



**Dirección General de Educación Superior Tecnológica
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez**

**REPORTE FINAL DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**Detección de contaminantes derivados del carbono (CO₂ y CO) y su
integración a un sistema de alarma.**

Asesor:

M en C. Raúl Moreno Rincón.

Revisor:

M en C. Roberto Ibáñez Córdova.

M en C. Joaquín Eduardo Domínguez Zenteno

Alumnos Residentes:

Roberto Carlos Cruz Muñoz.

07270290

Juan Ramón Velasco Corzo.

07270351

ING. ELECTRÓNICA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 30 de Noviembre de 2011.

ÍNDICE

Contenido

Introducción	1
Justificación	2
Objetivos	3
a. Objetivo general.....	3
b. Objetivos específicos	3
Caracterización del área en que participó.	3
Alcances y limitaciones	5
a. Alcances	5
b. Limitaciones	5
CAPITULO I FUNDAMENTO TEORICO	6
1. Generalidades.	6
1.1 Introducción.....	6
1.2 La calidad del aire en ambientes cerrados.....	7
1.3 Factores que afectan la calidad del aire en los ambientes cerrados	7
1.3.1 Factores de riesgos físicos.....	8
1.3.2 Factores de riesgos químicos	8
a. Gaseosos.....	8
b. Particulados.....	9
1.4 Dióxido de carbono (CO ₂)	9
1.4.1 Emisiones de CO ₂	9
1.5 Monóxido de carbono (CO).....	10
1.6 Fuentes de CO y CO ₂	11
a. Fuentes Móviles.....	11
b. Fuentes Estacionarias	11
1.6.1. El dióxido y monóxido de carbono la salud y el medio ambiente.....	12
1.6.2 CO y CO ₂ como herramienta de análisis de calidad de aire	14
a. El dióxido y el monóxido de carbono como contaminante sobre la salud de las personas.....	14

1.7	Sensores.....	14
1.7.1	SENSORES DE CO y CO ₂	15
a.	Sensores NDIR (Non Dispersive Infra Red).....	15
b.	Sensores Electroquímicos	17
1.8	Equipos de protección	19
1.8.1	Protección contra gases	19
a.	Situaciones emergentes.....	19
b.	Situaciones no emergentes.....	19
c.	Purificadores de aire.....	20
d.	Protectores respiratorios de media cara, que no necesitan mantenimiento (mascarillas).....	21
e.	Respiradores de filtros reemplazables (máscara buco nasal).....	22
	CAPITULO II DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	23
2.1	Características del sistema	23
2.2	Selección de elementos	24
2.2.1	Microcontrolador	24
2.2.2	Sensores.....	26
	Sensor de CO ₂ MG811	26
	Sensor de CO MQ-7.....	29
2.2.3	Amplificador.....	31
2.2.4	Pantalla de cristal (lcd)	32
2.3	Descripción de los bloques del sistema.....	32
2.3.1	Acoplamiento del sensor de dióxido de carbono (CO ₂).....	32
2.3.2	Acoplamiento del sensor de monóxido de carbono (CO).....	34
2.3.3	Enlace con la pantalla de cristal líquido (lcd)	35
2.4	Construcción del prototipo	36
2.4.1	Implementación del hardware.....	36
2.4.2	Construcción del circuito de la fuente de alimentación	37
2.5	Diagrama a flujo del detector de CO y CO ₂	38
	CAPITULO III PRUEBAS Y RESULTADOS	39
3.1	Pruebas.....	39

3.1.1 Pruebas en los sensores	39
a. Sensor de CO ₂ y CO	39
a1. Control de CO y CO ₂	40
b. Puesta en marcha del menú opciones.....	40
c. Toma de datos	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
a. Conclusión.....	45
b. Recomendaciones.....	46
Referencias bibliográficas y virtuales	47
ANEXOS.....	48
a. Identificación de funciones.....	48
b. Microcontrolador pic 18f4520.....	50
c. Sensor MG811.....	56
d. Sensor MQ-7.....	58
e. Amplificador LM358.....	61
f. Lcd	65
g. Código de programación.....	66

INTRODUCCIÓN

En este proyecto se podrá apreciar la necesidad que cubrirá el detector de monóxido y dióxido de carbono, en la sociedad, al igual que conocerá las propiedades que componen a dichos gases los cuales son dañinos al inhalarlos en exceso.

Este trabajo está compuesto por tres capítulos donde se encontrarán:

Capítulo I

La calidad del aire en ambientes cerrados, factores que afectan la calidad del aire, las fuentes de CO y CO₂, además de cómo es afectado el medio ambiente por estos gases y lo que ocasionan, los sensores y materiales que se utilizarán para la elaboración de este detector, describiendo su funcionamiento, y mostrando diagramas de cómo irán conectados, al igual la protección contra estos gases.

Capítulo II

Diseño e implementación del medidor, características del sistema de las cuales está compuesto; así como la selección de los elementos, sensores, acoplamiento que debe de contener cada elemento y diseños de construcción del prototipo.

Capítulo III

Pruebas realizadas para la detección correspondiente de los gases derivados del carbono (CO y CO₂) así como las respectivas tomas de datos realizadas para la obtención de los resultados en distintos ambientes en los cuales se utilizó.

JUSTIFICACIÓN

Lo que nos motivó para diseñar este proyecto fueron dos razones importantes, la primera; es que la construcción de un detector de CO y CO₂ es de gran utilidad dado que por medio de este conoceremos la cantidad de monóxido y dióxido de carbono que se encuentra en el aire o humo. Es necesario conocerlo debido que tanto el monóxido como el dióxido de carbono, son gases nocivos que no presentan olor alguno, motivo por el cual no notamos su presencia hasta que ocasiona un daño. El control del dióxido de carbono es sumamente complejo por su participación en las interacciones atmosféricas, participa en el cambio climático y desde mediados del siglo XIX hasta hoy, el aumento ha sido de 80 ppm. El dióxido y monóxido de carbono para los seres humanos son contaminantes muy peligrosos dado a sus características, ambos gases carecen de color y aroma por lo que no nos damos cuenta de su presencia. El dióxido a elevadas concentraciones (>3000 ppm) causan en el ser humano dolor de cabeza, somnolencia, mareos, problemas respiratorios. Normalmente se encuentra en el aire entre 300 y 400 ppm o en ocasiones hasta 550 ppm. Se produce grandes concentraciones con la combustión interna. El monóxido de carbono por su parte tiene un concentración en la atmosfera de 0.1 ppm y se encuentra presente en el humo. La segunda razón es que nos sentimos comprometidos de realizar un proyecto que impacte y a la vez brinde ayuda a la ciudadanía en detectar cantidades dañinas para su salud y así puedan evitar estar en contacto con los lugares donde exista mayor concentración de estos gases.

OBJETIVOS.

a. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un dispositivo portátil evaluador de CO, CO₂ y la implementación a un sistema de alarma.

b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el evaluador portátil a base de microcontrolador.
- Implementación y pruebas de un circuito digital basado en microcontroladores que permita evaluar las variables características de los contaminantes derivados del carbono, con la finalidad de integrarlos a un sistema de alarma.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ.

El desarrollo del presente trabajo de residencia profesional fue elaborado en el Área de Posgrado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (figura 1); esta institución es dependiente de la Secretaría de Educación Pública; se imparten 9 licenciaturas y 2 programas de posgrado.



Figura 1: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez se ubican dentro de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. La dirección de ésta institución educativa es Carretera Panamericana Km. 1080. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. C. P. 29000, Apartado Postal 599 (ver figura 2)

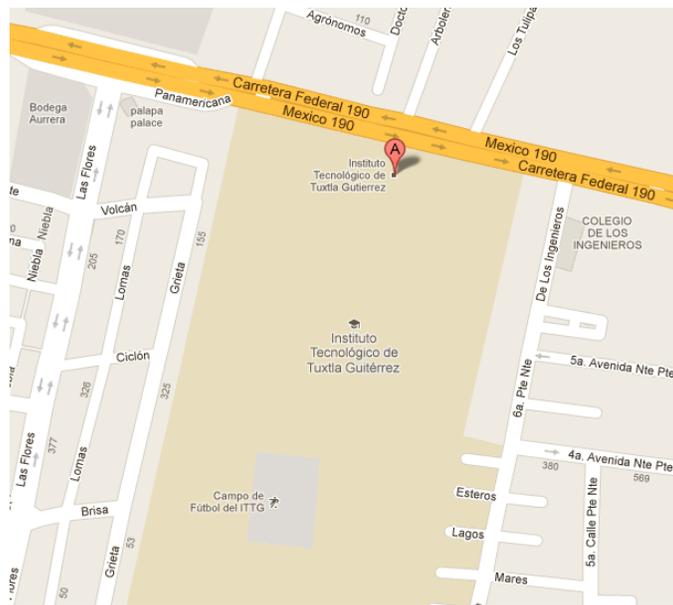


Figura 2: Macrolocalización del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Misión del ITTG: Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión del ITTG: Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Valores: El ser humano, el espíritu de servicio, el liderazgo, el trabajo en equipo, la calidad y el alto desempeño.

ALCANCES Y LIMITACIONES

a. Alcances

En lo general este proyecto permitió el análisis de algunos gases contaminantes derivados del carbono como es el caso del monóxido y dióxido de carbono. Esto permitió que se pudieran observar los niveles de contaminación en los cuales el ser humano está en contacto día a día con estos gases, pudiendo ocasionar enfermedades que podrían ser mortales si se está expuesto a altas concentraciones.

Por otra parte se pudo observar las concentraciones que pueden alcanzar estos gases en ambientes cerrados como son: oficinas, talleres, etc.

b. Limitaciones

Una de las principales limitantes al momento de la calibración fue que no se pudo contar con un medidor patrón para poder calibrar al 100% nuestros sensores, por lo cual se decidió a tomar como referencia las gráficas de comportamiento que tiene cada sensor, dichas gráficas fueron proporcionadas por el fabricante.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO.

1. - GENERALIDADES.

1.1 INTRODUCCIÓN.

En estos últimos años la contaminación, mediante la emisión de gases de efecto invernadero como lo es el Dióxido de Carbono (CO_2); y la contaminación de Monóxido de Carbono (CO), es un problema que va en aumento constantemente.

Tanto la concentración de monóxido y dióxido de carbono en un ambiente interior aporta información sobre distintos aspectos y circunstancias como posibilidad de efectos sobre la salud, correlación con problemas y quejas en el rendimiento o como dato para estudiar la ventilación de un ambiente.

Cuando los niveles de dióxido de carbono exceden de 1000 ppm y 200 ppm en el caso del monóxido de carbono en las áreas interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y apatía general.

El CO_2 en el ambiente se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm y el CO se encuentra a 115 ppm en áreas de tránsito pesado; 75 ppm en carreteras; 100 ppm en garajes subterráneos y unas 23 ppm en áreas residenciales.. La única fuente importante de emisión de CO_2 en locales interiores en los que no hay instalados aparatos de combustión no conducidos, son las propias personas. No es un contaminante grave, es un asfixiante simple, por desplazamiento del oxígeno y necesita concentraciones elevadas para manifestar sus efectos.

1.2 LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES CERRADOS

La función primaria de un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial es proporcionar a los ocupantes un ambiente confortable y saludable en el que se va a trabajar. Esto depende, en gran medida, de que el sistema de ventilación/climatización tenga un diseño, un funcionamiento y un mantenimiento apropiados.

Estos sistemas, deben proporcionar condiciones tolerables, y una calidad de aire interior aceptable; es decir, deben procurar que la mezcla del aire exterior con el interior sea la adecuada, y deben disponer de sistemas de filtración y limpieza del aire capaces de eliminar los contaminantes presentes en el mismo, como el CO y el CO₂.

En el ámbito de las condiciones de trabajo tiene cada vez mayor incidencia el aspecto relacionado con la calidad del aire en locales dedicados a oficinas y servicios.

La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa y, al no ocasionar un exceso de bajas por enfermedad, se tiende a menudo a minimizar los efectos que, sin embargo, se traducen en una situación general de disconfort. En la práctica estos efectos son capaces de alterar tanto la salud física como la mental del trabajador, provocando un mayor estrés.

1.3 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS AMBIENTES CERRADOS

La calidad de aire en ambientes cerrados, es modificada en forma constante por interacción de factores físicos y factores químicos.

1.3.1 FACTORES DE RIESGOS FÍSICOS

Representan un intercambio brusco de energía entre el individuo y el ambiente, en una proporción mayor a la que el organismo es capaz de soportar, entre los más importantes se citan: ruido, vibración, temperatura, ventilación, iluminación, radiaciones no ionizantes (infrarrojas, ultravioleta, baja frecuencia); radiaciones ionizantes (rayos x, alfa, beta, gama).

1.3.2 FACTORES DE RIESGOS QUÍMICOS

Sustancias orgánicas, inorgánicas, naturales o sintéticas que pueden presentarse en diversos estados físicos en el ambiente de trabajo, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. Se clasifican en: gaseosos y particulados (partículas).

a. Gaseosos

Son aquellas sustancias constituidos por moléculas ampliamente dispersas a la temperatura y presión ordinaria (25°C y 1 atmósfera) ocupando todo el espacio que lo contiene. Ejemplos: Gases: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Cloro (Cl₂).

Vapores: productos volátiles de Benzol, Mercurio, derivados del petróleo, alcohol metílico, otros disolventes orgánicos.

b. Particulados

Constituidos por partículas sólidas o líquidas, que se clasifican en: polvos, humos, neblinas y nieblas.

Es por lo anterior que nos enfocamos en el Dióxido de Carbono y Monóxido de Carbono los cuales forman parte de los factores químicos gaseosos, los cuales se explican a continuación:

1.4 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias.

La concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede aportar información sobre distintos aspectos y circunstancias de un edificio tales como posibilidad de efectos sobre la salud de sus ocupantes, correlación con problemas y quejas por olor o como dato para estudiar la ventilación de un local.

1.4.1 EMISIONES DE CO₂

La capa más baja de la Tierra llamada la tropósfera, existe un balance cíclico de gases que protegen y hacen posible la vida en el planeta. Entre los gases que contiene se encuentra el dióxido de carbono (CO₂), un gas que contribuye a moderar la pérdida de calor de la Tierra al espacio exterior. Tanto el CO₂, como el metano, el óxido nitroso y el ozono, son conocidos como “gases de efectos invernadero”, ya que su función es similar a las paredes de cristal de un

invernadero; permiten que penetre la radiación solar en la atmósfera terrestre, pero evitan que escape, ya que tienen la propiedad de absorber parte de la radiación solar que recibe y refleja la superficie terrestre y conservarla como energía calorífica.

La mayoría de los gases de efecto Invernadero se generan naturalmente. En particular, el CO₂ liberado a la atmósfera por procesos de descomposición orgánica y su concentración en la atmósfera es moderado por el crecimiento de las plantas. Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, el ser humano comenzó a emitir grandes cantidades de CO₂ por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y la quema de biomasa, que se han acumulado en la atmósfera. Al haber una mayor absorción de radiación infrarroja, el aumento del CO₂ atmosférico, junto con otros gases invernadero, se ha traducido en un aumento en la temperatura terrestre; fenómeno conocido como Cambio Climático.

1.5 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El monóxido de carbono (CO) es incoloro, inoloro, insípido y un gas no irritante lo cual le facilita el proceso de intoxicación ya que no despierta fenómenos de alergia o irritación, que le hagan a las personas crear conciencia de la presencia del tóxico. Es producido por la combustión incompleta de algún material que contenga carbono. Una fuente común de exposición humana incluye la inhalación de humo en los incendios, el exhorto de los automóviles, pobre ventilación al contacto con carbono, kerosene o gas de estufas, hornos o calderas y el fumar cigarrillos.

