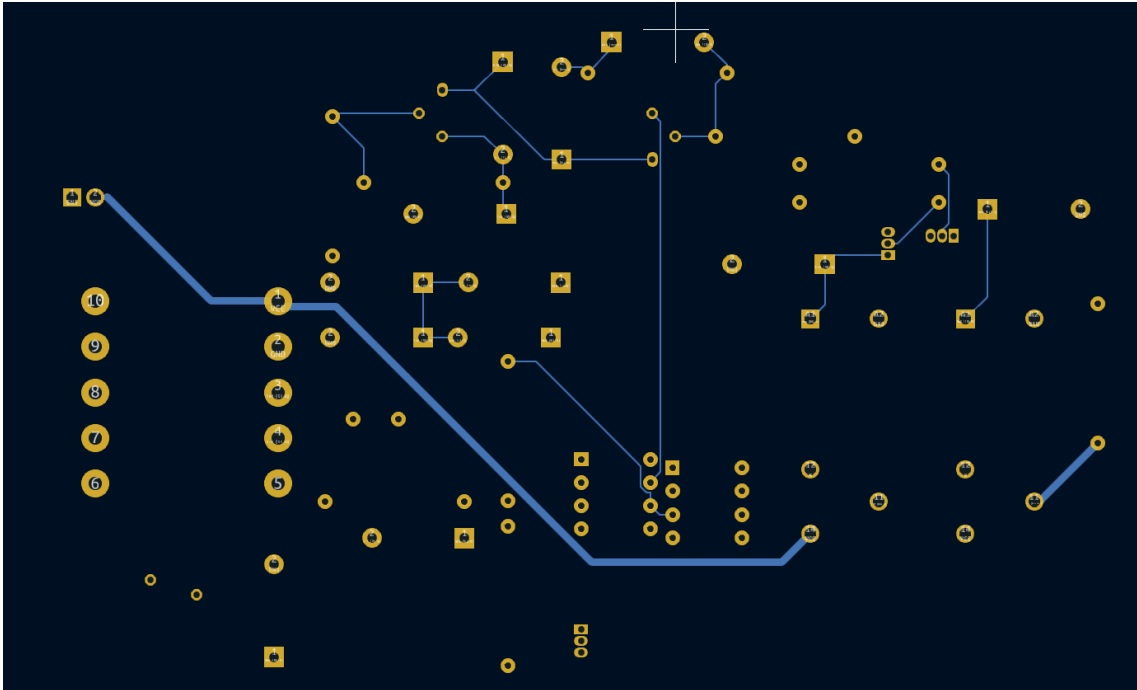


Figura 55- Conexiones parte inferior del layout.

9. CONCLUSIONES Y AMPLIACIONES

La realización de este TFG ha sido una experiencia intensa y estimulante, que me ha permitido aplicar de manera práctica algunos de los conocimientos adquiridos durante el estudio de este Grado en Ingeniería. A lo largo del desarrollo del proyecto, me he encontrado con diversos problemas, que he tratado de resolver no siempre satisfactoriamente.

Una de las lecciones más importantes que he aprendido es que es vital tener una buena programación de los procesos de trabajo. También me ha enseñado que tener una buena organización del trabajo puede facilitar enormemente su desarrollo y minimizar las contingencias que puedan surgir, donde múltiples fases deben ser gestionadas y la planificación del tiempo es esencial para asegurar que se puedan completar todas las fases del proyecto.

La elección de los dispositivos utilizados o la documentación pueden causar problemas o revisiones que pueden retrasar la planificación acordada. La experiencia en este proyecto, especialmente en la programación del PIC, subraya la necesidad de estudiar y seleccionar cuidadosamente los materiales clave para el diseño del proyecto. En mi caso creo que la selección de un microprocesador más potente quizás me hubiese facilitado su programación, ya que me ha quedado pendiente el proceso de simular el envío de la señal a la central, por falta de tiempo, espero afrontar su solución de cara a la defensa.

