



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Sistema de prevención y
seguridad para casas-habitación
utilizando domótica en base a
microcontrolador

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico-Electrónico

P R E S E N T A

Carlos Téllez Ortega

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alejandro Sosa Fuentes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice General

Introducción.....	3
Objetivo.....	9
Planteamiento del problema.....	9
Método para la solución del problema.....	19
Capítulo 1: Red Domótica.....	20
1.1. Sensores y Transductores.....	21
1.1.1. Sensor de movimiento.....	21
1.1.2. Sensor de gas (LP o gas natural).....	23
1.1.3. Sensor de humedad.....	24
1.1.4. Sensor de humo.....	27
1.2. Actuadores.....	28
1.2.1. Control de una alarma contra intrusos.....	30
1.2.2. Control de fugas de gas.....	33
1.2.3. Control de fugas de agua.....	36
1.2.4. Control de una alarma contra incendios.....	38
1.3. Unidad de control.....	39
1.4. Tipología de una red domótica.....	41
1.4.1. Sistemas centralizados.....	41
1.4.2. Sistemas descentralizados.....	43
1.4.3. Sistemas distribuidos.....	44
1.5. Topología de un sistema domótico.....	45
1.6. Medios de transmisión.....	46

1.7. Redes domóticas en la actualidad.....	47
Capítulo 2: Diseño del sistema domótico.....	48
2.1. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de movimiento.....	48
2.2. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de gas LP.....	51
2.3. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de humedad.....	60
2.4. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de humo.....	61
Capítulo 3: Programación del Microcontrolador MSP430.....	63
3.1. Recepción de la señal del sensor de movimiento.....	63
3.2. Recepción de la señal del sensor de gas.....	65
3.3. Recepción de la señal del sensor de humedad.....	68
3.4. Recepción de la señal del sensor de humo.....	71
3.5. Emisión de la señal de activación de la alarma contra intrusos y de los diferentes actuadores.....	76
Capítulo 4: Diseño de actuadores.....	79
4.1. Para el control de una alarma contra intrusos.....	79
4.2. Para el control de fugas de gas.....	83
4.3. Para el control de fugas de agua.....	87
4.4. Para el control de una alarma contra incendios.....	88
Análisis y resultados.....	90
Conclusiones.....	95
Bibliografía.....	98

Introducción

En este proyecto se hace referencia a un concepto llamado “Domótica”, pero ¿Qué es domótica?; Se conoce como domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, permitiendo una gestión eficiente en el uso de la energía, aportando seguridad, confort, bienestar y ofreciendo además, comunicación entre el sistema domótico y el usuario. Los sistemas que conforman una red domótica están integrados por redes interiores o exteriores de comunicaciones, cableadas o inalámbricas.

Ahora bien, la palabra “seguridad” puede tener distintos significados, para el caso que se ocupa en este proyecto, hace referencia a un lugar libre de peligros, daños o riesgos que puedan afectar al usuario.

Los conceptos que se acaban de mencionar son bastante sencillos, pero es de vital importancia tenerlos en mente para lo que a continuación se presenta.

Estado actual de la domótica

La domótica actual se utiliza para solucionar muchos tipos de problemas, entre los más comunes se encuentran los siguientes:

- **Seguridad:** Un sistema domótico cuenta con detectores de presencia, cámaras, sensores y/o transductores de gas, de humo u otra clase de transductores y sensores. Cuando el sistema detecta alguna anomalía en el entorno informa al usuario y efectúa acciones preventivas y/o correctivas, tales como encender una alarma y las luces (en caso de una intrusión) o subir las persianas y cortar el suministro en caso de una fuga de gas.



Figura I. Sistema de seguridad de SmartThings. [1]

En la figura I se puede ver el sistema de seguridad implementado por la empresa SmartThings, una empresa que brinda sus servicios en Estados Unidos y Canadá. El sistema de seguridad que se observa consta de un sensor de movimiento o de un multi sensor en las puertas o ventanas de la casa, que al detectar la presencia de un intruso, manda un mensaje de alerta al usuario.



Make your home really intelligent.

Figura II. MultiSensor 6 fabricado por la empresa Aeotec, [2]

Ahora bien, en la figura II se puede ver un multi sensor, aparato que contiene 6 sensores en su interior, un sensor de movimiento, un sensor de temperatura, un sensor de luz, un sensor de humedad, un sensor de vibración y un sensor de rayos ultravioleta. Por otro lado, en México existen varias empresas que hacen domótica, tales como Insteon, Bticino, Home Manager, iWorld México,

HomeClick, FDG Automation, Vintel México, entre otras, las cuales ofrecen productos o servicios para implementar sistemas de seguridad como los que se muestran enseguida.



Figura III. Cámaras WIFI de la empresa Insteon. [3]

En la figura III se observan las cámaras WIFI que se pueden monitorear desde un teléfono inteligente, fabricadas por la empresa Insteon.



Figura IV. Telecámara de interiores, telecámara de exteriores, detector de presencia y detector de gas fabricados por la empresa Bticino. [4]

En la figura IV se observan diversos dispositivos destinados a la seguridad en el hogar, hechos por la empresa Bticino.

- **Comodidad:** Este tipo de sistema domótico detecta nuestra presencia y enciende las luces del lugar de la casa en que nos encontremos a una cierta intensidad, la cual depende de la hora que sea. Además, a la hora de despertarse enciende el equipo de música, prepara café, levanta las persianas a una altura programada, entre otras actividades.



Figura V. Dispositivos para controlar diferentes actividades dentro del hogar, fabricados por la empresa Bticino. [4]

En la figura V se tiene los dispositivos que la empresa Bticino fabrica para proporcionar un mayor confort. Dichos dispositivos son paneles táctiles con una interfaz gráfica que hacen que el usuario controle algunas de las actividades del hogar de manera más fácil y cómoda.



Figura VI. Reguladores de temperatura fabricados por la empresa Bticino. [4]

En la figura VI se observan los dispositivos controladores de temperatura que fabrica Bticino. Dichos dispositivos tienen el fin de mantener un ambiente agradable en el hogar.

- **Sostenibilidad:** Un sistema domótico muy común que está dedicado a la sostenibilidad de un hogar es aquel que mediante sensores y/o transductores de viento y humedad actúa en días de lluvia para levantar el toldo y cerrar las persianas evitando que se ensucien los cristales. Además suspende el sistema de riego del jardín ahorrando luz y agua.



Figura VII. Sistema de riego automático de la empresa Hunter Industries. [5]

En la figura VII se observa un sistema de riego automático, que mediante el sensor Solar Sync (fabricado por la misma empresa) detecta las condiciones climáticas locales y programa el sistema de riego más adecuado para el jardín.



Figura VIII. Sensor Solar Sync de Hunter Industries. [5]

En la figura VIII se observa el sensor Solar Sync, un sensor que ajusta automáticamente los tiempos de riego de acuerdo a las condiciones climáticas, cierra el sistema de riego en caso de lluvia o de helada, entre otras funciones.

- **Ahorro energético:** El sistema domótico desenchufa aquellos aparatos que no son necesarios cuando no estamos en casa, como la televisión o el microondas. Además se programa el sistema para que encienda la climatización momentos antes de llegar al hogar reduciendo el consumo al estrictamente necesario.

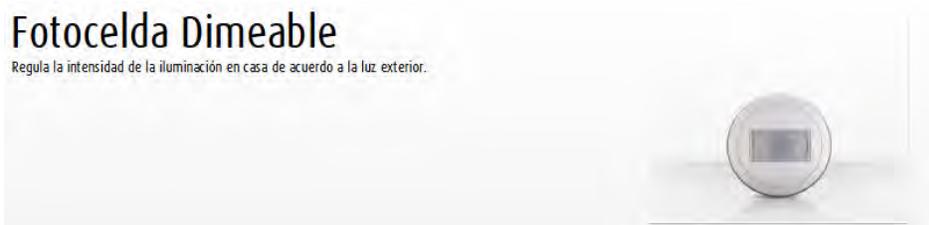


Figura IX. Fotocelda Dimeable de Bticino. [4]

En la figura IX se observa una fotocelda que controla la intensidad de la luz dentro de la casa de acuerdo a la luz exterior, permitiendo ahorrar energía eléctrica.



Figura X. Interlitimer de Bticino. [4]

En la figura X se observa un dispositivo que provee de un informe detallado del consumo de energía en un edificio. Permite saber cuánto tiempo se usaron las luces de diversos espacios de trabajo, así como el tiempo que no se utilizaron las mismas.

Existen muchos tipos de dispositivos electrónicos utilizados en la domótica, debido a que la mayoría de las empresas que se dedican a esto fabrican sus propios dispositivos. Sin embargo, todos esos dispositivos tienen las mismas funciones o bien, funciones muy parecidas a las de los dispositivos que se mencionaron anteriormente

Objetivo

Desarrollar un sistema que regule el consumo de gas y agua en el hogar, es decir, que prevenga el desperdicio de ambos recursos. Adicionalmente, que aumente la seguridad dentro del hogar, todo ello por medio de sensores, actuadores y el microcontrolador MSP430.

Planteamiento del problema

En México, ha habido un incremento considerable en el precio de diversos servicios básicos tales como el agua, la luz y el gas, todo esto durante los últimos años, y por como se ve la actual situación económica del país, parece que ésta tendencia seguirá.

Por ejemplo, se analizará el caso del gas LP y como el precio del mismo se ha incrementado en los últimos 5 años. Para ello se toma las estadísticas que la Secretaria de Energía (SENER) proporciona en su página de internet.

**PRECIOS PUBLICADOS EN EL
DIARIO OFICAL DE LA FEDERACIÓN**

Factor de Conversión: 1 litro es igual a 0.5400 Kg

No. Región	Edos. que participan parcial o totalmente	IVA	Enero \$/Kg	Enero \$/Lt	Febrero \$/Kg	Febrero \$/Lt	Marzo \$/Kg	Marzo \$/Lt	Abril \$/Kg
(*)1	Baja California	11%	\$ 8.89	\$ 4.80	\$ 8.95	\$ 4.83	\$ 9.11	\$ 4.92	\$ 9.19
(*)2	Baja California	11%	\$ 9.14	\$ 4.94	\$ 9.20	\$ 4.97	\$ 9.26	\$ 5.00	\$ 9.33
(*)3	Baja California	11%	\$ 9.13	\$ 4.93	\$ 9.19	\$ 4.96	\$ 9.25	\$ 4.99	\$ 9.32
4	Sonora	16%	\$ 9.88	\$ 5.33	\$ 9.94	\$ 5.37	\$ 9.97	\$ 5.38	\$ 10.03
(*)5	Sonora	11%	\$ 9.26	\$ 5.00	\$ 9.33	\$ 5.04	\$ 9.38	\$ 5.07	\$ 9.46
(*)6	Baja California	11%	\$ 9.34	\$ 5.05	\$ 9.40	\$ 5.08	\$ 9.46	\$ 5.11	\$ 9.53
(*)7	Baja California S	11%	\$ 10.39	\$ 5.61	\$ 10.46	\$ 5.65	\$ 10.51	\$ 5.68	\$ 10.58
(*)8	Baja California S	11%	\$ 10.02	\$ 5.41	\$ 10.08	\$ 5.44	\$ 10.14	\$ 5.47	\$ 10.27
(*)9	Baja California S	11%	\$ 10.87	\$ 5.87	\$ 10.93	\$ 5.90	\$ 10.99	\$ 5.93	\$ 11.06
(*)10	Baja California S	11%	\$ 10.21	\$ 5.51	\$ 10.27	\$ 5.55	\$ 10.33	\$ 5.58	\$ 10.41
(*)11	Sonora	11%	\$ 8.86	\$ 4.78	\$ 8.91	\$ 4.81	\$ 8.96	\$ 4.84	\$ 9.03
11	Sonora	16%	\$ 9.26	\$ 5.00	\$ 9.32	\$ 5.03	\$ 9.37	\$ 5.06	\$ 9.44
(*)12	Sonora	11%	\$ 9.26	\$ 5.00	\$ 9.32	\$ 5.03	\$ 9.37	\$ 5.06	\$ 9.43

Tabla I. Tabla de precios del gas LP en algunos estados de la república mexicana (Año 2010). [6]

En la tabla I se muestran los precios del gas LP del año 2010 en varios estados del país. Se puede observar que desde ese año el precio de este combustible ya comenzaba a incrementar.