1.6 FUENTES DE CO Y CO₂

Entre las fuentes que emiten los gases y partículas contaminantes a la atmósfera, se tiene: industrias, fábricas, plantas de producción de energía, vehículos, hogares, entre otros.

Estas fuentes pueden ser puntuales como una chimenea o afectar a una región a través de una serie de fuentes pequeñas.

Las fuentes de contaminación se pueden clasificar en: móviles y estacionarias.

a. Fuentes Móviles

Estas fuentes corresponden a los automóviles, autobuses, locomotoras, camiones y aviones.

La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, debido a la combustión de gasolina y diesel que produce grandes cantidades de monóxido de carbono y menores cantidades de óxidos de nitrógeno. Las emisiones de los automóviles también contienen plomo y algunos contaminantes peligrosos.

Debido al creciente número de vehículos, estos siguen siendo la principal fuente móvil de contaminación del aire.

b. Fuentes Estacionarias

Existen cientos de miles de fuentes estacionarias de contaminación del aire, incluidas las plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo, fábricas, hogares. Las fuentes estacionarias producen una amplia variedad de contaminantes del aire.

Una de las principales fuentes estacionarias de contaminación es la industria. Las principales actividades contaminantes que realiza son: quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, diesel, gasolina) para realizar los diferentes procesos, emisión de productos o desechos químicos volátiles (ácidos, solventes, catalizadores) y la modificación de las condiciones ambientales (calor y liberación de partículas inertes que modifican la visibilidad y la penetración de la luz).

Aunque la contaminación producida en los hogares en proporción pudiera parecer menor, comparada con la industria, también contribuye mediante la quema incompleta de gas en la calefacción o cocción de alimentos, la incineración de basura o, el uso de insecticidas.

1.6.1. EL DIÓXIDO Y MONÓXIDO DE CARBONO LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE.

El dióxido de carbono es esencial para la respiración interna en el cuerpo humano. La respiración interna es un proceso por el cual el oxígeno es transportado a los tejidos corporales y el dióxido de carbono es tomado de ellos y transportado al exterior.

El dióxido de carbono es un guardián del pH de la sangre, lo cual es esencial para sobrevivir. El sistema regulador en el cual el dióxido de carbono juega un papel importante es el llamado tampón carbonato. Consiste en iones bicarbonato y dióxido de carbono disuelto, con ácido carbónico. El ácido carbónico neutraliza los iones hidroxilo, lo que hará aumentar el pH de la sangre cuando sea añadido. El ión bicarbonato neutraliza los protones, lo que provocará una disminución del pH de la sangre cuando sea añadido. Tanto el incremento como la disminución del pH son una amenaza para la vida.

Aparte de ser un tampón esencial en el cuerpo humano, también se sabe que el dióxido de carbono tiene efectos sobre la salud cuando la concentración supera un cierto límite.

Los principales peligros para la salud del dióxido de carbono son:

Asfixia. Causada por la liberación de dióxido de carbono en un área cerrada o sin ventilación. Esto puede disminuir la concentración de oxígeno hasta un nivel que es inmediatamente peligroso para la salud humana. Además al aumentar la concentración de CO₂, aumenta el ritmo respiratorio, y con ello la inhalación de otros gases tóxicos.

Congelación. El dióxido de carbono siempre se encuentra en estado sólido por debajo de los 78°C en condiciones normales de presión, independientemente de la temperatura del aire. El manejo de este material durante más de un segundo o dos sin la protección adecuada puede provocar graves ampollas, y otros efectos indeseados. El dióxido de carbono gaseoso liberado por un cilindro de acero, tal como un extintor de incendios, provoca similares efectos. El dióxido de carbono en estado líquido, se evapora con gran rapidez y en contacto con la piel y los ojos puede provocar graves efectos de congelación.

Daños renales o coma. Esto es causado por una alteración en el equilibrio químico del tampón carbonato. Cuando la concentración de dióxido de carbono aumenta o disminuye, provocando alteración del equilibrio, puede tener lugar una situación amenazante para la salud.

Hiperventilación. La inhalación de elevadas concentraciones, puede originar pérdida del conocimiento, taquicardias y dolores de cabeza. Si la exposición es prolongada o repetitiva puede provocar alteraciones en el metabolismo de la persona.

Efecto Invernadero en la salud. En el medio ambiente, el dióxido de carbono es la sustancia que más contribuye a este efecto, es decir, que absorbe gran parte de

la radiación solar incidente, reteniéndola cerca de la superficie terrestre y produciendo un calentamiento progresivo de la misma.

Monóxido De Carbono. Cuando no hay suficiente oxígeno presente, se genera monóxido de carbono, un gas invisible, inodoro e insípido. Cada año se vierten en el aire millones de toneladas métricas de este invisible pero letal gas. El CO ingresa al torrente sanguíneo y forma un compuesto con la hemoglobina (proteína transportadora) más estable que el que normalmente forma ésta con el oxígeno. En concentraciones por sobre 400 ppm el monóxido de carbono es letal (muerte se produce por asfixia).

1.6.2 CO Y CO₂ COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE.

El dióxido y el monóxido de carbono como contaminante sobre la salud de las personas.

El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones (mayores a 3000 ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición.

Es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm.

1.7 SENSORES

Un sensor es aquel elemento que permite transformar una forma de energía en otra, particularmente es interesante cuando el cambio se hace a una variable eléctrica. Las variables eléctricas más comunes son la resistividad, capacitancia,

inductancia o flujo magnético, y su variación se refleja en cambios de voltaje, corriente y resistencia.

Existe una inmensa variedad de sensores disponibles en el mercado: que generan una corriente eléctrica tras la aplicación de una fuerza como es el caso de los sensores piezoeléctricos, o sensores que cambian las propiedades de conducción según una variable externa. Consecuentemente no es una sorpresa que una forma de clasificar los sensores sea de acuerdo a la variable eléctrica que se modifica a través de la variable física. O por el contrario que se clasifiquen de acuerdo a la variable física que ellos puedan sensar.

1.7.1 SENSORES DE CO y CO₂

Existen diferentes técnicas para la medida de CO₂. En este trabajo, de manera sintética, se han tomado como referencia los siguientes tipos de sensores: NDIR, resistivos y electroquímicos.

a. Sensores NDIR (Non Dispersive Infra Red).

Esta técnica aprovecha la propiedad de que muchos gases absorben radiación en una zona de luz infrarroja determinada, que se encuentra entre 2 y 14 micrómetros. Estas absorciones muestran características únicas para cada uno de los gases, permitiendo que se puedan deducir sus concentraciones.

Dentro de la cavidad del sensor, en donde se encuentra el gas, está la fuente de luz infrarroja y el detector infrarrojo (Figura 1.1). La luz que pasa hacia los detectores lo hace a través de un filtro cuyas características dependen del gas a ser medido. De esta manera, según cuanta luz se recoja en los detectores, se puede medir la concentración del gas.

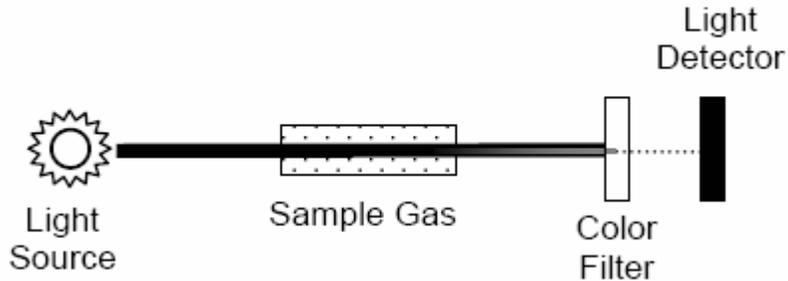


Figura 1.1: Esquema de cómo están constituidos estos sensores.

Se debe alimentar la lámpara infrarroja (Source) con una señal determinada que especifica el fabricante. En un principio se debe realizar una rutina de calibración con unos valores de temperatura y de CO₂ determinados y guardar estos datos en una memoria. El proceso de medida del gas consiste en monitorear las tensiones de las salidas (Sensing detector y Reference detector) (figura 1.2) y realizar unos cálculos utilizando también los datos de calibración previamente guardados.

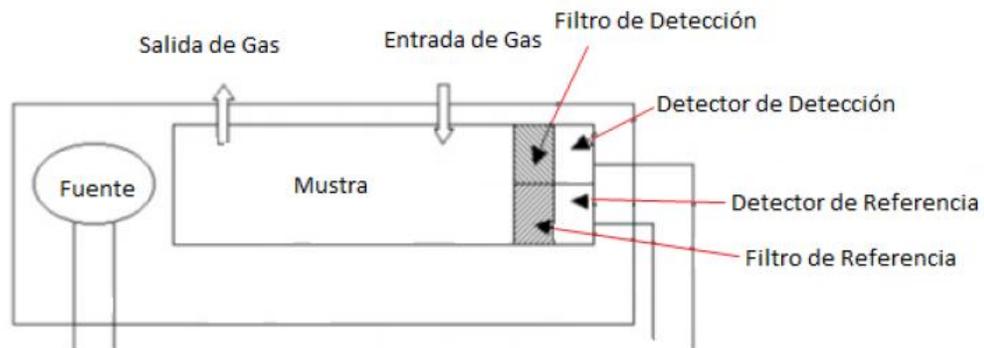


Figura 1.2: Esquema del sensor NDIR de dos canales

Las ventajas que presentan los sensores NDIR son su reducido tiempo de calentamiento y su bajo consumo (tabla 1.1). Por el contrario las desventajas son que el procesado de las señales, la rutina de calibración y el cálculo de la medida son procesos relativamente complicados. Además, su precio es relativamente elevado comparado con los sensores electroquímicos.

Tabla 1.1: comparativa de sensores NDIR

Fabricante y modelo	Alphasense IR-CO2-A1	e2V IR11BD	City Technology IRcel® CO2
Tensión de alimentación (V)	3 – 5	3 – 15	3 - 5
Tensión de alimentación de la lámpara (V) Ciclo de trabajo (%)	3 – 5 50 %	3 – 5 50 %	3 – 5 50 %
Consumo de corriente (mA)	60	60	No disponible
Frecuencia recomendada de trabajo (Hz)	2 – 2.25	4	2
Condiciones de trabajo	-20 a 50 °C 0 a 95 %RH	-20 a 55 °C 0 a 95 %RH	-20 a 50 °C 0 a 99 % RH
Tiempo de respuesta a 20 °C (seg)	< 40	< 30	< 35
Tiempo de calentamiento (s)	< 30	< 30	< 10
Rango de detección (ppm)	0 - 3000	0 - 5000	0 – 5000
Precio (€)	109	115	---

b. Sensores Electroquímicos

Un sensor electroquímico consiste de un electrodo sensor (cátodo) y un contra electrodo (ánodo) separados por una delgada capa de electrolito. El gas que entra en contacto con el sensor reacciona sobre la superficie del electrodo sensor generando una reacción de oxidación o reducción. Los materiales del electrodo, específicamente desarrollados para el gas de interés, catalizan estas reacciones. Una tensión proporcional a la concentración de gas es generada, la que puede ser medida para determinar la concentración de gas.

Existen diferentes maneras en que los sensores electroquímicos están contruidos, dependiendo del tipo de gas a detectar y del fabricante. La tecnología más utilizada en los sensores electroquímicos disponibles en el mercado para la medida de CO₂ es la del tipo de electrolito sólido. La figura muestra la disposición de los diferentes elementos que conforman un sensor electroquímico de electrolito

sólido. El elemento sensor consiste en un electrolito sólido de sodio (Na⁺) ubicado entre dos electrodos (Fig.1.3: izquierda). El cátodo (sensing electrode) consiste en carbonato de litio y oro, mientras que el ánodo (counter electrode) es de oro. El elemento sensor está dispuesto sobre una resistencia de calentamiento impresa (Figura 1.3: derecha) de sustrato de óxido cerámico (RuO₂).

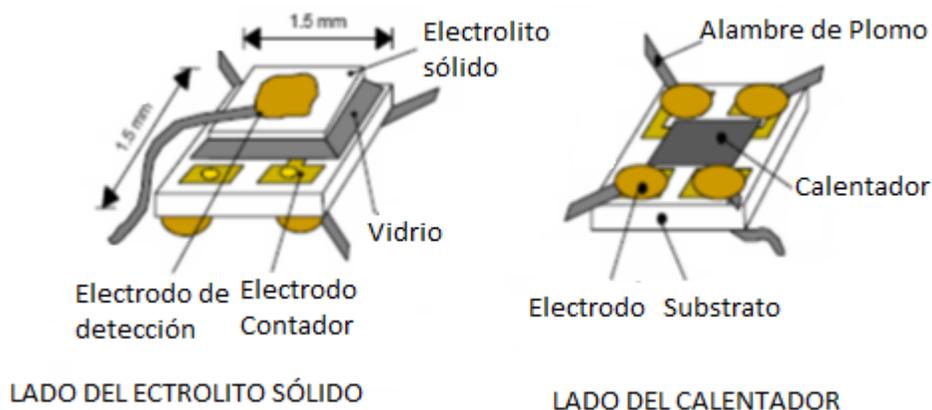


Fig. 1.3: Elementos de los sensores electroquímicos

Para que el sensor funcione correctamente se requiere de una tensión que especifica el fabricante aplicada a la resistencia de calentamiento (Heater) con el fin de mantener el elemento sensor a una temperatura óptima de funcionamiento (tabla 1.2). Entre los pines Electrodo contador y el Electrodo de detección se genera una tensión de salida que depende logarítmicamente de la concentración de gas.

Tabla 1.2: Comparativa de sensores electroquímicos

Marca y modelo	Figaro TGS4161	Figaro TGS4160	Hanwei MG811
Tensión de calentamiento (V)	5 ± 0,2 DC	5 ± 0,2 DC	6 ± 0,1 AC o DC
Corriente de calentamiento (mA)	50	250	200
Consumo de potencia (mW)	250	1250	1200
Condiciones de trabajo	-10 a 50 °C 5 a 95 %RH	-10 a 50 °C 5 a 95 %RH	-20 a 50 °C 5 a 95 %RH
EMF a 350 ppm CO ₂	220~490 mV	220~490 mV	~ 325 mV
ΔEMF 350 ppm – 3500 ppm	44 ~ 72 mV	44 ~ 72 mV	N / A
Rango de detección (ppm)	350 – 10000	350 – 50000	350 - 10000

1.8 EQUIPOS DE PROTECCIÓN

1.8.1 PROTECCIÓN CONTRA GASES

En cualquier empresa en la que, por el tipo de tareas, se emitan contaminantes atmosféricos peligrosos para la salud de los trabajadores, la primera consideración debe ser siempre la de aplicar las medidas preventivas para controlar o eliminar dichas emisiones. Pero, en algunos casos no son factibles de aplicar las medidas preventivas debiendo el trabajador recibir un EPP (equipo de protección personal) apropiado.