En resumen, con este proyecto he aprendido la importancia de la perseverancia y como saber afrontar algunas situaciones en que todo se vuelve muy tedioso y conduce al desanimo. Aunque no he alcanzado todos los objetivos, la experiencia para mí ha sido valiosa para mi formación, proporcionándome un conocimiento más realista y práctico en la realización de un proyecto en el ámbito de las telecomunicaciones. Estoy satisfecho con los logros obtenidos y confío en que las habilidades adquiridas durante este proyecto me ayuden en mi futuro profesional.

Como posibles ampliaciones se podría modificar el dispositivo para que, en vez de enviar la temperatura, enviase el estado de alarma, otras modificaciones más exigentes enviarían la ubicación del dispositivo para que desde la central se decidiese llamar a los servicios de extinción de incendios o que desde el dispositivo se notificara esta información de manera automática pasado un tiempo determinado.

10. ANEXO

Se realiza representación de la placa PCB mediante VISOR 3D para ver como quedaría la disposición de los componentes en caso de su construcción. Se aprecian 3 huecos donde estarían ubicados los relés y el microprocesador que no he encontrado las imágenes 3D de los dispositivos.

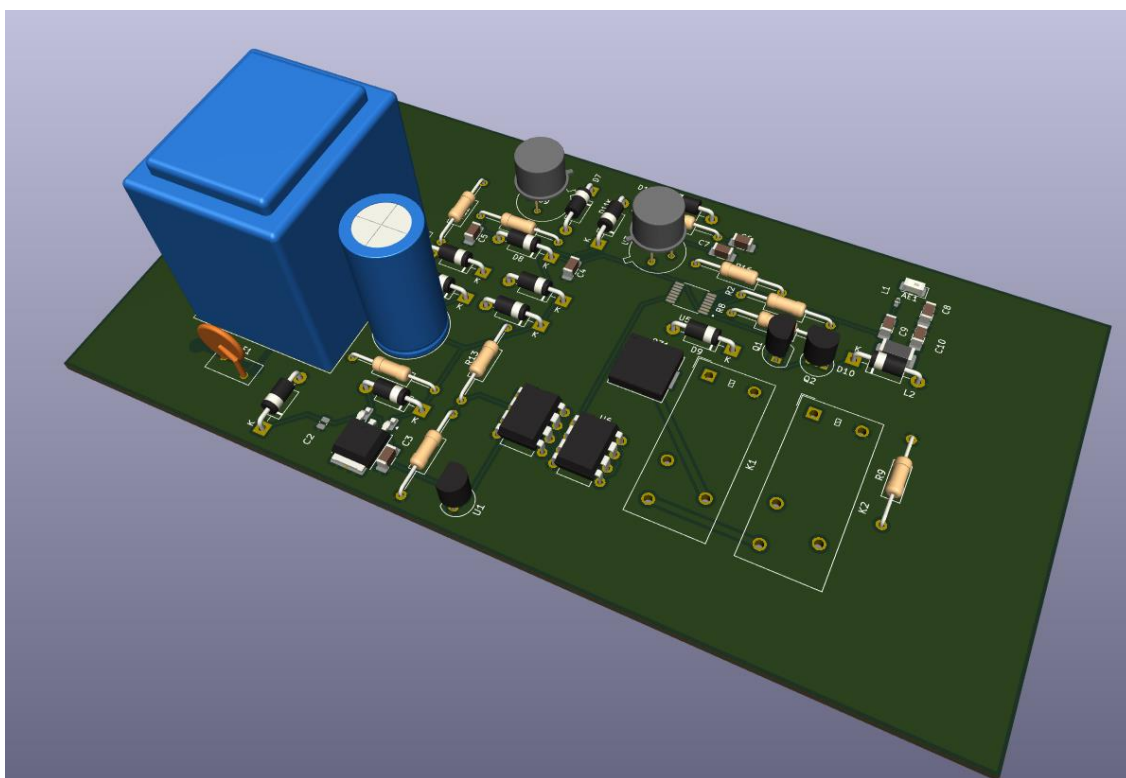


Figura 56- Placa PCB en visor de 3D de KiCad

11. BIBLIOGRAFÍA:

- 1: Introducción a las comunicaciones inalámbricas.
<https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/introduccion-a-las-comunicaciones-inalambricas/>
- 2: Reglamento de radiocomunicaciones.
<https://www.itu.int/en/publications/ITU-R/Pages/publications.aspx?parent=R-REG-RR-2020&media=electronic>
- 3: Banda ISM.
https://es.wikipedia.org/wiki/Banda_ISM
- 4: Sistemas de comunicación en la banda ISM.
https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/141046/21/PLA4_Sistemas_de_comunicaci%C3%B3n_en_la_banda_ISM.pdf
- 5: Diferencia entre 433MHz y 868 MHz;
<https://encuentraladiferencia.es/diferencia-entre-433-mhz-y-868-mhz/>
- 6: ETSI 300 220;
https://ca.wikipedia.org/wiki/ETSI_300_220
- 7: Introducción a las radiocomunicaciones.
<https://www.youtube.com/watch?v=an1RLIq48RE>
- 8: RF Wireless World LoRa-WAN.
<https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LoRa-tutorial.html>
- 9: Circuitos Electrónicos UOC Amplificador Operacional PID00170130