**PRECIOS PUBLICADOS EN EL
DIARIO OFICAL DE LA FEDERACIÓN**

Factor de Conversión: 1 litro es igual a 0.5400 Kg

No. Región	Edos. que participan parcial o totalmente	IVA	Enero \$/Kg	Enero \$/Lt	Febrero \$/Kg	Febrero \$/Lt	Marzo \$/Kg	Marzo \$/Lt	Abril \$/Kg
80	Michoacán	16%	\$ 9.91	\$ 5.35	\$ 9.97	\$ 5.38	\$ 10.02	\$ 5.41	\$ 10.09
81	Michoacán	16%	\$ 9.56	\$ 5.16	\$ 9.62	\$ 5.20	\$ 9.68	\$ 5.23	\$ 9.76
82	Querétaro	16%	\$ 9.74	\$ 5.26	\$ 9.80	\$ 5.29	\$ 9.86	\$ 5.32	\$ 9.85
83	Jalisco	16%	\$ 9.66	\$ 5.22	\$ 9.73	\$ 5.25	\$ 9.73	\$ 5.25	\$ 9.86
84	Jalisco	16%	\$ 9.66	\$ 5.21	\$ 9.72	\$ 5.25	\$ 9.68	\$ 5.23	\$ 9.74
85	Jalisco	16%	\$ 9.77	\$ 5.28	\$ 9.83	\$ 5.31	\$ 9.83	\$ 5.31	\$ 9.90
86	Jalisco	16%	\$ 9.76	\$ 5.27	\$ 9.82	\$ 5.30	\$ 9.88	\$ 5.34	\$ 9.96
86	Nayarit	16%	\$ 9.76	\$ 5.27	\$ 9.82	\$ 5.30	\$ 9.88	\$ 5.34	\$ 9.96
87	Jalisco	16%	\$ 9.76	\$ 5.27	\$ 9.82	\$ 5.30	\$ 9.78	\$ 5.28	\$ 9.81
88	Colima	16%	\$ 9.53	\$ 5.15	\$ 9.59	\$ 5.18	\$ 9.65	\$ 5.21	\$ 9.73
89	Jalisco	16%	\$ 9.64	\$ 5.21	\$ 9.70	\$ 5.24	\$ 9.75	\$ 5.26	\$ 9.82
90	Jalisco	16%	\$ 9.78	\$ 5.28	\$ 9.85	\$ 5.32	\$ 9.89	\$ 5.34	\$ 10.01
90	Nayarit	16%	\$ 9.78	\$ 5.28	\$ 9.85	\$ 5.32	\$ 9.89	\$ 5.34	\$ 10.01
91	Nayarit	16%	\$ 10.13	\$ 5.47	\$ 10.19	\$ 5.50	\$ 10.25	\$ 5.54	\$ 10.33
92	Distrito Federal	16%	\$ 9.31	\$ 5.03	\$ 9.37	\$ 5.06	\$ 9.43	\$ 5.09	\$ 9.47
92	Estado de México	16%	\$ 9.31	\$ 5.03	\$ 9.37	\$ 5.06	\$ 9.43	\$ 5.09	\$ 9.47
92	Hidalgo	16%	\$ 9.31	\$ 5.03	\$ 9.37	\$ 5.06	\$ 9.43	\$ 5.09	\$ 9.47
93	Estado de México	16%	\$ 9.35	\$ 5.05	\$ 9.41	\$ 5.08	\$ 9.47	\$ 5.11	\$ 9.54
94	Estado de México	16%	\$ 9.23	\$ 4.98	\$ 9.30	\$ 5.02	\$ 9.35	\$ 5.05	\$ 9.43
94	Hidalgo	16%	\$ 9.23	\$ 4.98	\$ 9.30	\$ 5.02	\$ 9.35	\$ 5.05	\$ 9.43

Tabla II. Tabla de precios del gas LP en el Distrito Federal y algunos estados de la república mexicana (Año 2010). [6]

En la tabla II se puede observar que en el Distrito Federal también había un incremento cada mes en el precio del gas LP. Si bien el incremento por mes es de unos centavos, dicho incremento siempre estuvo constante.

A continuación se presenta una tabla con los precios del gas LP del año 2015.

PRECIOS PUBLICADOS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN									
Factor de Conversión: 1 litro es igual a 0.5400 Kg									
No. Región	Edos. que participan parcial o totalmente	IVA	Enero \$/Kg	Enero \$/Lt	Febrero \$/Kg	Febrero \$/Lt	Marzo \$/Kg	Marzo \$/Lt	Abril \$/Kg
1	Baja California	16%	\$ 13.98	\$ 7.55	\$ 13.98	\$ 7.55	\$ 13.98	\$ 7.55	\$ 13.98
2	Baja California	16%	\$ 14.13	\$ 7.63	\$ 14.13	\$ 7.63	\$ 14.13	\$ 7.63	\$ 14.13
3	Baja California	16%	\$ 13.98	\$ 7.55	\$ 13.98	\$ 7.55	\$ 13.98	\$ 7.55	\$ 13.98
4	Sonora	16%	\$ 14.81	\$ 8.00	\$ 14.81	\$ 8.00	\$ 14.81	\$ 8.00	\$ 14.81
5	Sonora	16%	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14
6	Baja California	16%	\$ 14.21	\$ 7.67	\$ 14.21	\$ 7.67	\$ 14.21	\$ 7.67	\$ 14.21
7	Baja California S	16%	\$ 15.66	\$ 8.46	\$ 15.66	\$ 8.46	\$ 15.66	\$ 8.46	\$ 15.66
8	Baja California S	16%	\$ 15.10	\$ 8.15	\$ 15.10	\$ 8.15	\$ 15.10	\$ 8.15	\$ 15.10
9	Baja California S	16%	\$ 16.17	\$ 8.73	\$ 16.17	\$ 8.73	\$ 16.17	\$ 8.73	\$ 16.17
10	Baja California S	16%	\$ 15.67	\$ 8.46	\$ 15.67	\$ 8.46	\$ 15.67	\$ 8.46	\$ 15.67
11	Sonora	16%	\$ 14.63	\$ 7.90	\$ 14.63	\$ 7.90	\$ 14.63	\$ 7.90	\$ 14.63

**Tabla III. Tabla de precios del gas LP en algunos estados de la
república mexicana (Año 2015). [6]**

Si se compara los precios del año 2015 (tabla III) con los del año 2010 se podrá ver que en algunos estados el precio del gas en el 2015 ha llegado a ser casi el doble del que era en el 2010.

PRECIOS PUBLICADOS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

Factor de Conversión: 1 litro es igual a 0.5400 Kg

No. Región	Edos. que participan parcial o totalmente	IVA	Enero \$/Kg	Enero \$/Lt	Febrero \$/Kg	Febrero \$/Lt	Marzo \$/Kg	Marzo \$/Lt	Abril \$/Kg
75	Michoacán	16%	\$ 14.50	\$ 7.83	\$ 14.50	\$ 7.83	\$ 14.50	\$ 7.83	\$ 14.50
76	Michoacán	16%	\$ 14.62	\$ 7.89	\$ 14.62	\$ 7.89	\$ 14.62	\$ 7.89	\$ 14.62
77	Querétaro	16%	\$ 14.22	\$ 7.68	\$ 14.22	\$ 7.68	\$ 14.22	\$ 7.68	\$ 14.22
78	Querétaro	16%	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28
79	Colima	16%	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28
79	Jalisco	16%	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28	\$ 7.71	\$ 14.28
80	Guerrero	16%	\$ 14.80	\$ 7.99	\$ 14.80	\$ 7.99	\$ 14.80	\$ 7.99	\$ 14.80
80	Michoacán	16%	\$ 14.80	\$ 7.99	\$ 14.80	\$ 7.99	\$ 14.80	\$ 7.99	\$ 14.80
81	Michoacán	16%	\$ 14.64	\$ 7.91	\$ 14.64	\$ 7.91	\$ 14.64	\$ 7.91	\$ 14.64
82	Querétaro	16%	\$ 14.47	\$ 7.81	\$ 14.47	\$ 7.81	\$ 14.47	\$ 7.81	\$ 14.47
83	Jalisco	16%	\$ 14.26	\$ 7.70	\$ 14.26	\$ 7.70	\$ 14.26	\$ 7.70	\$ 14.26
84	Jalisco	16%	\$ 14.15	\$ 7.64	\$ 14.15	\$ 7.64	\$ 14.15	\$ 7.64	\$ 14.15
85	Jalisco	16%	\$ 14.37	\$ 7.76	\$ 14.37	\$ 7.76	\$ 14.37	\$ 7.76	\$ 14.37
86	Jalisco	16%	\$ 14.42	\$ 7.79	\$ 14.42	\$ 7.79	\$ 14.42	\$ 7.79	\$ 14.42
86	Nayarit	16%	\$ 14.42	\$ 7.79	\$ 14.42	\$ 7.79	\$ 14.42	\$ 7.79	\$ 14.42
87	Jalisco	16%	\$ 14.21	\$ 7.67	\$ 14.21	\$ 7.67	\$ 14.21	\$ 7.67	\$ 14.21
88	Colima	16%	\$ 14.47	\$ 7.81	\$ 14.47	\$ 7.81	\$ 14.47	\$ 7.81	\$ 14.47
89	Jalisco	16%	\$ 14.57	\$ 7.87	\$ 14.57	\$ 7.87	\$ 14.57	\$ 7.87	\$ 14.57
90	Jalisco	16%	\$ 14.66	\$ 7.92	\$ 14.66	\$ 7.92	\$ 14.66	\$ 7.92	\$ 14.66
90	Nayarit	16%	\$ 14.66	\$ 7.92	\$ 14.66	\$ 7.92	\$ 14.66	\$ 7.92	\$ 14.66
91	Nayarit	16%	\$ 14.53	\$ 7.85	\$ 14.53	\$ 7.85	\$ 14.53	\$ 7.85	\$ 14.53
92	Distrito Federal	16%	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14
92	Estado de México	16%	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14
92	Hidalgo	16%	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14	\$ 7.64	\$ 14.14
93	Estado de México	16%	\$ 14.27	\$ 7.71	\$ 14.27	\$ 7.71	\$ 14.27	\$ 7.71	\$ 14.27
94	Estado de México	16%	\$ 14.13	\$ 7.63	\$ 14.13	\$ 7.63	\$ 14.13	\$ 7.63	\$ 14.13

Tabla IV. Tabla de precios del gas LP en el Distrito Federal y algunos estados de la república mexicana (Año 2015). [6]

En la tabla IV se puede ver que en la capital del país también existió un incremento considerable en el precio del gas LP en los últimos años.

Con base en las estadísticas que se mostraron anteriormente, es cierto el decir que resulta de gran importancia el total y completo aprovechamiento de los recursos energéticos con los que contamos en el hogar.

Ahora bien, las tarifas de agua también han sufrido un aumento en los últimos años, tal como se muestra a continuación:

Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Popular	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$33.68	\$0.0
MAYOR A 15,000	20,000	\$33.68	\$2.92
MAYOR A 20,000	30,000	\$48.28	\$4.49
MAYOR A 30,000	40,000	\$93.19	\$8.76
MAYOR A 40,000	50,000	\$180.77	\$8.77
MAYOR A 50,000	70,000	\$268.46	\$23.47
MAYOR A 70,000	90,000	\$737.79	\$25.82
MAYOR A 90,000	120,000	\$1,254.29	\$44.91

Tabla V. Tarifa de agua para manzanas tipo popular, Ciudad de México, 2013. [18]

En la tabla V se muestra la tarifa de agua del año 2013 en las manzanas de tipo popular en la Ciudad de México. En las manzanas de tipo popular se ubica el sector de la población más humilde, por ello es la tarifa con los precios más bajos.

Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Baja	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$38.18	\$0.0
MAYOR A 15,000	20,000	\$38.18	\$6.51
MAYOR A 20,000	30,000	\$70.74	\$7.86
MAYOR A 30,000	40,000	\$149.33	\$7.87
MAYOR A 40,000	50,000	\$228.04	\$15.93
MAYOR A 50,000	70,000	\$387.37	\$23.58
MAYOR A 70,000	90,000	\$858.94	\$25.82
MAYOR A 90,000	120,000	\$1,375.44	\$44.91

Tabla VI. Tarifa de agua para manzanas de tipo baja, Ciudad de México, 2013. [18]

En la tabla VI se muestra la tarifa de agua para las manzanas de tipo baja. Estas tarifas se emiten anualmente por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y aparecen en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México (en ese año, del Distrito Federal).

Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Media	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$126.32	\$0.0
MAYOR A 15,000	20,000	\$126.32	\$16.28
MAYOR A 20,000	30,000	\$207.72	\$16.29
MAYOR A 30,000	40,000	\$370.64	\$16.30
MAYOR A 40,000	50,000	\$533.67	\$16.31
MAYOR A 50,000	70,000	\$696.81	\$25.51
MAYOR A 70,000	90,000	\$1,207.01	\$33.68
MAYOR A 90,000	120,000	\$1,880.70	\$44.91

Tabla VII. Tarifa de agua para manzanas de tipo media, Ciudad de México, 2013. [18]

En la tabla VII se observa la tarifa de agua para manzanas de tipo media. Cabe mencionar que las manzanas son clasificadas de acuerdo al índice de desarrollo, el cual es un indicador formado por varios factores socioeconómicos, tales como la salud, la educación y la riqueza de una región.

Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Alta	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$151.58	\$0.0
MAYOR A 15,000	20,000	\$151.58	\$17.06
MAYOR A 20,000	30,000	\$236.92	\$17.07
MAYOR A 30,000	40,000	\$407.69	\$17.09
MAYOR A 40,000	50,000	\$578.58	\$17.10
MAYOR A 50,000	70,000	\$749.58	\$26.07
MAYOR A 70,000	90,000	\$1,271.01	\$33.68
MAYOR A 90,000	120,000	\$1,944.70	\$44.91

Tabla VIII. Tarifa de agua para las manzanas de tipo alta, Ciudad de México, 2013. [18]

En la tabla VIII se muestra la tarifa para las manzanas de tipo alta. En este tipo de manzanas se encuentra el sector de la población con mayores ingresos económicos.

Ahora, en 2015 las tarifas de agua para uso doméstico aumentaron, tal y como se muestra a continuación:

Consumo en Litros		Subsidio Clasificación Popular	
(R) Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$ 36.35	0.00
MAYOR A 15,000	20,000	\$ 36.35	3.15
MAYOR A 20,000	30,000	52.10	4.99
MAYOR A 30,000	40,000	102.01	10.19
MAYOR A 40,000	50,000	203.89	14.87
MAYOR A 50,000	70,000	352.55	22.14
MAYOR A 70,000	90,000	795.42	28.07
MAYOR A 90,000	120,000	1,356.80	48.49
MAYOR A 120,000		2,811.41	76.35

Tabla IX. Tarifa de agua para las manzanas de tipo popular, Ciudad de México, 2015. [19]

En la tabla IX se muestra la tarifa de agua para las manzanas de tipo popular del año 2015. Al comparar esta tabla con la tabla V se puede apreciar el incremento en el servicio de agua, el incremento parece pequeño, por lo menos para los primeros 4 grupos de consumo, pero para el resto de ellos el incremento si es considerable.

Se debe tomar en cuenta que estas tarifas son para el sector de la población más humilde, por lo que cualquier incremento podría tener un impacto significativo.

Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Baja	
(R) Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$41.21	0.00
MAYOR A 15,000	20,000	\$41.21	\$7.03
MAYOR A 20,000	30,000	76.35	9.46
MAYOR A 30,000	40,000	170.95	13.41
MAYOR A 40,000	50,000	305.06	18.82
MAYOR A 50,000	70,000	493.23	23.81
MAYOR A 70,000	90,000	969.36	29.11
MAYOR A 90,000	120,000	1,551.54	48.49
MAYOR A 120,000		3,006.15	76.35

Tabla X. Tarifa de agua para las manzanas de tipo baja, Ciudad de México, 2015. [19]

En la tabla X se muestra la tarifa del agua del año 2015 para las manzanas de tipo baja. Al comparar esta tabla con la tabla VI se observa un incremento también, en este caso dicho incremento es muy remarcado a partir del cuarto grupo de consumo.

(R) Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Media	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$ 136.34	0.00
MAYOR A 15,000	20,000	136.34	17.57
MAYOR A 20,000	30,000	224.19	19.23
MAYOR A 30,000	40,000	416.52	22.77
MAYOR A 40,000	50,000	644.19	24.53
MAYOR A 50,000	70,000	889.53	27.13
MAYOR A 70,000	90,000	1,432.20	36.35
MAYOR A 90,000	120,000	2,159.30	48.49
MAYOR A 120,000		3,613.91	76.35

Tabla XI. Tarifa de agua para las manzanas de tipo media, Ciudad de México, 2015. [19]

En la tabla XI se muestra la tarifa de agua del año 2015 para las manzanas de tipo media. Al comparar los datos de esta tabla con los de la tabla VII se observa un incremento considerable en todos los grupos de consumo.

(R) Consumo en Litros		Tarifa Clasificación Alta	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0	15,000	\$ 163.60	0.00
MAYOR A 15,000	20,000	163.60	18.41
MAYOR A 20,000	30,000	255.66	20.58
MAYOR A 30,000	40,000	461.50	24.43
MAYOR A 40,000	50,000	705.81	26.09
MAYOR A 50,000	70,000	966.74	27.97
MAYOR A 70,000	90,000	1,526.05	36.35
MAYOR A 90,000	120,000	2,253.15	48.49
MAYOR A 120,000		3,707.75	76.35

Tabla XII. Tarifa de agua para las manzanas de tipo alta, Ciudad de México, 2015. [19]

En la tabla XII se muestra la tarifa de agua para las manzanas de tipo alta. Al comparar los datos de esta tabla con los de la tabla VIII se observan los

incrementos a todos los grupos de consumo más grandes que en todas las tarifas anteriores, entendiéndose nuevamente que en este tipo de manzanas se ubica el sector de la población mejor acomodado económicamente.

Por otro lado, desafortunadamente en México la inseguridad parece ser un problema cada día más grave, razón por la cual el hogar debería ser un lugar en el cual una persona se sienta totalmente segura.

Tomando las estadísticas que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) pone a disposición en su página de internet, observamos otro dato importante.

INEGI. Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU). Tabulados básicos.

Porcentaje de la población de 18 años y más que habita en ciudades seleccionadas por conceptos y variables de seguridad pública según trimestre Junio 2014 - Junio 2015 Cuadro 1.1

Concepto Variables	Porcentaje de la población de 18 años y más que reside en ciudades seleccionadas ¹				
	Junio* 2015	Marzo* 2015	Diciembre* 2014	Septiembre* 2014	Junio 2014
Percepción de Seguridad Pública					
Seguro	30.9	32.0	32.0	33.0	29.6
Inseguro	69.0	67.9	67.9	67.0	70.2
Expectativas sobre la delincuencia					
Mejorará	15.1	15.6	15.1	14.7	13.7
Seguirá igual de bien	20.3	20.4	20.2	21.3	20.6
Seguirá igual de mal	37.3	38.1	35.3	36.1	37.2
Empeorará	26.3	25.0	27.9	27.4	27.1
Atestiguación de delitos y conductas antisociales					
Vandalismo (graffitis, daños y otros)					
Sí	58.5	59.0	60.0	57.2	59.0
No	41.4	41.0	40.0	42.7	41.0
Consumo de alcohol en las calles					
Sí	71.2	70.4	68.3	72.0	72.5
No	28.7	29.5	31.6	28.0	27.5

Tabla XIII. Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU). [7]

En la tabla XIII se observa parte de la encuesta ENSU en donde se aprecia que la percepción de seguridad por parte de la población es muy baja, lo que quiere decir que la mayoría de las personas tiene una sensación de inseguridad.

Porcentaje de la población de 18 años y más que habita en ciudades seleccionadas por conceptos y variables de seguridad pública según trimestre Junio 2014 - Junio 2015

Cuadro 1.1

Concepto Variables	Porcentaje de la población de 18 años y más que reside en ciudades seleccionadas ¹				
	Junio* 2015	Marzo* 2015	Diciembre* 2014	Septiembre* 2014	Junio 2014
Percepción del desempeño de autoridades					
Identifican Policía Preventiva Municipal²	80.4	85.5	ND	ND	ND
Muy o algo efectivo ⁴	33.2	33.0	ND	ND	ND
Poco o nada efectivo ⁵	66.7	66.8	ND	ND	ND
Identifican Policía Estatal	83.4	79.4	ND	ND	ND
Muy o algo efectivo ⁴	38.5	41.2	ND	ND	ND
Poco o nada efectivo ⁵	61.0	58.1	ND	ND	ND
Identifican policías estatales y municipales	ND	ND	ND	ND	ND
Muy o algo efectivo ⁴	ND	ND	28.8	33.8	29.5
Poco o nada efectivo ⁵	ND	ND	70.7	66.0	70.4
Identifican Policía Federal	75.1	75.0	ND	ND	ND
Muy o algo efectivo ⁴	56.8	56.3	ND	ND	ND
Poco o nada efectivo ⁵	42.1	42.6	ND	ND	ND
Identifican Gendarmería Nacional	30.5	30.4	ND	ND	ND
Muy o algo efectivo ⁴	62.8	61.9	ND	ND	ND
Poco o nada efectivo ⁵	33.7	33.5	ND	ND	ND

Tabla XIV. Percepción del desempeño de autoridades ENSU. [7]

En la tabla XIV se puede ver que el desempeño de las autoridades no es bien recibido por parte de la población. La mayoría cree que el trabajo de las autoridades es ineficaz, lo cual es algo que deja saber un poco más como está la situación del país en materia de seguridad.

Ahora bien, todas las personas están expuestas a sufrir accidentes fuera e incluso dentro de su propia casa, ya sea por algún descuido o simplemente por el deterioro de ciertos sectores de la casa, los cuales pueden causar problemas como fugas de gas o agua.

Para resolver estos problemas, la propuesta desarrolla un proyecto global basado en la integración de hardware electrónico, software y elementos primarios tales como sensores, actuadores y acondicionadores.

El hardware electrónico lo constituye el microcontrolador MSP430 y el software, la plataforma y lenguaje propio del mismo.

Método para la solución del problema.

Para resolver los problemas antes planteados se utiliza un conjunto de sensores, tales como: un sensor de movimiento, un sensor de gas, un sensor de agua y un sensor de humo, los cuales reciben una señal del exterior transformándola en una señal eléctrica, la cual entra a un circuito electrónico

que acondiciona la señal eléctrica para enviarla al microcontrolador MSP430, donde el microcontrolador MSP430 funciona como unidad de control. Si el microcontrolador MSP430 recibe una señal de peligro de parte de los circuitos electrónicos acondicionadores de señal, éste emite una señal de alerta de activación para una alarma contra intrusos o para la activación de alguno de los actuadores. La función de los actuadores es intentar corregir el problema que se presente y a su vez, hacer notar al usuario la existencia del problema.

A continuación un diagrama de bloques, donde se muestra como está conformada la red domótica:

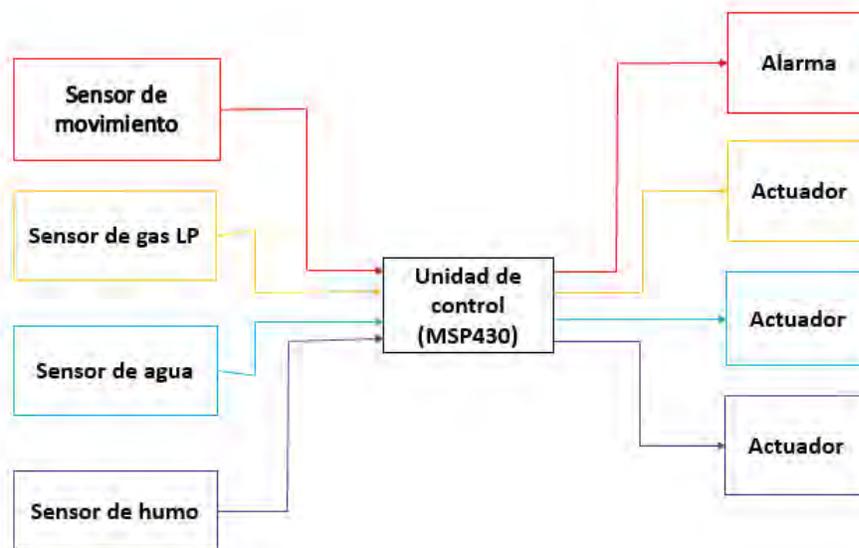


Figura XI. Red domótica planteada.

En la figura XI se observa un diagrama de bloques general de la red domótica planteada.

Capítulo 1: Red Domótica

¿Qué es una Red?