Las personas deben ser dotadas de equipos protectores para la respiración, frente a dos tipos de situaciones:

a. Situaciones emergentes

El personal está expuesto a concentraciones de contaminantes que tienen un efecto rápido y peligroso para la vida o la salud, después de un período relativo corto. Este tipo de situación exige emplear EPP que den una completa protección respiratoria, en la que se incluya protección adicional encaso que se produzca una falla en el dispositivo en el momento en que el trabajador se encuentra expuesto a la atmósfera peligrosa.

b. Situaciones no emergentes

Son generalmente operaciones de rutina normales, en las que el trabajador se expone a atmósferas que no producen efecto rápido ni peligroso para la vida o la salud en períodos relativamente cortos. Pueden, en cambio, producir enfermedades crónicas, daños permanentes físicos, o incluso la muerte, después de exposiciones repetidas o prolongadas.

Los dispositivos de protección personal tienen una gran desventaja: no eliminan la fuente del riesgo. Por eso, una falla en estos dispositivos significa que el trabajador quede inmediatamente expuesto al riesgo.

Las atmósferas peligrosas se pueden clasificar en tres categorías básicas:

- Atmósferas contaminadas (por polvos, humos y neblinas, o gases y vapores).
- Atmósferas deficientes de oxígeno (calderas, tanques, tuberías, etc.).
- Atmósferas con temperaturas extremas, ya sea por excesivo calor o por excesivo frío.

Para cada tipo de peligro hay una clase de respirador. Por ello, hay que tener en cuenta:

- La selección del dispositivo adecuado
- El uso correcto del respirador
- El mantenimiento necesario

c. Purificadores de aire.

Estos respiradores sólo pueden usarse en situaciones no emergentes, y si se cumplen los siguientes requisitos:

- La atmósfera contiene suficiente oxígeno.
- La concentración del contaminante es conocida.
- Los niveles de contaminación no exceden las limitaciones de la mascarilla o del cartucho del respirador.

Los trabajos más corrientes en los que se usan este tipo de respiradores, son aquéllos en los que los trabajadores se exponen a vapores de disolventes, como suelen darse en operaciones de pintado a pistola, desengrase, lavado en seco, y en los que se presentan concentraciones poco importantes de gases ácidos (ej.: fundición de minerales sulfúricos).

Consisten en un dispositivo flexible para el rostro, y los hay de distintos tipos:

d. Protectores respiratorios de media cara, que no necesitan mantenimiento (mascarillas)

Están diseñados para cubrir la nariz, la boca y la barbilla del trabajador (figura 1.4), evitando la inhalación de sustancias perjudiciales. Están hechos de fibras que atrapan y retienen las partículas dañinas, actuando como filtros. Estos respiradores funcionan solamente si se los ajusta bien.



Figura 1.4: Mascarilla

e. Respiradores de filtros reemplazables (máscara buco nasal).

Son aparatos purificadores de aire, que cubren la nariz, la boca y la barbilla (figura 1.5). Los que protegen contra gas y vapor tienen cartuchos con sustancias que filtran gases y vapores del aire. Cada cartucho está preparado para un gas o vapor peligroso distinto. El cartucho puede traer, además, un pre filtro para atrapar polvos, humos y neblinas.



Figura 1.5: Mascarilla buco nasal

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El dispositivo debe ser compacto y apto para realizar las mediciones en el sitio que se requiera. En la Figura 2.1, se puede observar el diagrama de bloques del evaluador donde consta los sensores de CO y CO₂, estos van acoplados a diferentes dispositivos que se encargarán de procesar las señales para mostrar los datos al usuario.

Como sensor para medir el Monóxido de carbono se emplean un en sensor de CO MQ-7 y para evaluarla concentración de Dióxido de carbono se usa un Sensor de CO₂ MG-811, los mismos que se encuentran dispuestos de la siguiente forma:

- En la parte superior izquierda se encuentra el sensor de CO₂.
- En la parte superior derecha se encuentra el sensor CO.

La parte medular del dispositivo es donde se localiza toda la circuitería electrónica, se encarga de:

- Recibir las señales provenientes de los sensores y procesarlas a través de los convertidores análogos-digitales del microcontrolador.
- Leer e indicar en la LCD las diferentes variables.

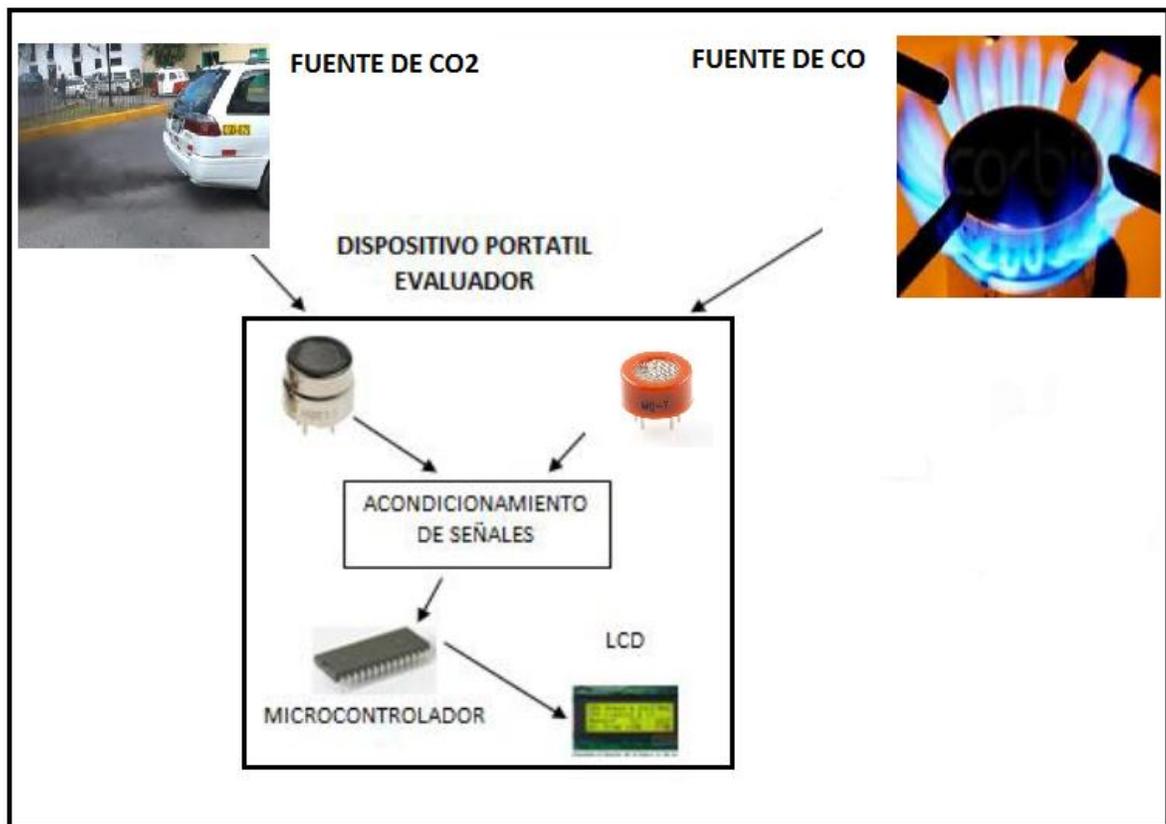


Figura 2.1: Diagrama a bloques del medidor de CO y CO₂

2.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

El evaluador de CO₂ y CO para cumplir su trabajo en forma eficiente necesita de varios elementos electrónicos que son de vital importancia para su funcionamiento, se seleccionó el microcontrolador 18F4520 para la parte de adquisición, visualización y control; además de actuadores que son los que efectúan las acciones de control ordenadas por el microcontrolador.

2.2.1 MICROCONTROLADOR

Tomando en cuenta las características de los diferentes microcontroladores se selecciona el que tiene más ventajas para su uso. El programa con el cual funciona el dispositivo es de un tamaño considerable por lo que necesita un gran espacio de memoria.

Además tiene varios periféricos conectados por lo que se requiere de una cantidad considerable de pines para su respectiva conexión.

Este circuito integrado forma parte de los circuitos integrados de Microchip Technology Inc., que pertenece a la categoría de los microcontroladores. Presenta características muy versátiles que le permiten aplicaciones en un gran número de variedades.

Características Técnicas:

- ✓ Memoria Flash de 32 Kbytes.
- ✓ Número de instrucciones: 16384.
- ✓ RAM (incluida) de 1536 bytes.
- ✓ Datos EMPRO 256 bytes.

Características Periféricas:

- ✓ Posee 5 puertos I/O, de 8 bits, menos el puerto A que sólo tiene 7 bits.
- ✓ Compatibilidad A/D de 10 bits.
- ✓ Tiene un generador de oscilación que le brindan características de timer.

Además, un convertidor análogo-digital de 10 bits, comunicación serial RS-232 y RS485, timers, interrupciones, comunicación por el protocolo I2C26, entre otras características.

En la Figura 2.2, es un microcontrolador PIC18F4520, este dispositivo posee 40 pines de los cuales 33 se pueden usar como entradas o salidas.



Figura 2.2: Microcontrolador PIC18F452

2.2.2 SENSORES

El presente proyecto es de mucho interés ya que se deben medir parámetros tales como el nivel de concentración de CO y el nivel de CO₂, por lo que los principales elementos son los sensores.

Para la selección de los sensores es necesario considerar varios aspectos como: tiempo de respuesta, disponibilidad en el mercado, precisión y durabilidad.

- **Tiempo de respuesta**, el tiempo de respuesta debe permitir tomar por lo menos datos cada 10 minutos, para mantener continuidad en la adquisición de muestras.
- **Disponibilidad en el mercado**, en el país se pueden encontrar fácilmente sensores de CO a diferentes precios, mientras que el sensor de CO₂ no está disponible en el mercado nacional por lo que se debe importar.
- **Precisión**, la precisión de los sensores no debe superar el 5% para obtener una medida muy próxima al valor real.
- **Durabilidad**, representa el tiempo de vida de los sensores que debe ser superior a un año para que el prototipo funcione a largo plazo.

Sensor de CO₂ MG811

Para la medición de dióxido de carbono se eligió el sensor MG811 (Figura 2.3) debido a que está disponible por importación, y posee un tiempo de respuesta menor a 60 segundos. Es muy utilizado en aplicaciones de medición de calidad del aire, alarmas, entre otros. Es pequeño y fácilmente incorporable.



Figura 2.3: Sensor de CO₂

Características

- Buena sensibilidad y selectividad de CO₂.
- Baja dependencia de humedad y temperatura.
- Larga estabilidad

Aplicación

- Control de calidad de aire
- Control de proceso de fermentado
- Detección de concentración de CO₂ en cuartos de temperatura

Estructura y Circuito de prueba

El sensor de CO₂ está compuesto por una capa de electrolito sólido(1), electrodos de oro (2), plomo platino(3), calentador(4), tubo de porcelana(5), red de doble capa100m (6), anillo plateado de níquel y cobre(7), baquelita(8), pin plateado de níquel y cobre (9) (figura 2.4)

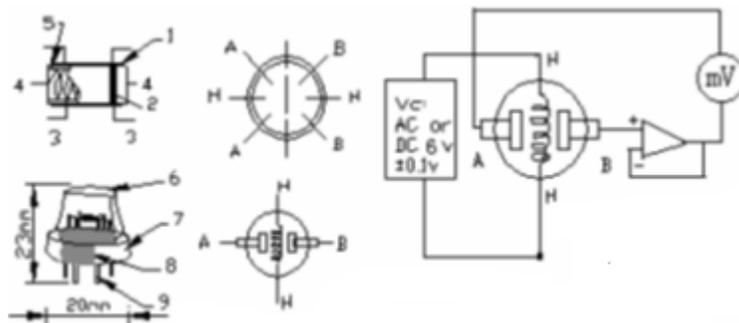


Figura 2.4: Estructura y circuito de prueba del sensor de CO₂

En la Tabla 2.1, se observa las características que cumple el Sensor de CO₂.

Tabla 2.1: Características del sensor de CO₂

Símbolo	Nombre de parámetro	Parámetro Técnico	Observación
V _H	Voltaje de calentamiento	6.0±0.1V	AC o DC
R _H	Resistor de calentamiento	30.0±5%W	Temperatura
I _H	Corriente de calentamiento	@200mA	
P _H	Potencia de calentamiento	@1200mW	
T _{ao}	Temperatura de operación	-20 a 50°C	
T _{as}	Temperatura de almacenamiento	-20 a 70°C	
EMF	Salida	30 - 50mV	350 - 10000 ppm CO ₂

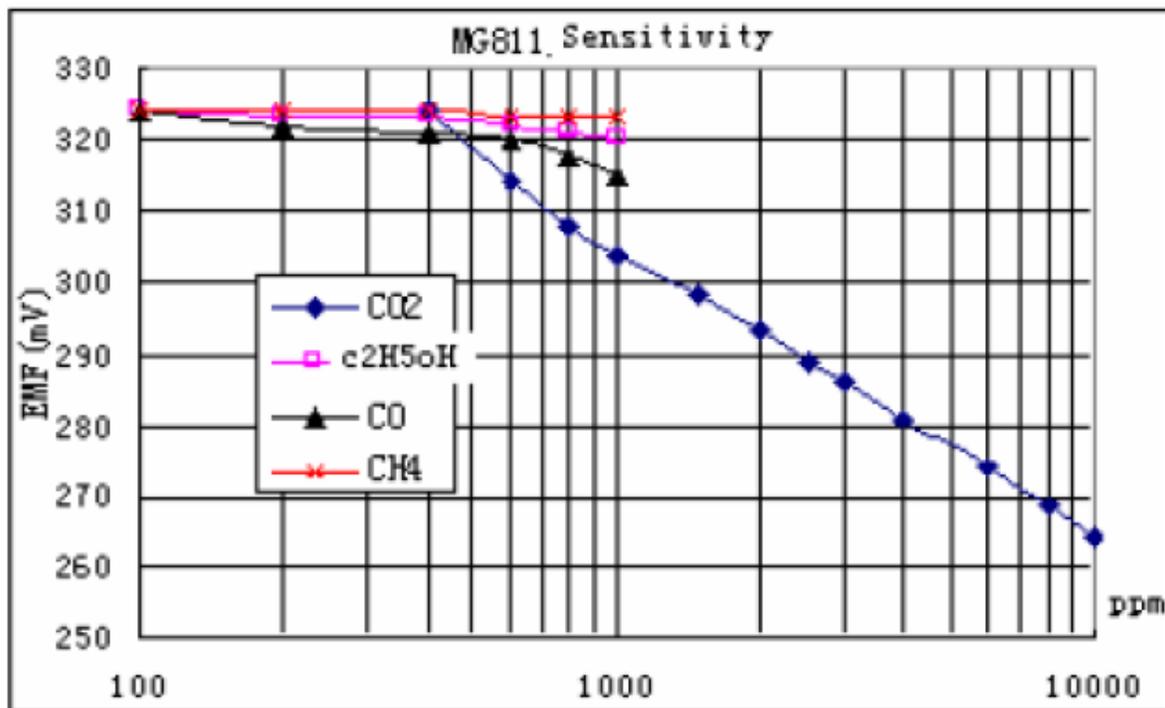


Figura 2.5: Sensibilidad del sensor de CO₂

SENSOR DE CO MQ-7

Para la medición de Monóxido de carbono se eligió el sensor MQ- 7 (Figura 2.6) debido a que está disponible en el país, y posee un tiempo de respuesta menor a 60 segundos.



Figura 2.6: Sensor CO.

Características

- Buena sensibilidad de gas combustible en una amplia gama.
- Alta sensibilidad a gas natural.
- Larga vida y bajo costo.
- Circuito de accionamiento simple.

Aplicación

- Detector de fugas de gas doméstico.
- Detector de CO Industrial.
- Detector de gas portátil.

