



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO

“SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS APLICADA A UNA GUARDERÍA”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

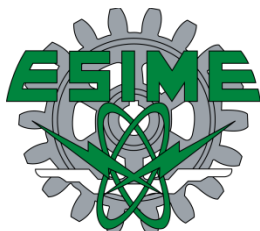
PRESENTAN:

ADRIÁN BREÑA FLAMENCO
FRANCISCO AGUSTIN MARTINEZ ALEMAN

ASESORES:

M. EN I. EDUARDO GABRIEL BALDERAS
ING. HUGO JORGE MACÍAS PALACIOS

CIUDAD DE MÉXICO, JUNIO 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. FRANCISCO AGUSTIN MARTINEZ ALEMAN
C. ADRIÁN BREÑA FLAMENCO

“SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS APLICADA A UNA GUARDERIA”

NUESTRO OBJETIVO ES CREAR UN SISTEMA QUE SEA CAPAZ DE DETECTAR PARTICULAS EN EL AIRE DONDE SE ENCUENTRE INSTALADO PARA DAR AVISO OPORTUNO DE QUE LOS SENSORES HAN DETECTADO LA PRESENCIA DE GAS, HUMO O FUEGO, E INMEDIATAMENTE ACTIVARA LAS ALARMAS VISUALES Y SONORAS, ASÍ COMO TAMBIÉN MOSTRARA UNA PANTALLA QUE SENSOR SE ACTIVO Y QUE PARTÍCULA EN EL AIRE FUE LA QUE OCASIONÓ LA ACTIVACIÓN DE ESTE SENSOR. NUESTRO SISTEMA SE DESARROLLARA A BAJO COSTO YA QUE EN EL MERCADO EXISTEN GRAN VARIEDAD Y CON ALTOS COSTOS DE COMPRA, ADEMÁS DE QUE SERÁ DE FÁCIL INSTALACIÓN Y CONTARA CON UNA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SISTEMA Y EL USUARIO.


- ❖ INTRODUCCIÓN
- ❖ ANÁLISIS Y DISEÑO
- ❖ PRUEBAS DE LABORATORIO
- ❖ CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CIUDAD DE MÉXICO, A 18 DE JUNIO DEL 2018.

ASESORES


M. EN I. EDUARDO GABRIEL BALDERAS


ING. HUGO JORGE MACÍAS PALACIOS


DR. SALVADOR RICARDO MENESES GONZÁLEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



Instituto Politécnico Nacional
Presente

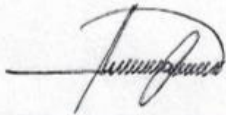
Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **Adrián Breña Flamenco** y **Francisco Agustín Martínez Alemán**, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada "**Sistema de Detección de Incendios Aplicada a una Guardería**", en adelante "**La Tesis**" y de la cual se adjunta copia, un impreso y un cd, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **El IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; ; un impreso y un cd; para apoyar futuros trabajos, consultas y aportación del desarrollo del proyecto de "**La Tesis**" por un periodo de **1 año** contando a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **El IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **El IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de "**La Tesis**".


Adicionalmente, en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "**La Tesis**", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de "**La Tesis**", por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **El IPN** en caso de que el contenido de "**La Tesis**" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, *secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad* o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, a 23 de agosto de 2019.

Atentamente



Adrián Breña Flamenco



Francisco Agustín Martínez Alemán

Agradecimientos

A mi madre, quien ha brindado su apoyo y amor incondicional, ha sido ella quien ha formado quien soy hoy en día no solo en lo humano sino en lo académico por guiarme siempre con el ejemplo. A mi familia, gracias por ser seres de bien y por apoyarme, aunque no se los pidiera. A Samanta por ser mi compañera fiel y quien siempre creyó en mí, por alentarme a nunca darme por vencido. A todos y cada uno de ustedes que no he mencionado, pero saben quiénes son, los amo.

Un especial agradecimiento al M. en I. Eduardo Gabriel Balderas por las incontables veces que reviso este trabajo y las revisiones de los avances del proyecto y al Ing. Hugo Jorge Macias Palacios por su ayuda en la revisión de los diseños que forman este proyecto y ser una excelente persona tanto en el ámbito escolar como personal.

Gracias a todos los profesores que he tenido a lo largo de toda mi vida como estudiante, porque ser un docente es uno de los trabajos más difíciles del mundo y son ustedes quienes forman los futuros ingenieros, físicos, científicos, etc.

A mis amigos por ser solidarios y por siempre brindarme su apoyo.

Por último y no menos importante, quiero agradecer al Instituto Politécnico Nacional por darnos una educación de alto nivel, por ser quien forja a los mejores ingenieros, siempre llevaré en alto el nombre del IPN y de ESIME.

Breña Flamenco Adrián

A mi familia, pero en especial a mis padres, por todo su apoyo que me brindaron en mi formación, quedo en deuda con ellos, gracias por acompañarme en este logro, y este trabajo también es suyo, solo queda decir que sin duda los admiro y estoy orgulloso de todo el esfuerzo que me brindaron, sé que tuvieron que sacrificar grandes cosas, pero pronto se les recompensará.

Al IPN por brindar todo ese conocimiento que sin duda es una de las mejores instituciones que existe en el país, el instituto ha formado y seguirá formando a los mejores profesionistas que saben el compromiso hacia el pueblo y siempre llevarán “La técnica al servicio de la patria”, de igual forma por haberme formado desde mi educación media superior.

A la ESIME, porque ella se ha vuelto mi segundo hogar de la forma en que he aprendido todo lo que sé, me ha formado en una persona con muchas visiones y siempre cumplir los retos, y en especial a sus profesores por sus buenas enseñanzas y sus conocimientos que me forjaron.

Martínez Alemán Francisco Agustín

Índice

1	Introducción	8
2	Análisis y diseño	10
2.1	Diagrama a bloques	11
2.2	Análisis y diseño del bloque de sensor de temperatura	11
2.2.1	Selección de sensor de temperatura	12
2.2.2	Termopar tipo k.....	12
2.2.3	Compensación de punta fría.....	12
2.2.4	Amplificador de instrumentación	13
2.2.5	Circuito de termopar tipo K	13
2.2.6	Termistor.....	14
2.2.7	Amplificador operacional LM358	14
2.2.8	Circuito del termistor LM35	15
2.3	Análisis y diseño del bloque de sensor de gas	17
2.3.1	Selección de sensor de gas	17
2.3.2	Módulo de sensor MQ-4.....	18
2.3.3	Sensor MQ-2.....	19
2.3.4	Diseño del módulo de sensor MQ-2 para gas LP	19
2.4	Análisis y diseño del bloque de sensor de humo	22
2.4.1	Selección del sensor de humo.....	22
2.4.2	Resistor Dependiente de Luz	22
2.4.3	Circuito de LDR.....	22
2.4.4	Diseño del módulo de sensor MQ-2 para humo.	28
2.5	Análisis y diseño del bloque de alarmas sonoras y visuales	30
2.5.1	Temporizador NE556	30
2.5.2	Diseño de circuito ráfaga con NE556	31
2.6	Diseño de circuitos complementarios	40
2.6.1	Diseño de interruptores para sensores de gas, humo y temperatura	40
2.6.2	Diseño de interruptor para alarma.....	42
2.6.3	Diseño de interruptor de válvula.....	44
2.6.4	Diseño de LEDs indicadores de zona.....	45
3	Pruebas de laboratorio	47
3.1	Pruebas de laboratorio del bloque de sensor de temperatura	47

3.1.1	Pruebas de termopar tipo K.....	47
3.1.2	Pruebas del termistor LM35.....	48
3.2	Pruebas de laboratorio del bloque de sensor de gas.....	50
3.2.1	Pruebas de sensor MQ-2.....	50
3.2.2	Pruebas del módulo de sensor MQ-2 para gas LP.....	52
3.2.3	Pruebas del módulo de sensor MQ-4.....	54
3.3	Pruebas de laboratorio del bloque de sensor de humo.....	55
3.3.1	Pruebas del módulo de sensor MQ-2 para humo.....	56
3.3.2	Pruebas del circuito LDR.....	57
3.4	Pruebas de laboratorio del circuito ráfaga del NE556.....	58
3.5	Pruebas de laboratorio de la válvula.....	59
4	Conclusiones y recomendaciones.....	60
4.1	Conclusiones.....	60
4.2	Recomendaciones.....	61
Anexo	62

Índice de Figuras

Fig. 2-1 Diagrama a bloques del proyecto.....	11
Fig. 2-2 Diagrama a bloques del sensor de temperatura.....	12
Fig. 2-3 Circuito esquemático del amplificador de instrumentación.....	13
Fig. 2-4 Esquema del circuito propuesto para termopar tipo K.....	13
Fig. 2-5 Estructura interna del circuito LM358.....	14
Fig. 2-6 Esquema de un amplificador operacional en configuración no inversor.....	15
Fig. 2-7 Esquema de circuito de acondicionamiento para LM35.....	17
Fig. 2-8 Diagrama a bloques del sensor de gas.....	17
Fig. 2-9 Módulo de sensor MQ-4.....	18
Fig. 2-10 Terminales de la tarjeta de MQ-4.....	18
Fig. 2-11 Esquema del módulo de sensor MQ-2 para gas LP.....	21
Fig. 2-12 Diagrama a bloques del sensor de humo.....	22
Fig. 2-13 Esquema del circuito del LDR utilizado como sensor de humo.....	26
Fig. 2-14 Esquema del módulo de sensor MQ-2 para humo.....	29
Fig. 2-15 Diagrama a bloques de alarma sonora y visual.....	30
Fig. 2-16 Terminales del circuito integrado NE556.....	31
Fig. 2-17 Esquema completo de alarma sonora y visual.....	41
Fig. 2-18 Diagrama de interruptor electrónico para los sensores.....	42
Fig. 2-19 Diagrama de interruptor electrónico para la alarma (+ & – indican la polaridad de las alarmas).....	44
Fig. 2-20 Diagrama de inversor para la válvula.....	45
Fig. 2-21 Diagrama LED indicador de zona.....	46
Fig. 3-1 Frecuencia del temporizador A del circuito ráfaga.....	58
Fig. 3-2 Frecuencia del temporizador B del circuito ráfaga.....	58
Fig. A-1 Diseño de PCB de módulo de humo y temperatura.....	62
Fig. A-2 Diseño de PCB de módulo de gas LP.....	62
Fig. A-3 Diseño de PCB de alarmas.....	63
Fig. A-4 Diseño de PCB de tarjeta principal.....	64
Fig. A-5 Hoja de especificación de MQ-2.....	65
Fig. A-6 Hoja de especificación de LM358.....	66
Fig. A-7 Hoja de especificación de NE556.....	67
Fig. A-8 Hoja de especificación de LM35.....	68
Fig. A-9 Hoja de especificación de TIP50.....	69
Fig. A-10 Hoja de especificación de 2N2222A.....	70
Fig. A-11 Hoja de especificación de LED rojo.....	71
Fig. A-12 Hoja de especificación de LED verde.....	72
Fig. A-13 Hoja de especificación de LED amarillo.....	73
Fig. A-14 Hoja de especificación de PIC16F1619.....	74
Fig. A-15 Hoja de especificación de válvula.....	75
Fig. A-16 Diagrama completo del proyecto.....	76

Índice de Ecuaciones

Ecuación 2-1	15
Ecuación 2-2	15
Ecuación 2-3	20
Ecuación 2-4	22
Ecuación 2-5	23
Ecuación 2-6	25
Ecuación 2-7	25
Ecuación 2-8	26
Ecuación 2-9	26
Ecuación 2-10	31
Ecuación 2-11	32
Ecuación 2-12	32
Ecuación 2-13	33
Ecuación 2-14	33
Ecuación 2-15	34
Ecuación 2-16	34
Ecuación 2-17	34
Ecuación 2-18	34
Ecuación 2-19	37
Ecuación 2-20	41
Ecuación 2-21	45

Índice de Gráficas

Gráfica 2-1	23
Gráfica 2-2	32
Gráfica 2-3	39
Gráfica 3-1	53
Gráfica 3-2	55
Gráfica 3-3	57

Índice de Tablas

Tabla 3-1	48
Tabla 3-2	49
Tabla 3-3	51
Tabla 3-4	52
Tabla 3-5	53
Tabla 3-6	54
Tabla 3-7	56
Tabla 3-8	56

1 Introducción

El proyecto denominado *Sistema de Prevención de Incendios*, surgió a raíz de identificar la frecuencia de incidencias de accidentes producidos por fugas de gas e incendios, en donde se han presentado decesos, inclusive de gente inocente, como son los niños, tal fue el caso del multicitado percance de la *Guardería ABC*, [1] ocurrido en Hermosillo Sonora el 5 de junio del 2009, donde se reportó un saldo de 49 fallecidos y 106 heridos. Otro, fue la explosión en la *Torre Ejecutiva Pemex*, [2] el 31 de enero del 2013, donde al menos 37 personas perdieron la vida y 126 heridos. Otro caso se registró el 29 de enero del 2015, cuando una pipa de gas explotó en el *Hospital Infantil de Cuajimalpa*, [3] en la Ciudad de México, en esta ocasión perecieron 3 personas y 79 más resultaron heridas.

Los ejemplos antes citados hicieron reflexionar a los autores de este proyecto sobre la imperativa necesidad de crear un sistema de seguridad que permitiera alertar cuando se presente una fuga o incendio en cualquier sistema que maneje gas LP, sobre todo, porque este producto como ha quedado de manifiesto es altamente peligroso si no se cuenta con un sistema de seguridad adecuado.

Como estudiantes de la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica y debido al conocimiento previo que se posee se planteó como resolver dicho problema a través de la aplicación de conocimientos previos de electrónica, que consistió en diseñar un dispositivo que radica en:

- Sistema de control, empleando un microcontrolador.
- Pantalla LCD.
- Sensores de humo, gas LP y temperatura.
- Alarmas sonoras y visuales.
- Cierre de válvula de gas.

El *Sistema de Prevención de Incendios* se realizó a partir de una planeación que se integró en cuatro etapas a saber:

- Diseño de sensores.
- Diseño de alarmas sonoras y visuales.
- Diseño de interruptores electrónicos.
- Diseño de tarjeta principal.

Todas las etapas requirieron de aplicar conocimientos de cálculos matemáticos, formulas, diseño de gráficas, selección de componentes, que cumpliera las características planteadas originalmente en la etapa de planeación y mediciones de los componentes. Así mismo fue necesario realizar pruebas de laboratorio hasta contar con el dispositivo requerido.

Por lo tanto, se estima que el *Sistema de Prevención de Incendios* es factible que pueda ser instalado en las guarderías y hospitales en la Ciudad de México, lo cual vendría a prevenir accidentes y no lamentar pérdidas humanas. Lo ideal sería que una compañía de seguridad patentara el sistema con fines de comercialización; porque después de realizar diversas pruebas de laboratorio quedo comprobado el óptimo funcionamiento de este.

2 Análisis y diseño

Para el diseño del proyecto se selecciona una variedad de sensores, de temperatura, de humo y de gas, cada sensor requiere un acondicionamiento de señal para que se pueda conectar al microcontrolador.

En el diseño del sistema de prevención de incendios se considerarán los siguientes aspectos:

- Obtener muestras de los sensores.
- Tener una respuesta inmediata para evitar daños al inmueble.
- Una interacción fácil entre el usuario y el dispositivo.

El sistema de prevención de incendios consiste en detectar variaciones de temperatura en intervalos pequeños de tiempo, por ejemplo: un incremento de 5°C en 1 segundo, presencia de humo, así como partículas de gas LP, que al ser detectadas son enviadas a un microcontrolador y este activa las alarmas sonoras, visuales y válvulas.

2.1 Diagrama a bloques

A continuación, en la figura 2.1 se muestra el diagrama a bloques general del proyecto.

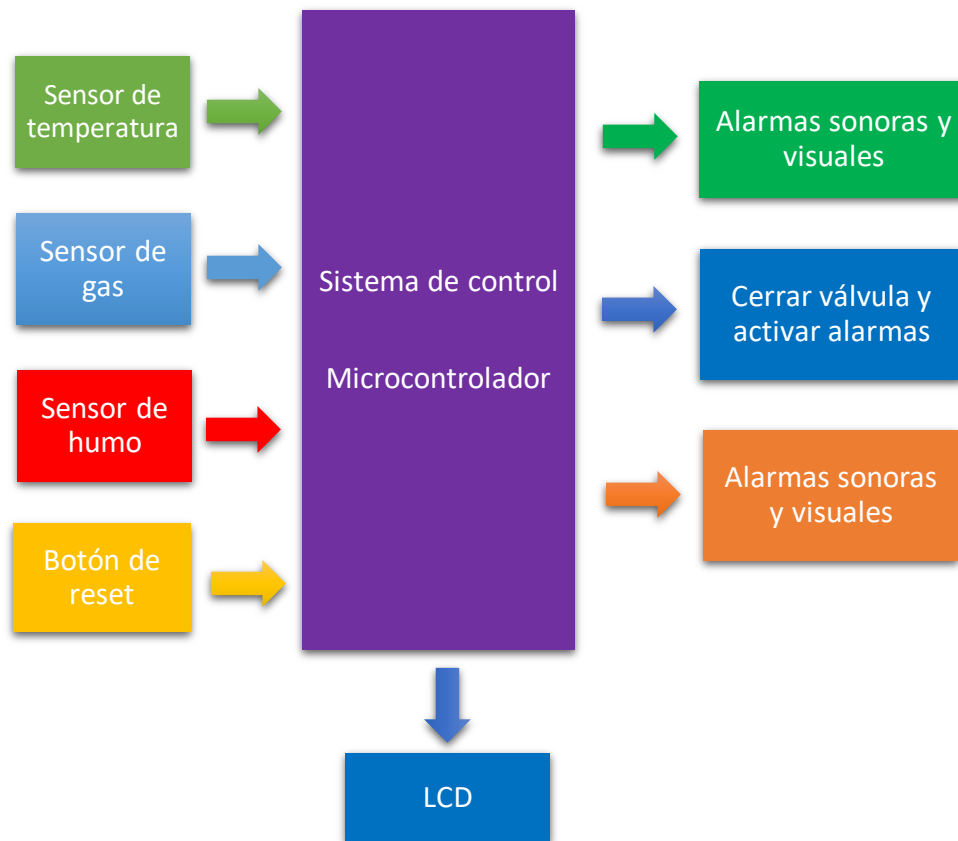


Fig. 2-1 Diagrama a bloques del proyecto

2.2 Análisis y diseño del bloque de sensor de temperatura

Se muestra la selección, el análisis y diseño de este bloque, el cual corresponde al sensor de temperatura.

A continuación, en la figura 2.2, se muestra detalladamente el bloque del sensor de temperatura con todas sus respectivas etapas y componentes.

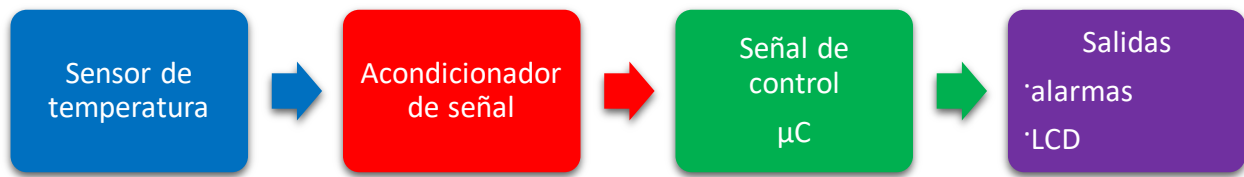


Fig. 2-2 Diagrama a bloques del sensor de temperatura

2.2.1 Selección de sensor de temperatura

Se contempla el empleo de un termopar tipo K y un termistor LM35.

El sensor de temperatura que se utiliza en el proyecto es el LM35, ya que el termopar tipo k tiene un costo de cuatro veces el valor del LM35, los intervalos de temperatura requeridos son de 16°C a 30°C y el termopar tipo k requiere de componentes adicionales lo cual eleva su costo.

2.2.2 Termopar tipo k

El termopar es el dispositivo más sensitivo a la temperatura comparado con el LM35, consiste de la unión de dos metales, en el caso del termopar tipo K estos metales son cromo y aluminio, estos dos metales se unen en un extremo y en el otro están conectados a un circuito. Los termopares tipo K se pueden emplear para medir temperaturas hasta de 1317°C (2400°F).

2.2.3 Compensación de punta fría

Es una técnica empleada regularmente en los termopares para eliminar el efecto de voltaje creado por la punta fría y así poder obtener una medición de precisión.