Es un sistema de transmisión y recepción que une distintos puntos, lugares geográficos o topográficos. Por ejemplo, las redes eléctricas, de agua, telefónicas, de comunicación, etc.

Ahora bien, se define también como una interconexión de nodos con dispositivos que intercambien información o recursos, o también, un conjunto de elementos independientes interconectados. Para que una red funcione son necesarios toda una serie de elementos, señales y reglamentos conocidos como protocolos de comunicación.

¿Cuáles son los elementos de una Red Domótica?

Una red domótica está compuesta de una serie de dispositivos que detectan un cambio de estado de una variable y transmiten esta información para que otros dispositivos puedan actuar en consecuencia y en función de las reglas o normas establecidas por el usuario del sistema. Cualquier dispositivo domótico se puede clasificar dentro de uno de los siguientes grupos: sensores, actuadores, unidades de control, pasarelas y redes. [8]

1.1. Sensores y Transductores

Los términos “sensor” y “transductor” se suelen emplear como sinónimos, sin embargo, dichos términos difieren en significado. Por ello es importante conocer a que se refiere cada uno. A continuación se presenta el significado de los términos antes mencionados.

Transductores: Son elementos físicos que sirven de entrada al sistema donde realizan una función de conversión, es decir, transforman una variable física (temperatura, presión, sonido, etc.) en otra diferente que suele ser una señal eléctrica.[8]

Sensor: Es un dispositivo compuesto por un transductor, el cual tiene la función antes descrita y un circuito electrónico de acondicionamiento (para el caso de un sensor electrónico, que son los de interés en este proyecto) que toma la señal del transductor y la hace entendible para el resto del sistema.

1.1.1. Sensor de Movimiento

Un sensor de movimiento es un dispositivo electrónico que responde a un movimiento físico. Se encuentran, generalmente en sistemas de seguridad o en circuitos cerrados de televisión.

Existen diferentes aplicaciones para un sensor de movimiento: Seguridad, entretenimiento, iluminación, comodidad, etcétera.

Este tipo de sensores se clasifican de la siguiente manera:

- Sensores activos: Estos sensores inyectan luz, microondas, o sonido en el medio ambiente y detectan si existe algún cambio en él.
- Sensores pasivos: Muchas alarmas y sensores utilizados usan la detección de ondas infrarrojas, estos sensores son conocidos como PIR (pasivos infrarrojos). Para que uno de estos sensores detecte a los seres humanos se debe de ajustar la sensibilidad del sensor para que detecte la temperatura del cuerpo humano. [9]

El sensor que se utiliza en este proyecto es el sensor pirólico GH-718, un sensor pasivo que a través de la captación de ondas infrarrojas detecta movimiento.



Figura 1.1. Módulo sensor de movimiento GH-718.

En la figura 1.1 se observa el módulo sensor de movimiento GH-718, el cual se encuentra a la venta en las tiendas especializadas de electrónica. Dicho módulo cuenta con las siguientes especificaciones:

- Alcance de detección: 7 metros.
- Angulo de detección: 140°.
- Voltaje de alimentación: 5 volts.
- Selección de disparo: 2 (alto o bajo).
- Señal de salida: 3 volts.
- Corriente de operación: 60 [μ A]

Funcionamiento:

El módulo del sensor de movimiento GH-718 capta el movimiento de cuerpos (personas) y como resultado de esto, emite un pulso de 4 u 8 segundos de duración cada que hay movimiento dentro de su rango de visión.

1.1.2. Sensor de gas (LP o gas natural)

Un sensor de gas es un elemento que sufre un cambio físico o químico en presencia de un gas, emite una señal que es transmitida, mostrada o utilizada para operar alarmas y controles.

Los sensores de gas más utilizados se basan en óxidos semiconductores cuya conductividad eléctrica se ve modulada como consecuencia de la reacción producida entre el semiconductor y los gases presentes en la atmósfera. El dióxido de estaño es uno de los semiconductores que presenta más interés tecnológico como material activo en sensores de gas. Las propiedades de sensado del dióxido de estaño (sensibilidad, selectividad y reproducibilidad) dependen de varios factores, siendo los más relevantes el tamaño de partícula, distribución de tamaño de partícula y área superficial específica. [10]

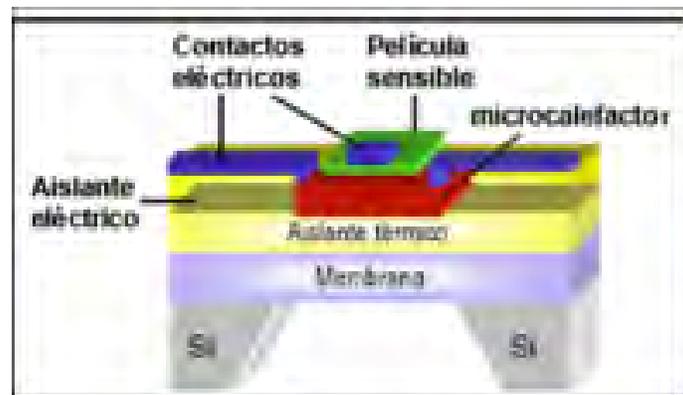


Figura 1.2. Vista interna de un sensor de gas. [10]

En la figura 1.2 se observa la composición interna de un sensor de gas, se puede ver que está compuesto por varias “capas” de diferentes materiales, entre ellos el silicio.

Ahora bien, el sensor que se utiliza en este proyecto es el IM120710024 que se muestra a continuación.



Figura 1.3. Módulo sensor de gas IM120710024.

En la figura 1.3 se muestra el modulo sensor de gas que se utiliza en este proyecto, dicho módulo presenta las siguientes especificaciones:

- Voltaje de operación: 5 volts.
- Voltaje analógico de salida: 0 a 5 volts.
- Corriente de operación: 122 [mA].

Este módulo es compatible con interfaces de 2.54 [mm], así como interfaces Grove. Puede ser usado para detectar isobutano, hidrogeno, gas licuado de petróleo, metano, monóxido de carbono, alcohol, humo, propano y otros gases dañinos.

1.1.3. Sensor de humedad

Existen varios tipos de sensores de humedad, según el principio físico que siguen para realizar la cuantificación de la misma:

- Mecánicos: Aprovechan los cambios de dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad. Como por ejemplo, fibras orgánicas o sintéticas, el cabello humano, etc.
- Basados en sales higroscópicas: Deducen el valor de la humedad en el ambiente a partir de una molécula cristalina que tiene mucha afinidad con la absorción de agua.



Figura 1.4. Higrotermómetros. [11]

En la figura 1.4 se observan diferentes medidores de humedad, también conocidos como Higrotermómetros.

- Por conductividad: La presencia de agua en un ambiente permite que a través de unas rejillas de oro circule una corriente. Ya que el agua es buena conductora de corriente. Según la medida de corriente se deduce el valor de la humedad.
- Capacitivos: Se basan sencillamente en el cambio de la capacidad que sufre un condensador en presencia de humedad.



Figura 1.5. Sensores de humedad de tipo capacitivo. [11]

En la figura 1.5 se muestran precisamente sensores de humedad de tipo capacitivo.

- Infrarrojos: Estos disponen de 2 fuentes infrarrojas que lo que hacen es absorber parte de la radiación que contiene el vapor de agua.
- Resistivos: Aplican un principio de conductividad de la tierra. Es decir, cuanto más cantidad de agua hay en la muestra, más alta es la conductividad de la tierra. [12]



Figura 1.6. Sensores de humedad de tipo resistivo. [11]

En la figura 1.6 se observan diferentes sensores de humedad de tipo resistivo. Se puede observar también que son muy parecidos a los sensores de humedad de tipo capacitivo, por lo menos en cuanto a la forma.

Ahora bien, el sensor de humedad que se utiliza en este proyecto es el sensor IM121017001, que por el modo de operación que posee es del tipo resistivo.

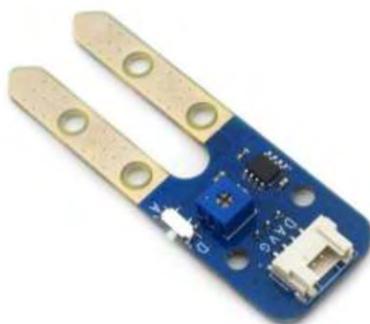


Figura 1.7. Módulo sensor de humedad IM121017001.

En la figura 1.7 se observa el módulo sensor de humedad IM121017001 cuyas características y especificaciones se muestran a continuación.

Características:

Este sensor es utilizado para medir la humedad en la tierra. Cuenta con un comparador de voltaje interno y un interruptor con el cual se puede elegir si la salida del sensor será analógica o digital.

Especificaciones:

- Voltaje de operación: 5 volts.
- Voltaje analógico de salida: 0 a 5 volts.
- Voltaje digital de salida: 0 o 5 volts.
- Corriente de operación: 5 [mA].

Este sensor de humedad es compatible con interfaces de 2.54 [mm] e interfaces Grove. Además, cuenta con un led indicador de alimentación.

1.1.4. Sensor de humo

Un sensor de humo activa una alarma cuando detecta la presencia de humo en el aire y emite una señal acústica avisando del peligro de incendio. Atendiendo al método de detección que usan, pueden ser de varios tipos:

- **Óptico/fotoeléctrico:** Pueden ser de dos tipos, según detecten el humo por oscurecimiento o por dispersión del aire en un espacio:
 - **De rayo infrarrojo:** Están compuestos por un dispositivo emisor y otro receptor. Cuando se oscurece el espacio entre ellos debido al humo, solo una fracción de la luz emitida alcanza al receptor, provocando que la señal eléctrica producida por éste sea más débil y se active la alarma.
 - **De tipo puntual:** En ellos, emisor y receptor se encuentran alojados en la misma cámara, pero no se ven al formar sus ejes un ángulo mayor de 90° y estar separados por una pantalla, de manera que el rayo emitido no alcanza el receptor. Cuando entra humo en la cámara, el haz de luz emitido se refracta en las partículas de humo y puede alcanzar al receptor, activándose la alarma. Es la tecnología más utilizada en la actualidad.
 - **De láser:** Detectan oscurecimiento de una cámara de aglutinación con tecnología láser.

Además, dentro de los sensores ópticos/fotoeléctricos, hay dos tipos de tecnologías: analógicas y digitales.

- **Óptico análogo:** Este sensor tiene la tecnología más sencilla. Está calibrado con resistencias electrónicas. No tiene ningún software dentro del dispositivo para hacer verificaciones. No está diseñado para verificar si realmente es humo o si es polvo o suciedad. Este sistema, cuando alcanza los parámetros de opacidad, se activa.

- Óptico digital: Este sensor incluye un pequeño software que, mediante cálculos matemáticos, verifica con varias variables si es humo o suciedad, realizando una auto-verificación antes de activarse y enviar la señal al panel de control.
- Sensor iónico: Este tipo de sensor es más barato que el óptico y puede detectar partículas que son demasiado pequeñas para influir en la luz. A pesar de que se prohíba su comercialización, el hecho de tener uno instalado no significa incurrir en un delito. Sin embargo, estas alarmas fueron retiradas del mercado debido a que su gestión como residuos era especial y más cara de lo normal. [13]

En este proyecto se utiliza el sensor IM120710024, el mismo sensor que se utiliza para detectar gas.



Figura 1.8. Módulo sensor IM120710024.

En la figura 1.8 se observa el módulo sensor IM120710024. Como ya se mencionó anteriormente éste módulo sensor se puede utilizar para detectar diferentes tipos de gases dañinos, incluido el humo que se produce en un incendio (monóxido de carbono). Es precisamente ésta última característica la que lo hace ideal para ésta parte del proyecto.

1.2. Actuadores

Los actuadores se consideran salidas del sistema domótico, permiten ejecutar las órdenes obtenidas mediante la unidad de control, actuando sobre los equipos terminales. La gran variedad de actuadores se pueden clasificar a grandes rasgos en tres tipos. [8]

- Electromecánicos
- Acústicos
- Lumínicos

- Electromecánicos: Motores, electroválvulas, cerraduras eléctricas, rieles, conectores, etc.



Figura 1.9. Electroválvulas o válvulas solenoide de uso general.

En la figura 1.9 se observan varios tipos de electroválvulas. Estos dispositivos se utilizan para abrir o cerrar el paso de un líquido a través de un circuito.

- Acústicos: Alarmas, bocinas, sirenas, etc.



Figura 1.10. Sirena exterior para alarma.

En la figura 1.10 se observa una sirena exterior para alarma. Este dispositivo se usa generalmente para indicar o avisar al usuario de la existencia de un problema.