Estructura y Circuito de prueba

En la figura 2.7, se pueden observar las diferentes partes que conforman el sensor MQ-7.

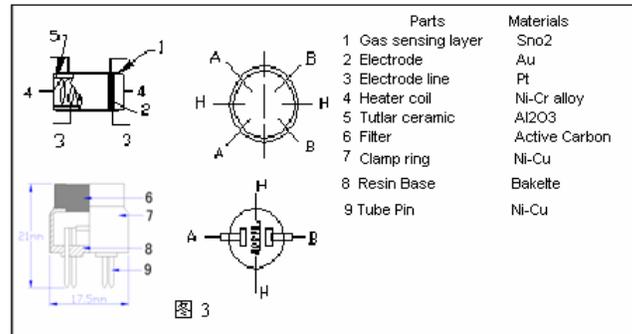


Fig. 2.7 estructura del sensor mq-7

En la tabla 2.2, se observa las características que cumple el Sensor de CO.

Tabla 2.2: Características del sensor de CO

Símbolo	Nombre de parámetro	Parámetro térmico	Observación.
V_c	Lazo de voltaje	≤ 10	
V_H	Voltaje de calentamiento	$5v \pm 0.2v$ (high) $1.5v \pm 0.1v$ (low)	AC o DC
T_L	Tiempo de calentamiento	$60 \pm 1S$ (high) $90 \pm 1S$ (low)	
R_L	Resistencia de carga		Ajustable
R_H	Resistencia de calentamiento	$31\Omega \pm 3\Omega$	Temp. Habitación.
P_H	Consumo de calentamiento	≤ 350 mW	
R_s	Detección de la resistencia	$2K\Omega - 20K\Omega$	En 100ppm de CO
S	Sensibilidad	$R_s(\text{en aire})/R_s(100\text{ppm CO}) \geq 5$	
α	Pendiente	$\leq 0.6(R_{300\text{ppm}}/R_{100\text{ppm CO}})$	

En la figura 2.8, se observa la curva caracteriztica del sensor MQ-7 para monóxido de carbono.

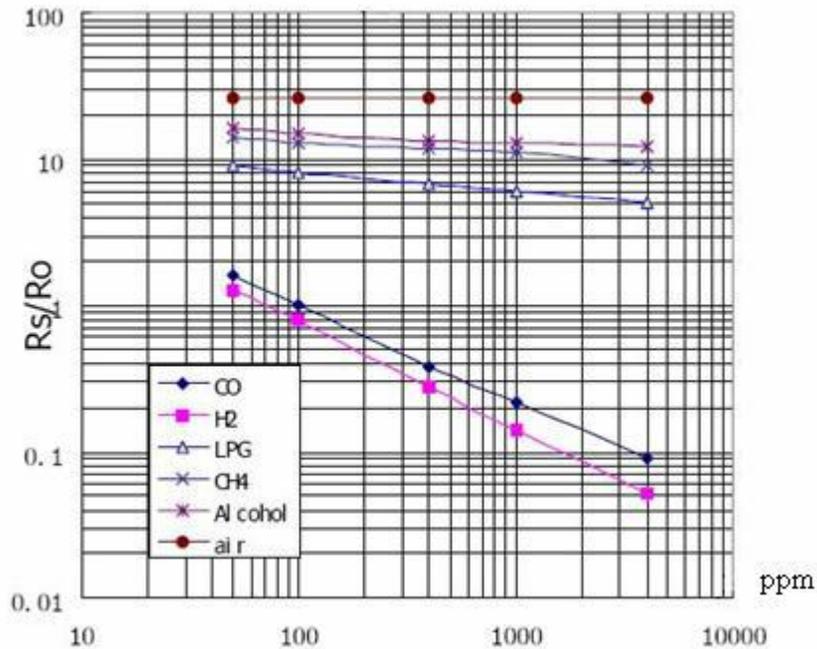


Figura 2.8: Sensibilidad del sensor de CO

2.2.3 AMPLIFICADOR

Los amplificadores operacionales son dispositivos compactos activos y lineales de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada. Un amplificador operacional (A.O.) está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida.

La señal proveniente de los sensores necesita ser amplificada para lo cual se utiliza los siguientes circuitos integrados.

Amplificador Operacional LM358

La señal proveniente del sensor necesita ser amplificada, se utiliza el amplificador LM358 (figura 2.9), este es un circuito compuesto de dos amplificadores operacionales independiente, diseñados para funcionar con alimentación simple o

dual. La ganancia se la configura por medio de resistores externos. El consumo de corriente de $500\mu\text{A}$.



Figura 2.9: Amplificador LM358

2.2.4 PANTALLA DE CRISTAL (LCD)

Los datos procesados por el microcontrolador (nivel de CO , CO_2 , referencia) se mostrarán en la pantalla de cristal líquido (LCD), este módulo de visualización de datos externo muestra los caracteres enviados desde el microcontrolador en una pantalla de 2 filas, de 16 columnas cada una. En la Figura 2.10, se aprecia una pantalla de cristal líquido.

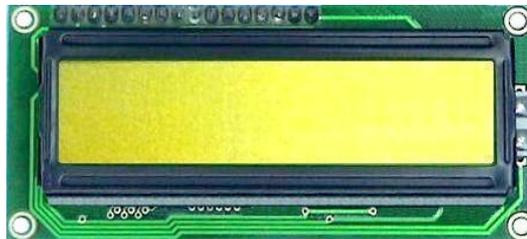


Figura 2.10: Pantalla de cristal líquido (LCD)

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DEL SISTEMA

Los bloques del sistema a ser implementados son: Bloque de Acoplamiento de sensor de CO , Acoplamiento del sensor de CO_2 .

2.3.1 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)

El sensor debe ser alimentado mediante una señal de 6V. Para este fin se utilizará un regulador de 6V, LM7806. Según las especificaciones del fabricante se debe utilizar un amplificador operacional de manera que se tenga una impedancia de

entrada lo suficientemente grande para que la medición del sensor sea la correcta. La señal de salida variará de 420mV a 360mV por lo que será necesario un proceso de tratamiento de la señal para utilizar toda la resolución de conversor AD (figura 2.11).

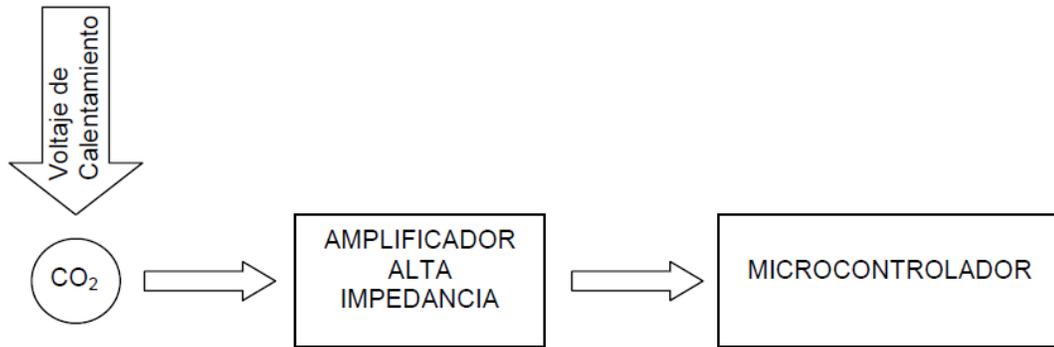


Figura 2.11: Diagrama para el sensor de CO₂

Para tener una impedancia alta se debe utilizar amplificadores operacionales en modo seguidor de emisor como se especifica en la documentación del fabricante (figura 2.12).

De esta forma cualquier instrumento o dispositivo que se agregue no influirá en la medición. Debido a que la señal del sensor varía en un rango de 420mV a 360mV es necesaria una etapa posterior de amplificación y adecuación para obtener una respuesta que varía desde 0 a 5V.

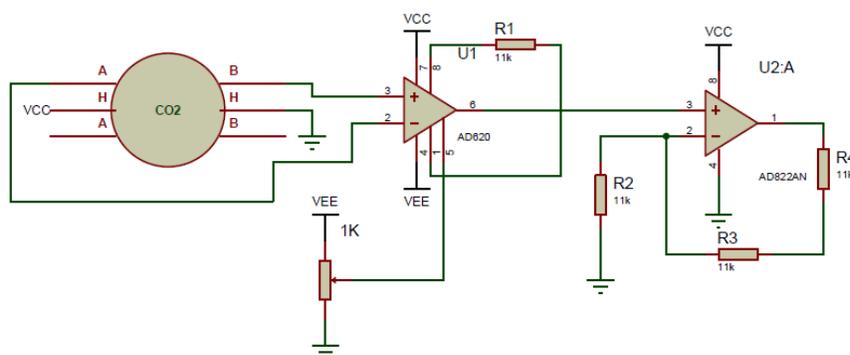


Figura 2.12: Diagrama del circuito de conexión del sensor de CO₂

2.3.2 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR DE MONOXIDO DE CARBONO (CO)

Para el funcionamiento del sensor de monóxido de carbono se necesita un alimentación de 5V en su terminal de alimentación A1 al mismo tiempo que se le aplica un voltaje de calentamiento de 5V durante un tiempo de 60 segundos (VHH, voltaje de calentamiento alto) y un voltaje de 1.4V durante un tiempo de 90 segundos (VHL, voltaje de calentamiento bajo) en la terminal H1 (calentador del sensor), este cambio entre los dos voltajes se realiza mediante la implementación de un relé que proporciona los dos diferentes voltajes. Para la obtención de la señal de salida se conecta una resistencia de carga 10K en serie con la salida del sensor B1, del cambio en el voltaje en la resistencia de carga se obtiene la señal que es ingresada al puerto ADC del pic (figura 2.13) donde se realiza la conversión de la señal.

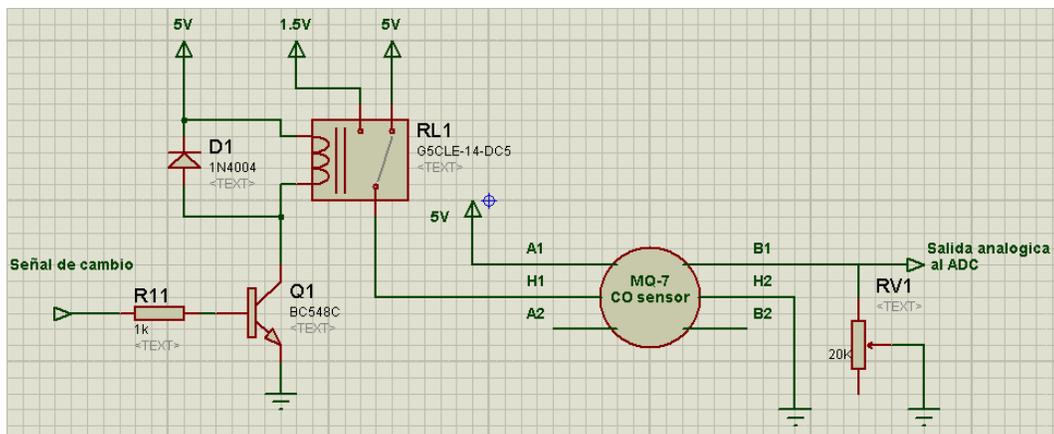


Figura 2.13: Diagrama del circuito de conexión del sensor de CO

2.3.3 Enlace con la pantalla de cristal líquido (LCD)

Para mostrar los diferentes mensajes se usa una pantalla de cristal líquido (LCD), como el LCD funciona a 5 voltios se puede usar la misma alimentación que se tiene para el microcontrolador.

El control del contraste se realiza a través de una resistencia de 1.1K Ω que va desde el pin 3 del LCD a tierra. La luz de fondo o BACKLIGHT es controlada a través de un selector que se encuentra en el panel frontal, este pulsador se encarga de encender o apagar esta luz, esto se hace con el objetivo de ahorrar energía en la batería. Esta conexión se muestra en la Figura 2.14.

En esta pantalla se mostrará la concentración de CO y la concentración de CO₂.

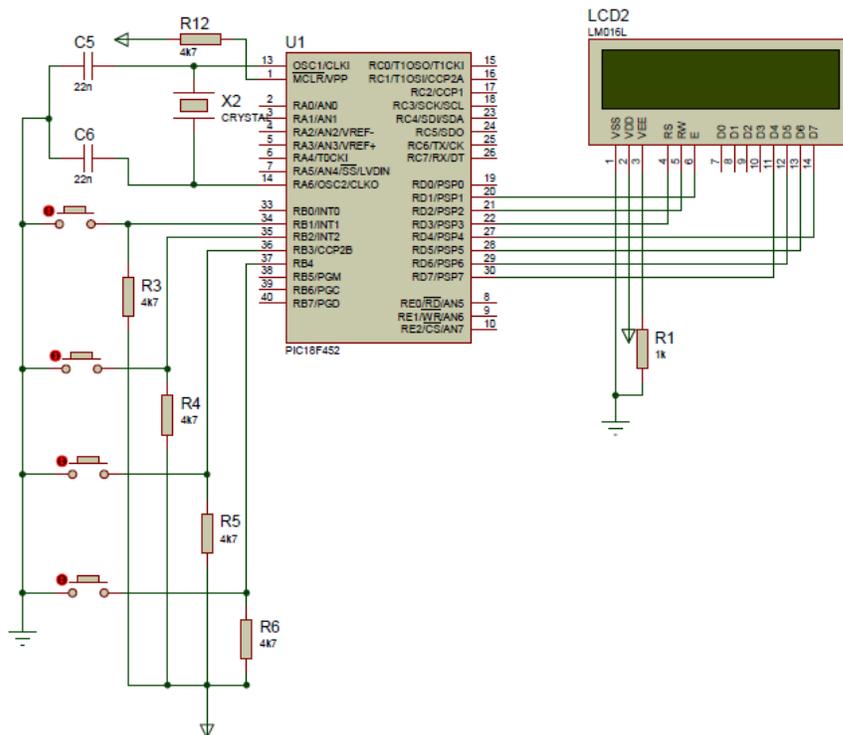


Figura 2.14: Conexión del microcontrolador y el LCD

2.4 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

2.4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

Construcción del Circuito de Acondicionamiento del Sensor CO₂ y CO Para la elaboración de la placa denominada “Sensor de CO₂”y “sensor de CO”, se ha diseñado tomando en cuenta sus diferentes elementos. En la figura 2.15 Y 2.16 se presentan los circuitos esquemáticos a través del cual se procederá a la elaboración de las placas.