2.2.4 Amplificador de instrumentación

El amplificador de instrumentación es uno de los amplificadores más útiles y precisos que existen hoy en día. El amplificador de instrumentación está formado por tres amplificadores operacionales y siete resistores, como se muestra en la figura 2.3

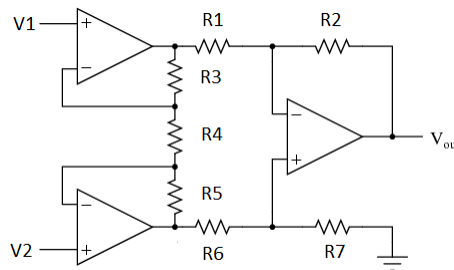


Fig. 2-3 Circuito esquemático del amplificador de instrumentación

2.2.5 Circuito de termopar tipo K

Como se menciona, se contempla el uso de un termopar tipo k como sensor de temperatura, para ello se utiliza el circuito de la figura 2.4, el cual puede consultarse en la hoja de especificación del circuito integrado LT1025 el cual corresponde a un compensador de punta fría, o bien en la hoja de especificación del amplificador operacional de instrumentación LTC1049.

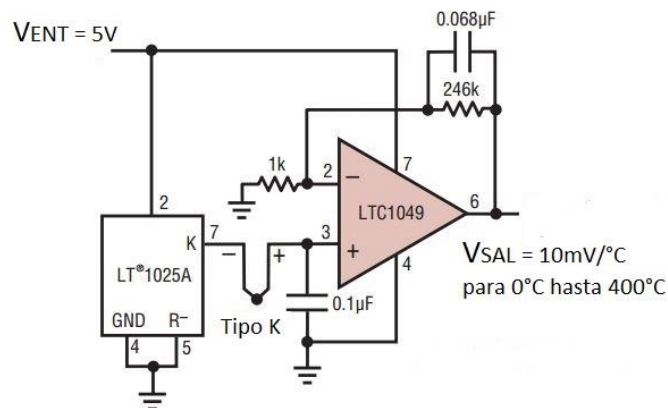


Fig. 2-4 Esquema del circuito propuesto para termopar tipo K

2.2.6 Termistor

El termistor es un resistor térmicamente sensitivo, la resistencia del mismo cambia con las variaciones de temperatura. El funcionamiento del termistor se basa en la resistencia que este tiene internamente, la cual es inversamente proporcional a la temperatura aplicada sobre el termistor y a la corriente que permite circular.

2.2.7 Amplificador operacional LM358

El amplificador operacional que utiliza la tarjeta es el LM358, el cual es un amplificador dual de una sola fuente, lo cual es conveniente para que el proyecto no requiera de fuente de alimentación de voltaje negativo.

La estructura interna, así como las terminales del LM358 se muestran en la figura 2.5.

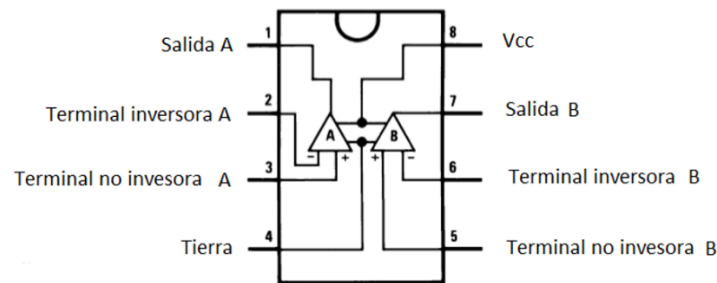


Fig. 2-5 Estructura interna del circuito LM358

2.2.8 Circuito del termistor LM35

Se propone el amplificador operacional LM358, en configuración no inversora como se muestra en la figura 2.6 para acondicionar el voltaje del LM35.

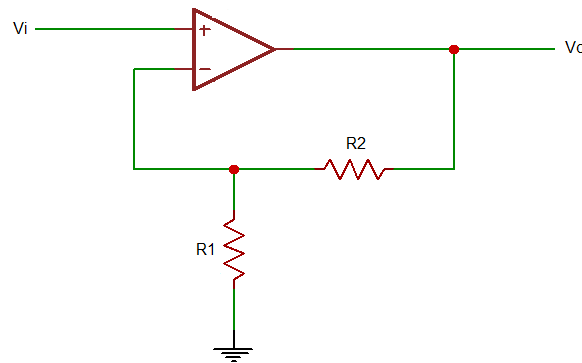


Fig. 2-6 Esquema de un amplificador operacional en configuración no inversor

La ecuación 2.1 corresponde al voltaje de salida del amplificador operacional en configuración no inversora.

$$V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_i \quad \text{Ecuación 2-1}$$

Donde:

V_i es el voltaje de entrada.

V_o es el voltaje de salida.

R_1 y R_2 son resistores, los cuales se seleccionan para obtener una ganancia deseada.

La ganancia del amplificador está dada por la ecuación 2.2.

$$\frac{V_o}{V_i} = A_v \quad \text{Ecuación 2-2}$$

Donde:

V_i es el voltaje de entrada.

V_o es el voltaje de salida.

A_v es la ganancia en voltaje del amplificador.

La temperatura que se desea controlar se encuentra entre 16°C y 30°C, se optó por una ganancia de 11 para acondicionar el voltaje de LM35, ya que el LM35 entrega un voltaje de salida de 10mV por cada °C.

Para obtener los resistores R1 y R2 de la ecuación 2.1, se propone el valor de uno de ellos, para ello se optó para R1 un resistor de 1kΩ.

Despejando R2 de la ecuación 2.1 se tiene:

$$R2 = (R1) \frac{V_o}{V_i} - R1$$

Sustituyendo R1 y la ganancia de 10 se tiene:

$$R2 = (R1) \frac{V_o}{V_i} - R1 = (1k\Omega) (11) - 1k\Omega = 10k\Omega$$

El valor de R2 seleccionado corresponde a un resistor de precisión de 10kΩ

Retomando la ecuación 2.1 y pasando Vi del lado izquierdo de la ecuación se tiene:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R1 + R2}{R1}$$

Sustituyendo 2.2 en 2.1, se tiene:

$$Av = \frac{R1 + R2}{R1}$$

Sustituyendo los valores de R1 y R2 se tiene:

$$Av = \frac{1K\Omega + 10K\Omega}{1K\Omega} = 11$$

La ganancia del circuito es de 11, lo cual es cercano a la ganancia propuesta.

El circuito del LM35 junto con el amplificador se muestra en la figura 2.7.

2.3.2 Módulo de sensor MQ-4

Como se menciona en el punto anterior, se contempla el empleo de un módulo que utiliza el sensor MQ-4, el cual se muestra en la figura 2.9.



Fig. 2-9 Módulo de sensor MQ-4

El módulo de la figura 2.7 ya incluye el sensor MQ-4, un amplificador operacional para obtener un voltaje acondicionado y un potenciómetro para ajustar el sensor y así se pueda detectar gas, humo, aire, etc. Esta tarjeta tiene cuatro terminales, una de alimentación (Vcc), una de tierra (GND), salida digital (DOUT) y salida análoga (AOUT) como se muestra en la figura 2.10.



- 1 = GND**
- 2 = DOUT**
- 3 = AOUT**
- 4 = VCC**

Fig. 2-10 Terminales de la tarjeta de MQ-4

2.3.3 Sensor MQ-2

El sensor MQ-2 es un sensor que se utiliza para detectar gas LP, humo, alcohol, aire, hidrogeno, propano y butano.

Para ajustar el sensor MQ-2 se requiere un resistor de carga R_L de entre $5K\Omega$ y $47K\Omega$ de acuerdo a la hoja de especificación del sensor.

2.3.4 Diseño del módulo de sensor MQ-2 para gas LP

El sensor MQ-2 requiere de un resistor para obtener la sensibilidad del mismo, la sensibilidad es inversamente proporcional al valor del resistor utilizado. Ya que el sensor MQ-2 tiene un voltaje de salida de $5V$, se optó por resistor de carga R_L de 270Ω (véase NOTA¹), con este se obtiene un voltaje a la salida del sensor de $25mV$ (véase NOTA²).

El voltaje máximo cuando el sensor detecta gas es de $250mV$ (véase NOTA³), este voltaje no es útil, ya que es preferible tener un voltaje mayor ya que la programación del microcontrolador se facilita, para ello es requerido un acondicionamiento del mismo.

Para acondicionar el voltaje de $25mV$ que se obtuvo anteriormente, se optó por una ganancia en voltaje de 15 , esta ganancia se optó debido a que de todos los gases que el sensor MQ-2 detecta, el gas LP es el que detecta con mayor facilidad que los demás.

Con el voltaje medido del sensor MQ-2 de $25mV$ cuando este no detecta partículas de gas, el voltaje anterior es el voltaje de entrada V_i y con la ganancia A_v deseada de 15 , se podrá despejar a V_o de la ecuación 2.2, se tiene:

$$V_o = V_i A_v$$

Sustituyendo V_i y A_v , se tiene:

$$V_o = 25mV(15) = 375mV$$

El voltaje de salida de $375mV$ será el voltaje del sensor sin detectar partículas de gas ya con el acondicionamiento.

¹ R_L se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.2.1 para mayor información.

² Este voltaje de salida se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.2.1 para mayor información.

³ Este voltaje de salida se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.2.2 para mayor información.

Para obtener la ganancia de 15 se requiere establecer valores a R1 y R2. Retomando la ecuación 2.1, R1 tiene un valor propuesto de 330Ω, despejando R2 y sustituyendo, se tiene:

$$R2 = (R1) \frac{V_o}{V_i} - R1 = (330\Omega) \left(\frac{375mV}{25mV} \right) - 330\Omega = 4620\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 4620Ω, se tiene 4.7kΩ.

Demostrando que el voltaje de salida es próximo a 375mV con R1 igual a 330Ω y R2 igual a 4.7kΩ, sustituyendo en 2.3, se tiene:

$$V_o = \frac{R1 + R2}{R1} V_i = \frac{330\Omega + 4.7K\Omega}{330\Omega} (25mV) = 0.381V = 381mV$$

El voltaje de 381mV es próximo a 375mV, el cual corresponde a el voltaje del sensor sin detectar partículas de gas.

Adicional al circuito amplificador, el módulo utiliza dos diodos emisor de luz (LED), por sus siglas en inglés, uno siendo verde y otro rojo.

El LED verde indica que el módulo este encendido, mientras que el LED rojo enciende cuando se detecta gas, esto se logra cuando el amplificador entrega un voltaje a la salida lo suficiente para que el LED encienda.

Para que los LED no se dañen, se requiere de un resistor, para ello, se utiliza la ecuación 2.3.

$$R_{LED} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Donde:

R_{LED} es el resistor de protección del LED.

V_{CC} es el voltaje de alimentación del LED.

V_{LED} es el voltaje de encendido del LED.

I_{LED} es la corriente máxima que soporta el LED.

El LED rojo requiere un voltaje de encendido mínimo de 1.8V mientras que el LED verde requiere un voltaje mínimo de 2V de acuerdo a la hoja de especificación de cada uno, además cada uno soporta una corriente máxima de 20mA.

El LED verde es alimentado por 5V, mientras que el LED rojo es alimentado por el voltaje de salida del amplificador operacional, considerando que, si el amplificador se satura, tiene un voltaje máximo que por cuestiones de seguridad se consideró de 4V (véase NOTA⁴).

Con los datos anteriores podemos sustituir en 2.3 para encontrar el valor de resistor para ambos LED.

Para el LED rojo se tiene:

$$R_{LED1} = \frac{4V - 1.8V}{20mA} = 110\Omega$$

Para el LED verde se tiene:

$$R_{LED2} = \frac{5V - 2V}{20mA} = 150\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 110Ω y a 150Ω se tiene 120Ω y 150Ω respectivamente.

El esquema del módulo de sensor MQ-2 para gas LP se muestra en la figura 2.11.

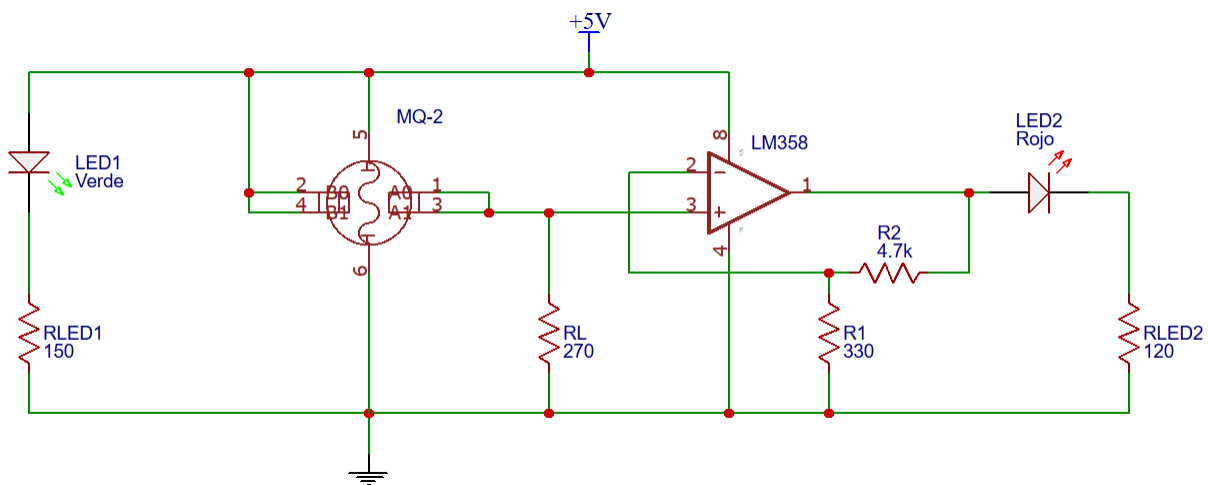


Fig. 2-11 Esquema del módulo de sensor MQ-2 para gas LP

⁴ El voltaje se obtuvo mediante medición, consulte el punto 3.2.2 para mayor información.

2.4 Análisis y diseño del bloque de sensor de humo

Se muestra la selección, el análisis y diseño del bloque del sensor de humo.

A continuación, en la figura 2.12, se muestra detalladamente el bloque del sensor de humo con todas sus respectivas etapas.

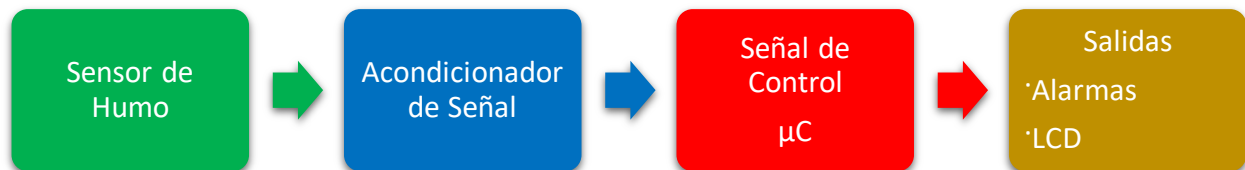


Fig. 2-12 Diagrama a bloques del sensor de humo

2.4.1 Selección del sensor de humo

Se consideran dos circuitos para desarrollar el sensor de humo, el primero utiliza un LDR y un LED, y el segundo utiliza un sensor MQ-2.

El sensor seleccionado es el MQ-2 caracterizado para detectar humo, ya que el circuito del LDR no funciona con el humo como se tenía contemplado.

2.4.2 Resistor Dependiente de Luz

El Resistor dependiente de luz (LDR), por sus siglas en inglés, es un resistor que varía su resistencia en función de la luz que incide en éste. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide sobre el LDR mayor será su resistencia.

2.4.3 Circuito de LDR

Para su diseño se emplea la hoja de especificación del LDR y un divisor de voltaje, el cual está dado por la ecuación 2.4.

$$V_x = \frac{V_{CC} R_{LDR}}{R_1 + R_{LDR}}$$

Ecuación 2-4

Donde:

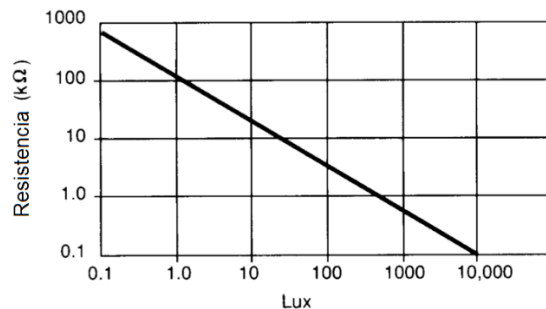
V_x es el voltaje del divisor de voltaje.

R_1 es un resistor convencional.

R_{LDR} es el valor de la resistencia del LDR.

V_{cc} es el voltaje de alimentación del circuito (5V).

El funcionamiento de este circuito consiste en: cuando la luz de un LED incide sobre el LDR la intensidad del LED es de 1.5 lux (iluminancia) y de acuerdo a la gráfica de la hoja de especificación, el cual se muestra en la gráfica 2.1, el valor de la resistencia del LDR es aproximadamente de 100K Ω . Además, se utilizará un transistor 2N2222A como interruptor, cuando el divisor de voltaje tenga un valor menor a 600mV (el cual es el voltaje mínimo de base-emisor en saturación proporcionado en la hoja de especificación) el transistor no estará en saturación y el “interruptor” estará apagado. El humo al estar entre el LDR y el LED, obstruirá la luz del LED permitiendo que la resistencia del LDR aumente a un valor cercano a 1M Ω , esto hará que el transistor entre en saturación activando el “interruptor” que enciende otro LED que indicara la presencia de humo.



Gráfica 2-1 Relación de lux y de resistencia del LDR

Considerando el valor de resistencia de LDR como 100K Ω cuando la luz del LED incide sobre este, se propone un voltaje V_x menor a 600mV, este valor de voltaje siendo 500mV.

Retomando la ecuación 2.4, se tiene:

$$R_1 = \frac{R_{LDR}(V_{cc}-V_x)}{V_x} \quad \text{Ecuación 2-5}$$

Sustituyendo en 2.5, se tiene:

$$R1 = \frac{100K\Omega(5V - 500mV)}{500mV} = 900000\Omega = 900K\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 900KΩ, se tiene 1MΩ.

Sustituyendo el valor de R_{LDR} igual a 100KΩ y R1 igual a 1MΩ en 2.4 para obtener el nuevo valor para V_x, se tiene:

$$Vx = \frac{5V(100k\Omega)}{1M\Omega + 100k\Omega} = 454mV$$

El voltaje obtenido es menor a 600mV y por ende el transistor no satura y el LED no enciende.

Ahora suponiendo que el humo obstruye la luz del LED que incide sobre el LDR, se tendrá una resistencia de R_{LDR} próxima a 1MΩ, sustituyendo en la ecuación 2.4 se tiene:

$$Vx = \frac{5V(1M\Omega)}{1M\Omega + 1M\Omega} = 2.5V$$

El voltaje obtenido de 2.5V es suficiente para que el transistor sature y haga que el LED encienda.

Pero se debe de garantizar la saturación del transistor, esto es útil para que la carga que se utilice no se dañe y a su vez el transistor pueda operar correctamente y tampoco se dañe.

La carga del circuito consiste en un LED rojo cuyo voltaje de encendido (voltaje de forward) es de 1.8V a una corriente de 20mA, esto de acuerdo a la hoja de especificación.

El voltaje de encendido de 1.8V es lo mínimo que requiere el LED para encender, pero el circuito se alimentará con un voltaje de 5V, con este voltaje y la corriente, se puede obtener el resistor que protege al LED y a su vez este vendrá siendo el resistor de colector (R_c) del transistor, este se obtiene mediante la ecuación 2.3.

Sustituyendo en 2.3, se tiene:

$$R_{LED1} = \frac{5V - 1.8V}{20mA} = 160\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 160Ω , se tiene 180Ω .

Se requiere saber el valor de la corriente de colector (I_C), para posteriormente obtener la corriente de base (I_B) y el resistor de base, así asegurar la saturación del transistor.

Con el nuevo valor del resistor de colector y el voltaje de alimentación, se puede obtener la corriente de colector, este se obtiene mediante la ecuación 2.6.

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad \text{Ecuación 2-6}$$

Donde:

I_C es la corriente de colector

V_{CC} es el voltaje de alimentación

R_C es el resistor de colector, en este caso R_C es igual a R_{LED1}

Sustituyendo en 2.7, se tiene:

$$I_C = \frac{5V}{180\Omega} = 27.77mA$$

Ya con esta corriente de colector, se puede utilizar la ecuación 2.7 para obtener la corriente de base del transistor.

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \quad \text{Ecuación 2-7}$$

Donde:

I_B es la corriente de base.

I_C es la corriente de colector.

β es el valor de la beta en CD del transistor.

El valor de β de acuerdo a la hoja de especificación tiene un valor mínimo de 100 y un máximo de 300 para una corriente máxima de colector de 150mA, por seguridad se sustituyó la β por el promedio de la suma del valor mínimo y el valor máximo, es decir, por un valor de β de 200.

Sustituyendo en la ecuación 2.8, se tiene:

$$I_B = \frac{27.77mA}{200} = 138.85\mu A$$

Por seguridad, el valor se toma la consideración de multiplicar por 10 el valor de la corriente de base, como se muestra en la ecuación 2.8.

$$I_B' = 10(I_B) \quad \text{Ecuación 2-8}$$

Donde:

I_B' es el valor de la corriente de base con la consideración de seguridad.