- Lumínicos: Paneles, monitores, etc.



Figura 1.11. Monitor de seguridad.

En la figura 1.11 se observa un monitor de seguridad, dicho monitor suele ser un simple monitor de computadora conectado a un grupo de cámaras de circuito cerrado. Se utilizan para vigilar y/o grabar un lugar específico.

A continuación se muestran los actuadores que se utilizan en este proyecto.

1.2.1. Actuador para el control de una alarma contra intrusos.

Para este actuador se utiliza una bocina y un conjunto de leds. De acuerdo con lo anterior, se tiene entonces un actuador acústico-luminoso que indica al usuario de manera auditiva y visual la presencia de un intruso.

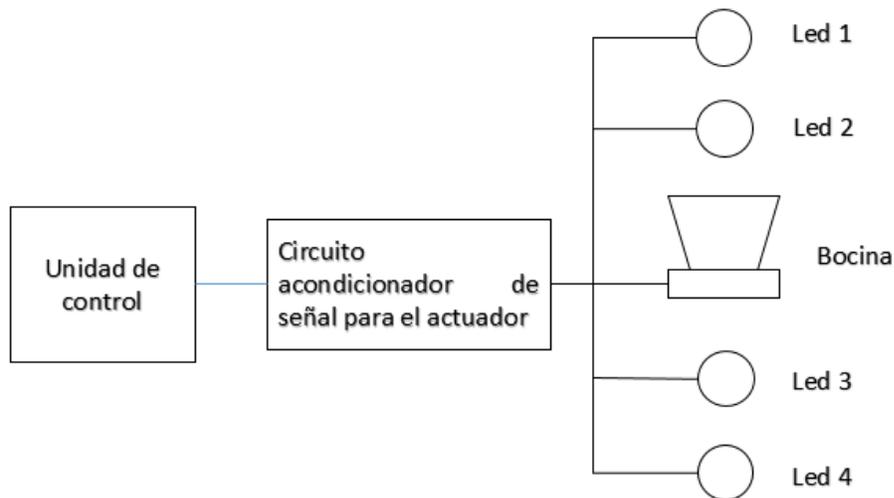


Figura 1.12. Diagrama esquemático del actuador para el control de una alarma contra intrusos.

En la figura 1.12 se muestra el diagrama esquemático del actuador para el control de una alarma contra intrusos que se utiliza en este proyecto. El principio de operación de dicha alarma es el siguiente; una vez determinada la presencia de un intruso por medio del sensor mencionado en el punto 1.1.1 de este documento, la unidad de control emite una serie de pulsos, los cuales entran al circuito acondicionador de señal. Se emplea un circuito acondicionador de señal debido a que la bocina requiere de una corriente eléctrica que el microcontrolador no puede suministrar, ya que podría dañarse. Después los pulsos, que ahora emite el circuito acondicionador de señal, van directamente hacia los 4 leds y la bocina mostrados en el diagrama esquemático, encendiendo dichos leds y bocina con un determinado ritmo o tono, suficiente para que el usuario distinga que se trata de la alarma contra intrusos.

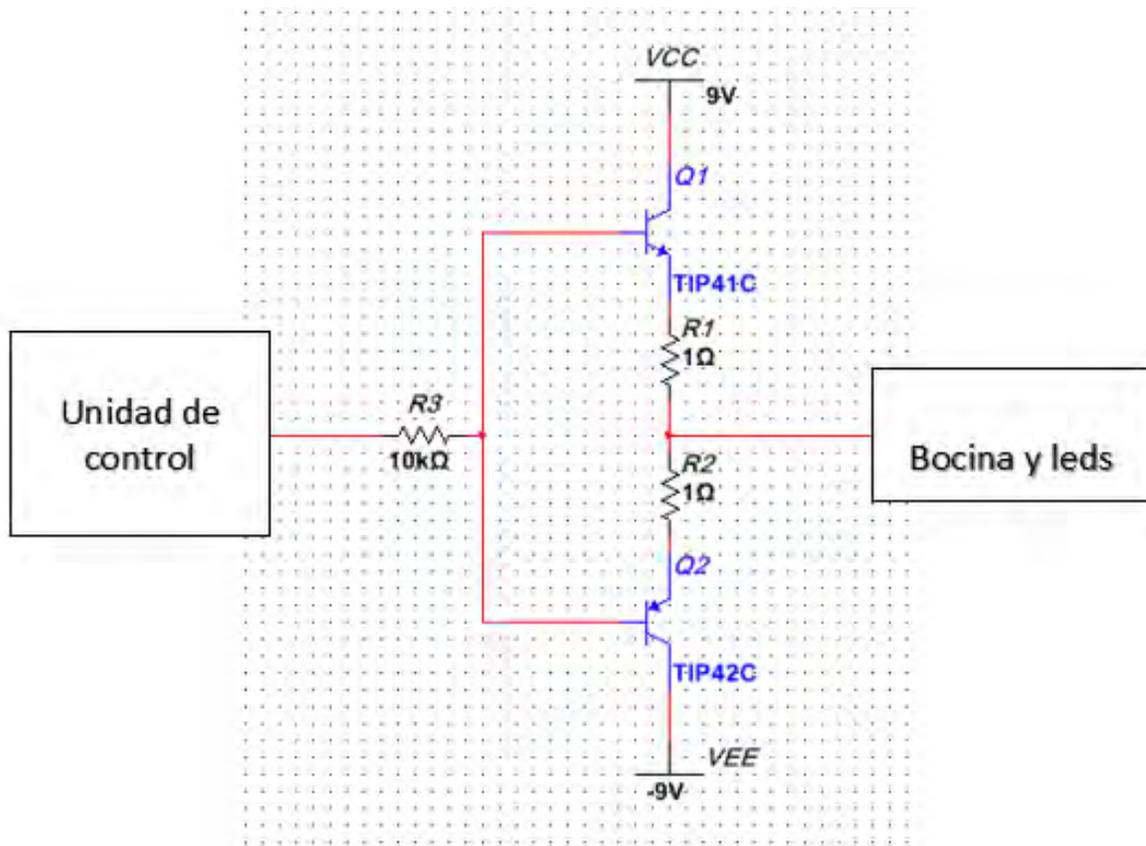


Figura 1.13. Diagrama elemental eléctrico del actuador para el control de una alarma contra intrusos.

En la figura 1.13 se muestra a detalle el circuito acondicionador mostrado en la figura 1.12. Se trata de un circuito "push-pull" cuya finalidad es aumentar la corriente eléctrica suministrada por el microcontrolador. A continuación se muestra el análisis general de este circuito:

Caso1:

Cuando el voltaje de la unidad de control, es decir, del microcontrolador MSP430G2553 es mayor a cero, el transistor Q2 no funciona y el transistor Q1 funciona en configuración de emisor común. Cuando el voltaje del microcontrolador es suficientemente alto, el transistor Q1 se satura y el voltaje de salida máximo es:

$$V_{CE(max)} = V_{CC} - V_{CE[sat]}$$

De acuerdo al fabricante, $V_{CE[sat]} = 1.5[v]$. Sustituyendo valores, se tiene que:

$$V_{CE(max)} = 9[v] - 1.5[v] = 7.5[v]$$

Caso 2:

Cuando el voltaje de la unidad de control es menor a cero, el transistor Q1 no funciona y el transistor Q2 funciona en configuración de emisor común. Cuando el voltaje del microcontrolador es suficientemente alto, el transistor Q2 se satura y el voltaje de salida es:

$$V_{CE(max)} = -(V_{CC} + V_{CE[sat]}) = -V_{CC} - V_{CE[sat]}$$

De acuerdo al fabricante $V_{CE[sat]} = -1.5[v]$, sustituyendo valores, se tiene que:

$$V_{CE(max)} = -9[v] + 1.5[v] = -7.5[v]$$

Caso 3:

El voltaje de encendido de ambos transistores es de 0-7[v]. Entonces, cuando el voltaje de la unidad de control está entre el siguiente intervalo:

$$-0.7[v] < V_{microcontrolador} < 0.7[v]$$

Ambos transistores se encuentran desactivados, por lo que el voltaje de salida es igual a cero.

Con base en lo anterior, se busca que la bocina y los leds que conforman la alarma contra intrusos funcionen con los parámetros dados por el circuito. Además, este circuito requiere de que la salida del microcontrolador sea analógica.



Figura 1.14. Bocina para automóvil.

En la figura 1.14 se observa una bocina para automóvil, similar a que se pretende usar en este actuador. Dicha bocina, es pequeña, pero suficiente para emitir un sonido con un ritmo o tonada característica, de manera que el usuario reconozca que se trata de la alarma contra intrusos.



Figura 1.15. Leds de diferentes colores.

En la figura 1.15 se observa un grupo de leds de diferentes colores, similares a los que se emplean, de igual manera, en este actuador. Dichos leds encienden de acuerdo al ritmo del sonido que emite la bocina.

1.2.2. Actuador para el control de fugas de gas

Este actuador utiliza como elemento principal una electroválvula, la cual se posiciona tal y como se muestra a continuación:

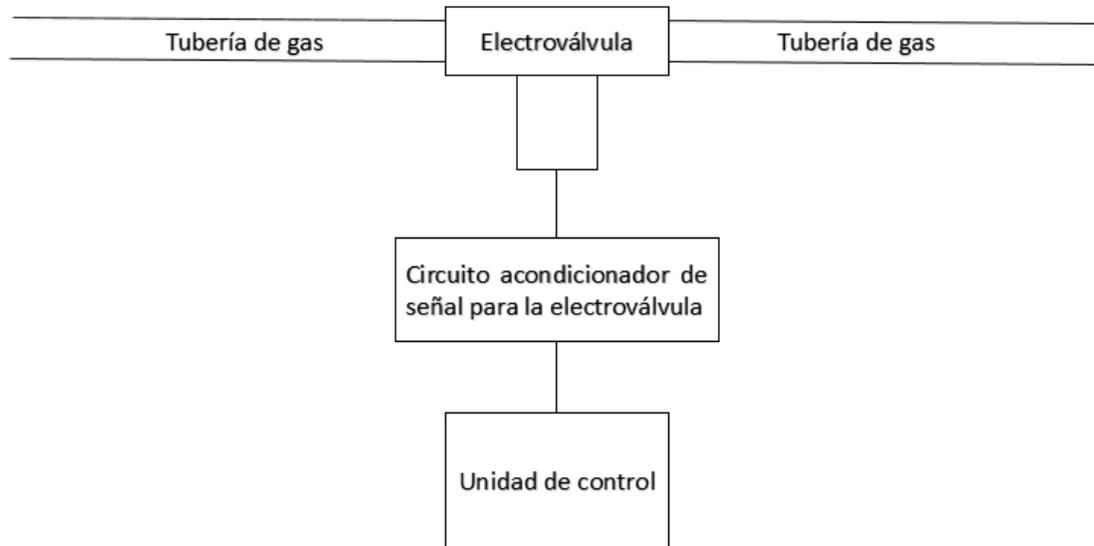


Figura 1.16. Diagrama esquemático del actuador para control de fugas de gas.

En la figura 1.16 se muestra el diagrama esquemático del actuador para control de fugas de gas, cuyo principio de funcionamiento es el siguiente; una vez que se determina la presencia de gas en el ambiente por medio del sensor descrito en el punto 1.1.2 de este documento, la unidad de control emite una señal eléctrica que ingresa al circuito acondicionador. Dicho circuito acondicionador tiene como finalidad elevar la corriente eléctrica suministrada por el microcontrolador y de esta manera, no poner en riesgo a dicho microcontrolador. Finalmente, la señal que sale del circuito acondicionador de señal se dirige hacia la electroválvula la cual cierra el paso de gas en la tubería, solucionando así, la fuga de gas.