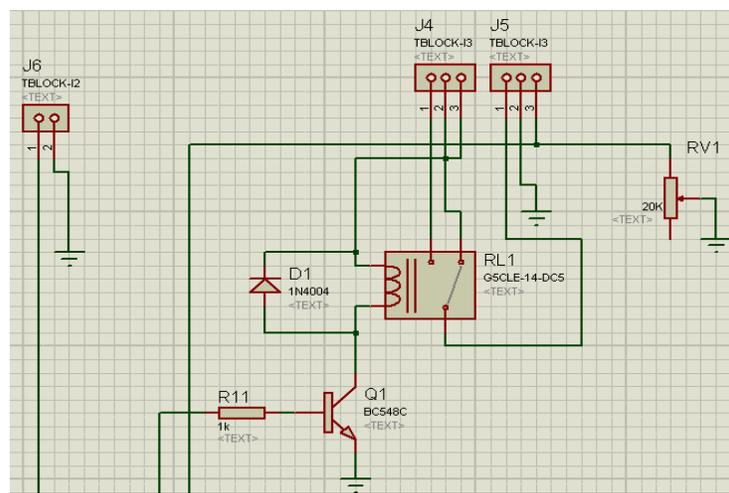


Figura 2.15: Circuito esquemático para la placa del Control de CO

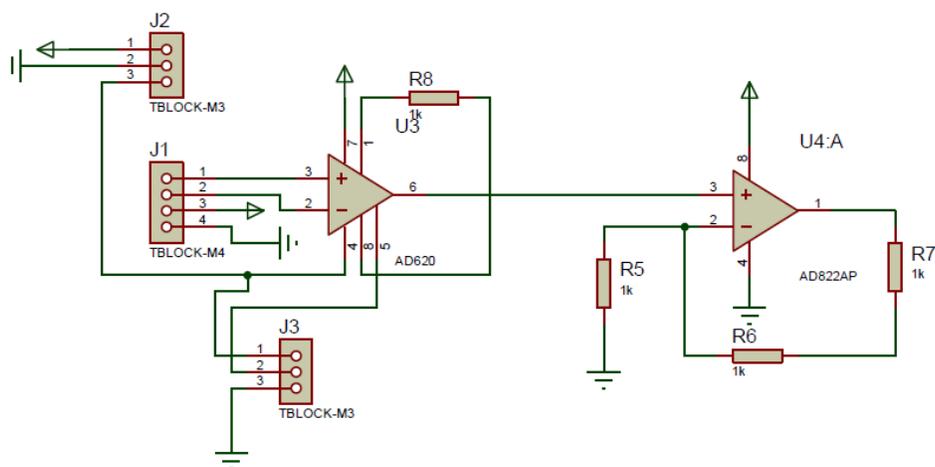


Figura 2.16: Circuito esquemático para la placa del Control de CO₂

2.4.2 Construcción del Circuito de la Fuente de Alimentación

Debido a que se utiliza amplificadores operacionales que requieren ser alimentados con fuente dual, la fuente de alimentación se obtuvo a partir de una batería de 12V 7Ah, ya que el voltaje obtenido es elevado se utilizó reguladores de voltaje LM7805, de donde se obtiene las salidas de voltaje de +5V.

Para la fuente de 6V el cual alimentara el Sensor de CO₂, se utilizara un regulador LM7806.

Para la fuente dual se hizo un arreglo con 2 reguladores de voltaje LM7805 (figura 2.17), con el primer regulador obtenemos de 0 a 5v, estos 5v se toman como referencia para el siguiente regulador de voltaje. Por lo tanto tendremos 10v en la salida superior. Si los 5v del centro los convertimos en la tierra del circuito a alimentar, la salida inferior mostrara -5v y la superior +5v

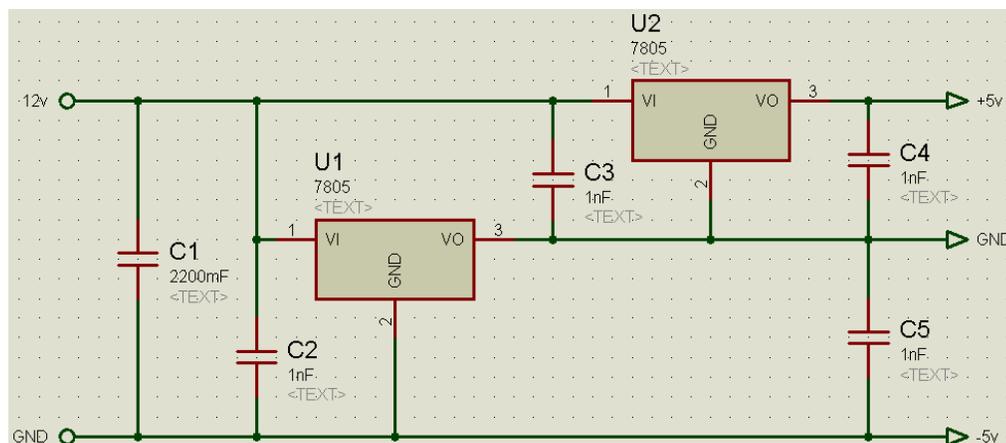


Figura 2.17: Fuente dual +5v y -5v.

2.5 DIAGRAMA A FLUJO DEL DETECTOR DE CO Y CO₂

En la figura 2.18, se observa el diagrama a flujo del detector de monóxido y dióxido de carbono.

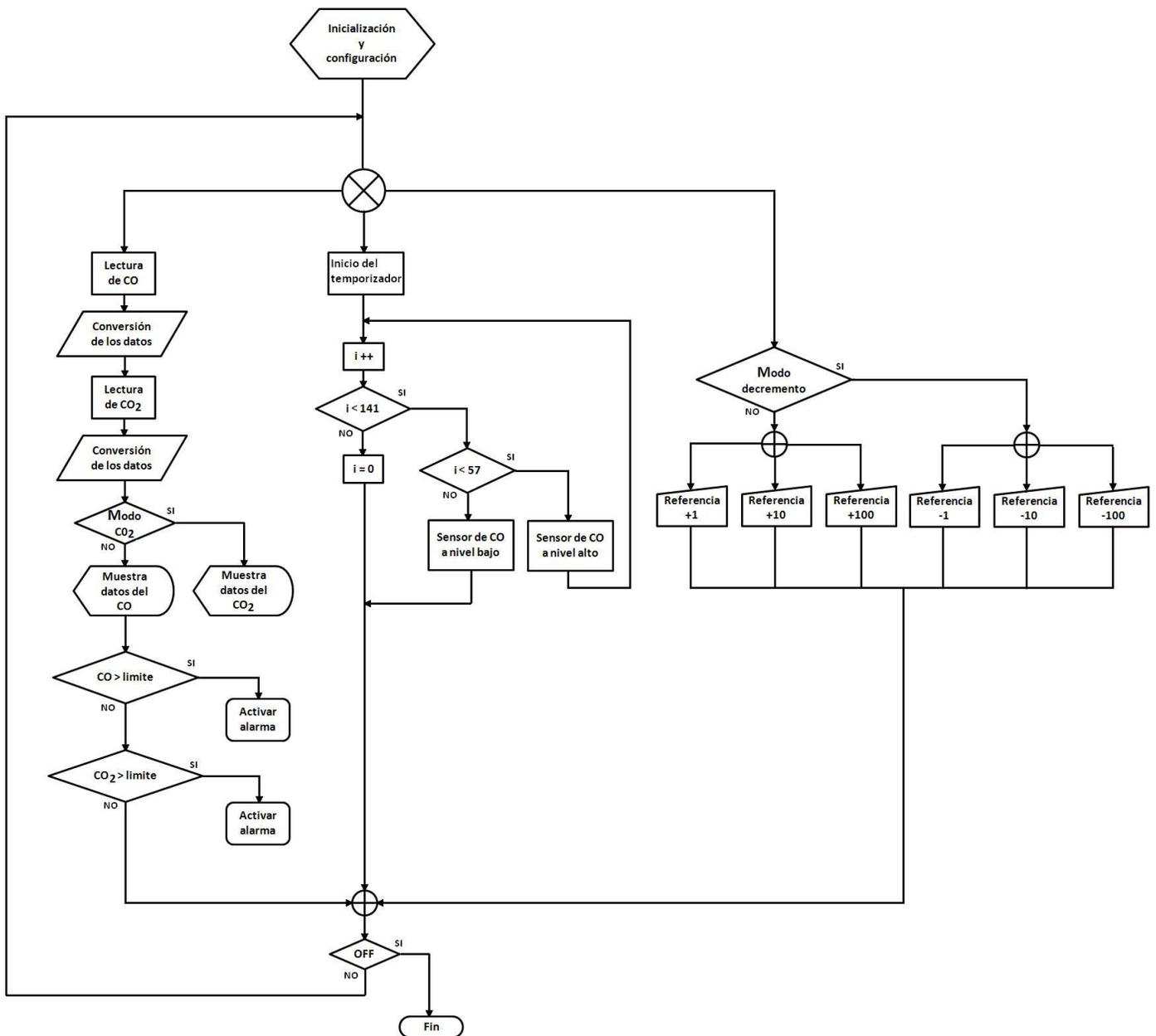


Figura 2.18: diagrama a flujo del detector de CO y CO₂

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 PRUEBAS

Con la finalidad de determinar el funcionamiento adecuado del sistema de monitoreo y control implementado, es necesario realizar pruebas del funcionamiento de los sensores y un análisis del control empleado para verificar la veracidad de las medidas y la funcionalidad del control. Las pruebas realizadas se analizan a continuación:

3.1.1 PRUEBAS EN LOS SENSORES

a. Sensor de CO₂ y CO

Para el caso de estos sensores no se realizaron pruebas comparativa con otros similares ya que no se pudo encontrar otro sensor que sirva como patrón, por lo que se tomaron algunas mediciones (tabla 3.1) y se tomó como base la gráfica de comportamiento de los sensores que proporciona el fabricante.

Tabla 3.1: Lecturas obtenidas con el Sensor de CO y CO₂

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.			
Ingeniería Electrónica.			
Medidor de CO y CO ₂			
Área de medición: Instalaciones del ITTG			
Hora	Fecha	CO	CO ₂
10:15 am	14/11/2011	87 ppm	160 ppm
10:17 am	14/11/2011	64 ppm	156 ppm
10:22 am	14/11/2011	38 ppm	134 ppm
11:00 am	14/11/2011	11 ppm	115 ppm
11:15 am	14/11/2011	7 ppm	110 ppm
11:30 am	14/11/2011	5 ppm	108 ppm
11:45 am	14/11/2011	2 ppm	100 ppm
12:00 pm	14/11/2011	1 ppm	100Ppm

a1. Control de CO y CO₂

El control de CO funcionan en forma independiente del control de CO₂ por lo que los dos sistemas tiene una respuesta rápida como se ve en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: control de CO y CO₂

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.					
Ingeniería Electrónica					
Medidor de CO y CO ₂					
Área de medición: Edificio "Z" del ITTG.					
Nivel de CO/ppm		Nivel de CO ₂ /ppm		Tiempo	Fecha
Fijo	Medido	Fijo	Medido	Minutos.	
25	40	300	80	2	16/11/2011
25	15	300	78	3	16/11/2011
25	11	300	66	5	16/11/2011
25	0	300	60	10	16/11/2011
25	2	300	39	15	16/11/2011
25	4	300	27	30	16/11/2011
25	1	300	25	35	16/11/2011
25	3	300	26	40	16/11/2011
25	2	300	25	45	16/11/2011

Como se puede ver en la tabla 3.2, para el caso del CO el control actúa rápidamente y demora un tiempo corto en llegar a una estabilidad.

Con esta prueba se concluye que el sensor de CO y CO₂ está funcionando correctamente, y tienen una salida en mili-voltios proporcional de acuerdo a la información obtenida en la hoja de datos de este elemento.

b. Puesta en Marcha del Menú Opciones.

Una vez instalado el programa en el pic 18f4520 se procedió a ejecutar cada una de las opciones presentadas en el menú, las mismas que se muestran a través del LCD, y que a continuación se detallan.

Opción 1: Publicación de concentración de CO

Al momento de encender el evaluador este mostrará la concentración de monóxido de carbono y el límite establecido por el usuario (figura 3.1), el mismo que puede ser modificado de ser el caso.



Figura 3.1: Muestra concentración de CO

Opción 2: Publicación de Concentración de CO₂

Al momento que se oprima el botón de selección de gas de CO/CO₂, podrá mostrar la concentración de dióxido de carbono y el límite establecido por el usuario (figura 3.2), de igual manera que en la opción 1 se podrán modificar el límite establecido por el usuario que el evaluador está registrado se observa los diferentes valores de concentración de CO₂ en ppm.



Figura 3.2: Muestra concentración de CO₂

c. TOMA DE DATOS

Una vez realizadas todas las pruebas del correcto funcionamiento del equipo y del software se procedió a realizar la toma de datos en diferentes lugares con situaciones ambientales distintas.

c1. CO y CO₂ en zona urbana con tráfico normal.

Se procedió a realizar la toma de datos a partir de las 10:30 am a las 11:30 am en una zona urbana con tráfico normal (tabla 3.3).

Tabla 3.3: medición en zona urbana – tráfico normal.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.			
Ingeniería Electrónica.			
Medidores de CO y CO ₂			
Área de medición: Zona urbana con tráfico normal.			
Hora	Fecha	CO	CO ₂
10:30 am	22/11/2011	85 ppm	550 ppm
10:35 am	22/11/2011	92 ppm	500 ppm
10:40 am	22/11/2011	86 ppm	520 ppm
10:45 am	22/11/2011	84 ppm	460 ppm
10:50 am	22/11/2011	80 ppm	400 ppm
10:55 am	22/11/2011	75 ppm	376 ppm
11:00 am	22/11/2011	73 ppm	334 ppm
11:05 am	22/11/2011	67 ppm	280 ppm
11:10 am	22/11/2011	67 ppm	278 ppm
11:15 am	22/11/2011	67 ppm	270 ppm
11:20 am	22/11/2011	65 ppm	270 ppm
11:30 am	22/11/2011	65 ppm	270 ppm
Valor máximo en ppm		92 ppm	550 ppm
Valor mínimo en ppm		65 ppm	270 ppm

c2. CO y CO₂ en zona urbana tráfico hora pico.

Se procedió a realizar la toma de datos a partir de las 2:05 pm a las 3:00 pm en una zona urbana con tráfico en hora pico (tabla 3.4).

Tabla 3.4: medición zona urbana – tráfico hora pico

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.			
Ingeniería Electrónica.			
Medidores de CO y CO ₂			
Área de medición: Zona urbana tráfico hora pico.			
Hora	Fecha	CO	CO ₂
2:05 pm	23/11/2011	140 ppm	650 ppm
2:10 pm	23/11/2011	128ppm	620 ppm
2:15 pm	23/11/2011	135 ppm	580 ppm
2:20 pm	23/11/2011	120 ppm	515 ppm
2:25 pm	23/11/2011	115 ppm	480 ppm
2:30 pm	23/11/2011	105 ppm	450 ppm
2:35 pm	23/11/2011	123 ppm	465 ppm
2:40 pm	23/11/2011	90 ppm	420 ppm
2:45 pm	23/11/2011	100 ppm	421 ppm
2:50 pm	23/11/2011	96 ppm	399 ppm
2:55 pm	23/11/2011	85 ppm	389 ppm
3:00 pm	23/11/2011	114 ppm	409 ppm
Valor máximo en ppm		140 ppm	650 ppm
Valor mínimo en ppm		85 ppm	389 ppm

DIAGRAMA GENERAL DEL HARDWARE.

En la figura 3.3, se observa el diagrama general del sistema donde se muestran los diferentes elementos que lo conforman.