I_B es la corriente de base del transistor.

Sustituyendo en 2.9, se tiene:

$$I_B' = 10(138.85\mu A) = 1.3885mA$$

Para obtener el valor del resistor de base del transistor, se utiliza la ecuación 2.9.

$$R_B = \frac{V_B - V_{BE_{SAT}}}{I_B'} \quad \text{Ecuación 2-9}$$

Donde:

R_B es el resistor de base del transistor

V_B es el voltaje de base, el cual está dado por el voltaje V_X del divisor de voltaje, por lo tanto, $V_B = V_X$. Para que el transistor sature se requiere un voltaje en V_X mayor a 600mV, por ende, se utiliza el valor de $V_X = 2.5V$.

$V_{BE_{SAT}}$ es el voltaje de base-emisor en saturación proporcionado en la hoja de especificación, éste tiene un valor mínimo de 0.6V y un voltaje máximo de 1.2V para I_C máxima de 150mA y una I_B máxima de 15mA. Por seguridad se optó por el promedio de la suma del voltaje máximo y mínimo, es decir 0.9V.

I_B' es la corriente de base con la consideración de seguridad.

Sustituyendo en 2.9, se tiene:

$$R_B = \frac{2.5V - 0.9V}{1.3885mA} = 1152.32\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 1152.32Ω , se tiene $1.2K\Omega$.

Este circuito como se mencionó anteriormente utiliza un LED cuya luz incide sobre el LDR, este LED es de color azul y un LED color verde que indica que el circuito esté encendido, de acuerdo a la hoja de especificación de los mismos, se tiene un voltaje de

encendido de 3.4V a 20mA para el LED azul y un voltaje de encendido de 2V para el LED verde.

Para obtener los resistores de estos, se retoma la ecuación 2.3.

Sustituyendo en 2.3 para el LED verde, se tiene:

$$R_{LED2} = \frac{5V - 2V}{20mA} = 150\Omega$$

Sustituyendo en 2.3 para el LED azul, se tiene:

$$R_{LED3} = \frac{5V - 3.4V}{20mA} = 80\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 150Ω y 80Ω, se tiene 150Ω y 100Ω respectivamente.

El diagrama de este circuito se muestra en la figura 2.13.

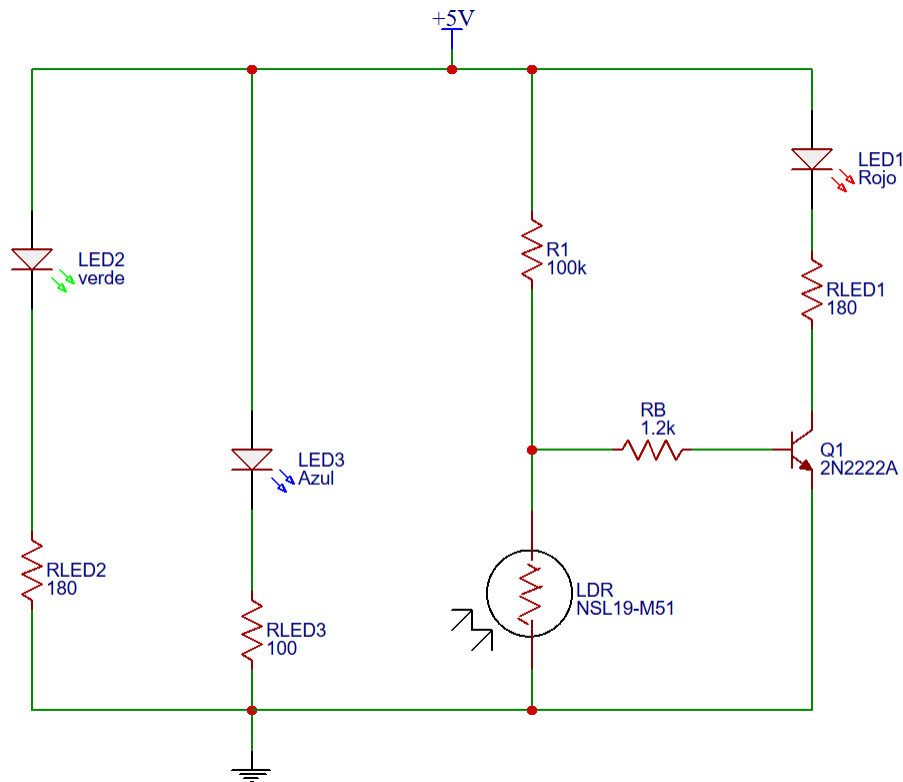


Fig. 2-13 Esquema del circuito del LDR utilizado como sensor de humo

2.4.4 Diseño del módulo de sensor MQ-2 para humo.

Como se mostró en el punto 2.3.4, se diseñó un módulo para detectar gas LP con el sensor MQ-2, nuevamente se diseñó un módulo, pero para detectar humo, usando las mismas ecuaciones y el mismo sensor.

Como ya se ha mencionado, se requiere en el sensor MQ-2 un resistor de carga para caracterizar el sensor a las necesidades deseadas. Para el caso del sensor de humo, se optó por un resistor de carga de 270Ω (véase NOTA⁵), lo cual redujo el voltaje de salida del sensor de 5V a 25mV (véase NOTA⁶).

Para acondicionar el voltaje de 25mV que se obtuvo anteriormente, se optó por una ganancia en voltaje de 35, esta ganancia se optó debido a que, de todos los gases, el sensor MQ-2 no detecta humo con la misma facilidad que con el gas LP. Además, con esta ganancia de 35, aseguramos que el sensor tenga un respuesta rápida aunque este detecte poco humo.

Con el voltaje medido del sensor MQ-2 de 40mV cuando este no detecta partículas de humo, el voltaje anterior es el voltaje de entrada V_i y con la ganancia A_v deseada de 35, se puede despejar a V_o , sustituyendo nuevamente en la ecuación 2.2, se tiene:

$$V_o = 25mV(35) = 875mV$$

El voltaje de salida de 875mV será el voltaje del sensor sin detectar partículas de humo ya con el acondicionamiento.

Para obtener la ganancia de 35 se requiere establecer valores a R_1 y R_2 . Retomando la ecuación 2.1, R_1 tiene un valor propuesto de 150Ω , despejando R_2 y sustituyendo, se tiene:

$$R_2 = (R_1) \frac{V_o}{V_i} - R_1 = (150\Omega) \left(\frac{875mV}{25mV} \right) - 150\Omega = 5100\Omega$$

El valor de R_2 corresponde a un resistor de precisión de 5.1K Ω .

Demostrando que el voltaje de salida es próximo a 1.4V con R_1 igual a 150Ω y R_2 igual a 5.1K Ω , sustituyendo en 2.3, se tiene:

⁵ R_L se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.2.1 para mayor información.

⁶ Este voltaje de salida se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.3.1 para mayor información.

$$V_o = \frac{R1 + R2}{R1} V_i = \frac{150\Omega + 5.1K\Omega}{150\Omega} (25mV) = 875mV$$

El voltaje de 1.4V es el voltaje del sensor sin detectar partículas de humo.

El esquema del módulo de sensor MQ-2 para humo se muestra en la figura 2.15.

Adicional al circuito amplificador, el módulo utiliza dos LED, uno siendo verde y otro rojo, como se realizó para el módulo de gas LP.

Con los datos que se consideraron para los LEDs en el punto 2.3.4, se puede sustituir nuevamente en la ecuación 2.3 para encontrar el valor de resistor para ambos LED.

Para el LED verde se tiene:

$$R_{LED1} = \frac{5V - 2V}{20mA} = 150\Omega$$

Para el LED rojo se tiene:

$$R_{LED2} = \frac{4V - 1.8V}{20mA} = 110\Omega$$

Seleccionando el valor comercial próximo a 110Ω y a 150Ω se tiene 120Ω y 150Ω respectivamente.

El diagrama del módulo de MQ-2 para detectar humo se muestra en la figura 2.14.

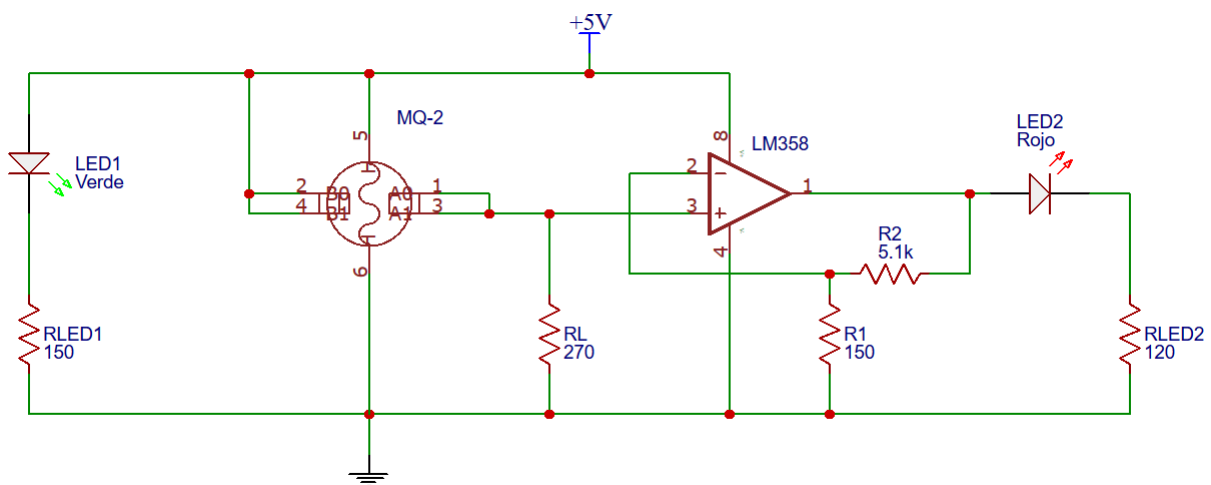


Fig. 2-14 Esquema del módulo de sensor MQ-2 para humo

2.5 Análisis y diseño del bloque de alarmas sonoras y visuales

Se muestra el diseño de las alarmas sonoras y visuales, utilizando el circuito integrado NE556.

A continuación, en la figura 2.15, se muestra detalladamente el bloque de la alarma sonora y visual con todas sus respectivas etapas.



Fig. 2-15 Diagrama a bloques de alarma sonora y visual

2.5.1 Temporizador NE556

El temporizador NE556 es un circuito integrado que internamente contiene dos temporizadores.

Cada temporizador del NE556 tiene:

- Terminal de salida. Esta terminal suministra corriente.
- Terminal de reinicio. Esta terminal desactiva el temporizador y anula las señales en la entrada de la terminal de disparo. En caso de no utilizarse esta terminal, deberá de ir conectada a +Vcc.
- Terminal de descarga. Esta terminal es utilizada para descargar un condensador de temporización externa durante el tiempo en el cual la salida está en un nivel bajo.
- Terminal de voltaje de control. En esta terminal se conecta un condensador, por el cual se desvían los voltajes de rizo y/o de oscilación que produce la fuente de alimentación. Por lo general es un condensador de 0.01μF si éste no se ocupa para evitar interferencias.
- Terminal de disparo y de umbral. Cada temporizador tiene dos posibles estados de operación y tienen uno de "memoria". Estos están dados por las terminales de

disparo y de umbral. La entrada de disparo es comparada con un voltaje de umbral inferior, V_{LT} , el cual corresponde a $V_{cc}/3$. Mientras que la entrada de umbral es comparada con un voltaje de umbral superior, V_{UT} , el cual corresponde a $2V_{cc}/3$.

Las terminales del circuito NE556, se muestran en la figura 2.16.



Fig. 2-16 Terminales del circuito integrado NE556

2.5.2 Diseño de circuito ráfaga con NE556

Esta configuración utiliza dos temporizadores, como se mencionó anteriormente, se utiliza el circuito integrado NE556, el temporizador B funciona como un multivibrador astable, mientras que el temporizador A oscila a una frecuencia menor que el B. El funcionamiento consiste en que cuando el temporizador A oscila, este a su salida entrega una "ráfaga" alternando entre un voltaje de nivel alto, tierra o un voltaje de nivel bajo.

El periodo que se desea para el temporizador A es de $T=1.5$ segundos, utilizando la ecuación 2.10, se puede obtener la frecuencia.

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Ecuación 2-10}$$

Donde:

f es la frecuencia en Hz.

T es el periodo en segundos.

Sustituyendo en la ecuación 2.6, se tiene:

$$f = \frac{1}{1.5s} = 0.666Hz$$

La frecuencia del temporizador A será de 666mHz.

De lo anterior, para obtener el condensador que utiliza el primer temporizador se requiere de un tiempo de carga y de un tiempo de descarga del mismo, estos tiempos se obtienen mediante las ecuaciones 2.11 y 2.12, las cuales son:

$$t_c = \frac{2}{3} T \quad \text{Ecuación 2-11}$$

$$t_D = \frac{1}{3} T \quad \text{Ecuación 2-12}$$

Donde:

t_c es el tiempo de carga.

t_D es el tiempo de descarga.

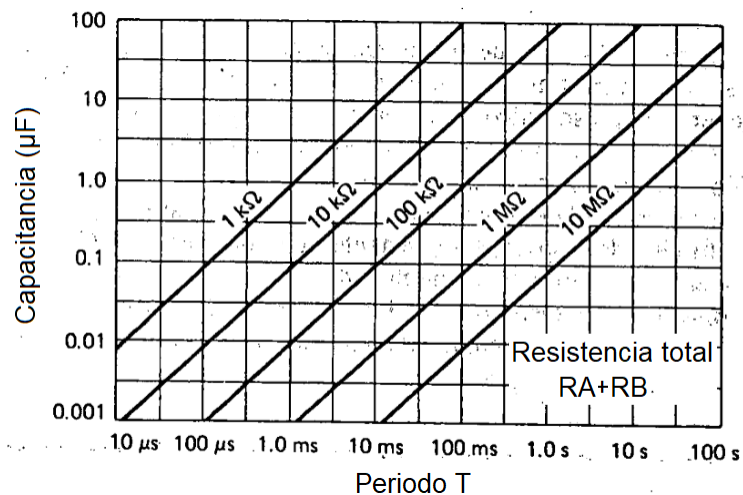
T es el periodo.

Sustituyendo $T=1.5$ segundos en 2.11 y 2.12 respectivamente, se tiene:

$$t_c = \frac{2}{3} T = \frac{2}{3} (1.5s) = 1s$$

$$t_D = \frac{1}{3} T = \frac{1}{3} (1.5s) = 500ms$$

La figura gráfica 2.2 muestra una relación entre capacitancias y periodos donde las rectas representa el valor de R_A+R_B , con esta gráfica se puede saber el valor del capacitor que utilizará cada temporizador.



Gráfica 2-2 Ayuda de diseño para determinar condensador de carga y descarga

Ya que el periodo deseado es de 1.5s y de acuerdo a la gráfica anterior, el valor del condensador estará entre 1 μ F y 10 μ F, además RA+RB será próximo a 1M Ω y la suma de ambos resistores no deberá ser mayor a 1M Ω .

El valor de RB se obtiene mediante la ecuación 2.13.

$$RB = \frac{t_D}{0.695 C_1} \quad \text{Ecuación 2-13}$$

Donde:

RB es el valor del resistor B.

t_D es el tiempo de descarga del condensador.

C1 es el valor del condensador obtenido mediante la gráfica de diseño.

Comenzando por un condensador de 1 μ F, sabiendo que T_D es de 500ms, se tiene:

$$RB = \frac{500ms}{0.695 (1\mu F)} = 719424\Omega = 719.424k\Omega$$

Es importante tener en cuenta que al momento de sumar RA y RB este valor no se mayor a 1M Ω , para ello se requiere de la ecuación 2.14, donde se podrá obtener el valor de RA+RB.

$$RT = RA + RB = \frac{t_c}{0.695 C_1} \quad \text{Ecuación 2-14}$$

Donde:

RA+RB es el valor de la resistencia total (RT).

T_C es el tiempo de carga del condensador.

C1 es el valor del condensador obtenido mediante la gráfica de diseño.

Sustituyendo T_C de 1s, C1 de 1 μ F en 2.13, se tiene:

$$RT = RA + RB = \frac{1s}{0.695 (1\mu F)} = 1.4M\Omega$$

El condensador de 1 μ F no es el correcto, ya que RA+RB es mayor a 1M Ω .

Ahora considerando un condensador de 2.2 μ F, sustituyendo en 2.13 y 2.12, respectivamente se tiene:

$$RT = RA + RB = \frac{1s}{0.695 (2.2\mu F)} = 654.022k\Omega$$

$$RB = \frac{500ms}{0.695 (2.2\mu F)} = 327.011\Omega = 327.011k\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 327.011kΩ, se tiene 330kΩ.

Para obtener RA se utiliza la ecuación 2.15.

$$RA = RT - RB \quad \text{Ecuación 2-15}$$

Donde:

RA es el valor del resistor A.

RT es la resistencia total.

RB es el valor del resistor B.

Sustituyendo en 2.15, se tiene:

$$RA = 654.022k\Omega - 330k\Omega = 324022\Omega = 324k\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 324kΩ, se tiene 330kΩ.

El periodo se puede obtener con la ecuación 2.16:

$$T = t_C + t_D \quad \text{Ecuación 2-16}$$

Donde:

T es el periodo en segundos.

t_C es el tiempo de carga.

t_D es el tiempo de descarga.

t_C y t_D están dados por las ecuaciones 2.17 y 2.18 respectivamente. Las cuales se muestran a continuación.

$$t_C = 0.695 (RA + RB)C1 \quad \text{Ecuación 2-17}$$

$$t_D = 0.695 RB C1 \quad \text{Ecuación 2-18}$$

Donde:

t_c es el tiempo de carga.

t_D es el tiempo de descarga.

R_A es el valor del resistor A.

R_B es el valor del resistor B.

C_1 es el valor del condensador de carga y descarga.

Sustituyendo en 2.12 y 2.13 respectivamente, además sabiendo que R_A es de $330k\Omega$, R_B es de $330k\Omega$ y C_1 de $2.2\mu F$, se tiene:

$$t_c = 0.695 (330k\Omega + 330k\Omega) 2.2\mu F = 1.00914s$$

$$t_D = 0.695 (330k\Omega) 2.2\mu F = 504.57ms$$

Comparando los valores anteriores con los deseados, se aprecia que estos son cercanos.

Por último, se obtendrá el periodo considerando los tiempos calculados, sustituyendo en 2.16, se tiene:

$$T = 1.00914s + 504.57ms = 1.51s$$

Para el temporizador B, se optó por una frecuencia de $1.3kHz$, para saber el periodo, se retoma la ecuación 2.10 de la cual se despeja T , sustituyendo $1.3kHz$, se tiene:

$$T = \frac{1}{1.3kHz} = 769.23\mu s = 770\mu s$$

Retomando las ecuaciones 2.11 y 2.12, para obtener el tiempo de carga y de descarga respectivamente, se tiene:

$$t_c = \frac{2}{3} 770\mu s = 513.333\mu s$$

$$t_D = \frac{1}{3} 770\mu s = 256.666\mu s$$

Ya que el periodo deseado es de 770 μ s y de acuerdo a la gráfica 2.2, el valor del condensador estará entre 1nF y 10nF, además RA+RB será próximo a 100k Ω y la suma de ambos resistores no deberá ser mayor a 100k Ω .

Retomando 2.13 para obtener RB comenzando con 1nF, se tiene:

$$RB = \frac{256.666\mu s}{0.695 (1nF)} = 369.303k\Omega$$

El valor de RB es mayor a 100k Ω , por lo que 1nF no es el condensador correcto.

Se repitió el cálculo para condensadores de 2.2nF, 3.3nF, 4.7nF, 5.6nF, 6.8nF, 8.2nF y 10nF, obteniendo los resultados siguientes:

Para 2.2nF un resistor RB de 167.865k Ω

Para 3.3nF un resistor RB de 111.910k Ω

Para 4.7nF un resistor RB de 78.575k Ω

Para 5.6nF un resistor RB de 65.947k Ω

Para 6.8nF un resistor RB de 54.309 Ω

Para 8.2nF un resistor RB de 45.037k Ω

Para 10nF un resistor RB de 36.930k Ω

De los resultados anteriores, al calcular RA+RB (RT), el resultado era menor a 100k Ω con los condensadores de 8.2nF y 10nF, retomando 2.14, sustituyendo 8.2nF y 10nF respectivamente, se tiene:

$$RT = RA + RB = \frac{513.333\mu s}{0.695 (8.2nF)} = 90.074k\Omega$$

$$RT = RA + RB = \frac{513.333\mu s}{0.695 (10nF)} = 73.860k\Omega$$

De los resultados anteriores se optó por el condensador de 10nF ya que con el condensador de 8.2nF el resultado de RT es más cercano a 100k Ω comparado con el condensador de 10nF. Por ello C2 es de 10nF y seleccionando el valor comercial mas cercano a 36.930k Ω , se tiene 33k Ω .