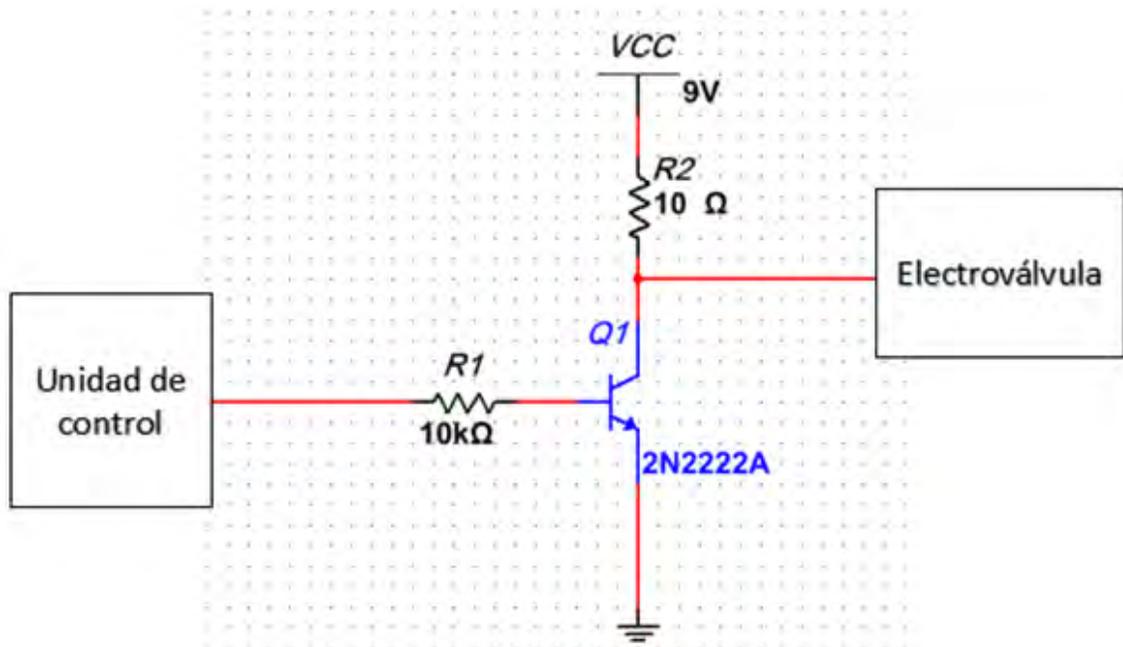


Figura 1.17. Diagrama elemental eléctrico del actuador para el control de fugas de gas.

En la figura 1.17 se observa el diagrama elemental eléctrico del actuador para control de fugas de gas. El circuito que se emplea es un simple transistor, el cual trabaja en la región de amplificación cuando enciende, donde la electroválvula demanda al transistor la corriente necesaria para funcionar.

A continuación se muestra el análisis general del circuito.

De la malla interna del transistor se tiene la siguiente ecuación:

$$V_{\text{microcontrolador}} - R_1 I_B - V_{BE} = 0$$

De acuerdo al fabricante $V_{BE} = 0.75[v]$ y considerando que cuando el microcontrolador emite un voltaje alto, éste tiene un valor de $3.6[v]$ se tiene que, despejando a la corriente de base y sustituyendo valores:

$$I_B = \frac{V_{\text{microcontrolador}} - V_{BE}}{R_1} = \frac{3.6[v] - 0.75[v]}{10[k\Omega]} = 285[\mu A]$$

El fabricante menciona que la beta del transistor es $\beta=200$. Entonces:

$$I_C = \beta I_B = 200(285[\mu A]) = 57[mA]$$

De la malla externa, se tiene la siguiente ecuación:

$$V_{CC} - R_2 I_C - V_{CE} = 0$$

Entonces, despejando a V_{CE} y sustituyendo valores se tiene lo siguiente:

$$V_{CE} = V_{CC} - R_2 I_C = 9[v] - 10[\Omega](57[mA]) = 8.43[v]$$

De esta manera, con estos valores de corriente y voltaje del transistor 2N2222 se pretende hacer funcionar a la electroválvula que se muestra a continuación.



Figura 1.18. Electroválvula.

En la figura 1.18 se muestra una electroválvula, cuyo modelo es igual al de la electroválvula empleada como actuador en este sistema. Dicha electroválvula se encarga de abrir o cerrar el paso de gas hacia una estufa, un calentador de agua, o cualquier otro electrodoméstico que utilice gas.

1.2.3. Actuador para el control de fugas de agua.

Este actuador utiliza como elemento principal una electroválvula, como la que se muestra en la figura 1.16. Dicha electroválvula es ideal para conducir el flujo de gas o de agua, lo cual la hace la indicada para ambos actuadores.

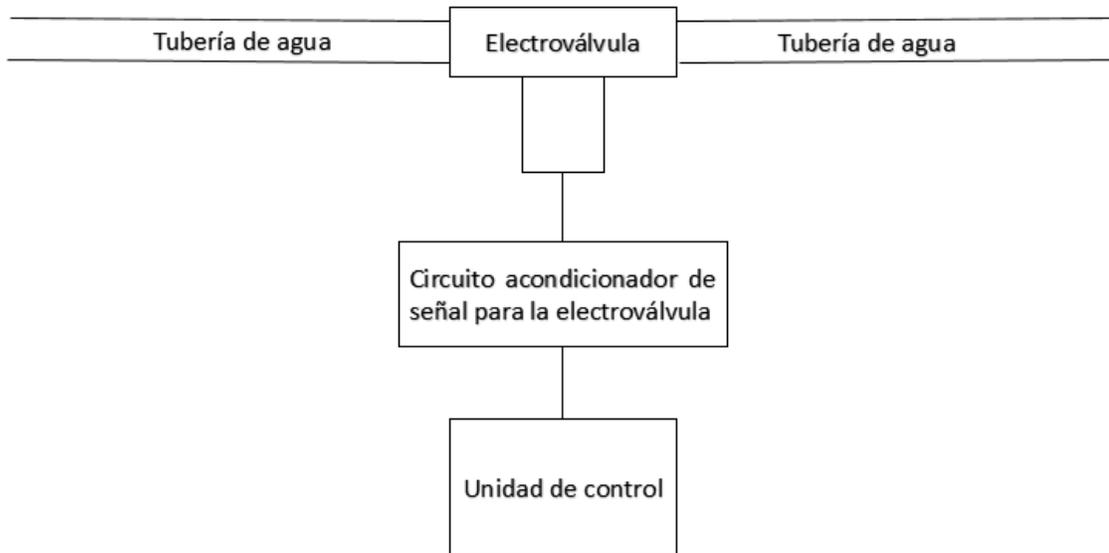


Figura 1.19. Diagrama esquemático del actuador para control de fugas de agua.

En la figura 1.19 se observa el diagrama esquemático del actuador para el control de fugas de agua, cuyo principio de funcionamiento es el siguiente; una vez que se detecta la presencia de una fuga de agua por medio del sensor mencionado en el punto 1.1.3 de este documento, la unidad de control envía una señal, la cual entra a un circuito acondicionador, cuya finalidad es aumentar la corriente eléctrica para accionar o encender la electroválvula. En este caso la electroválvula abre o cierra el paso de agua de una tubería hacia cualquiera que sea su destino, tratando así, de solucionar la fuga de agua.

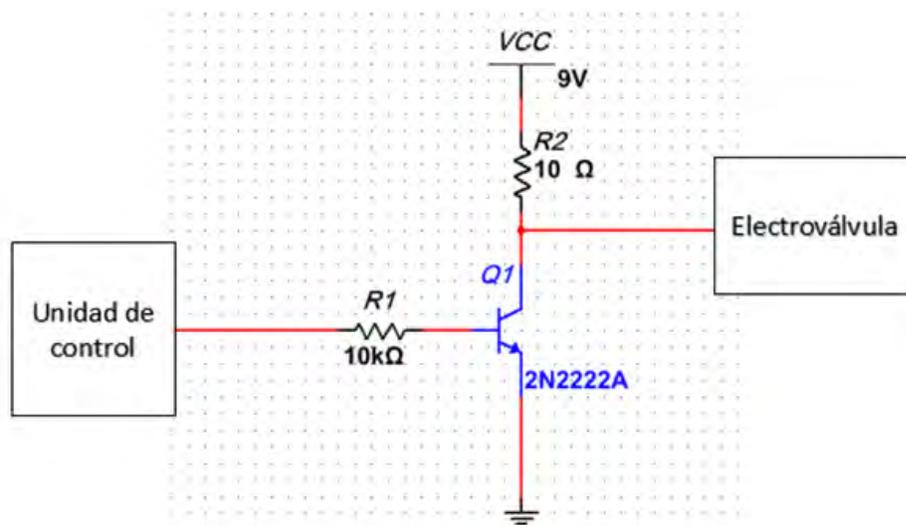


Figura 1.20. Diagrama elemental eléctrico del actuador para control de fugas de agua.

En la figura 1.20 se observa el diagrama elemental eléctrico del actuador para control de fugas de agua. Dicho diagrama muestra a detalle al circuito acondicionador de señal que se muestra en el diagrama esquemático. Este circuito consta de un transistor que opera en la región de amplificación cuando enciende.

El análisis de este circuito es el mismo que el del circuito mostrado en la figura 1.17 del subtema 1.2.2.

1.2.4. Actuador para el control de una alarma contra incendios.

Este actuador utiliza como elementos principales una bocina y un conjunto de leds como los que se muestran en las figuras 1.13 y 1.14, respectivamente.

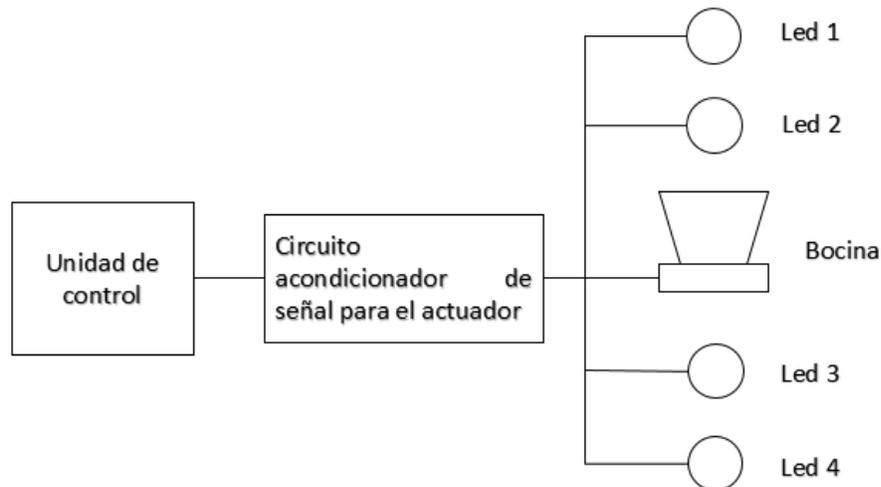


Figura 1.21. Diagrama esquemático del actuador para el control de una alarma contra incendios.

En la figura 1.21 se observa el diagrama elemental del actuador para el control de una alarma contra incendios, cuyo principio de funcionamiento es el siguiente; una vez que se detecta la presencia de humo en el ambiente por medio del sensor mencionado en el punto 1.1.4, el cual pudiera tratarse del producido por un incendio, la unidad de control envía una serie de pulsos, los cuales entran a un circuito acondicionador de señal. El circuito acondicionador de señal únicamente eleva la corriente eléctrica de los pulsos, que a su vez son emitidos hacia la bocina y los leds mostrados en el diagrama. En este caso, la bocina emite un sonido con un ritmo o tonada diferente a la de la alarma contra intrusos, de igual manera, los leds encienden y apagan al ritmo del sonido emitido por la bocina. Además, los leds empleados en este actuador emiten luces de colores diferentes a las

que emiten los leds de la alarma contra intrusos, todo ello con el fin de que el usuario distinga cuál de las dos alarmas está encendida.