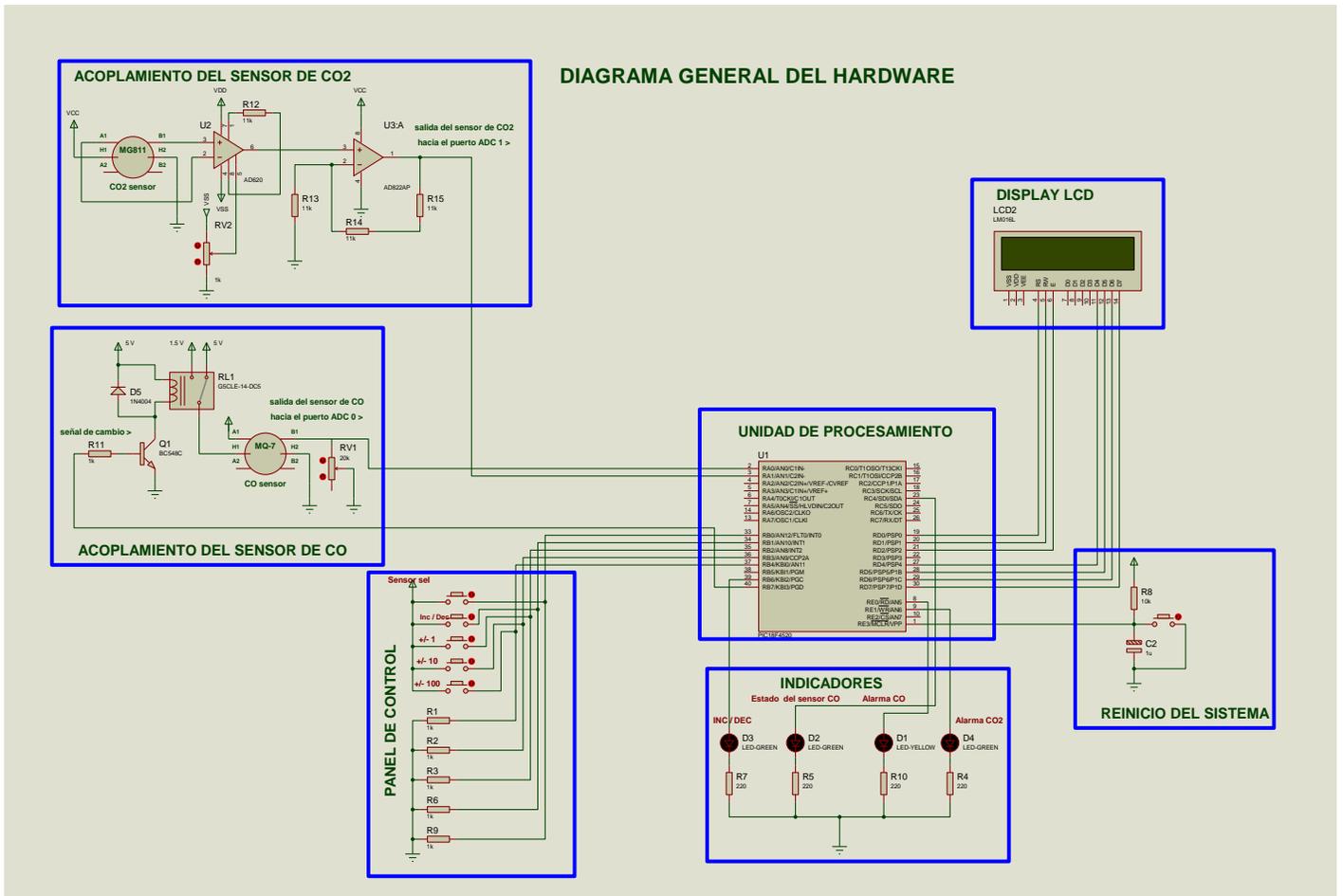


Figura 3.3 diagrama general del hardware.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. CONCLUSIÓN

La elaboración de este proyecto fue importante porque se diseñó y construyó un dispositivo evaluador de CO₂ y CO en base al microcontrolador 18f4520, para lo cual se realizaron las investigaciones pertinentes debido a la necesidad de conocer sobre los contaminantes derivados del carbono, para llevar a cabo un detector de Monóxido y Dióxido de Carbono; se verificó el correcto funcionamiento del sensor de CO₂ y CO comparando con las curvas de funcionamiento de la hoja de datos que nos proporcionó el fabricante.

La realización de este dispositivo es necesaria, ya que la inhalación excesiva de los gases antes mencionados es un problema que afecta al ser humano en cuestiones de salud y debido que en cualquier lugar pueden estar presentes. Como bien sabemos la concentración de CO₂ en el ambiente es de 300 a 400 ppm, tolerable para no ser dañino en el ser humano.

Al momento de elaborarlo y hacer las pruebas necesarias fue un trabajo complicado el cual necesitaba de una minuciosa elaboración, para que arrojará la medida justa al momento de detectar estos gases y no caer en errores.

b. RECOMENDACIONES

Recomendamos por lo importante que consideramos que es el problema de inhalar en exceso el Monóxido y Dióxido de Carbono, implementar este detector en lugares estratégicos donde se considere que estos gases están presentes en exceso y llevándose una base de datos con los resultados, realizándose mediciones mensualmente para obtener una referencia actualizada de los niveles a los que están expuestas las personas previniéndolas e informando para usar el equipo necesario para evitar la inhalación excesiva de estos gases dañinos.

Por lo cual debemos de determinar las entradas y salidas del algoritmo de acuerdo a las necesidades que se requieran para el análisis de los gases.

Fijar el nivel máximo de referencia en el programa para el análisis de acuerdo al área de trabajo en donde se vaya a realizar las mediciones para obtener un valor exacto de los niveles que sobrepasan.

Para hacer un dispositivo de medición complejo se podrían agregar otras variables de mediciones a analizar por ejemplo: La medición de ruido, con la finalidad de optimizar el mismo, ya que este riesgo sonoro afecta gravemente a los seres humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Futurlec, CO2 Sensor - Carbon Dioxide Sensor
http://www.futurlec.com/CO2_Sensor.shtml
- FIGARO, TGS 4161
<http://www.figarosensor.com/products/4161pdf.pdf>
- ORAE Systems, Theory and Operation of NDIR Sensor
http://www.raesystems.com/~raedocs/App_Tech_Notes/Tech_Notes/TN169_NDIR_CO2_Theory.pdf
- Biology Cabinet (2007)
http://biocab.org/Bioxido_de_Carbono_CO2.html
- Water Treatment Solutions LENNTECH (1998-2009)
<http://www.lenntech.es/dioxido-de-carbono.htm>
- Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales
Robert F. Coughlin.
Frederick F Driscoll.
Quinta edición.
- Tox Town, inquietudes de salud ambiental y sustancias químicas tóxicas en su lugar de residencia, trabajo y diversión.
<http://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=54>
- Urgencias toxicológicas.
<http://www.encolombia.com/medicina/Urgenciastoxicologicas/Monoxidodecarbano.htm>
- Monóxido de carbono.
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/MonoxiCar.htm>
- Guía de intoxicación, CITUC, monóxido de carbono.
<http://escuela.med.puc.cl/publ/guiaintoxicaciones/Monoxido.html>

ANEXOS

a. IDENTIFICACION DE FUNCIONES

En la figura 3, se puede identificar las partes con cuales cuenta el detector de monóxido y dióxido de carbono.

- 1 **ON/OFF**: Interruptor de encendido y apagado.
- 2 **LCD**: Muestra los valores de las concentraciones de gas (CO y CO₂) y su límite máximo de exposición el cual puede ser modificado por el usuario.
- 3 **BOTÓN DE SELECCIÓN DE GAS CO/CO₂**: Permite seleccionar la visualización del gas que se desea medir, al encender el dispositivo por default se muestra en pantalla lecturas para el monóxido de carbono (CO).
- 4 **BOTÓN DE SELECCIÓN DE INCREMENTO/DECREMENTO**: Permite al usuario elegir entre el modo incremento o decremento y modificar el valor del límite máximo de exposición del gas que se está mostrando en el LCD en ese momento.
- 5 **▲▼ 1**: Modifica el valor del límite máximo de exposición mostrado en el LCD en incrementos o decrementos de 1 “uno”. Se incrementa el valor si el indicador de **Incremento/Decremento** (8) esta encendido y el valor se decrementa si el indicador de **Incremento/Decremento** (8) está apagado.
- 6 **▲▼ 10**: Modifica el valor del límite máximo de exposición mostrado en el LCD en incrementos o decrementos de 10 “diez”. Se incrementa el valor si el indicador de **Incremento/Decremento** (8) esta encendido y el valor se decrementa si el indicador de **Incremento/Decremento** (8) está apagado.
- 7 **▲▼ 100**: Modifica el valor del límite máximo de exposición mostrado en el LCD en incrementos o decrementos de 100 “cien”. Se incrementa el valor si

el indicador de **Incremento/Decremento** (8) esta encendido y el valor se decrementa si el indicador de **Incremento/Decremento** (8) está apagado.

- 8 **INDICADOR DE INCREMENTO/DECREMENTO:** Indica si el modo de incremento esta activado (encendido) o si es el modo de decremento el que esta activado (apagado).
- 9 **INDICADOR DE CICLO DE TRABAJO CO:** Este indica en que parte del ciclo de trabajo se encuentra el sensor de monóxido de carbono, ya que por sus características necesita un semiciclo en nivel alto y otro en nivel bajo. Cuando el indicador esta encendido el sensor esta en el semiciclo alto y cuando el indicador está apagado el sensor esta en el semiciclo alto. El fabricante recomienda realizar las mediciones de monóxido de carbono cuando el sensor esta en el semiciclo alto.
- 10 **INDICADOR DE ALARMA DE CO₂:** cuando el indicador se enciende es a causa de que los niveles de de CO₂ presentes en el ambiente sobrepasan los límites establecidos por el usuario.
- 11 **INDICADOR DE ALARMA DE CO:** cuando el indicador se enciende es a causa de que los niveles de de CO presentes en el ambiente sobrepasan los límites establecidos por el usuario.



Figura 3: Detector de CO y CO₂

b. Microcontrolador pic 18f4520.



PIC18FXX2

28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D

High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
 - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
 - DC - 40 MHz osc./clock input
 - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules. CCP pins that can be configured as:
 - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ($T_{CY}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
 - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
 - I²C™ Master and Slave mode

Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
 - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

Analog Features:

- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Fast sampling rate
 - Conversion available during SLEEP
 - Linearity ≤ 1 LSB
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
 - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

Special Microcontroller Features:

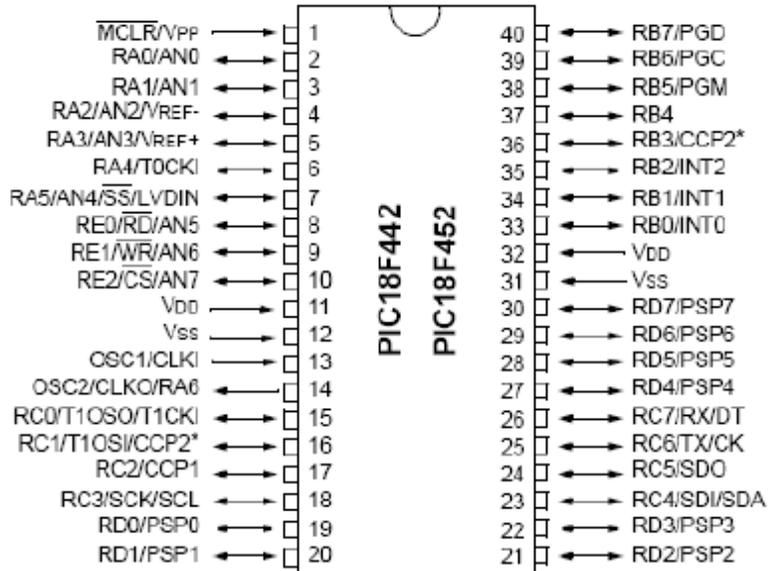
- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
 - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
 - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
 - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 25 μ A typical @ 3V, 32 kHz
 - < 0.2 μ A typical standby current

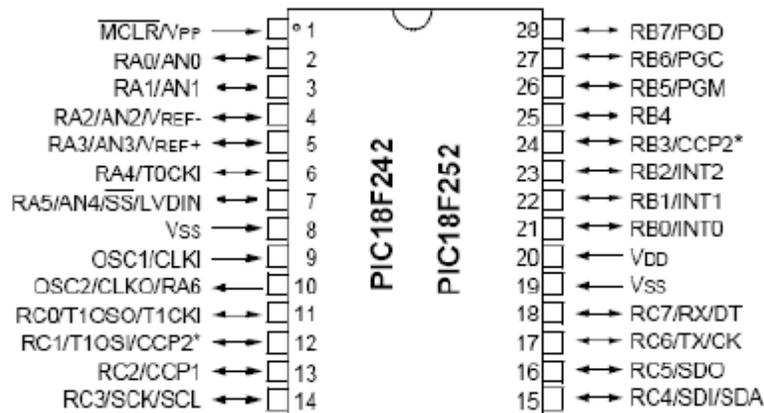
Pin Diagrams (Cont.'d)

DIP



Note: Pin compatible with 40-pin PIC16CTX devices.

DIP, SOIC



* RB3 is the alternate pin for the CCP2 pin multiplexing.

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F242
- PIC18F442
- PIC18F252
- PIC18F452

These devices come in 28-pin and 40/44-pin packages. The 28-pin devices do not have a Parallel Slave Port (PSP) implemented and the number of Analog-to-Digital (A/D) converter input channels is reduced to 5. An overview of features is shown in Table 1-1.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin count: 28-pin for Figure 1-1 and 40/44-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40/44-pin pinouts are listed in Table 1-2 and Table 1-3, respectively.

TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz			
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)			
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

2.0 OSCILLATOR CONFIGURATIONS

2.1 Oscillator Types

The PIC18FXX2 can be operated in eight different Oscillator modes. The user can program three configuration bits (FOSC2, FOSC1, and FOSC0) to select one of these eight modes:

1. LP Low Power Crystal
2. XT Crystal/Resonator
3. HS High Speed Crystal/Resonator
4. HS + PLL High Speed Crystal/Resonator with PLL enabled
5. RC External Resistor/Capacitor
6. RCIO External Resistor/Capacitor with I/O pin enabled
7. EC External Clock
8. ECIO External Clock with I/O pin enabled

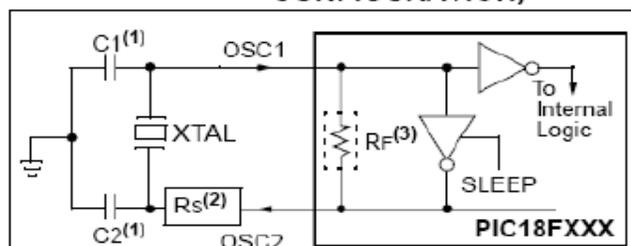
2.2 Crystal Oscillator/Ceramic Resonators

In XT, LP, HS or HS+PLL Oscillator modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1 and OSC2 pins to establish oscillation. Figure 2-1 shows the pin connections.

The PIC18FXX2 oscillator design requires the use of a parallel cut crystal.

Note: Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturers specifications.

FIGURE 2-1: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS, XT OR LP CONFIGURATION)



- Note 1:** See Table 2-1 and Table 2-2 for recommended values of C1 and C2.
- 2:** A series resistor (Rs) may be required for AT strip cut crystals.
- 3:** Rf varies with the Oscillator mode chosen.

TABLE 2-1: CAPACITOR SELECTION FOR CERAMIC RESONATORS

Ranges Tested:			
Mode	Freq	C1	C2
XT	455 kHz	68 - 100 pF	68 - 100 pF
	2.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
	4.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
HS	8.0 MHz	10 - 68 pF	10 - 68 pF
	16.0 MHz	10 - 22 pF	10 - 22 pF
These values are for design guidance only. See notes following this table.			
Resonators Used:			
455 kHz	Panasonic EFO-A455K04B	± 0.3%	
2.0 MHz	Murata Erie CSA2.00MG	± 0.5%	
4.0 MHz	Murata Erie CSA4.00MG	± 0.5%	
8.0 MHz	Murata Erie CSA8.00MT	± 0.5%	
16.0 MHz	Murata Erie CSA16.00MX	± 0.5%	
All resonators used did not have built-in capacitors.			