Para obtener RA se utiliza la ecuación 2.15, sabiendo que RT es 73.860kΩ y que RB es de 33kΩ, sustituyendo se obtiene:

$$RA = 73.860k\Omega - 33k\Omega = 40860\Omega = 40.86k\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 40.86kΩ, se tiene 39kΩ.

Sustituyendo en 2.12 y 2.13 respectivamente, además sabiendo que RA es de 39kΩ, RB es de 33kΩ y C2 de 10F, se tiene:

$$t_C = 0.695 (39k\Omega + 33k\Omega) 10nF = 500.4\mu s$$

$$t_D = 0.695 (33k\Omega) 10nF = 229.35\mu s$$

Comparando los valores anteriores con los deseados, se aprecia que estos son cercanos.

Por último, se obtendrá el periodo considerando los tiempos calculados, sustituyendo en 2.16, se tiene:

$$T = 500.4\mu s + 229.35\mu s = 729.75\mu s$$

El condensador de control de cada temporizador es de 0.01μF, ya que no se desea ocupar el control de voltaje de ambos temporizadores, además con este condensador se evitará interferencias en los temporizadores.

El altavoz, así como la matriz de LEDs son activados por medio de transistores como interruptor utilizando el transistor 2N2222A para ambos.

El altavoz es alimentado por 5V mientras que la matriz por un voltaje de 12V, se utilizan transistores independientes, es decir, que un transistor activa el altavoz y otro activa la matriz de LEDs. La matriz es alimentada por 12V y el altavoz por 5V.

El altavoz tiene una impedancia de 8Ω y se alimenta con un voltaje de 5V, con esto se puede obtener la corriente de colector que circula por el transistor, la corriente se puede obtener mediante la ecuación 2.19.

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_{altavoz}} \quad \text{Ecuación 2-19}$$

Donde:

I_C es la corriente de colector.

R_{altavoz} es la impedancia del altavoz.

V_{CC} es el voltaje de alimentación del altavoz.

Sustituyendo en 2.18, se tiene:

$$I_C = \frac{5V}{8\Omega} = 625mA$$

Retomando la ecuación 2.8 y el valor de β de acuerdo a la hoja de especificación, el cual tiene un valor mínimo de 40 y para una corriente máxima de colector de 500mA, sustituyendo se obtiene la corriente de base I_B del transistor, teniendo:

$$I_B = \frac{625mA}{40} = 15.62mA$$

De la ecuación 2.8 se opta por la consideración de seguridad descrita anteriormente, por ello, sustituyendo lo anterior en 2.9, se tiene:

$$I'_B = 10(15.62mA) = 156.2mA$$

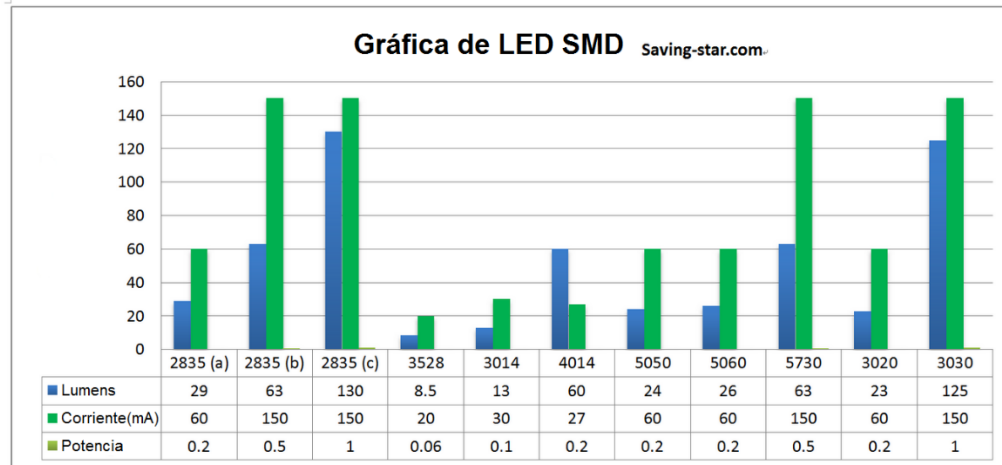
Por último, se obtendrá el resistor de base por medio de la ecuación 2.10, considerando que V_{BESAT} es el voltaje de base-emisor en saturación proporcionado en la hoja de especificación, este tiene un valor mínimo de 2V para I_C máxima de 500mA, además el voltaje de base es de 3.2V (véase NOTA⁷), sustituyendo en 2.9, se tiene:

$$R_{BB1} = \frac{3.2V-2V}{156.2mA} = 7.68\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 7.68 Ω , se tiene 8.2 Ω .

La matriz de LEDs tiene la matrícula SMD 5060W, con ayuda de la gráfica 2.3, se puede determinar la corriente de los LEDs, la cual corresponde a 60mA, esto de acuerdo con la gráfica que se presenta a continuación.

⁷ El voltaje se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.4 para más información.



Gráfica 2-3 En la gráfica se puede obtener la corriente, lumens y potencia de distintos LEDs. (gráfica consultada de la página web: <http://www.saving-star.com/es/smd-led-comparison/>)

Retomando la ecuación 2.7 y el valor de β de 100, como se utiliza para el altavoz, sustituyendo en 2.7, se tiene:

$$I_B = \frac{60mA}{100} = 600\mu A$$

De la ecuación 2.8 se opta por la consideración de seguridad descrita anteriormente, por ello, sustituyendo lo anterior en 2.8, se tiene:

$$I'_B = 10(600\mu A) = 6mA$$

Por último, se obtendrá el resistor de base por medio de la ecuación 2.9, considerando que $V_{BE_{SAT}}$ es 0.9V por lo descrito anteriormente, además recordando que el voltaje de base es de 4.5V (véase NOTA⁸), sustituyendo en 2.9, se tiene:

$$R_{BB2} = \frac{4.5V - 0.9V}{6mA} = 600\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 600Ω , se tiene 680Ω .

La figura 2.17, muestra el esquema de la alarma.

⁸ El voltaje se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.4 para más información.

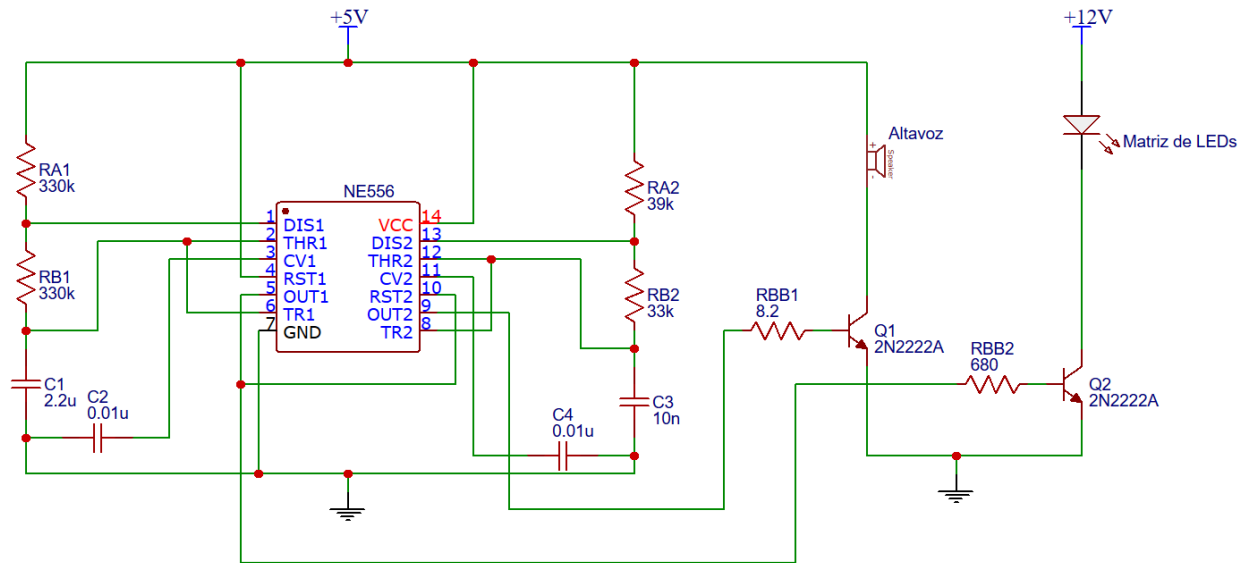


Fig. 2-17 Esquema completo de alarma sonora y visual

2.6 Diseño de circuitos complementarios

En este punto se muestra el diseño de circuitos complementarios de los previamente diseñados, el propósito de estos consiste en ser interruptores electrónicos empleando transistores, así el microcontrolador podrá controlar las entradas (sensores) y las salidas (válvula, alarma sonora y visual).

2.6.1 Diseño de interruptores para sensores de gas, humo y temperatura

Para estos sensores se optó por el transistor 2N2222A y de éste se consideraron las siguientes características:

- V_{cc} , el cual corresponde al voltaje de salida de 3.8V (véase NOTA⁹) de los sensores, en el caso del sensor LM35, se consideró el mismo voltaje ya que éste reflejaría una temperatura mayor a los 38°C de acuerdo a lo descrito en el punto 2.2.8.
- I_c correspondiente a 120mA (véase NOTA¹⁰) y sabiendo que I_E es próximo a I_c .

⁹ El voltaje se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.2.2 y 3.3.1 para más información.

¹⁰ La corriente se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.2.1 para más información.

- β de 100, considerando el valor mínimo de β equivalente a 100, ya que el máximo valor de β equivalente es de 300 para una I_C igual a 150mA, lo anterior de acuerdo a la hoja de especificación del transistor.
- V_{in} correspondiente a 5V, el cual es proporcionado por el microcontrolador, éste valor se obtiene de la hoja de especificación del mismo donde se indica que el microcontrolador entrega a su salida un voltaje mínimo de 5V. Cabe mencionar que el microcontrolador que utiliza el proyecto es el PIC16F1619.
- $V_{BE_{SAT}}$ proporcionado en la hoja de especificación, este tiene un valor mínimo de 0.6V y un voltaje máximo de 1.2V para I_C máxima de 150mA y una I_B máxima de 15mA.

El voltaje de V_{CC} será entregado al colector del transistor y en el emisor habrá un resistor de colector, entre el colector y el resistor de colector hay una salida que va al conversor análogo digital (CAD) del microcontrolador. El microcontrolador enviara voltaje a la base del transistor para dejar circular el voltaje del sensor de colector a emisor. El resistor de emisor sirve de como protección para el microcontrolador y para el sensor.

Para lograr lo anterior se requiere que la corriente en el emisor sea pequeña cuando el transistor este en saturación, de esta manera la mayor parte de la corriente ira directamente al CAD la corriente que se deseada que circule por el emisor es de 300 μ A, además sabiendo que I_E es aproximadamente igual a I_C , esto se obtiene mediante la ecuación 2.20.

$$R_E = \frac{V_{CC}}{I_E} \quad \text{Ecuación 2-20}$$

Donde:

R_E es el resistor de emisor.

V_{CC} es el voltaje de alimentación.

I_E es la corriente de emisor.

Para R_E , sustituyendo V_{CC} de 3.8V e I_E de 300 μ A, se tiene:

$$R_E = \frac{V_{CC}}{I_E} = \frac{3.8V}{300\mu A} = 12666\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 12666 Ω , se tiene 12k Ω .

Retomando la ecuación 2.7 y sustituyendo $I_C=I_E=300\mu A$ y β de 100, se tiene:

$$I_B = \frac{300\mu A}{100} = 3\mu A$$

De la ecuación 2.8 se opta por la consideración de seguridad descrita anteriormente, pero debido a que la corriente es de $3\mu A$, para garantizar la saturación en este caso se multiplicará por 100 en lugar de 10, por ello sustituyendo lo anterior en 2.8, se tiene:

$$I'_B = 100(3\mu A) = 300\mu A$$

Por último, se obtendrá el resistor de base por medio de la ecuación 2.9, considerando que $V_{BE_{SAT}}$ es 0.6V del valor mínimo, además recordando que el voltaje de base es de 5V, sustituyendo en 2.9, se tiene:

$$R_B = \frac{5V - 0.6V}{300\mu A} = 14666\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 14666Ω , se tiene $15k\Omega$.

La figura 2.18, muestra el diagrama del interruptor.

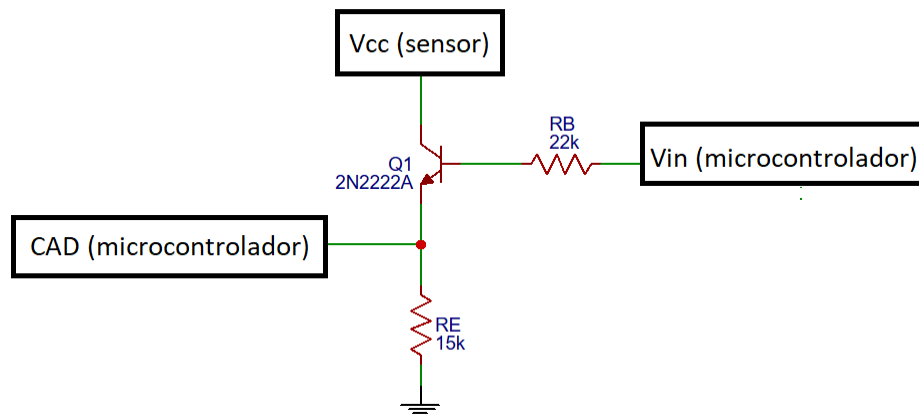


Fig. 2-18 Diagrama de interruptor electrónico para los sensores

2.6.2 Diseño de interruptor para alarma

Para la alarma se optó por dos transistores 2N2222A usando un arreglo Darlington como interruptor y de éste se consideraron las siguientes características:

- V_{CC} , el cual corresponde a 5V.
- El proyecto utiliza dos alarmas y cada una demanda una corriente de 170mA (véase NOTA¹¹) por lo que I_C es igual a 340mA para el diseño del interruptor.
- β de 40, considerando este valor debido a que de acuerdo a la hoja de especificación este valor de β es para una corriente máxima de 500mA.
- V_{in} correspondiente a 5V, el cual es proporcionado por el microcontrolador.
- $V_{BE_{SAT}}$ proporcionado en la hoja de especificación, este tiene un valor mínimo de 2V para I_C máxima de 500mA y una I_B máxima de 50mA.

Las alarmas estarán conectadas entre V_{CC} y el colector del transistor, cuando el microcontrolador entregue 5V a la base del transistor éste se satura haciendo que el transistor deje fluir la corriente de colector a emisor, comportándose como un circuito cerrado, cuando no hay voltaje de base, el transistor estará en corte haciendo que el transistor se comporte como un circuito abierto y por ende la alarma estará apagada.

Retomando la ecuación 2.7 y sustituyendo I_C igual a 340mA y β de 40, se tiene:

$$I_B = \frac{340mA}{40} = 8.5mA$$

De la ecuación 2.8 no se opta por la consideración de seguridad descrita anteriormente, porque en este caso al multiplicarse por 10 daría una corriente de base de 85mA, la cual no sería soportada por el transistor y debido a que 8.5mA está por debajo del límite de 50mA se utiliza la obtenida anteriormente.

Por último, se obtendrá el resistor de base por medio de la ecuación 2.9, considerando que $V_{BE_{SAT}}$ es 2V por lo descrito anteriormente, además recordando que V_{in} es de 3.6V, sustituyendo en 2.9, se tiene:

$$R_B = \frac{5V - 2V}{8.5mA} = 352.94\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 352.94 Ω , se tiene 330 Ω .

La figura 2.19, se muestra el diagrama del interruptor.

¹¹ La corriente se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.4 para más información.

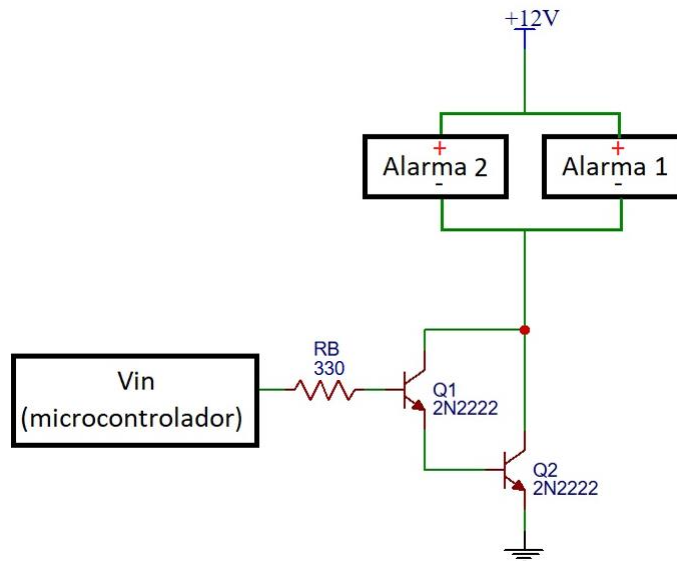


Fig. 2-19 Diagrama de interruptor electrónico para la alarma (+ & – indican la polaridad de las alarmas).

2.6.3 Diseño de interruptor de válvula

Para la alarma se optó por el transistor TIP50 y de éste se consideraron las siguientes características:

- V_{CC} , el cual corresponde a 12V.
- I_C correspondiente a 650mA (véase NOTA¹²).
- β de 10, lo anterior de acuerdo a la hoja de especificación del transistor, ya que el valor de β es para una I_C máxima de 1A.
- V_{in} correspondiente a 3.6V, el cual es proporcionado por el microcontrolador.
- $V_{BE_{SAT}}$ de 1.5V proporcionado en la hoja de especificación para I_C máxima de 1A.

La única diferencia entre el interruptor de alarmas y el de la válvula es que el interruptor de la válvula solo requiere del transistor TIP50 y solo se consideró el transistor de base.

De acuerdo a la hoja de especificación del PIC16F1619, esta entrega a su salida una corriente máxima de 100mA, sabiendo también que el microcontrolador entrega a su salida 5V y de acuerdo a las hojas de especificación se puede obtener el resistor de base

¹² La corriente se obtiene mediante medición, consultar el punto 3.5 para más información.

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE_{SAT}}}{I_B} \quad \text{Ecuación 2-21}$$

Sustituyendo la corriente de base de 100mA, V_{in} de 5V, y $V_{BE_{SAT}}$ de 1.5V, se tiene:

$$R_B = \frac{5V - 1.5V}{100mA} = 35\Omega$$

Seleccionando el valor comercial más próximo a 35Ω se tiene 33Ω.

La figura 2.20, muestra el diagrama del interruptor.

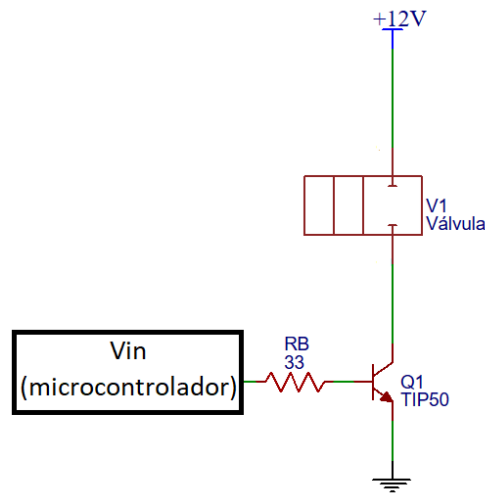


Fig. 2-20 Diagrama de inversor para la válvula

2.6.4 Diseño de LEDs indicadores de zona

La tarjeta principal en la cual se encuentra el microcontrolador PIC16F1619 tiene LEDs que encienden cuando se obtiene el voltaje de cada módulo los cuales están colocados en diversas zonas del inmueble. Cada vez que el microcontrolador reciba el voltaje del módulo, un LED amarillo encenderá en la tarjeta principal indicando que la zona correspondiente está siendo controlada.

Para lograr lo anterior se tiene que considerar el voltaje del microcontrolador de 3.6V, la corriente que demanda el LED amarillo la cual es de 20mA y el voltaje que requiere para encender el cual es de 2.2V.

Retomando la ecuación 2.3, y considerando que V_{CC} es de 5V, I_{LED} es de 20mA y V_{LED} de 2.2V, se obtiene el resistor que protege al LED. Se tiene:

$$R_{LED} = \frac{5V - 2.2V}{20mA} = 140\Omega$$

El valor de 140Ω es útil si se requiere que el LED tenga máximo brillo, pero como no se desea el máximo brillo, se optó por un resistor de 220Ω .