- 10: Sensor LM35 ¿Qué es?, ¿Cómo funciona?, Características.
<https://actualidadtecnologica.com/lm35/>
- 11: TMP36 VS LM-TEMP SENSOR
<https://www.kevinsidwar.com/iot/2017/7/24/tmp36-vs-lm35-temp-sensor>
- 12: LM35AH/NOPB
<https://www.ti.com/product/LM35/part-details/LM35AH/NOPB>
- 13: Buscador de datasheet
<https://www.alldatasheet.com/>

Relé OMRON G3MB-202P

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/333500/OMRON/G3MB-202P.html>

PIC12LF1840T39A

<https://www.alldatasheet.com/html-pdf/863415/MICROCHIP/PIC12LF1840T39A/494/1/PIC12LF1840T39A.html>

Transistor 2N3904

<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/345430/TI/2N3904.html>

- 14: Relé con PIC.
<https://controlautomaticoeducacion.com/sistemas-embebidos/microcontroladores-pic/rele-con-pic/>
- 15: Diodo 1N4007.
<https://techdelivers.com/1N4007-rectifier-diode>

Datasheet Diodo 1n4007.
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1976242/TI/1N4007.html>
- 16: Modulación por desplazamiento de frecuencia.
<https://es.slideshare.net/slideshow/modulacin-por-desplazamiento-de-frecuencia-54155422/54155422>
- 17: Nivel de enlace y redes de área local.
[https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/142846/10/PLA2_Nivel de enlace y redes de area local.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/142846/10/PLA2_Nivel_de_enlace_y_redes_de_area_local.pdf)
- 18: La Fuente de alimentación.
<https://www.zonamaker.com/fuente-de-alimentacion>
- 19: Puente rectificador.
<https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/puente-rectificador/>
- 20: LM317, introducción al regulador de tensión lineal ajustable.
<https://descubrearduino.com/lm317/>

Regulador ajustable de 3 terminales LM317.
https://www.ti.com/document-viewer/LM317/datasheet?keyMatch=LM317&tisearch=universal_search&usecase=GPN-ALT

Datasheet LM317.
<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/837690/TI1/LM317.html>
- 21: REGULADOR DE VOLTAJE 7805 ¿Qué ES Y COMO FUNCIONA?
<https://www.electrontools.com/Home/WP/regulador-de-voltaje-7805/>

Datasheet dell7805.
<https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/22615/STMICROELECTRONICS/L7805.html>
- 22: Condensador Vishay 4700 uA.
<https://docs.rs-online.com/c1e5/0900766b815b819d.pdf>
- 23: Datasheet ANT-868-CW-HW
https://www.mouser.com/datasheet/2/418/9/ENG_DS_ANT_868_CW_HW_A-3238239.pdf