- Note 1:** Higher capacitance increases the stability of the oscillator, but also increases the start-up time.
- 2:** When operating below 3V VDD, or when using certain ceramic resonators at any voltage, it may be necessary to use high-gain HS mode, try a lower frequency resonator, or switch to a crystal oscillator.
- 3:** Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components, or verify oscillator performance.

17.0 COMPATIBLE 10-BIT ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) converter module has five inputs for the PIC18F2X2 devices and eight for the PIC18F4X2 devices. This module has the ADCON0 and ADCON1 register definitions that are compatible with the mid-range A/D module.

The A/D allows conversion of an analog input signal to a corresponding 10-bit digital number.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 17-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 17-2, configures the functions of the port pins.

REGISTER 17-1: ADCON0 REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
							bit 0
							bit 7

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0**: A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	$F_{osc}/2$
0	01	$F_{osc}/8$
0	10	$F_{osc}/32$
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	$F_{osc}/4$
1	01	$F_{osc}/16$
1	10	$F_{osc}/64$
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0**: Analog Channel Select bits

000 = channel 0, (AN0)
 001 = channel 1, (AN1)
 010 = channel 2, (AN2)
 011 = channel 3, (AN3)
 100 = channel 4, (AN4)
 101 = channel 5, (AN5)
 110 = channel 6, (AN6)
 111 = channel 7, (AN7)

Note: The PIC18F2X2 devices do not implement the full 8 A/D channels; the unimplemented selections are reserved. Do not select any unimplemented channel.

bit 2 **GO/DONE**: A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion which is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

0 = A/D conversion not in progress

bit 1 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 0 **ADON**: A/D On bit

1 = A/D converter module is powered up

0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

- n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

REGISTER 17-2: ADCON1 REGISTER

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

- bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit
 1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
 0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.
- bit 6 **ADCS2:** A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

- bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C / R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8 / 0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7 / 1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5 / 0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4 / 1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3 / 0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2 / 1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0 / 0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6 / 2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6 / 0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5 / 1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4 / 2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3 / 2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2 / 2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1 / 0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1 / 2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels / # of A/D voltage references

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

- n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

Note: On any device RESET, the port pins that are multiplexed with analog functions (ANx) are forced to be an analog input.

c. Sensor MG811

MG811 CO2 Sensor

Features

- Good sensitivity and selectivity to CO2
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO2 concentration Detection



Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, it composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).

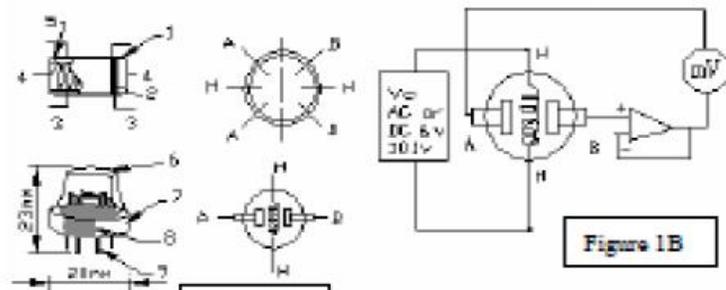
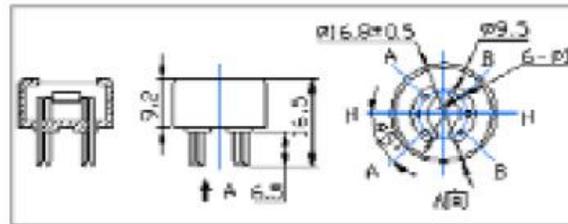
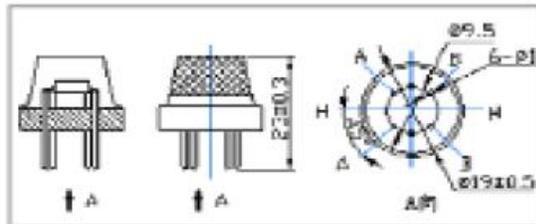


Figure 1A



Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle. It is composed by the following solid cells:

Air, Au|NASICON|| carbonate|Au, air, CO2

When the sensor exposed to CO2, the following electrodes reaction occurs:

Cathodic reaction: $2Li + + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- = Li_2CO_3$

Anodic reaction: $2Na + + 1/2O_2 + 2e^- = Na_2O$

Overall chemical reaction: $Li_2CO_3 + 2Na + = Na_2O + 2Li + + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation:

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO2— partial Pressure E_c —Constant Volume R —Gas Constant volume

T — Absolute Temperature (K) F —Faraday constant

From Figure 1B, Sensor Heating voltage supplied from other circuit, When its surface temperature is high enough, the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal, and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the Impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ. Its testing

current should be control below 1pA.

Specifications :

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V_H	Heating Voltage	$6.0 \pm 0.1 V$	AC or DC
R_H	Heating Resistor	$30.0 \pm 5\% \Omega$	Room Temperature
I_H	Heating Current	@200mA	
P_H	Heating Power	@1200mW	
T_{ao}	Operating Temperature	-20—50	
T_{as}	Storage Temperature	-20—70	
EMF	Output	30—50mV	350—10000ppmCO2

Sensitivity :

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

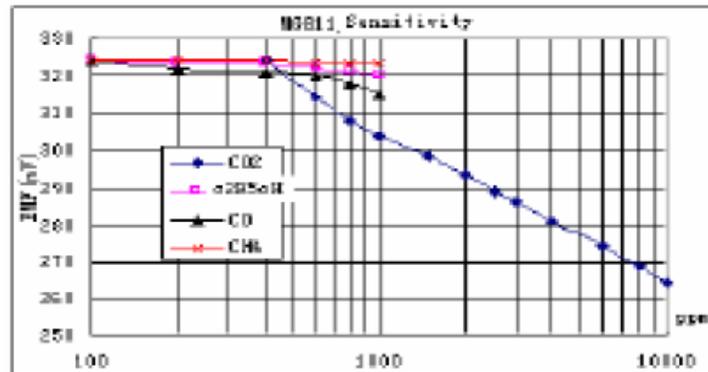
Conditions:

Tem : 28℃、

RH: 65%、

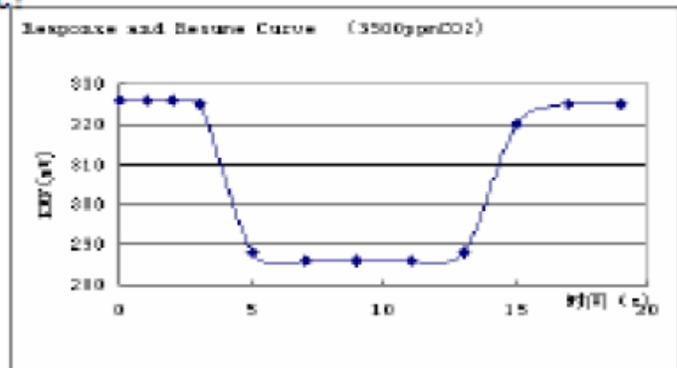
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration .

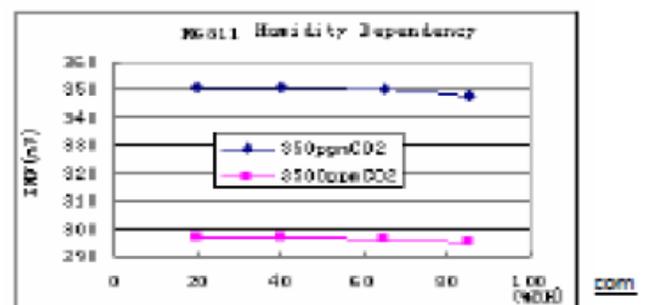
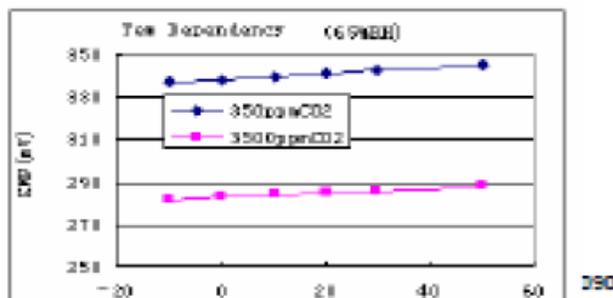


Response and Resume Characteristic:

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



Temperature and Humidity Dependency :



d. Sensor MQ-7

TECHNICAL DATA

MQ-7 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to carbon monoxide
- * Stable and long life

APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V ± 0.1	Ac or Dc
V _H (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1	Ac or Dc
V _H (L)	Heating voltage (low)	1.4V ± 0.1	Ac or Dc
R _L	Load resistance	Can adjust	
R _H	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T _H (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T _H (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
T _{ao}	Using temperature	-20°C -50°C	
T _{as}	Storage temperature	-20°C -50°C	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

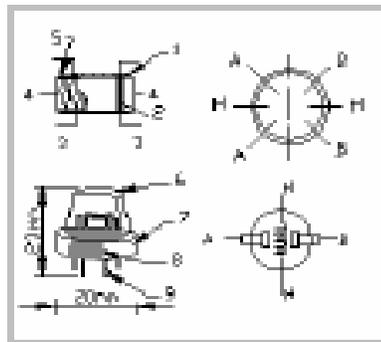
c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R _s	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
α (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	R _s (300ppm)/R _s (100ppm)
Standard working condition	Temperature	-20°C ± 2°C	relative humidity 65% ± 5% RL:10K Ω ± 5%
	Vc:5V ± 0.1V	VH:5V ± 0.1V	
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

6 pins, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Parts	Materials
1	Gas sensing layer SnO ₂
2	Electrode Au
3	Electrode line Pt
4	Heater coil Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic Al ₂ O ₃
6	Anti-explosion network Stainless steel gauze (SU3016 100-mesh)
7	Clamp ring Copper plating Ni
8	Resin base Epoxyresin
9	Tube Pin Copper plating Ni

Fig.1

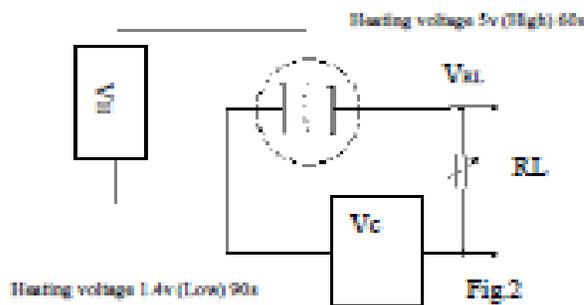
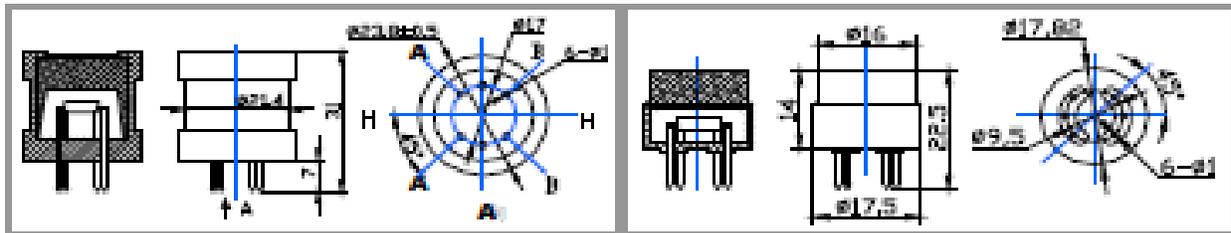


Fig.2

Standard circuit:

As shown in Fig 2, standard measuring circuit of MQ-7 sensitive components consists of 2 parts. one is heating circuit having time control function (the high voltage and the low voltage work circularly). The second is the signal output circuit, it can accurately respond changes of surface resistance of the sensor.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

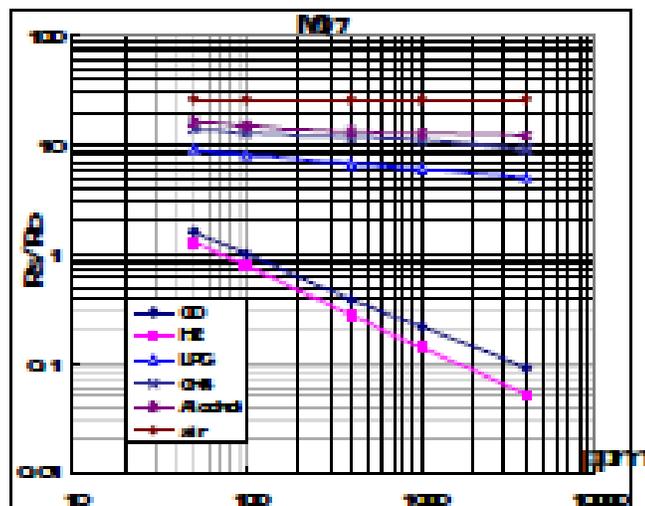


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases.

in their: Temp: 20 °C.

Humidity: 65%.

O₂ concentration 21%

RL=10kΩ

R₀: sensor resistance at 100ppm CO in the clean air.

R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

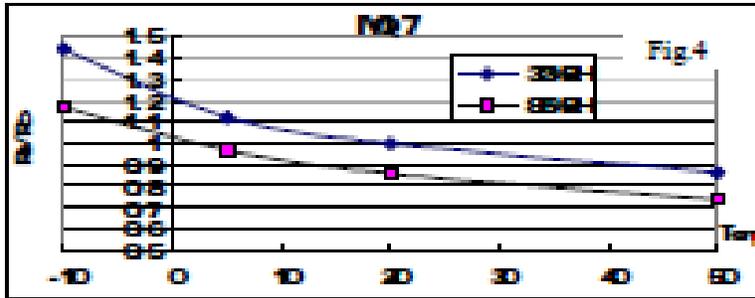


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.

R_s : sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree.

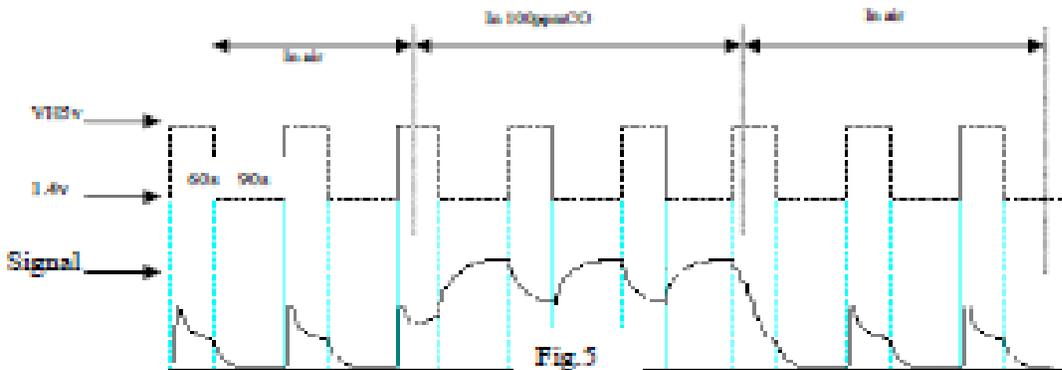
R_s : sensor resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

OPERATION PRINCIPLE

The surface resistance of the sensor R_s is obtained through effected voltage signal output of the load resistance R_L which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s/R_L = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of R_L signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO) , output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO_2 with stability, So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

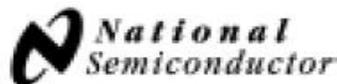
Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that(R_L) about 10 K Ω (5K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds .

[Supplying special IC solutions, More detailed technical information, please contact us.](#)

e. Amplificador LM358



October 2005

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General 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 +5V 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 micro SMD) using National's micro SMD package technology.

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.

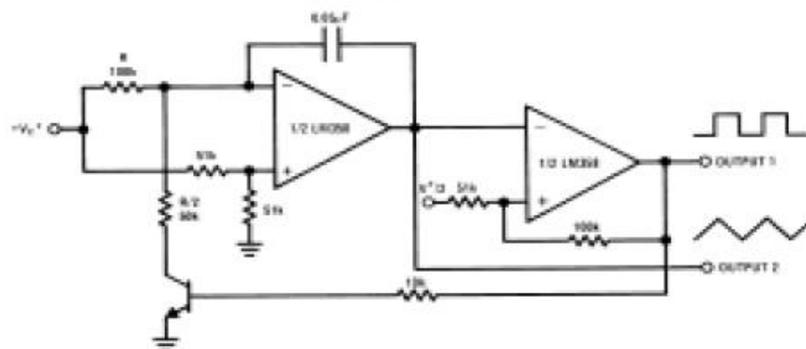
Advantages

- 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

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package. (See AN-1112)
- 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

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



Absolute Maximum Ratings (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, V^+	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	436mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)		
$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-85°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ\text{C}$	1	2		2	3	2	5	mV
Input Bias Current	$I_{IN(-)}$ or $I_{IN(+)}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)	20	50		45	100	45	150	nA
Input Offset Current	$I_{IN(-)} - I_{IN(+)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2	10		5	30	3	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ - 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps								
	$V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$)	1	2		1	2	1	2	mA
	$V^+ = 5V$	0.5	1.2		0.5	1.2	0.5	1.2	mA

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, unless otherwise stated

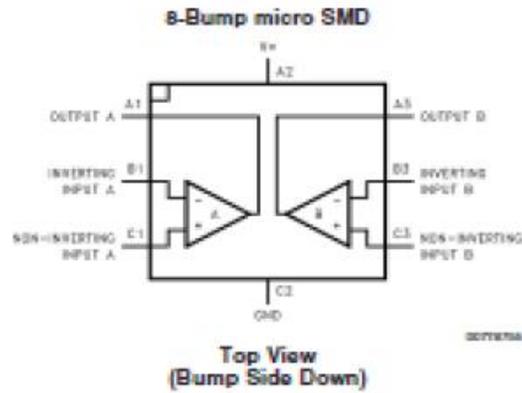
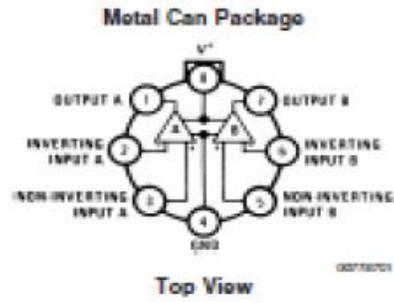
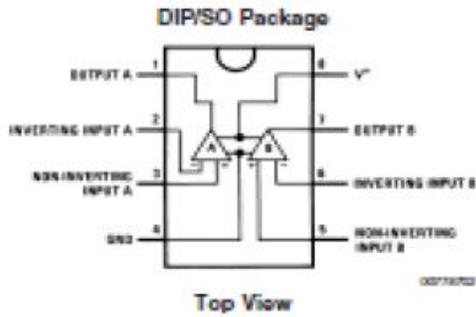
Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$) $V^- = 5V$		1 0.5	2 1.2		1 0.5	2 1.2	mA mA

Electrical Characteristics

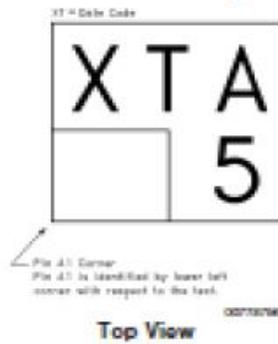
$V^+ = +5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L \geq 2 k\Omega$, (For $V_O = 1V$ to 11V)	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to 30V (LM2904, $V^+ = 5V$ to 26V), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 kHz$ to 20 kHz, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred), (Note 8)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$ $V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_O = 2V$	10	20		10	20		10	20		mA
	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$ $T_A = 25^\circ C$, $V_O = 200 mV$, $V^+ = 15V$	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ C$, (Note 2), $V^+ = 15V$	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Note 5)		4			5			7		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$		7	15		7	20		7		$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$		30			75			100		nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	300		10		$\mu A/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	200		40	300	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V

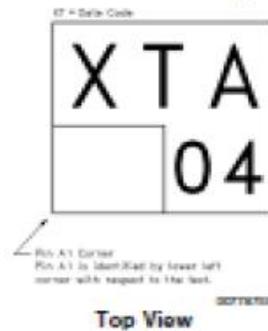
Connection Diagrams



LM358BP micro SMD Marking Orientation



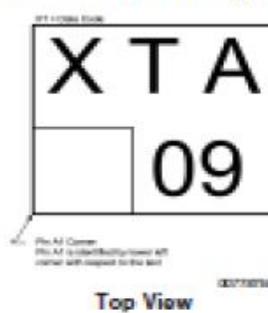
LM2904BP micro SMD Marking Orientation



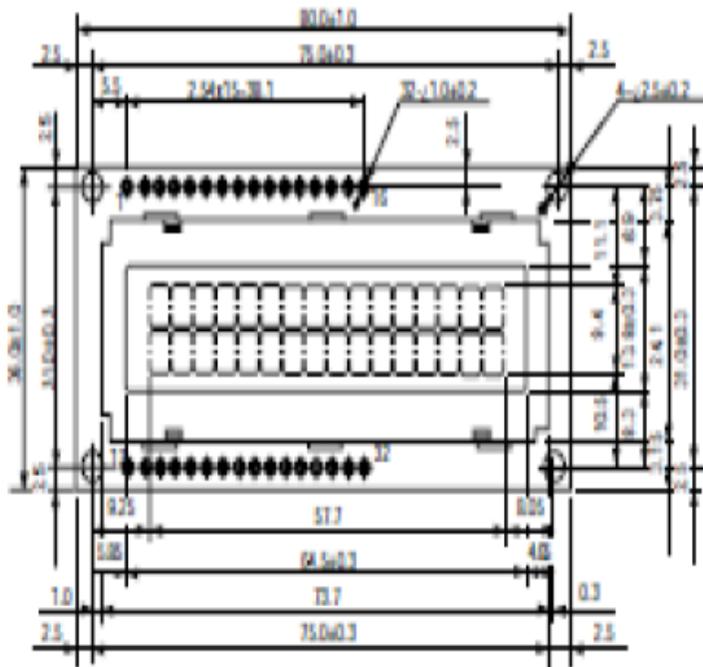
LM358TP micro SMD Marking Orientation



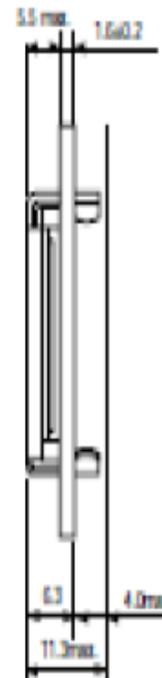
LM2904TP micro SMD Marking Orientation



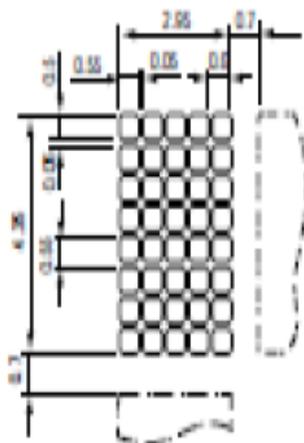
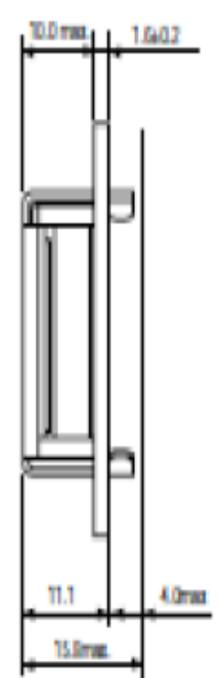
f. LCD



Reflective/EL Backlight



LED Backlight



*LED Powered
through pins 15 & 16
or 31 & 32

PIN FUNCTIONS

No.	No.	Name	Function
1	17	V _{ss}	0V
2	18	V _{cc}	Power supply voltage + 5 V
3	19	V _{lcd}	Liquid crystal driving voltage
4	20	RS	L: Instruction code input, R: Data input
5	21	RW	L: Data write from MPU to LCM, R: Data read from LCM to MPU
6	22	E	Enable
7	23	DB0	Data bus line
8	24	DB1	Data bus line
9	25	DB2	Data bus line
10	26	DB3	Data bus line
11	27	DB4	Data bus line
12	28	DB5	Data bus line
13	29	DB6	Data bus line
14	30	DB7	Data bus line
15	31	V ⁺	Anode
16	32	V ⁻	Cathode

g. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

```
#include <18f4520.h>
#fuses HS,NOWDT, INTRC_IO, NOPROTECT
#device adc=10
#use delay(clock=8000000)
#include "flex_lcd.c"
#include <math.h>
#define RTCC_16_BIT
#define apagar_al1() output_low(PIN_E0)
#define encender_al1() output_high(PIN_E0)

#define apagar_al2() output_low(PIN_E1)
#define encender_al2() output_high(PIN_E1)

float COppm, COref=200,CO2ppm, CO2ref=400;
float VRL, RS, RO=10, y, Ly, k, n, x, VCO2;
int i, pulso=0, bandera=0, bandera2=0, pulso2=0;

#int_TIMER0
Void TIMER0_isr(void)
{
    if(i<141)// aproximado a un segundo
        i+=1;
    else
        i=0;
    set_timer0(0);
}
void main()
{
    lcd_init ();
    setup_adc_ports (AN0_TO_AN1|VSS_VDD);
    setup_adc (ADC_CLOCK_INTERNAL);
    delay_ms (10);

    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_32);

    port_b_pullups (TRUE);

    enable_interrupts(INT_TIMER0);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    WHILE (TRUE)
    {

        if(i<57)
        {
```

```

    output_low(PIN_B7);// nivel alto del ciclo
    output_HIGH(PIN_B6);//
}
else
{
    output_high(PIN_B7);
    output_LOW(PIN_B6);
}

// ===== SELECCION DEL SENSOR QUE SE DESEA VISUALIZAR =====
if(input(PIN_B0)==1)
{
    if(bandera2==0&&pulso2==0)
    {
        pulso2 = 1; bandera2=1; delay_ms(180);
    }
    else
    {
        pulso2=0; bandera2=0;delay_ms(180);
    }
}

// === SELECCION DE MODO INCREMENTO-DECREMENTO =====
if(input(PIN_B1)==1)
{
    if(bandera==0&&pulso==0)
    {
        pulso = 1; bandera=1;delay_ms(180);
    }
    else
    {
        pulso=0;bandera=0;delay_ms(180);
    }
}

// ===== SELECCION DE +/- 1 =====
if(pulso2==0)
{
    if(pulso==0)
    {
        if(input(PIN_B2)==1)
        {
            COref += 1; delay_ms(180);
        }
    }
}
else
{

```

```

        if(input(PIN_B2)==1)
        {
            COref -= 1; delay_ms(180);
        }
    }
}
// == PARA LA PARTE DEL DIOXIDO DE CARBONO ==
else
{
    if(pulso==0)
    {
        if(input(PIN_B2)==1)
        {
            CO2ref += 1; delay_ms(180);
        }
    }
    else
    {
        if(input(PIN_B2)==1)
        {
            CO2ref -= 1; delay_ms(180);
        }
    }
}

// ===== SELECCION DE +/- 10 =====
if(pulso2==0)
{
    if(pulso==0)
    {
        if(input(PIN_B3)==1)
        {
            COref += 10; delay_ms(180);
        }
    }
    else
    {
        if(input(PIN_B3)==1)
        {
            COref -= 10; delay_ms(180);
        }
    }
}
// == PARA LA PARTE DEL DIOXIDO DE CARBONO ==
else
{
    if(pulso==0)

```

```

    {
      if(input(PIN_B3)==1)
      {
        CO2ref += 10; delay_ms(180);
      }
    }
  else
  {
    if(input(PIN_B3)==1)
    {
      CO2ref -= 10; delay_ms(180);
    }
  }
}

// ===== SELECCION DE +/- 100 =====
if(pulso2==0)
{
  if(pulso==0)
  {
    if(input(PIN_B4)==1)
    {
      COref += 100; delay_ms(180);
    }
  }
}
else
{
  if(input(PIN_B4)==1)
  {
    COref -= 100; delay_ms(180);
  }
}
}

// == PARA LA PARTE DEL DIOXIDO DE CARBONO ==
else
{
  if(pulso==0)
  {
    if(input(PIN_B4)==1)
    {
      CO2ref += 100; delay_ms(180);
    }
  }
}
else
{
  if(input(PIN_B4)==1)
  {

```

```

        CO2ref -= 100; delay_ms(180);
    }
}
}

//===== LED INDICADOR DE MODO INCREMENTO O DECREMENTO =====

    IF(pulso==0&&bandera==0)
        output_high(PIN_B5); // led encendido modo incremento
    ELSE
        output_low(PIN_B5); // led apagado modo decremento

// === LECTURA DE DATOS DEL ADC CHANNEL 0 Y CONVERSION A SU ===
// === RESPECTIVA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO =====
    set_adc_channel (0);
    delay_us(25);
    VRL = read_adc()*0.004882812;
    RS = 10*((5.0 - VRL)/VRL);//10 es igual a 10KOhms
    y = (RS/RO);
    k = log10(17.5);
    Ly = log10(y);
    n = ((k-Ly)/0.63);
    COppm = pwr(10,n);

// === LECTURA DE DATOS DEL ADC CHANNEL 0 Y CONVERSION A SU =====
// === RESPECTIVA CONCENTRACION DE DIOXIDO DE CARBONO =====
    set_adc_channel (1);
    delay_us(25);
    VCO2 = (read_adc()*0.004882812)*100;
    x = (428.4602 - VCO2)/40.8250;
    CO2ppm = pwr(10,x);
    delay_ms(20);

// ===== CONDICIONES DE ACTIVACION DE LA(s) ALARMA(s) =====
IF(COppm>COref) // alarma de CO
    encender_al1();
    ELSE
        apagar_al1();

IF(CO2ppm>CO2ref) // alarma de CO2
    encender_al2();
    ELSE
        apagar_al2();

// ===== RUTINAS DE IMPRESION EN EL LCD =====

```

```
if(pulso2==0) // para la parte del monoxido de carbono
{
  lcd_gotoxy (1, 1);
  printf (lcd_putc, "COair =%6.0fppm", COppm);
  lcd_gotoxy (1, 2);
  printf (lcd_putc, "COLim =%6.0fppm", COref);
  delay_ms (5);
}

else // para la parte del dioxido de carbono
{
  lcd_gotoxy (1, 1);
  printf (lcd_putc, "CO2air =%5.0fppm", CO2ppm);
  lcd_gotoxy (1, 2);
  printf (lcd_putc, "CO2lim =%5.0fppm", CO2ref);
  delay_ms (5);
}

} // FIN DEL WHILE (TRUE)
} // FIN DEL MAIN
```