Retomando la ecuación 2.3 y despejando la corriente de colector I_C para obtener la corriente que consume el LED con un resistor de 220Ω , se tiene:

$$I_C = \frac{5V - 2.2V}{220\Omega} = 12.72mA$$

Por lo que, el LED indicador de la tarjeta consumirá $12.72mA$.

La figura 2.21 muestra el diagrama de LED indicador de zona.

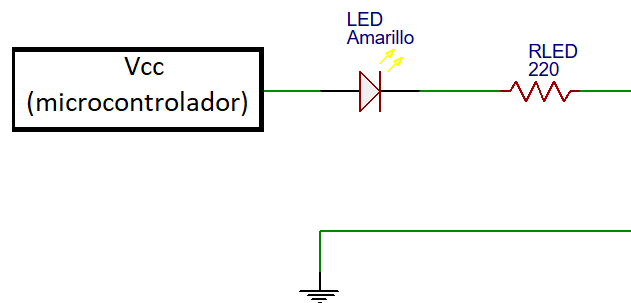


Fig. 2-21 Diagrama LED indicador de zona

Por último, se realizó el programa del microcontrolador que utiliza la tesis, el programa completo puede ser encontrado en el Anexo en la página 74.

Además, el diagrama general de todo el proyecto puede ser consultado en el Anexo en la página.

3 Pruebas de laboratorio

En este capítulo se muestran los diversos circuitos que conforman cada una de las etapas del proyecto, así como el uso de dispositivos y circuitos alternos.

En este punto se pueden observar a detalle las distintas mediciones realizadas, tablas de contenido que son útiles para quienes deseen abordar un proyecto similar utilizando los dispositivos que se presentan en el presente trabajo.

3.1 Pruebas de laboratorio del bloque de sensor de temperatura

Se realizan pruebas de laboratorio para el termopar tipo K y el termistor LM35, empleando los circuitos vistos en el capítulo 2.2.

Estas pruebas de temperatura son realizadas en la Ciudad de México, la cual está a 2250 metros de altura del nivel del mar. Además, se realizan en el mes de marzo del 2017.

3.1.1 Pruebas de termopar tipo K

A continuación, en la tabla 3.1 se muestran las variaciones de temperatura registradas con el termómetro del multímetro digital Steren MUL-270 y el termopar tipo k. Registrando solamente temperatura dentro del intervalo de 20°C a 40°C.

Para que se pudiese variar la temperatura, se utiliza un recipiente con hielos y una parrilla para calentar el recipiente y se fueron observando las temperaturas obtenidas con el multímetro y el termopar. Los resultados se muestran en la tabla 3.1.

Multímetro MUL-270	Termopar tipo K	Multímetro MUL-270	Termopar tipo K
20°C	20.4°C	31°C	31.7°C
21°C	21.4°C	32°C	32.6°C
22°C	22.3°C	33°C	33.3°C
23°C	23.8°C	34°C	34.5°C
24°C	24.4°C	35°C	35.6°C
25°C	25°C	36°C	36.3°C
26°C	26.6°C	37°C	37.3°C
27°C	27.6°C	38°C	38.4°C
28°C	28.7°C	39°C	39.2°C
29°C	29.1°C	40°C	40°C
30°C	30.4°C	-	-

Tabla 3-1 Comparativa de temperatura del multímetro y el termopar

3.1.2 Pruebas del termistor LM35

Como se mencionó, el termistor LM35 tiene a su salida una relación de 10mV/°C, esta relación fue medida con el multímetro digital Steren MUL-270.

Se realizó mediciones de temperatura ambiente de la Ciudad de México cada hora durante un periodo de 24 horas, las mediciones fueron realizadas con el termistor LM35 y comparadas con la temperatura reportada por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN). Las mediciones se iniciaron a las 14:00 horas del día 14 de abril del 2017 y se finalizaron a las 13:00 horas del 15 de abril del 2017

La tabla 3.2, muestra los resultados de la temperatura medida del termistor LM35 y la temperatura reportada del SMN.

Horario	Sistema Meteorológico Nacional		Horario	Sistema Meteorológico Nacional	
	LM35			LM35	
14:00	24.4°C	24°C	02:00	15.8°C	15°C
15:00	26.8°C	26°C	03:00	14.2°C	14°C
16:00	26.8°C	26°C	04:00	14.7°C	14°C
17:00	25.3°C	25°C	05:00	13.5°C	13°C
18:00	24.5°C	24°C	06:00	13.4°C	13°C
19:00	22.4°C	22°C	07:00	11.7°C	11°C
20:00	20.2°C	20°C	08:00	12.1°C	12°C
21:00	18.6°C	18°C	09:00	16.2°C	15°C
22:00	18.5°C	18°C	10:00	17.1°C	17°C
23:00	17.6°C	17°C	11:00	20.4°C	20°C
00:00	16.8°C	16°C	12:00	21.6°C	21°C
01:00	17.1°C	16°C	13:00	23.1°C	23°C

Tabla 3-2 Comparación de temperaturas medidas del LM35 y el SMN

Como se aprecia en los resultados obtenidos, se puede observar que los resultados obtenidos con el termopar tipo K y el LM35 son muy cercanos a los valores con los cuales se compararon, se optó por el LM35 debido a la simplicidad de éste, el intervalo de temperatura que se desea controlar es de 16°C a 30°C, además de que acondicionar el LM35 es más sencillo y más barato comparado con el termopar tipo K y por último se consideró el espacio que ocuparía este, ya que el LM35 al utilizar menos componentes no solo se reducen costos sino también espacio en el módulo diseñado.

3.2 Pruebas de laboratorio del bloque de sensor de gas

Se realizaron pruebas de laboratorio para el módulo de sensor MQ-4 y el módulo de sensor MQ-2 diseñado en el capítulo 2.3.

Las mediciones de voltaje se realizaron utilizando el multímetro digital Steren MUL-270, las pruebas de gas fueron realizadas en una cocina con unas dimensiones de 3.225m de largo por 2.283m de ancho, además de que estas pruebas también fueron realizadas a diferentes distancias para observar el comportamiento de los módulos.

3.2.1 Pruebas de sensor MQ-2

En primera instancia, se observó que el sensor MQ-2 entrega a su salida un voltaje de 5V sin resistencia de carga, por consiguiente se estudió el comportamiento del sensor para seleccionar la resistencia de carga adecuada para que éste detecte diferentes gases, por medio de variaciones del valor de la resistencia de carga, procediendo a realizar diversas pruebas, las cuales consistieron en aumentar la resistencia de carga del sensor, la primer prueba se realizó con un resistor de 1Ω dando como resultado un voltaje de -5.6mV a la salida del sensor, posteriormente, la segunda prueba con un resistor de 1.2Ω obteniendo a la salida un voltaje de -5.4mV , la tercer prueba con un valor de resistencia de carga de 1.5Ω obteniendo el voltaje a la salida correspondiente. Este proceso se realizó en un total de 84 mediciones, con ello se obtuvo la tabla 3.3, la cual relaciona el valor de resistencia de carga y el voltaje que entrega el sensor a la salida. Las mediciones de los voltajes y mediciones de resistencias se realizaron con el multímetro digital Steren MUL-270.

R_L	Voltaje	R_L	Voltaje	R_L	Voltaje	R_L	Voltaje	R_L	Voltaje	R_L	Voltaje	R_L	Voltaje
1Ω	-5.6mV	10Ω	-4.7mV	100Ω	3.2mV	1kΩ	76mV	10kΩ	730mV	100kΩ	3.33V	1MΩ	5.1V
1.2Ω	-5.4mV	12Ω	-4.5mV	120Ω	5.1mV	1.2kΩ	100mV	12kΩ	910mV	120kΩ	5.1V	1.2MΩ	5.1V
1.5Ω	-5.4mV	15Ω	-4.2mV	150Ω	7.2mV	1.5kΩ	125mV	15kΩ	1.06V	150kΩ	5.1V	1.5MΩ	5.1V
1.8Ω	-5.3mV	18Ω	-3.9mV	180Ω	10.3mV	1.8kΩ	138mV	18kΩ	1.18V	180kΩ	5.1V	1.8MΩ	5.1V
2.2Ω	-5.2mV	22Ω	-3.4mV	220Ω	16.8mV	2.2kΩ	170mV	22kΩ	1.39V	220kΩ	5.1V	2.2MΩ	5.1V
2.7Ω	-5.1mV	27Ω	-3.1mV	270Ω	25.1mV	2.7kΩ	204mV	27kΩ	1.54V	270kΩ	5.1V	2.7MΩ	5.1V
3.3Ω	-5.1mV	33Ω	-2.5mV	330Ω	31.7mV	3.3kΩ	245mV	33kΩ	1.73V	330kΩ	5.1V	3.3MΩ	5.1V
3.9Ω	-5.0mV	39Ω	-2.2mV	390Ω	36.0mV	3.9kΩ	291mV	39kΩ	1.94V	390kΩ	5.1V	3.9MΩ	5.1V
4.7Ω	-5.0mV	47Ω	-1.5mV	470Ω	40.3mV	4.7kΩ	352mV	47kΩ	2.14V	470kΩ	5.1V	4.7MΩ	5.1V
5.6Ω	-4.9mV	56Ω	-0.9mV	560Ω	46.8mV	5.6kΩ	400mV	56kΩ	2.43V	560kΩ	5.1V	5.6MΩ	5.1V
6.8Ω	-4.9mV	68Ω	0.3mV	680Ω	58.9mV	6.8kΩ	479mV	68kΩ	2.66V	68kΩ	5.1V	6.8MΩ	5.1V
8.2Ω	-4.8mV	82Ω	1.6mV	820Ω	65.3mV	8.2kΩ	556mV	82kΩ	3.11V	820kΩ	5.1V	8.2MΩ	5.1V

Tabla 3-3 Voltaje de salida del sensor MQ-2 a distintos valores de resistores comerciales, en caso de ser requerido un voltaje que no se encuentre en la tabla, se recomienda el uso de un potenciómetro

De la tabla anterior al momento de diseñar los módulos de gas LP y humo se optó por resistencia de carga 270 Ω para ambos y así obtener voltajes que se ajustaran a las necesidades para detectar gas LP, así como detectar humo y en la respuesta que se tendría al detectar estos.

Para calcular los resistores de los transistores que son utilizados para activar al módulo de gas y al módulo de humo con temperatura, se midió la corriente que el MQ-2 entrega a su salida, la corriente máxima obtenida es de 120mA, considerando esta corriente cuando el amplificador está saturado y entrega a la salida un voltaje próximo a 3.8V.

Cabe mencionar que el sensor MQ-2 es de la marca Winsen, ya que todos los sensores MQ-2 que utiliza el proyecto se caracterizaron en base a lo descrito anteriormente y se comprobó la respuesta de los mismos a las resistencias de carga que se muestran en la tabla anterior.

3.2.2 Pruebas del módulo de sensor MQ-2 para gas LP

El proyecto utiliza dos módulos de sensor MQ-2 para gas LP. Se realizaron las pruebas de laboratorio a éstos para comprobar que el funcionamiento de ambos sea similar. La tabla 3.4 muestra los voltajes medidos de los módulos que se realizaron, las mediciones fueron realizadas con el multímetro digital Steren MUL-270.

Módulo	VEsA	VMsA	VEcA	VMDG	VMAmOp
1	24.9mV	250mV	372mV	3.36V	3.77V
2	25.1mV	252mV	375mV	3.36V	3.75V

Tabla 3-4 Pruebas en los módulos diseñados para detectar gas LP. Véase NOTA¹³

Una vez que se realizaron las pruebas de que el sensor de gas LP funcionara correctamente, se realizaron pruebas a distancia del mismo. Las pruebas se realizaron en un horario comprendido de entre las 14:00 horas y las 15:12 horas bajo las mismas condiciones. Se realizaron pruebas a distancias de 1cm, 5cm, 10cm y 20cm.

Para cada distancia se cronometra el tiempo de respuesta del sensor MQ-2, se realizaron cinco mediciones de tiempo a cada una de las distancias, estas mediciones de tiempo se realizaron con el cronometro de un Apple iPad 2.

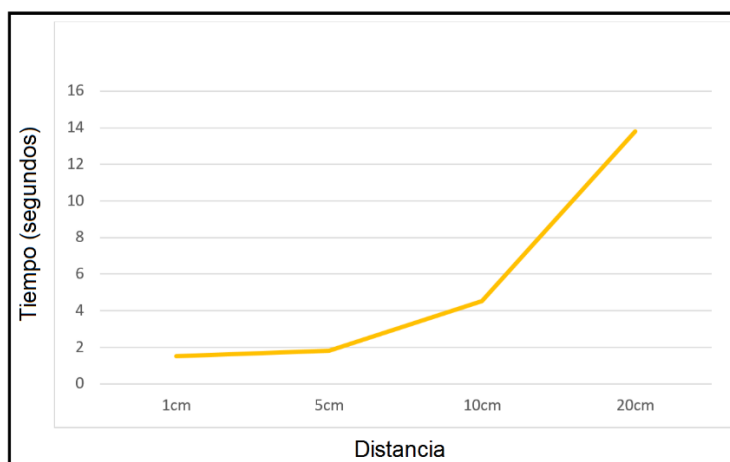
La tabla 3.5 muestra las mediciones de tiempo de cada distancia además del promedio de cada una.

¹³ VEsA: Voltaje Estable sin Acondicionamiento, VMsA: Voltaje Máximo sin Acondicionamiento, VEcA: Voltaje Estable con Acondicionamiento, VMDG: Voltaje Máximo Detectando Gas LP, VMAmOp: Voltaje máximo del amplificador operacional cuando este se satura.

Distancia	Tiempos (seg)	Promedio (seg)
1cm	1.75, 1.06, 1.31, 1.98, 1.59	1.53
5cm	1.62, 2.26, 1.36, 2.62, 1.16	1.80
10cm	5.46, 3.26, 2.15, 6.89, 4.67	4.52
20cm	9.84, 11.82, 23.36, 11.47, 12.49	13.79

Tabla 3-5 Tabla de tiempos y promedios de cada distancia para el módulo de MQ-2 para gas LP

La gráfica 3.1 muestra el comportamiento del sensor con cada promedio de los tiempos a cada distancia.



Gráfica 3-1 Gráfica de los promedios de tiempo del sensor MQ-2 para gas

Como se esperaba, entre mayor sea la distancia, mayor es el tiempo de respuesta del sensor, se consideró una distancia máxima de 20cm en la cual el sensor estará en su punto más lejano de la fuente de gas, como se puede apreciar en la tabla 3.2, 13.79 segundos es un tiempo aceptable para que este active las alarmas audiovisuales y cierre la válvula.

3.2.3 Pruebas del módulo de sensor MQ-4

También se realizaron pruebas de laboratorio del sensor MQ-4, ya que se deseó comparar el módulo diseñado del módulo comprado, el potenciómetro de la tarjeta fue ajustado para que el sensor estuviese sensitivo para detectar gas LP.

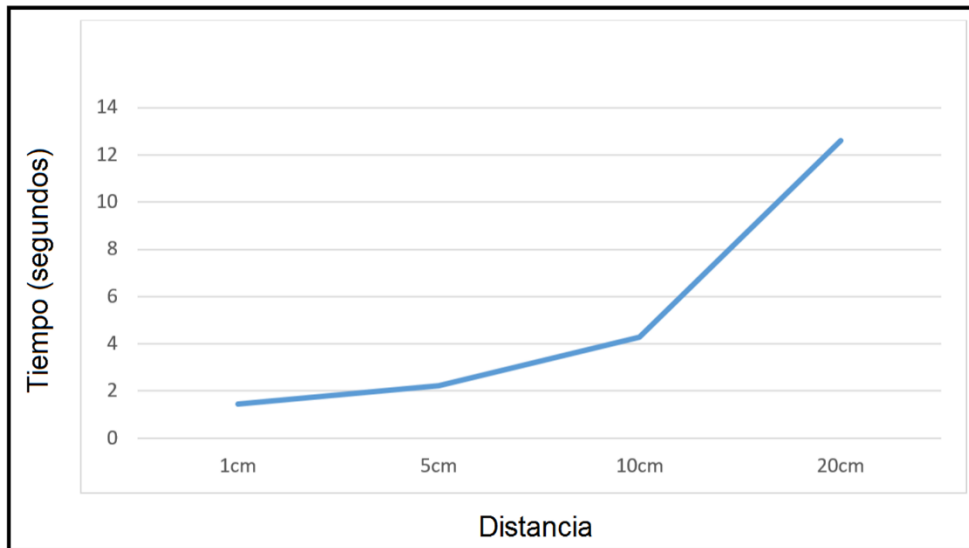
Las pruebas se realizaron en un horario comprendido de entre las 22:45 horas y las 23:26 horas bajo las mismas condiciones. Se realizaron pruebas a distancias de 1cm, 5cm, 10cm y 20cm. Las mediciones se realizaron con el multímetro digital Steren MUL-270 mientras que las mediciones de tiempo se realizaron con el cronometro de un Apple iPad 2.

La tabla 3.6 muestra las mediciones de tiempo de cada distancia además del promedio de cada una.

Distancia	Tiempos (seg)	Promedio (seg)
1cm	1.43, 1.03, 1.67, 1.38, 1.76	1.45
5cm	1.66, 2.27, 2.49, 1.91, 2.77	2.22
10cm	4.05, 3.89, 3.44, 4.71, 5.37	4.29
20cm	20.29, 9.45, 12.83, 11.28, 9.22	12.61

Tabla 3-6 Tabla de tiempos y promedios de cada distancia para el módulo de MQ-4

La gráfica 3.2 muestra el comportamiento del sensor con cada promedio de los tiempos a cada distancia.



Gráfica 3-2 Gráfica de los promedios de tiempo del sensor MQ-2 para gas LP

Comparando el módulo del sensor MQ-4 con el módulo del sensor diseñado para el sensor MQ-2, se aprecia que los promedios de tiempo de cada sensor no son muy alejados unos de otros. Por lo que el diseño del sensor MQ-2 es satisfactorio para el proyecto. Además, el módulo diseñado está caracterizado para medir gas LP, así otros tipos de gases no intervendrán ni darán una falsa alarma en caso de que exista algún tipo de gas diferente a gas LP o gas butano.

3.3 Pruebas de laboratorio del bloque de sensor de humo

Se realizaron pruebas de laboratorio para los circuitos propuestos y el módulo de sensor MQ-2 diseñado en el capítulo 2.4.

Las mediciones de voltaje se realizaron utilizando el multímetro digital Steren MUL-270, las pruebas de humo fueron realizadas en una cocina con unas dimensiones de 3.225m de largo por 2.283m de ancho y una altura de 2.052m para observar el comportamiento de los módulos diseñados, así como también pruebas realizadas al circuito LDR para detectar humo.

3.3.1 Pruebas del módulo de sensor MQ-2 para humo

El proyecto utiliza cuatro módulos de sensor MQ-2 para humo. Se realizaron las pruebas de laboratorio a estos para verificar que realizaran la tarea deseada.

La tabla 3.7 muestra los voltajes medidos de los módulos que se realizaron, las mediciones fueron realizadas con el multímetro digital Steren MUL-270.

Módulo	VEsA	VMsA	VEcA	VMDH	VMAmOp
1	40.5mV	426mV	1.49mV	4.21V	3.76
2	39.8mV	425mV	1.47mV	4.13V	3.75
3	40.3mV	426mV	1.47mV	4.25V	3.78

Tabla 3-7 Pruebas en los módulos diseñados para detectar humo. Véase NOTA¹⁴

Cada sensor se colocó a una altura aproximada de 2 metros, y se midió el tiempo con un cronometro de un Apple iPad 2 para observar la respuesta de estos al humo, el humo se creó dentro de la cocina descrita anteriormente utilizando madera, la cual fue colocada en un recipiente de aluminio en forma de cubo cuyas dimensiones corresponde a 15cm de largo por 15cm de ancho y 25 cm de altura.