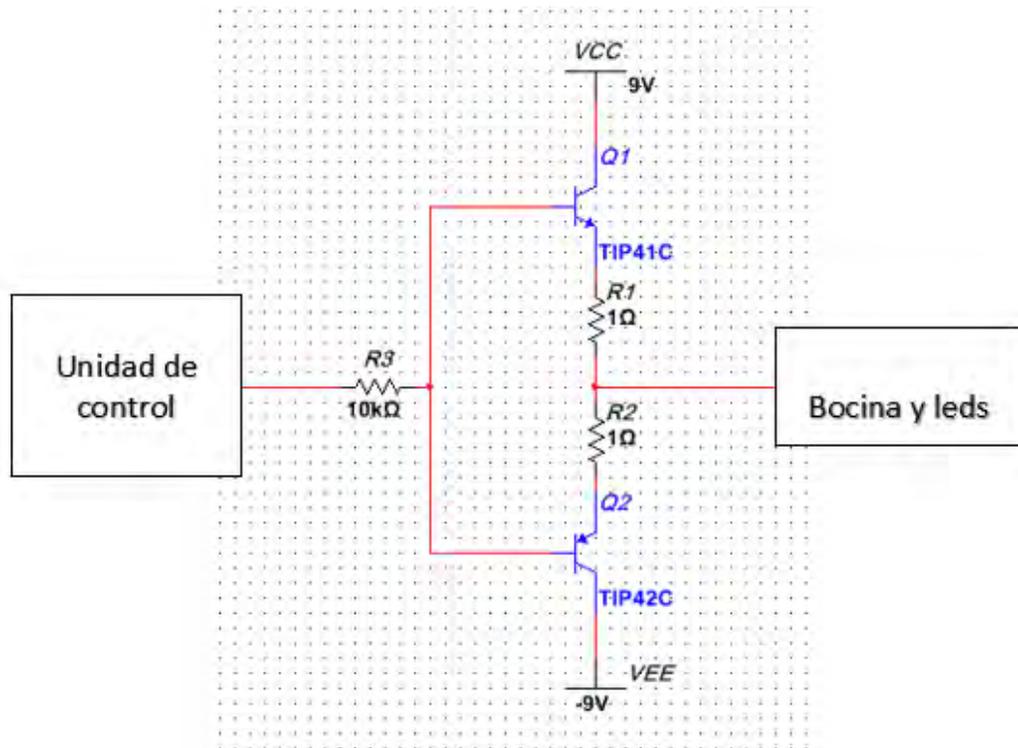


Figura 1.22. Diagrama elemental eléctrico del actuador para el control de una alarma contra incendios.

En la figura 1.22 se muestra el diagrama elemental eléctrico del actuador para el control de una alarma contra incendios. En este diagrama se puede ver que el circuito acondicionador mostrado en la figura 1.21 corresponde a un circuito “push-pull” que se utiliza para elevar la corriente eléctrica suministrada por el microcontrolador, para de esta manera, poder accionar la bocina.

El análisis matemático de este circuito es el mismo que el que se muestra en la figura 1.13 del subtema 1.2.1.

1.3. Unidad de control

Es el elemento donde reside la mayor parte de la “inteligencia” del sistema. Esta encargado de recibir, procesar y tratar la información según el programa o algoritmo preestablecido, y comunicarlo, cuando proceda, a los actuadores correspondientes.

Gracias a la evolución de la electrónica, algunos captadores y actuadores han llegado a ser autónomos al incorporar la función del procesador.

En función del sistema domótico la unidad de control tendrá una serie de características diferenciadas. Así, en sistemas distribuidos, la unidad de control se reparte en distintos elementos una vez realizada la programación de los dispositivos mediante una computadora. Existen otros sistemas cuya unidad de control es un ordenador o un sistema basado en microprocesadores que funge como servidor central del sistema (sistemas centralizados).

El sistema domótico que se propone en este proyecto es un sistema centralizado, ya que el microcontrolador MSP430G2553 es quien funge como servidor central del sistema. [8]



Figura 1.23. Microcontrolador MSP430G2553.

En la figura 1.23 se observa el microcontrolador MSP430G2553 que se usa en este proyecto, el cual posee las siguientes características.

Características:

- MPU (Unidad de micro procesamiento).
- Memoria (ROM, RAM, EPROM, E²PROM, FLASH)
- Oscilador y reloj internos.
- Puertos de entrada y salida serie sincrónica y asíncrona.
- Puertos de entrada y salida paralela.
- Unidades de tiempo (Timers).
- PWM.
- Convertidor analógico/digital.

- Convertidor digital/analógico.
- Bajo voltaje de alimentación: 1.8[v] a 3.6[v].
- Comparador para señales analógicas.
- Protección por bajo voltaje.
- Sensor de temperatura integrado.

1.4. Tipología de una red domótica

La tipología de una red domótica es la representación de la relación entre los dispositivos de dicha red, los cuales usualmente son llamados nodos. De acuerdo a la forma en como la red domótica una estos dispositivos se obtendrá un tipo de arquitectura de control, las cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Sistemas centralizados.
- Sistemas descentralizados.
- Sistemas distribuidos.

1.4.1. Sistemas centralizados

Este tipo de sistemas se organizan de tal forma que poseen un nodo que recibe toda la información de las entradas, la procesa y envía las órdenes de acción a las salidas correspondientes, de acuerdo a la programación o información establecida por el usuario.

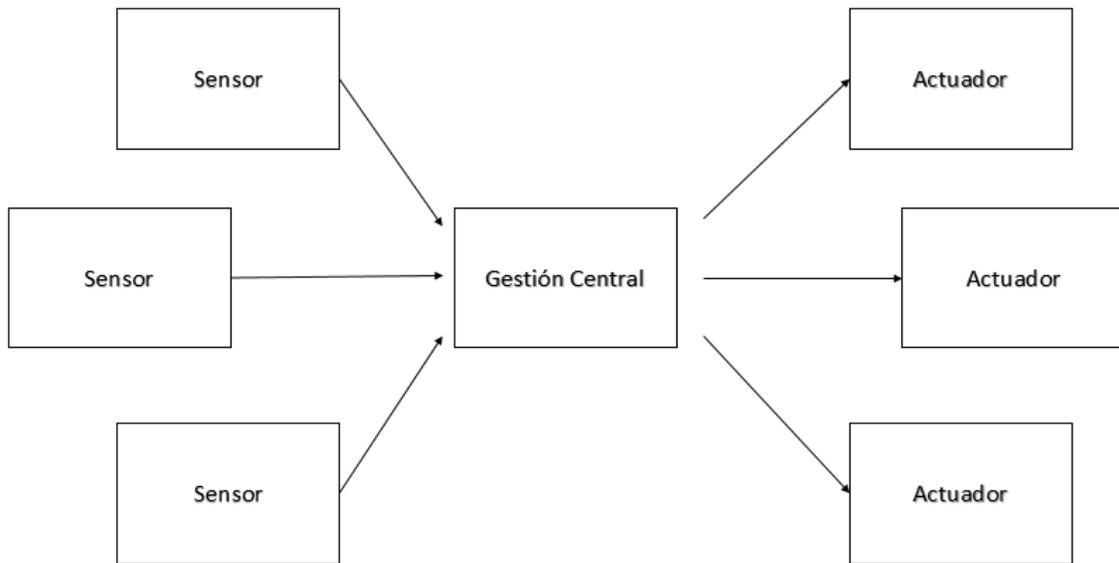


Figura 1.24. Sistema domótico centralizado.

En la figura 1.24 se observa un sistema domótico centralizado, justo como el que se implementa en este proyecto. En la red domótica de este proyecto el elemento que lleva a cabo la gestión central es la unidad de control, a cargo del microcontrolador MSP430G2553.

Las ventajas de los sistemas domóticos centralizados son:

- Los elementos sensores y actuadores son del tipo universal.
- Costo reducido o moderado.
- Fácil uso y formación.

Los inconvenientes son:

- Cableado significativo.
- Sistema dependiente del funcionamiento óptimo de la central.
- Modularidad difícil.
- Reducida ampliabilidad.[8]

1.4.2. Sistemas descentralizados

En los sistemas descentralizados existen varios nodos que actúan de forma independiente uno de otro. A su vez, dichos nodos se encuentran comunicados por el mismo bus de datos.

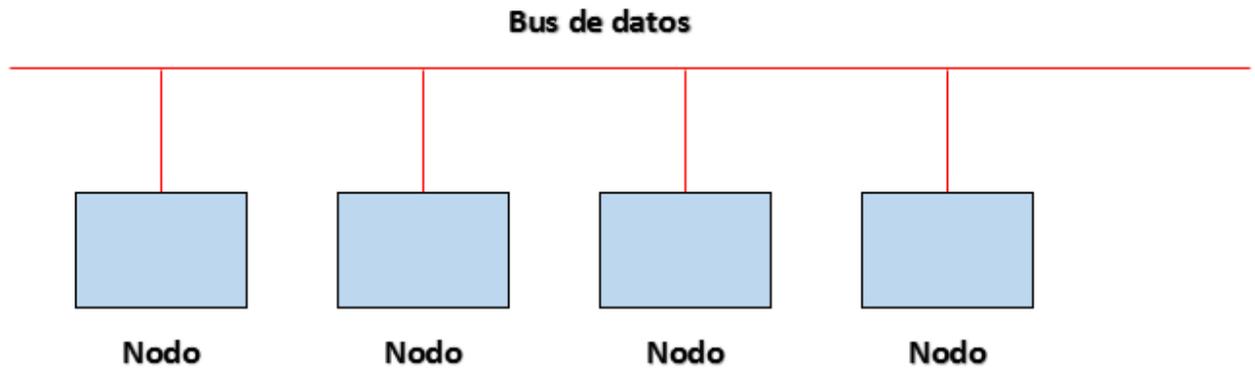


Figura 1.25. Sistema domótico descentralizado.

En la figura 1.25 se muestra un sistema domótico descentralizado. Cabe señalar que cada nodo se encuentra conectado a uno o varios sensores y actuadores.

Para este tipo de sistemas es necesario el uso de un protocolo de comunicaciones para garantizar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Las ventajas de los sistemas domóticos descentralizados son los siguientes:

- Seguridad de funcionamiento en caso de que un dispositivo falle.
- Fácil de rediseñar.
- Cableado reducido.
- Fiabilidad de productos.
- Ampliable fácilmente.[8]

Los inconvenientes de dichos sistemas son:

- Sensores no universales y limitados a la oferta.
- Costo elevado de los dispositivos.

- Más próximos a “Edificios inteligentes” que a “casas inteligentes”.
- Complejidad de programación.
- Cada nodo requiere de un gestor, es decir, de una unidad de control propia.[8]

1.4.3. Sistemas distribuidos

Los sistemas domóticos distribuidos se caracterizan porque cada nodo tiene acceso directo a una serie limitada de elementos de red [8], es decir, cada nodo es una pequeña unidad de control que puede analizar y enviar información que capta por si mismo y que a su vez, recibe de otros elementos del sistema.

Por otra parte, de la misma manera que en los sistemas domóticos descentralizados, se requiere de la implementación de un protocolo de comunicaciones para garantizar el correcto funcionamiento de la red.

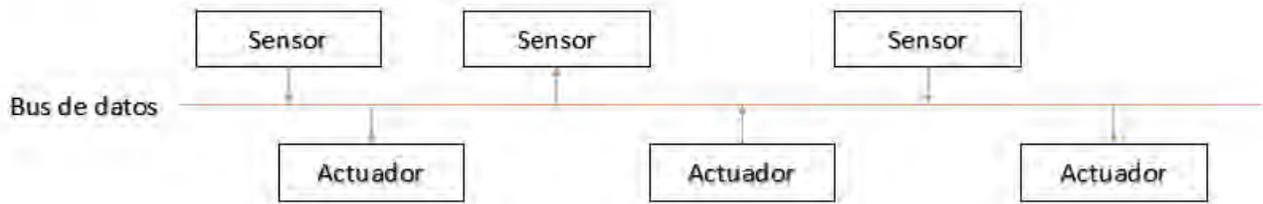


Figura 1.26. Sistema domótico distribuido.

En la figura 1.26 se muestra un sistema domótico distribuido, en el cual se aprecia como cada elemento de la red domótica tiene acceso al bus de comunicación, de manera que cada uno de ellos puede recibir o enviar información a través de dicho bus.

Las ventajas de los sistemas domóticos distribuidos son:

- Seguridad de funcionamiento.
- Posibilidad de rediseño de la red.
- Facilidad para el crecimiento de la red.
- Los sensores y actuadores son de tipo universal, por lo que son económicos y fáciles de conseguir.
- Costo moderado.
- Cableado moderado.[8]

Finalmente, la única desventaja de este tipo de sistemas domóticos es el hecho de requerir, como ya se había mencionado, de la implementación de un protocolo de comunicaciones.

1.5. Topología de un sistema domótico

El término topología se refiere a la forma en como una red domótica se encuentra diseñada, pueden clasificarse físicamente, si es que se basa en algunas de las características de su hardware, o de forma lógica, si se basa en el software.