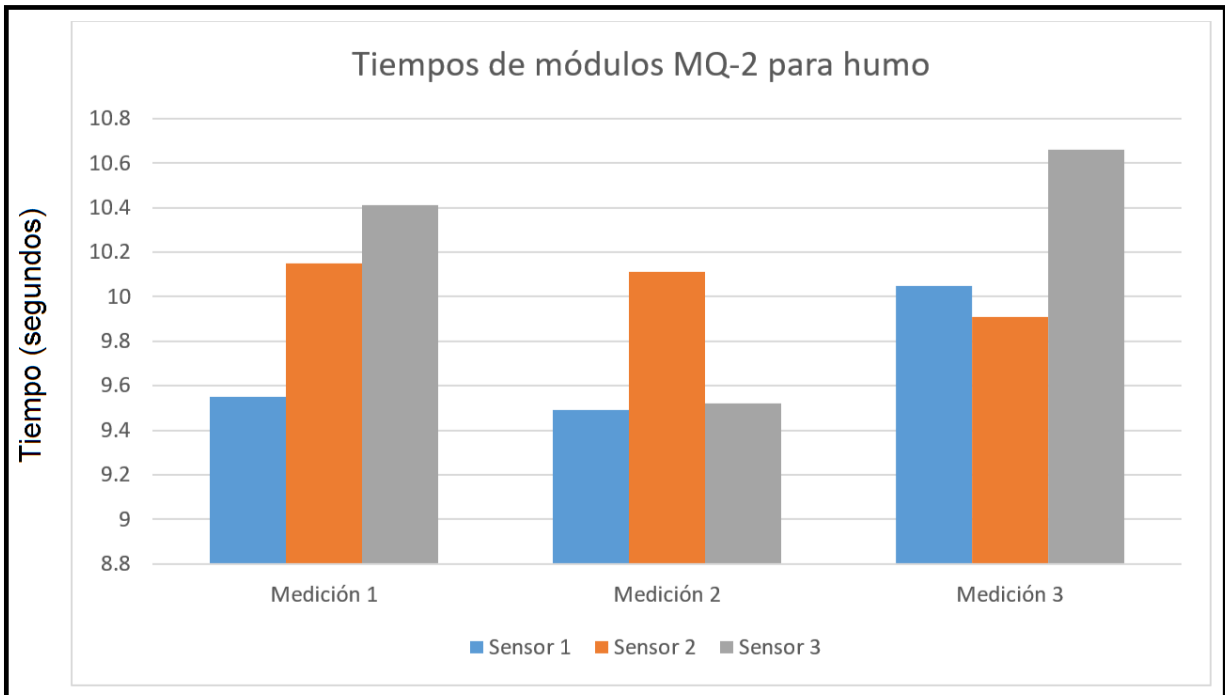
La tabla 3.5 muestra las mediciones de tiempo de cada distancia además del promedio de cada una.

Módulo	Tiempo (seg)	Promedio (seg)
1	9.55, 9.49, 10.05	9.70
2	10.15, 10.11, 9.91	10.06
3	10.41, 9.52, 10.66	10.19

Tabla 3-8 Tabla de tiempos y promedios de cada distancia para de MQ-2 para humo

¹⁴ VEsA: Voltaje Estable sin Acondicionamiento, VMsA: Voltaje Máximo sin Acondicionamiento, VEcA: Voltaje Estable con Acondicionamiento, VMDH: Voltaje Máximo Detectando Humo, VMAmOp: Voltaje máximo del amplificador operacional cuando este se satura.

La gráfica 3.3 muestra la comparación de tiempos de los diferentes módulos a los tiempos obtenidos.



Gráfica 3-3 Comparación de tiempos de los módulos diseñados para detectar humo

3.3.2 Pruebas del circuito LDR

Al momento de realizar las pruebas del circuito LDR, se observó que este no funcionaba ya que el humo no era lo suficientemente opaco como para evitar que la luz incidiera sobre el LDR, pero si funciona si un objeto se coloca entre el LED y el LDR.

Debido a lo anterior se descartó esta opción.

El circuito de LDR es una opción viable si se desea que se detecten objetos opacos y que obstruyan de manera total la luz que emite el LED azul. Por otra parte, el módulo para detectar humo con el sensor MQ-2 requiere mayor voltaje porque dentro de los gases que el sensor detecta el humo es uno de los que no detecta con facilidad como lo hace con el gas LP o incluso el viento, por eso se decidió optar por una ganancia de 35 porque se desea que éste detecte humo rápidamente.

3.4 Pruebas de laboratorio del circuito ráfaga del NE556

De este circuito se realizaron medición de las frecuencias que se calcularon en el punto 2.5.2, para ello se empleó el osciloscopio digital Tektronix TDS 3054B. Así como pruebas de que la alarma tenga un sonido que sea audible.

Para el temporizador A se tiene una frecuencia de 761.7mHz como se muestra en la figura 3.1.

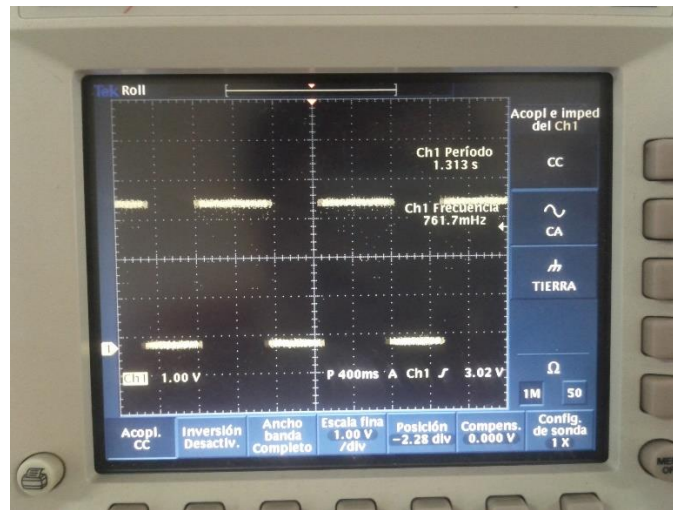


Fig. 3-1 Frecuencia del temporizador A del circuito ráfaga

Para el temporizador B se tiene una frecuencia de 1.296kHz como se muestra en la figura 3.2.

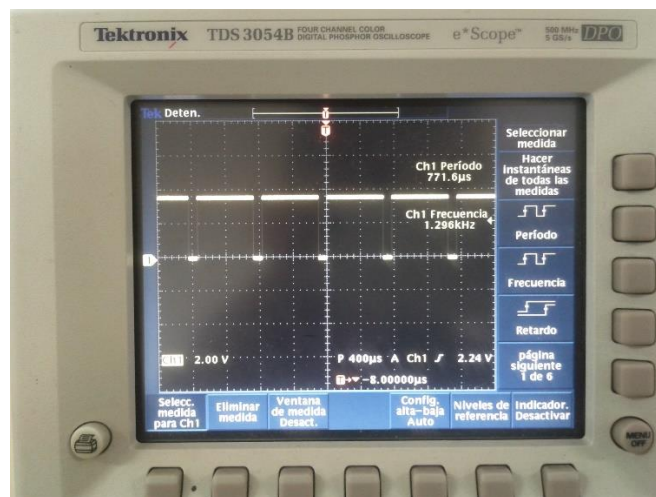


Fig. 3-2 Frecuencia del temporizador B del circuito ráfaga

Además de la frecuencia se midió el voltaje de salida, ya que este voltaje es quien activara el altavoz y la matriz de LEDs. El voltaje a la salida del temporizador A que se obtuvo es de 4.5V, mientras que el voltaje a la salida del temporizador B corresponde a 3.2V, además se le realizaron mediciones al voltaje de entrada de la alarma el cual es alimentado con 12V para el altavoz y la matriz de LEDs, el NE556 tiene un regulador de voltaje LM7805 para que éste sea alimentado con 5V, la corriente que demanda el circuito es de 170mA, las mediciones de voltaje y de corriente se realizaron con el multímetro digital Steren MUL-270.

Como se mencionó en el punto 2.5.2

3.5 Pruebas de laboratorio de la válvula

En este punto solamente se comprobó el funcionamiento de la válvula, esta válvula como se mencionó anteriormente es una válvula normalmente cerrada, para el diseño del interruptor descrito en el punto 2.6.2 se requiere la corriente que la válvula consume, la cual corresponde a 650mA, la medición de esta corriente se realizó con el multímetro digital Steren MUL-270.

En un principio se deseaba utilizar una válvula que fuese normalmente abierta, es decir que para cerrar a la misma necesitará un voltaje de 12V, pero se llegó a la conclusión que para ambos tipos de válvula requieren de un transistor como interruptor para abrir o cerrar la misma.

Al realizar las pruebas del interruptor se observó que el su comportamiento es correcto, no hay caída de tensión ni caída de voltaje en el circuito.

4 Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se mencionan las conclusiones generales del proyecto, así como recomendaciones para quien o quienes quieran realizar un proyecto similar o mejorar el presentado en este trabajo.

4.1 Conclusiones

El sistema de seguridad que se diseñó cumple en desempeñarse de manera correcta, rápida y efectiva al momento de detectar humo, gas y variaciones de temperatura. Las vidas humanas es lo más importante, con ellas no hay segundas oportunidades por ello se desea que haya en México más proyectos como el presentado, un incidente es impredecible, pero si se tiene un dispositivo que ayude a salvar vidas y a evitar que haya una catástrofe las personas tendrán tranquilidad en su bienestar.

Lograr lo anterior no fue una tarea fácil, ya que en el desarrollo del proyecto se encontraron varios contratiempos, primeramente el funcionamiento del sensor MQ-2 ya que de éste no se tenía conocimiento previo, además cabe mencionar que los sensores en la primera etapa del diseño se comportaban diferentes unos de otros a pesar de que estos detectaban correctamente gas y humo, se obtuvieron diferentes mediciones de voltaje y corriente para estos, cabe mencionar que estos sensores no tenían referencia del fabricante y por ello era difícil saber cómo funcionaba, por ello se optó como comprar nuevos sensores los cuales son de la marca Winsen y al momento de realizar las pruebas de estos últimos su comportamiento se asemejaba uno de otro. Otro de los contratiempos que se tuvo fue el diseño de los interruptores para activar las alarmas y cerrar la válvula ya que teóricamente los diseños eran los correctos, pero al momento de hacer las pruebas de estos no se comportaban a los esperados. Eventualmente se rediseñaron los interruptores hasta lograr la tarea deseada.

Cada error encontrado ayudo a comprender el comportamiento de los dispositivos que emplea el proyecto, las configuraciones y tensiones y corrientes de los circuitos en general observando que estas fueran las correctas y que nos hubiese un voltaje menor o un voltaje mayor a lo deseado.

Al principio del proyecto se tuvo la ambición de crear un sistema de seguridad más completo, debido a cuestiones de tiempo y económicas este objetivo no se alcanzó, pero lo que se logra en el presente trabajo son las bases para un sistema de seguridad completamente diseñado desde cero, hay mejoras y adiciones que se pueden realizar a este mismo.

4.2 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones para este proyecto es el empleo del sensor MQ-2 del fabricante Winsen ya que este desempeño una tarea satisfactoria, ya que en un principio se compraron sensores MQ-2 cuyo fabricante no estaba especificado, seguido a esto se recomienda hacer mejoras al sistema de seguridad, a continuación, se nombran algunas ideas de mejoras para quien retome este proyecto, estas ideas son:

1. Batería de respaldo para el sistema de seguridad en caso de que haya una interrupción en la energía eléctrica.
2. Diseñar un cargador para la batería de respaldo para asegurar que haya una batería lista en caso de que esta sea requerida.
3. Aspersores para neutralizar fuego en caso de que exista éste.
4. Señalamientos visuales para mostrar salidas de emergencia en caso de la visibilidad dentro del inmueble sea parcial o nula.

Anexo

El anexo que se presenta a continuación muestra hojas de especificación de los componentes, integrados, dispositivos, de la válvula y microcontrolador y el código completo que utiliza el proyecto.

Además, se muestran los diseños en PCB de los módulos de gas, humo y temperatura, de la tarjeta principal y de la alarma.

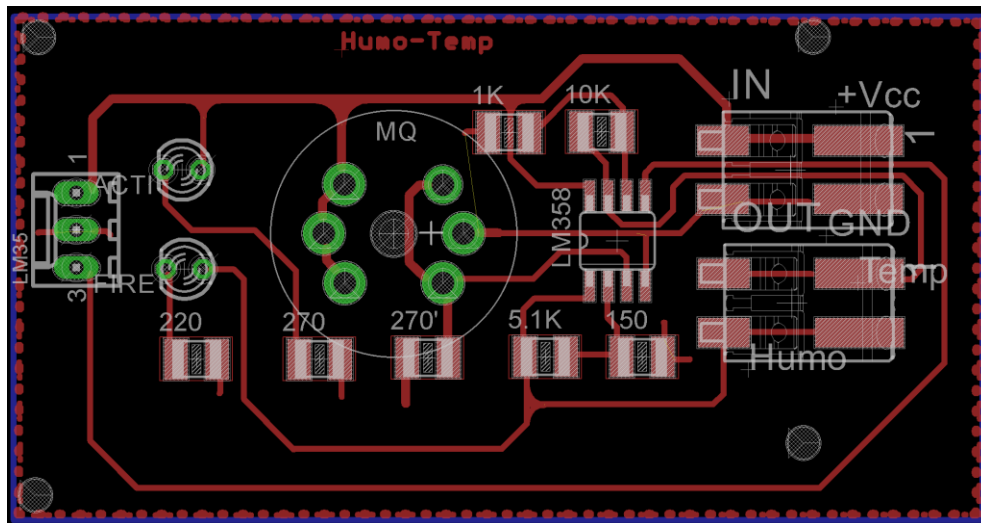


Fig. A-1 Diseño de PCB de módulo de humo y temperatura

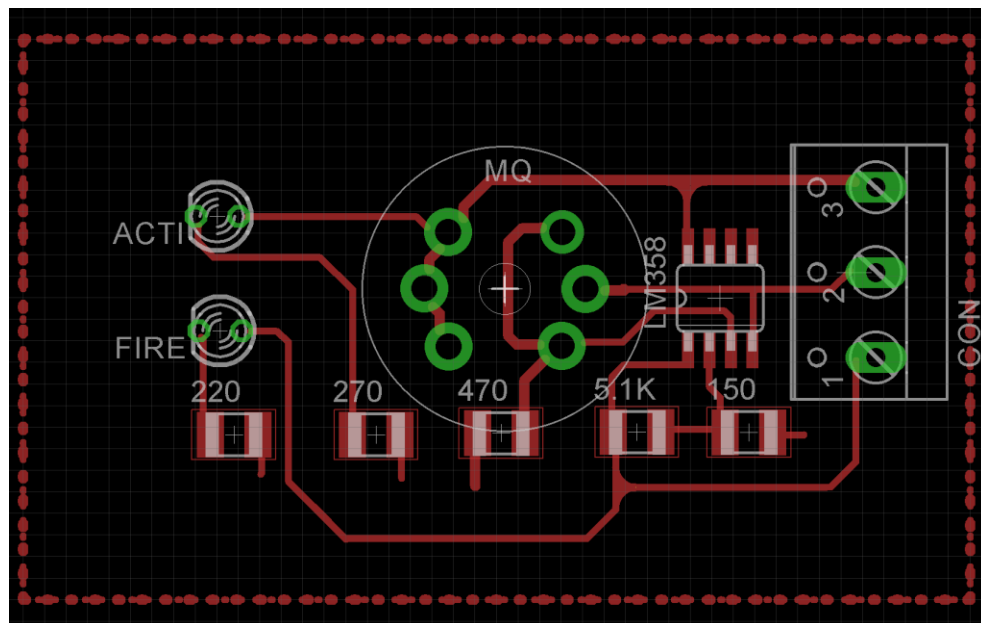


Fig. A-2 Diseño de PCB de módulo de gas LP

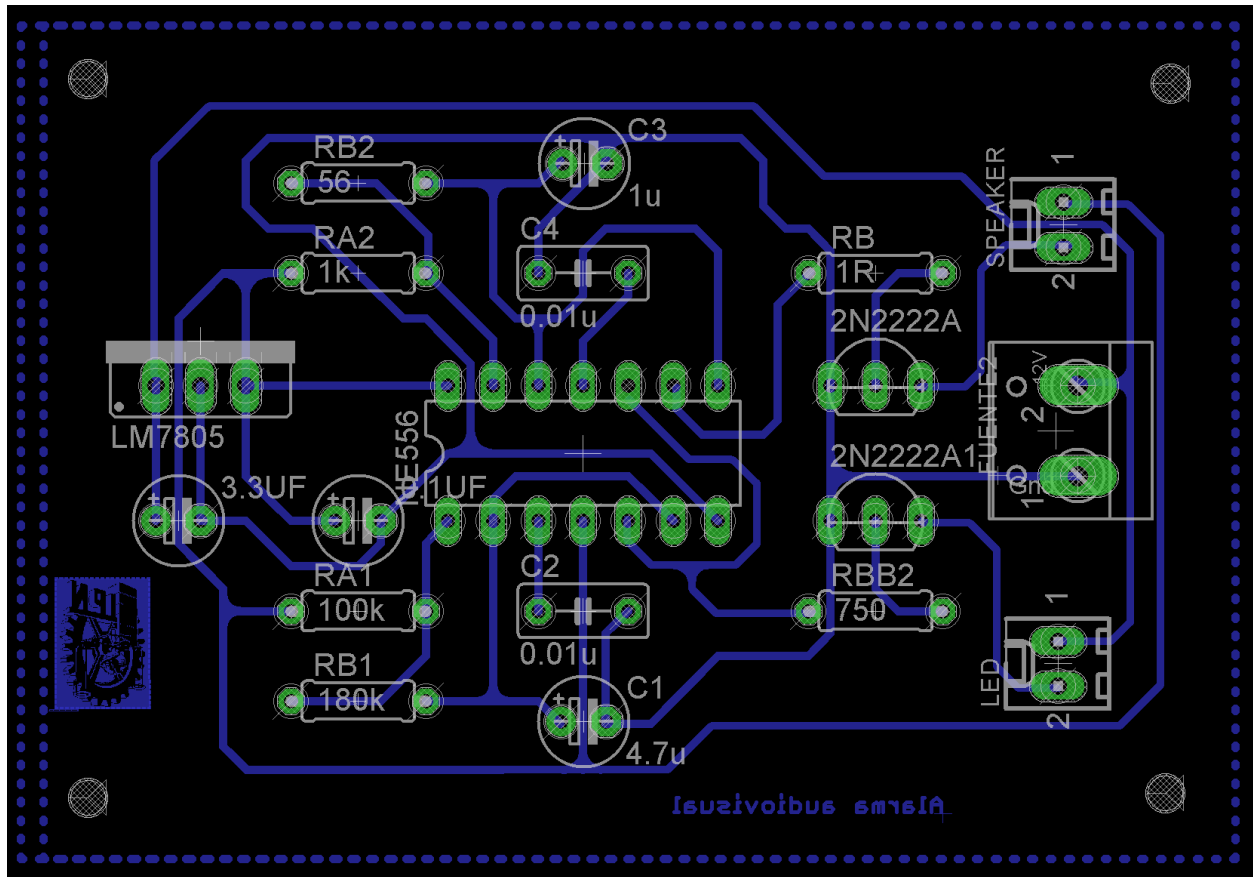


Fig. A-3 Diseño de PCB de alarmas

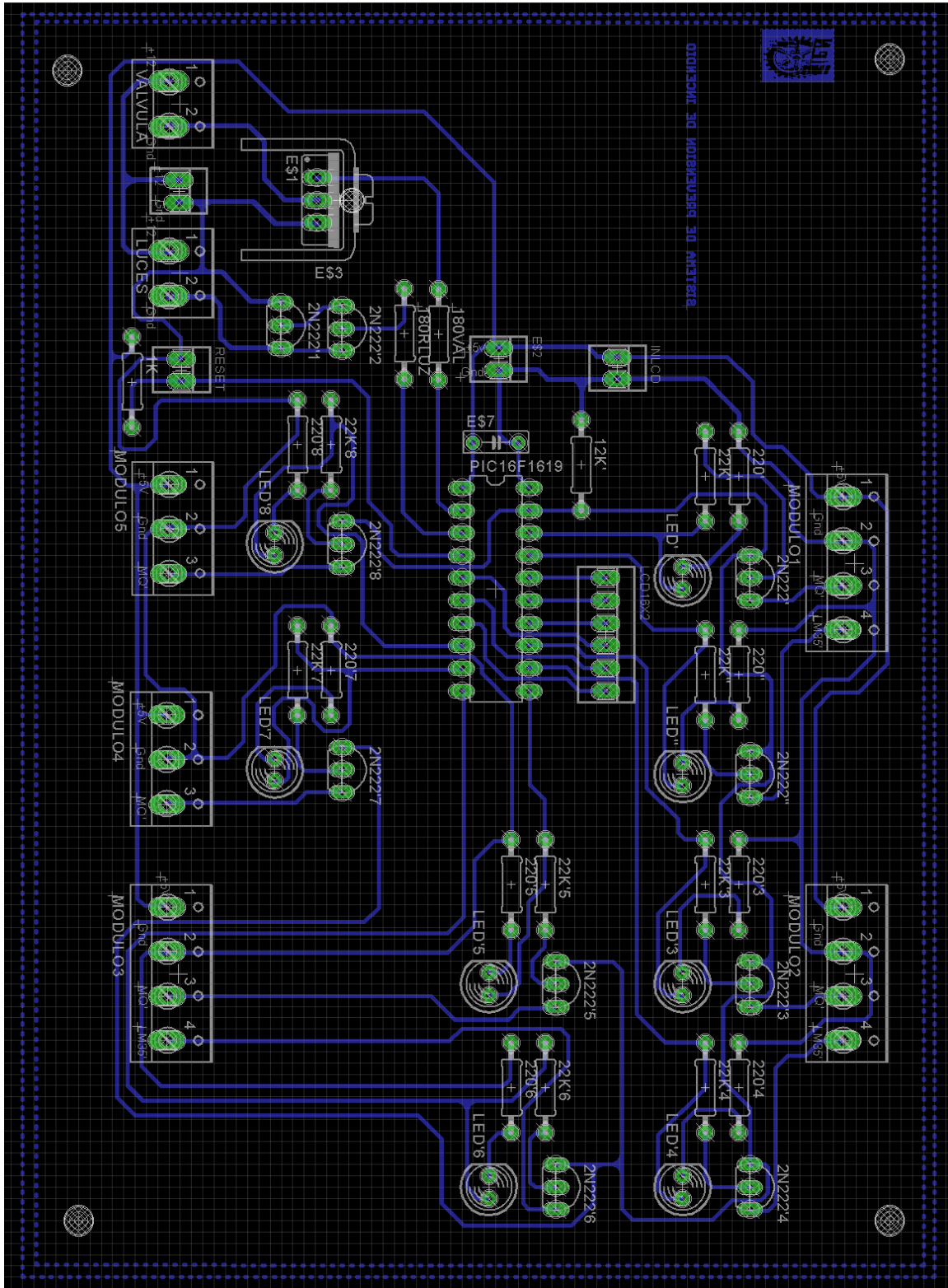


Fig. A-4 Diseño de PCB de tarjeta principal

MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas

Sensitive material of MQ-2 gas sensor is SnO₂, which with lower conductivity in clean air. When the target combustible gas exist, The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. Please use simple electrocircuit, Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration.

MQ-2 gas sensor has high sensity to LPG, Propane and Hydrogen, also could be used to Methane and other combustible steam, it is with low cost and suitable for different application.

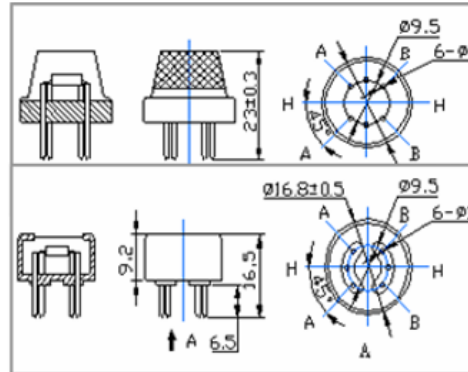
Character

- *Good sensitivity to Combustible gas in wide range
- * High sensitivity to LPG, Propane and Hydrogen
- * Long life and low cost
- * Simple drive circuit

Application

- * Domestic gas leakage detector
- * Industrial Combustible gas detector
- * Portable gas detector

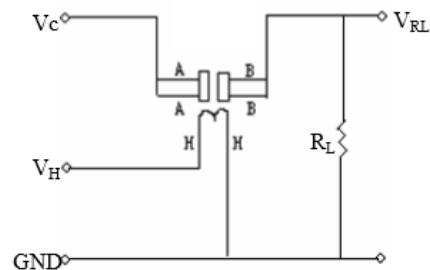
Configuration



Technical Data

Model No.		MQ-2	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite (Black Bakelite)	
Detection Gas		Combustible gas and smoke	
Concentration		300-10000ppm (Combustible gas)	
Circuit	Loop Voltage	V _c	≤24V DC
	Heater Voltage	V _H	5.0V±0.2V AC or DC
	Load Resistance	R _L	Adjustable
Character	Heater Resistance	R _H	31Ω±3Ω (Room Tem.)
	Heater consumption	P _H	≤900mW
	Sensing Resistance	R _s	2KΩ-20KΩ(in 2000ppm C ₂ H ₆)
	Sensitivity	S	R _s (in air)/R _s (1000ppm isobutane)≥5
	Slope	α	≤0.6(R _{5000ppm} /R _{3000ppm} CH ₄)
Condition	Tem. Humidity	20°C±2°C; 65%±5%RH	
	Standard test circuit	V _c : 5.0V±0.1V; V _H : 5.0V±0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Basic test loop



The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage (V_H) and test voltage (V_C). V_H used to supply certified working temperature to the sensor, while V_C used to detect voltage (V_{RL}) on load resistance (R_L) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity, V_c need DC power. V_C and V_H could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better performance, suitable R_L value is needed:
Power of Sensitivity body (P_s):
$$P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

Fig. A-5 Hoja de especificación de MQ-2

LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112, [SNVA009](#))
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply: 3V to 32V
 - Or Dual Supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
 - The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
 - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.
- Advantages:
 - Two Internally Compensated Op Amps
 - Eliminates Need for Dual Supplies
 - Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} Also Goes to GND
 - Compatible with All Forms of Logic
 - Power Drain Suitable for Battery Operation

2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

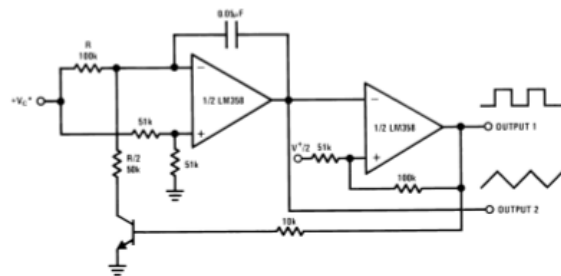


Fig. A-6 Hoja de especificación de LM358

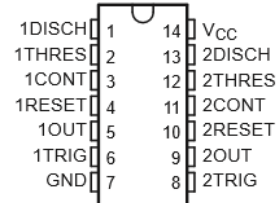
FEATURES

- Two Precision Timing Circuits Per Package
- Astable or Monostable Operation
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source up to 150 mA
- Active Pullup or Pulldown
- Designed to Be Interchangeable With Signetics NE556, SA556, and SE556

APPLICATIONS

- Precision Timers From Microseconds to Hours
- Pulse-Shaping Circuits
- Missing-Pulse Detectors
- Tone-Burst Generators
- Pulse-Width Modulators
- Pulse-Position Modulators
- Sequential Timers
- Pulse Generators
- Frequency Dividers
- Application Timers
- Industrial Controls
- Touch-Tone Encoders

NA556...D OR N PACKAGE
NE556...D, N, OR NS PACKAGE
SA556...D OR N PACKAGE
SE556...J PACKAGE
(TOP VIEW)



DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

These devices provide two independent timing circuits of the NA555, NE555, SA555, or SE555 type in each package. These circuits can be operated in the astable or the monostable mode with external resistor-capacitor (RC) timing control. The basic timing provided by the RC time constant can be controlled actively by modulating the bias of the control-voltage input.

The threshold (THRES) and trigger (TRIG) levels normally are two-thirds and one-third, respectively, of V_{CC} . These levels can be altered by using the control voltage (CONT) terminal. When the trigger input falls below trigger level, the flip-flop is set and the output goes high. If the trigger input is above the trigger level and the threshold input is above the threshold level, the flip-flop is reset, and the output is low. The reset (RESET) input can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When RESET goes low, the flip-flop is reset and the output goes low. When the output is low, a low-impedance path is provided between the discharge (DISCH) terminal and ground (GND).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1978–2006, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Fig. A-7 Hoja de especificación de NE556

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full –55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 V to 30 V
- Less than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

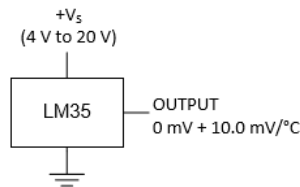
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full –55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a –55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a –40°C to 110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

Device Information⁽¹⁾

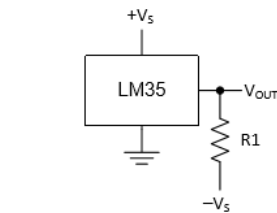
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Basic Centigrade Temperature Sensor (2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$


 An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

Fig. A-8 Hoja de especificación de LM35

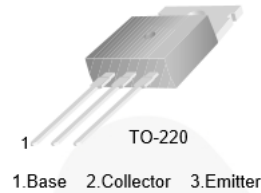


November 2014

TIP47 / TIP48 / TIP49 / TIP50 NPN Silicon Transistor

Features

- High-Voltage and Switching Applications
- High Sustaining Voltage: $V_{CEO(sus)} = 250\text{ V}, 300\text{ V}, 350\text{ V}, 400\text{ V}$
- 1 A Rated Collector Current



Ordering Information

Part Number	Top Mark	Package	Packing Method
TIP47	TIP47	TO-220 3L (Single Gauge)	Bulk
TIP47TU	TIP47	TO-220 3L (Single Gauge)	Rail
TIP48	TIP48	TO-220 3L (Single Gauge)	Bulk
TIP48TU	TIP48	TO-220 3L (Single Gauge)	Rail
TIP49	TIP49	TO-220 3L (Single Gauge)	Bulk
TIP50	TIP50	TO-220 3L (Single Gauge)	Bulk
TIP50TU	TIP50	TO-220 3L (Single Gauge)	Rail

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	TIP47	350
		TIP48	400
		TIP49	450
		TIP50	500
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	TIP47	250
		TIP48	300
		TIP49	350
		TIP50	400
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	1	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	2	A
I_B	Base Current	0.6	A
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature Range	- 65 to 150	$^\circ\text{C}$

Fig. A-9 Hoja de especificación de TIP50



November 2014

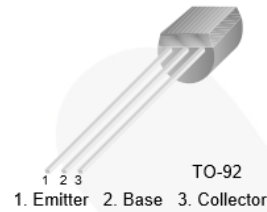


KSP2222A — NPN General-Purpose Amplifier

KSP2222A NPN General-Purpose Amplifier

Features

- Collector-Emitter Voltage: $V_{CEO} = 40\text{ V}$
- Available as PN2222A



Ordering Information

Part Number	Marking	Package	Packing Method
KSP2222ABU	KSP2222	TO-92 3L	Bulk
KSP2222ATA	KSP2222	TO-92 3L	Ammo
KSP2222ATF	KSP2222	TO-92 3L	Tape and Reel

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	75	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current	600	mA
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

Fig. A-10 Hoja de especificación de 2N2222A



深圳市昱申科技有限公司

CHINA YOUNG SUN LED TECHNOLOGY CO., LTD.

TEL: (86) 755-28079401 28079402 28079403 28079404 28079405

FAX: (86) 755-28079407 E-mail: info@100LED.com Web: www.100LED.com

Model No.: YSL-R531R3D-D2

Applications:

- Decorations
- Bill Inspector
- Inciticial Lights
- Medical Appliance

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C) .

ITEMS	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Current	I _F	20	mA
Peak Forward Current	I _{FP}	30	mA
Suggestion Using Current	I _{SU}	16-18	mA
Reverse Voltage (V _R =5V)	I _R	10	uA
Power Dissipation	P _D	105	mW
Operation Temperature	T _{OPR}	-40 ~ 85	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-40 ~ 100	°C
Lead Soldering Temperature	T _{SOL}	Max. 260°C for 3 Sec. Max. (3mm from the base of the epoxy bulb)	

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C)

ITEMS	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V _F	I _F =20mA	1.8	---	2.2	V
Wavelength (nm) or TC(k)	Δλ	I _F =20mA	620	---	625	nm
*Luminous intensity	I _v	I _F =20mA	150	---	200	mcd
50% Viewing Angle	2θ 1/2	I _F =20mA	40	---	60	deg

Address: 5/F, Building B, Anzhihong Indl., Qinghua East Road., Longhua Town, Shenzhen CHINA. 518109

www.100LED.com

ONE HUNDRED LED
PERFECT LED

Fig. A-11 Hoja de especificación de LED rojo



深圳市昱申科技有限公司

CHINA YOUNG SUN LED TECHNOLOGY CO., LTD.

TEL: (86) 755-28079401 28079402 28079403 28079404 28079405

FAX: (86) 755-28079407 E-mail: info@100LED.com Web: www.100LED.com

Model No.: YSL-R531K3D-D2

Applications:

- Decorations
 - Inceticial Lights
- Bill Insperctor
 - Medical Appliance

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C) .

ITEMS	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Current	I _F	20	mA
Peak Forward Current	I _{FP}	30	mA
Suggestion Using Current	I _{SU}	16-18	mA
Reverse Voltage (V _R =5V)	I _R	10	uA
Power Dissipation	P _D	105	mW
Operation Temperature	T _{OPR}	-40 ~ 85	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-40 ~ 100	°C
Lead Soldering Temperature	T _{SOL}	Max. 260°C for 3 Sec. Max. (3mm from the base of the epoxy bulb)	

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C)

ITEMS	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V _F	I _F =20mA	1.8	---	2.2	V
Wavelength (nm) or TC(k)	Δλ	I _F =20mA	570	---	575	nm
*Luminous intensity	I _v	I _F =20mA	150	---	200	mcd
50% Viewing Angle	2 θ 1/2	I _F =20mA	40	---	60	deg

Address: E/F, Building B, Anzhihong Indl. Qinghua East Road, Longhua Town, Shenzhen, CHINA 518100

Fig. A-12 Hoja de especificación de LED verde



深圳市昱申科技有限公司

CHINA YOUNG SUN LED TECHNOLOGY CO., LTD.

TEL: (86) 755-28079401 28079402 28079403 28079404 28079405

FAX: (86) 755-28079407 E-mail: info@100LED.com Web: www.100LED.com

Model No.: YSL-R531Y3D-D2

Applications:

- Decorations
- Bill Inspector
- Incidental Lights
- Medical Appliance

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C) .

ITEMS	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Current	I _F	20	mA
Peak Forward Current	I _{FP}	30	mA
Suggestion Using Current	I _{SU}	16-18	mA
Reverse Voltage (V _R =5V)	I _R	10	uA
Power Dissipation	P _D	105	mW
Operation Temperature	T _{OPR}	-40 ~ 85	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-40 ~ 100	°C
Lead Soldering Temperature	T _{SOL}	Max. 260°C for 3 Sec. Max. (3mm from the base of the epoxy bulb)	

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C)

ITEMS	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V _F	I _F =20mA	1.8	---	2.2	V
Wavelength (nm) or TC(k)	Δλ	I _F =20mA	587	---	591	nm
*Luminous intensity	I _v	I _F =20mA	150	---	200	mcd
50% Viewing Angle	2θ 1/2	I _F =20mA	40	---	60	deg

Address: 5/F, Building B, Anzhilong Indl., Qinghua East Road., Longhua Town, Shenzhen CHINA. 518109

www.100LED.com

ONE HUNDRED LED
PERFECT LED

Fig. A-13 Hoja de especificación de LED amarillo

14/20-Pin, 8-Bit Flash Microcontroller

Description

PIC16(L)F1615/9 microcontrollers deliver on-chip features that are unique to the design for embedded control of small motors and general purpose applications in 14/20-pin count packages. Features like 10-bit A/D, CCP, 24-bit SMT and Zero-Cross Detection offer an excellent solution to the variety of applications. The product family also has a CRC+ memory scan and Windowed WDT to support safety-critical systems in home appliances, white goods and other end equipment.

Core Features

- C Compiler Optimized RISC Architecture
- Only 49 Instructions
- Operating Speed:
 - DC – 32 MHz clock input
 - 125 ns minimum instruction cycle
- Interrupt Capability
- 16-Level Deep Hardware Stack
- One 8-Bit Timer
- Four 16-bit Timers
- Low Current Power-on Reset (POR)
- Configurable Power-up Timer (PWRT)
- Brown-out Reset (BOR) with Selectable Trip Point
- Windowed Watchdog Timer (WWDT):
 - Variable prescaler selection
 - Variable window size selection
 - All sources configurable in hardware or software

Memory

- 8 KW Flash Program Memory
- 1024 Bytes Data SRAM
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- High-Endurance Flash Data Memory (HEF):
 - 128 B of nonvolatile data storage
 - 100K erase/write cycles

Operating Characteristics

- Operating Voltage Range:
 - 1.8V to 3.6V (PIC16LF1615/9)
 - 2.3V to 5.5V (PIC16F1615/9)
- Temperature Range:
 - Industrial: -40°C to 85°C
 - Extended: -40°C to 125°C

eXtreme Low-Power (XLP) Features

- Sleep mode: 50 nA @ 1.8V, typical
- Watchdog Timer: 500 nA @ 1.8V, typical
- Secondary Oscillator: 500 nA @ 32 kHz
- Operating Current:
 - 8 uA @ 32 kHz, 1.8V, typical
 - 32 uA/MHz @ 1.8V, typical

Digital Peripherals

- Configurable Logic Cell (CLC):
 - Four CLCs
 - Integrated combinational and sequential logic
- Complementary Waveform Generator (CWG):
 - Rising and falling edge dead-band control
 - Full-bridge, half-bridge, 1-channel drive
 - Multiple signal sources
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules
- PWM: Two 10-bit Pulse-Width Modulators
- Two Signal Measurement Timers (SMT):
 - 24-bit timer/counter with prescaler
 - Multiple gate and clock inputs
- Angular Timer:
 - Single pulse
 - Multiple pulses with missing pulse recovery
- 8-Bit Timers (TMR2+HLT/4/6):
 - Up to 3 Timer2/4/6 with Hardware Limit Timer (HLT)
 - Monitors Fault Conditions: Stall, Stop, etc.
 - Multiple modes
 - 8-bit timer/counter with prescaler
 - 8-bit period register and postscaler
 - Asynchronous H/W Reset sources
- Math Accelerator with Proportional-Integral-Derivative (PID):
 - Four operation modes
 - Add and multiply
 - Simple multiplier
 - Multiply and Accumulate
 - Programmable PID controller
- Cyclic Redundancy Check with Memory Scan (CRC/SCAN):
 - Software configurable
- Serial Communications:
 - Enhanced USART (EUSART)
 - SPI, I²C, RS-232, RS-485, LIN compatible
 - Auto-Baud Detect, Auto-Wake-up on start

Fig. A-14 Hoja de especificación de PIC16F1619

2W Series

2/2 Way Solenoid Valve (Direct Operated)



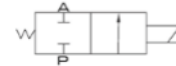
- Valve
- 4V100
- 4V200
- 4V300
- 4V400
- Manifold
- 3V1
- JEL
- JZF
- MVSD
- VF, VZ
- BM, PU, AM
- Diaphragm
- Coil
- 2V
- 2W**
- 2W(Big)
- 2P
- 2L
- VX
- PU
- PU225
- 2Q
- JEL5404
- JEL6213
- Pulse
- JELJZF
- 4H
- TSV
- MPV
- 4HV
- HV, K
- 4R
- 4F
- MSV
- JM
- ASC, RE
- QE, QEA
- ST
- HSV



Ordering Code

2W	025	08	AC110V	E
Specification	Orifice size	Port size	Standard Voltage	Sealing
2W: 2/2 way brass body	012: 1.2 mm	M4: M 4×0.7	DC12V DC24V	Blank: NBR
2WH: 2/2 way brass body high pressure	020: 2 mm	06: 1/8"	AC24V 50Hz/60Hz	E: EPDM (for steam)
2S: 2/2 way stainless steel body	025: 2.5 mm	08: 1/4"	AC110V 50Hz/60Hz	V: VITON (for high temperature gas and vacuum)
2SH: 2/2 way stainless steel body high pressure	040: 4 mm	10: 3/8"	AC220V 50Hz/60Hz AC380V 50Hz/60Hz	

Symbol



Specification

Model	2W025-06	2W025-08	2W040-10	2WH012-06	2WH012-08	2WH020-10
	2S025-06	2S025-08	2S040-10	2SH012-06	2SH012-08	2SH020-10
Working Medium	Air, Water, Oil, Gas			Air, Water, Oil		
Operation	Direct					
Type	Normal Close					
Orifice	2.5 mm		4 mm	1.2 mm		2 mm
CV Value	0.23		0.60	0.05		0.15
Port Size	1/8"	1/4"	3/8"	1/8"	1/4"	3/8"
Operation Fluid Viscosity	Below 20 CST					
Working-pressure	0 ~ 0.7 MPa			0 ~ 2.0 MPa		
Max. Test Pressure	1.0 MPa			3.5 MPa		
Max. Ambient Temperature	-5 ~ 80 °C					
Operating Voltage Tolerance	± 10%					
Material of Body	2W: Brass 2S: Stainless Steel					
Material of Oil Seal	NBR, EPDM Or VITON					

Fig. A-15 Hoja de especificación de válvula

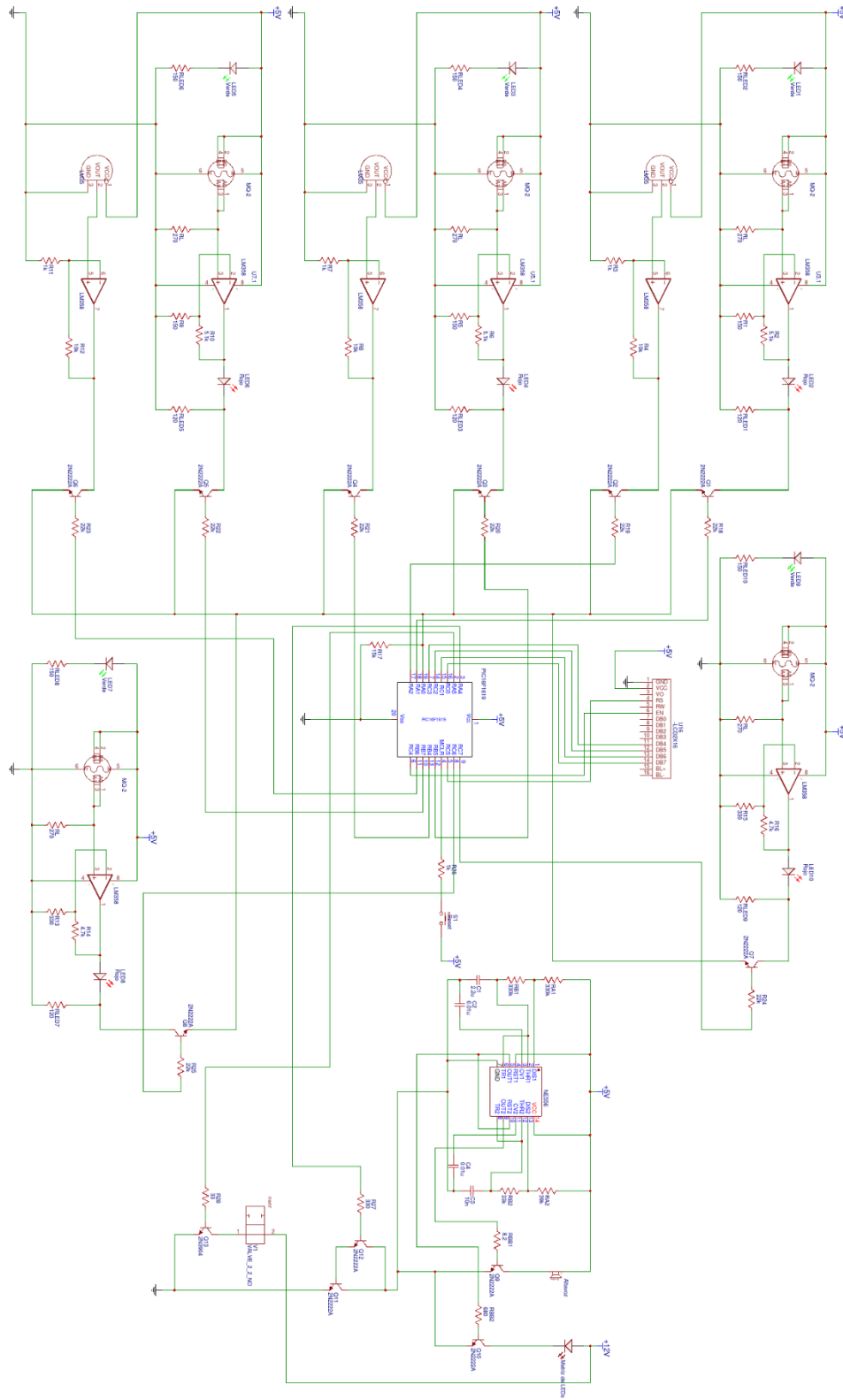


Fig. A-16 Diagrama completo del proyecto

Código del proyecto

```
#include "mcc_generated_files/mcc.h"

#define _XTAL_FREQ 4000000
#include "flex_lcd.h"
#include <stdio.h>

void Tarjeta_1(void);
void Tarjeta_2(void);
void Tarjeta_3(void);
void Tarjeta_4(void);
void Tarjeta_5(void);

void ADC (void);

//unsigned
char buffer[7];
char buffer_1[5];
uint16_t Adval;
long ADV;
long Voltaje;

/*
    Main application
*/
void main(void)
{
    // initialize the device
    SYSTEM_Initialize();

    // When using interrupts, you need to set the Global and Peripheral Interrupt Enable bits
    // Use the following macros to:

    // Enable the Global Interrupts
    INTERRUPT_GlobalInterruptEnable();

    // Enable the Peripheral Interrupts
    INTERRUPT_PeripheralInterruptEnable();

    // Disable the Global Interrupts
    //INTERRUPT_GlobalInterruptDisable();

    // Disable the Peripheral Interrupts
    //INTERRUPT_PeripheralInterruptDisable();
    Lcd_Init(); //inicializamos el lcd
    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR); //limpiamos lcd
    Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF); //apagamos el cursor
    __delay_ms(100); //esperamos 100ms

    Lcd_Out(1,3,"Bienvenido");
    __delay_ms(1000);
    Lcd_Out(2,0,"Inicia Sistema");
    __delay_ms(1500);

    for(int i=60; i>=0; i--) //Ciclo para esperar un minuto y dar tiempo
        // a que los sensores se estabilicen
    {
        Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
        sprintf(buffer_1,"Time = %d",i);
        Lcd_Out2(1,0,buffer_1);
        Lcd_Out(1,10,"Seg");
        __delay_ms(1000); //Esperamos 1 seg
    }

    while (1)
    {
```

```

LATAbits.LATA1=0; //Puerto para Zona1
LATAbits.LATA2=0; //Puerto para Zona1 LM35

LATBbits.LATB4=0; //Puerto para Zona2 MQ
LATBbits.LATB5=0; //Puerto para Zona2 LM35

LATBbits.LATB6=0; //Puerto para Zona3 MQ
LATBbits.LATB7=0; //Puerto para Zona3 LM35

LATCbits.LATC7=0; //Puerto para Zona4 MQ GAs
LATCbits.LATC6=0; //Puerto para Zona5 MQ Gas

LATAbits.LATA4=0; //Puerto para alarmas visuales
LATAbits.LATA5=1; //Activa la Válvula, siempre energizado

```

```

Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,0,"ZONA 1");
Tarjeta_1();
Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(2,0,"ZONA 1 LIMPIA");
__delay_ms(250);
LATAbits.LATA1=0;
LATAbits.LATA2=0;
LATAbits.LATA4=0;
LATAbits.LATA5=1;

```

```

Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,0,"ZONA 2");
Tarjeta_2();
Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(2,0,"ZONA 2 LIMPIA");
__delay_ms(250);
LATBbits.LATB4=0;
LATBbits.LATB5=0;
LATAbits.LATA4=0;
LATAbits.LATA5=1;

```

```

Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,0,"ZONA 3");
Tarjeta_3();
Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(2,0,"ZONA 3 LIMPIA");
__delay_ms(250);
LATBbits.LATB6=0;
LATBbits.LATB7=0;
LATAbits.LATA4=0;
LATAbits.LATA5=1;

```

```

Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,0,"ZONA 4");
Tarjeta_4();
Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(2,0,"ZONA 4 LIMPIA");
__delay_ms(250);
LATCbits.LATC7=0;
LATAbits.LATA4=0;
LATAbits.LATA5=1;

```

```

Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,0,"ZONA 5");
Tarjeta_5();
Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
Lcd_Out(2,0,"ZONA 5 LIMPIA");
__delay_ms(250);
LATCbits.LATC6=0;
LATAbits.LATA4=0;
LATAbits.LATA5=1;

```

```

    // Add your application code
  }
}

void Tarjeta_1()
{
  LATAbits.LATA1=1;
  ADC();
  if(Adval>= 490)
  {
    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
    do
    {
      Lcd_Out(1,0,"Humo,Act.Alar-Z1"); //Mandamos Mensaje a LCD
      //Lcd_Out2(2,0,buffer);
      //Lcd_Out(2,8,"V");
      LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
      LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
    }while(Adval>490);
  }
  else
  {
    //Lcd_Out2(1,8,buffer);
    //Lcd_Out(1,13,"V");
    Lcd_Out(2,0,"MQ_1 OK");
    __delay_ms(200);
  }
  LATAbits.LATA1=0;
  LATAbits.LATA2=1;

  LATAbits.LATA4=0;
  LATAbits.LATA5=1; //Valvula siempre activa caso contrario al detectar humo o gas

  ADC();
  if(Adval>= 655) //adval es igual a 3.2 volts = a 29 grados con la ganancia de 11
  {
    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
    do
    {
      Lcd_Out(1,0,"FIRE,Act.Alar-Z1"); //Mandamos Mensaje a LCD
      //Lcd_Out2(2,0,buffer);
      //Lcd_Out(2,6,"V");
      LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
      LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
    }while(Adval>655);
  }
  else
  {
    //Lcd_Out2(1,8,buffer);
    //Lcd_Out(1,13,"V");
    Lcd_Out(2,0,"LM35_1 Ok");
    __delay_ms(200);
  }
  LATAbits.LATA1=0;
  LATAbits.LATA2=0;
}

void Tarjeta_2()
{
  LATBbits.LATB4=1;
  ADC();
  if(Adval>= 490) //superando los 2.3 volts activamos
  {
    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
    do
    {
      Lcd_Out(1,0,"Humo,Act.Alar-Z2"); //Mandamos Mensaje a LCD
      //Lcd_Out2(2,0,buffer);
      //Lcd_Out(2,5,"V");
    }
  }
}

```

```

        LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
        LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
    }while(Adval>490);
}
else
{
    //Lcd_Out2(1,8,buffer);
    //Lcd_Out(1,13,"V");
    Lcd_Out(2,0,"MQ_2 OK");
    __delay_ms(200);
}
LATBbits.LATB4=0;
LATBbits.LATB5=1;
LATAbits.LATA4=0;
LATAbits.LATA5=1;

ADC();
if(Adval>=655)
{
    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
    do
    {
        Lcd_Out(1,0,"FIRE,Act.Alar-Z2"); //Mandamos Mensaje a LCD
        LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
        LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
    }while(Adval>655);
}
else
{
    Lcd_Out(2,0,"LM35_2 OK");
    __delay_ms(200);
}
LATBbits.LATB4=0;
LATBbits.LATB5=0;
}

void Tarjeta_3()
{
    LATBbits.LATB6=1;
    ADC();
    if(Adval>= 490)
    {
        Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
        do
        {
            Lcd_Out(1,0,"Humo,Act.Alar-Z3"); //Mandamos Mensaje a LCD
            LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
            LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
        }while(Adval>490);
    }
    else
    {
        Lcd_Out(2,0,"MQ_3 OK");
        __delay_ms(200);
    }
    LATBbits.LATB6=0;
    LATBbits.LATB7=1;

    LATAbits.LATA4=0;
    LATAbits.LATA5=1;

    ADC();
    if(Adval>= 655) //Para temperatura mayor a 34 grados
    {
        Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
        do
        {
            Lcd_Out(1,0,"Fuego,Act.Alar"); //Mandamos Mensaje a LCD
            LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas

```

```

        LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
    }while(Adval>655);
}
else
{
    Lcd_Out(2,0,"LM35_3 OK");
    __delay_ms(200);
}
LATBbits.LATB6=0;
LATBbits.LATB7=0;
}

void Tarjeta_4()
{
    LATCbits.LATC7=1;
    ADC();
    if(Adval>= 490)
    {
        Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
        do
        {
            Lcd_Out(1,0,"Gas,Act.Alar-Z4"); //Mandamos Mensaje a LCD
            LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
            LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
        }while(Adval>490);
    }
    else
    {
        Lcd_Out(2,0,"MQ_4 Gas OK");
        __delay_ms(200);
    }
}

void Tarjeta_5()
{
    LATCbits.LATC6=1;
    ADC();
    if(Adval>= 460)
    {
        Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
        do
        {
            Lcd_Out(1,0,"Gas,Act.Alar-Z5"); //Mandamos Mensaje a LCD
            LATAbits.LATA4=1; //Activamos las alarmas
            LATAbits.LATA5=0; //Desactivamos la válvula
        }while(Adval>460);
    }
    else
    {
        Lcd_Out(2,0,"MQ_5 Gas OK");
        __delay_ms(200);
    }
}

void ADC()
{
    //Adval =0;
    uint16_t Suma;
    Suma=0;

    ADC_StartConversion(channel_AN0);
    for (int y=0; y<=8;y++)
    {
        Adval = ADC_GetConversionResult();
        Suma = Suma + Adval;
    }
    Adval = (Suma/8);

    Voltaje = ((Adval * 5.0)/1024.0)*1000;
    ADV = Voltaje;
}

```



```

    sprintf(buffer_1,"ADC = %d",Adval);
    Lcd_Out2(2,0,buffer_1);
    __delay_ms(400);

    sprintf(buffer_1,"mV= %d",ADV);
    Lcd_Out2(2,0,buffer_1);
    __delay_ms(400);
}

/**
End of File
*/

```

Librería para LCD

```

#ifndef __flex_lcd_H
#define __flex_lcd_H
//*****
// Librería para control de LCD      *
// Modo Control 4 bits              *
// Hector Ramos [4]
//*****

#define LCD_RD7   PORTCbits.RC0   // D7
#define TRISRD7   TRISCbits.TRISC0

#define LCD_RD6   PORTCbits.RC1   // D6
#define TRISRD6   TRISCbits.TRISC1

#define LCD_RD5   PORTCbits.RC2   // D5
#define TRISRD5   TRISCbits.TRISC2

#define LCD_RD4   PORTCbits.RC3   // D4
#define TRISRD4   TRISCbits.TRISC3

#define LCD_EN    PORTCbits.RC4   // EN
#define TRISEN    TRISCbits.TRISC4

#define LCD_RS    PORTCbits.RC5   // RS
#define TRISRS    TRISCbits.TRISC5

//comandos disponibles
#define LCD_FIRST_ROW      128
#define LCD_SECOND_ROW    192
#define LCD_THIRD_ROW     148
#define LCD_FOURTH_ROW    212
#define LCD_CLEAR         1
#define LCD_RETURN_HOME   2
#define LCD_CURSOR_OFF    12
#define LCD_UNDERLINE_ON  14

```

```

#define LCD_BLINK_CURSOR_ON 15
#define LCD_MOVE_CURSOR_LEFT 16
#define LCD_MOVE_CURSOR_RIGHT 20
#define LCD_TURN_OFF 0
#define LCD_TURN_ON 8
#define LCD_SHIFT_LEFT 24
#define LCD_SHIFT_RIGHT 28

```

```

void Lcd_Init(void);
void Lcd_Out(unsigned char y, unsigned char x, const char *buffer);
void Lcd_Out2(unsigned char y, unsigned char x, char *buffer);
void Lcd_Chr_CP(char data);
void Lcd_Cmd(unsigned char data);

```

```

void Lcd_Init(void){
unsigned char data;
TRISRD7 = 0;
TRISRD6 = 0;
TRISRD5 = 0;
TRISRD4 = 0;
TRISEN = 0;
TRISRS = 0;
LCD_RD7 = 0;
LCD_RD6 = 0;
LCD_RD5 = 0;
LCD_RD4 = 0;
LCD_EN = 0;
LCD_RS = 0;
__delay_us(5500);
__delay_us(5500);
__delay_us(5500);
__delay_us(5500);
__delay_us(5500);
__delay_us(5500);
for(data = 1; data < 4; data ++)
{
LCD_RD7 = 0; LCD_RD6 = 0; LCD_RD5 = 1; LCD_RD4 = 1; LCD_EN = 0;
LCD_RS = 0; LCD_RD7 = 0; LCD_RD6 = 0; LCD_RD5 = 1; LCD_RD4 = 1;
LCD_EN = 1; LCD_RS = 0;
__delay_us(5);
LCD_RD7 = 0; LCD_RD6 = 0; LCD_RD5 = 1; LCD_RD4 = 1; LCD_EN = 0;
LCD_RS = 0;
__delay_us(5500);
}
LCD_RD7 = 0; LCD_RD6 = 0; LCD_RD5 = 1; LCD_RD4 = 0; LCD_EN = 0; LCD_RS = 0;

```

```

LCD_RD7 = 0; LCD_RD6 = 0; LCD_RD5 = 1; LCD_RD4 = 0; LCD_EN = 1; LCD_RS = 0;
__delay_us(5);
LCD_RD7 = 0; LCD_RD6 = 0; LCD_RD5 = 1; LCD_RD4 = 0; LCD_EN = 0; LCD_RS = 0;
__delay_us(5500);
data = 40; Lcd_Cmd(data);
data = 16; Lcd_Cmd(data);
data = 1; Lcd_Cmd(data);
data = 15; Lcd_Cmd(data);
}

```

```

void Lcd_Out(unsigned char y, unsigned char x, const char *buffer)

```

```

{
unsigned char data;
switch (y)
{
case 1: data = 128 + x; break;
case 2: data = 192 + x; break;
case 3: data = 148 + x; break;
case 4: data = 212 + x; break;
default: break;
}
Lcd_Cmd(data);
while(*buffer) // Write data to LCD up to null
{
Lcd_Chr_CP(*buffer);
buffer++; // Increment buffer
}
return;
}

```

```

void Lcd_Out2(unsigned char y, unsigned char x, char *buffer)

```

```

{
unsigned char data;
switch (y)
{
case 1: data = 128 + x; break;
case 2: data = 192 + x; break;
case 3: data = 148 + x; break;
case 4: data = 212 + x; break;
default: break;
}
Lcd_Cmd(data);
while(*buffer) // Write data to LCD up to null
{
Lcd_Chr_CP(*buffer);
}
}

```

```

    buffer++;          // Increment buffer
}
return;
}

void Lcd_Chr_CP(char data){
LCD_EN = 0; LCD_RS = 1;
LCD_RD7 = (data & 0b10000000)>>7; LCD_RD6 = (data & 0b01000000)>>6;
LCD_RD5 = (data & 0b00100000)>>5; LCD_RD4 = (data & 0b00010000)>>4;
__delay(10);
LCD_EN = 1; __delay_us(5); LCD_EN = 0;
LCD_RD7 = (data & 0b00001000)>>3; LCD_RD6 = (data & 0b00000100)>>2;
LCD_RD5 = (data & 0b00000010)>>1; LCD_RD4 = (data & 0b00000001);
__delay(10);
LCD_EN = 1; __delay_us(5); LCD_EN = 0;
__delay_us(5); __delay_us(5500);
}

void Lcd_Cmd(unsigned char data){
LCD_EN = 0; LCD_RS = 0;
LCD_RD7 = (data & 0b10000000)>>7; LCD_RD6 = (data & 0b01000000)>>6;
LCD_RD5 = (data & 0b00100000)>>5; LCD_RD4 = (data & 0b00010000)>>4;
__delay(10);
LCD_EN = 1; __delay_us(5); LCD_EN = 0;
LCD_RD7 = (data & 0b00001000)>>3; LCD_RD6 = (data & 0b00000100)>>2;
LCD_RD5 = (data & 0b00000010)>>1; LCD_RD4 = (data & 0b00000001);
__delay(10);
LCD_EN = 1; __delay_us(5); LCD_EN = 0;
__delay_us(5500);//Delay_5us();
}
#endif

```

Referencias

- [1] Periodico la Jornada, «jornada.unam.mx,» 6 junio 2009. [En línea]: <http://www.jornada.unam.mx/2009/06/06/estados/023n1est>. [Último acceso: 6 junio 2017].
- [2] Expansión, «expansion.mx,» 31 enero 2013. [En línea]: <http://expansion.mx/nacional/2013/01/31/una-explosion-en-la-torre-de-pemex-en-el-df-causa-varios-heridos-y-danos>. [Último acceso: 4 junio 2017].
- [3] Expansión, «Expansión.mx,» 29 enero 2015. [En línea]: <http://expansion.mx/nacional/2015/01/29/asi-ocurrio-la-explosion-en-el-hospital-de-maternidad-de-cuajimalpa>. [Último acceso: 4 junio 2017].
- [4] Youtube, «youtube.com,» [En línea]: <https://www.youtube.com/watch?v=g-7alw8egcs>. [Último acceso: 5 junio 2017].
- [5] Saving Star, «saving-star.com,» [En línea]: <http://www.saving-star.com/es/smd-led-comparison/>. [Último acceso: 4 junio 2017].
- [6] Student Companion, «studentcompanion.com,» [En línea]: <http://www.studentcompanion.co.za/interfacing-lcd-display-with-pic-microcontrollerxc8/>. [Último acceso: 5 junio 2017].
- [7] Sunrom, «sunrom.com,» [En línea]: <http://www.sunrom.com/p/lpg-gas-sensor-mq2>. [Último acceso: 5 junio 2017].
- [8] Naylamp Mechatronics, «naylampmechatronics.com,» [En línea]: http://www.naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html. [Último acceso: 4 junio 2017].

Bibliografía

- [9] R. F. y. D. F. F. Coughlin, Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, México: Prentice Hall, 1999.
- [10] M. A. Reyes Sánchez, Diseño de circuitos con transistores, México: Limusa, 1991.
- [11] G. Harper Enríquez, El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales, México: Limusa, 2000.
- [12] R. F. y. N. L. Boylestad, Electrónica: teoría de dispositivos y dispositivos electrónicos, México: Pearson, 2009.
- [13] T. L. Floyd, Fundamentos de electrónica digital, México: Limusa, 1996.