Topología en estrella: Los dispositivos de entrada (sensores) y los de salida (actuadores) van cableados hasta el controlador central. Este tipo de conexión se utiliza generalmente en los sistemas centralizados donde existe un solo controlador sobre el que pasa toda la información. (Figura 1.27)

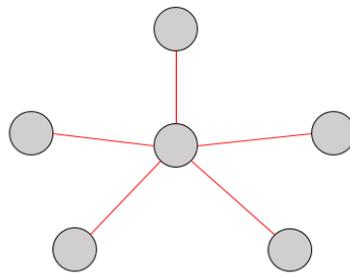


Figura 1.27. Topología en estrella

Topología en anillo: Los nodos se conectan en un bucle cerrado, los datos se transmiten de nodo a nodo alrededor del bucle, siempre en la misma dirección, hasta que los datos llegan a su destino. (Figura 1.28)

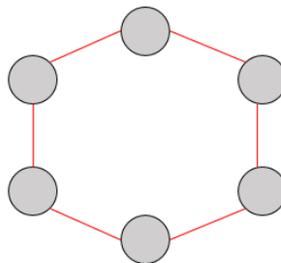


Figura 1.28. Topología en anillo

Topología en bus: Todos los elementos del sistema (sensores, actuadores y nodos) comparten la misma línea de comunicación. Cada elemento posee una dirección única permitiendo la comunicación. (Figura 1.29)

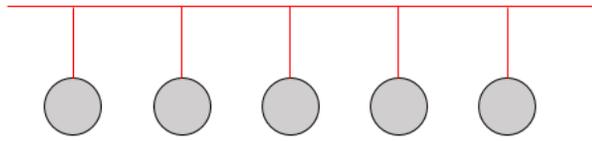


Figura 1.29. Topología en bus.

Topología en malla: Existen diferentes nodos que permiten el envío de la información por diversos caminos. Cada nodo tiene la capacidad de recibir y enviar información, además de poder reenviar la información de los nodos vecinos. Esta conexión se utiliza generalmente en los sistemas domóticos distribuidos, donde todos los dispositivos se encuentran intercomunicados entre sí. (Figura 1.30)

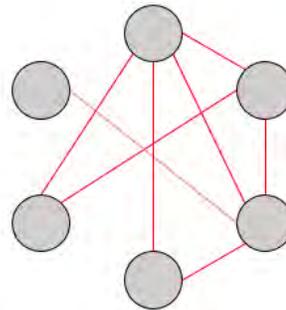


Figura 1.30. Topología en malla.

1.6. Medios de transmisión

Para que los dispositivos de la red domótica se comuniquen e intercambien información entre sí, requieren de un medio de transmisión. Los principales medios de transmisión son los siguientes:

Cableado compartido: Se utilizan cables compartidos con redes existentes para la transmisión de la información, tales como, la red eléctrica de baja tensión, la red telefónica o la red de datos (internet).

Cableado propio: La transmisión por cableado propio es el medio más común en un sistema domótico, son principalmente cableado de tipo: par trenzado, coaxial, paralelo o fibra óptica. [15]

Inalámbrico: Existen sistemas domóticos que utilizan señales radiadas, tales como ondas infrarrojo, radiofrecuencia o ultrasonidos. [8]

1.7. Redes domóticas en la actualidad

En México existen varias empresas que se dedican exclusivamente a hacer domótica, al principio de este capítulo se mencionaron algunas de ellas, aunque también algunas firmas de arquitectos tienen entre su campo de trabajo hacer domótica. La cuestión con estas empresas es que el costo de una red domótica, es demasiado elevado, por lo que solo un sector de la población puede darse el lujo de tener una en casa.

Sería impreciso señalar exactamente el costo de una red domótica, pues requiere de una cotización, para saber el material que se utilizará, los costos de instalación, etcétera. Dichos materiales suelen tener un costo elevado y cuanto más grande o sofisticada sea la red domótica, más alto es el costo de la misma.

Algunas empresas ofrecen productos individualmente, es decir, que no forman parte de una red domótica, el precio desciende considerablemente, pero la idea con una red es abarcar la mayoría de los lugares en un hogar donde pudiera existir el riesgo de un accidente.

Finalmente y quizás, lo más importante, como ya se había señalado, la domótica suele estar enfocada hacia el sector de la población con mejores condiciones económicas, por las razones que se acaban de mencionar y pudiendo existir otras más. El hecho es que ninguna empresa dedicada a hacer domótica, ofrece sus productos a la clase media (y ni hablar de la clase baja), por lo menos no de manera que las personas en este estrato social entiendan que pueden tener acceso a esta tecnología. Esto último es algo que debería cambiar, pues en México habría un mercado muy grande y más en la actualidad, ya que parece existir una especie de moda por la tecnología.

Capítulo 2: Diseño del sistema domótico

Con base en lo descrito en el capítulo anterior, es oportuno mencionar que el sistema domótico que se diseña en este proyecto es un sistema con las siguientes características:

- Es un sistema centralizado, donde el microcontrolador MSP430G2553 funge como unidad de gestión central.
- Posee una topología tipo estrella, pues tanto sensores como actuadores están conectados a la unidad de gestión central.
- El medio de transmisión de las señales del sistema domótico se compone de cableado propio.

Los sensores elegidos para este proyecto son parecidos entre sí, en cuanto a los valores de voltaje de polarización y de salida se refiere, por lo que, acoplarlos al microcontrolador MSP430G2553 es un proceso también similar, entre varios de ellos. Lo que difiere entre cada uno de estos sensores es la corriente que demandan, de allí que la forma de polarizar cada uno de ellos sea también diferente, tal como se muestra a continuación.

2.1. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de movimiento

Primeramente, para polarizar el sensor de movimiento GH-718 se debe tener una fuente de alimentación de corriente directa de 5 volts que suministre de 50 a 60 micro amperes, que son los valores de voltaje y corriente, respectivamente, que requiere este sensor para funcionar.

Entonces tomando los valores de voltaje y corriente mencionados, se tiene lo siguiente:

$$V_{\text{Sensor de movimiento}} = 5[\text{v}]$$

$$I_{\text{Sensor de movimiento}} = 60[\mu\text{A}]$$

En el mercado existen fuentes de corriente directa capaces de suministrar 12[v] con diferentes intensidades de corriente. Se considera utilizar una fuente de este tipo, es decir, de 12[v], por lo que se requiere disminuir dicho voltaje a 5[v], para ello se implementa el siguiente circuito electrónico:

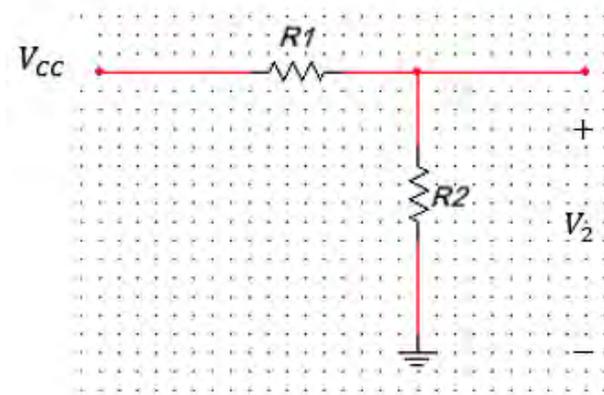


Figura 2.1. Circuito divisor de voltaje.

En la figura 2.1 se observa un circuito divisor de voltaje, el cual se busca utilizar para polarizar al sensor de movimiento mencionado anteriormente.

Entonces, si se propone la resistencia $R_2 = 10[k\Omega]$ se tiene lo siguiente:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

Despejando a R_1 , se tiene que:

$$R_1 = \left(\frac{V_{CC}}{V_2} - 1 \right) R_2$$

Donde:

- $V_{CC} = 12[v]$
- $V_2 = 5[v]$
- $R_2 = 10[k\Omega]$

Entonces, sustituyendo valores:

$$R_1 = \left(\frac{12[v]}{5[v]} - 1 \right) 10[k\Omega] = 14[k\Omega]$$

De acuerdo con lo anterior, el circuito que se requiere es como el que se muestra a continuación:

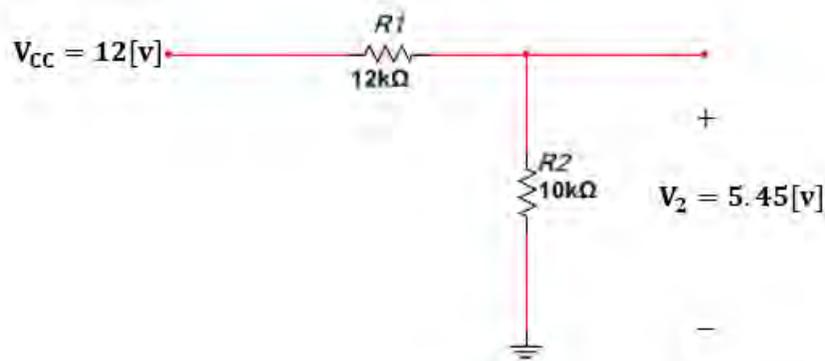


Figura 2.2. Circuito divisor de voltaje con valores de componentes.

En la figura 2.2 se observa el circuito divisor de voltaje con los valores de las resistencias que debe tener para que el voltaje baje de 12 a 5 volts. La resistencia de valor comercial más cercana al valor obtenido teóricamente para $R_1 = 14[k\Omega]$ es de $15[k\Omega]$, pero al colocar una resistencia de ese valor el voltaje de salida del circuito desciende hasta $4.8[v]$ y dado que lo que se busca es que el circuito divisor de voltaje entregue al menos $5[v]$, ese arreglo de resistencias no sirve. En cambio, al usar una resistencia de $12[k\Omega]$ el voltaje de salida del circuito es de $5.45[v]$, el cual es un voltaje que es capaz de aceptar el sensor de movimiento.

Ahora bien, se conoce el voltaje de la fuente de polarización de este sistema domótico, pero se debe conocer la corriente que debe ser capaz de suministrar dicha fuente. Entonces se tiene que la resistencia R_2 del circuito divisor de voltaje también demanda una determinada corriente, la cual se muestra a continuación:

$$V_2 = R_2 I_2$$

Despejando a la corriente y sustituyendo valores se tiene que:

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{5.45[v]}{10[k\Omega]} = 0.545[mA]$$

Entonces la corriente que demanda el sensor y su circuito de polarización es:

$$I_{\text{Sensor de movimiento}} = 60[\mu A] + 0.545[mA] = 0.605[mA]$$

De acuerdo al fabricante, el sensor de movimiento posee una salida TTL por lo que tiene un estado alto y bajo. Esto último significa que el microcontrolador MSP430G2553 puede detectar fácilmente dichos estados del sensor sin necesidad de agregar un circuito electrónico extra.

2.2. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de gas LP

El módulo sensor de gas LP IM120710024 funciona con solo 5 volts, pero requiere de una corriente de 122[mA] para operar de manera correcta. Al utilizar el mismo circuito divisor de voltaje que el mostrado en la figura 2.2, este sensor no enciende, por lo que se requiere una alternativa. La más sencilla es colocar una resistencia en serie con el sensor de gas LP, para bajar la diferencia de potencial entre las terminales del sensor, de 12 a 5[v] aproximadamente.

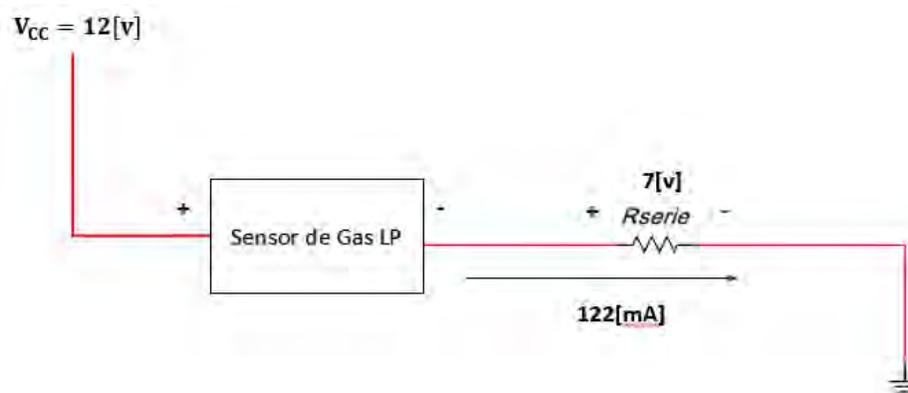


Figura 2.3. Circuito de polarización del sensor de gas LP.

En la figura 2.3 se observa el circuito de polarización del sensor de gas LP, la resistencia puesta en serie con el sensor debe tener una diferencia de potencial entre sus terminales de 7[v]. Con esos datos se puede calcular el valor de la resistencia.

$$R_{Serie} = \frac{V}{I} = \frac{7[v]}{122[mA]} = 57.37[\Omega]$$

Por lo que, la resistencia de valor comercial más cercano al obtenido es de 56[Ω]. Durante la práctica se observó que se puede utilizar una resistencia de un valor menor, es decir, de 33[Ω], 39[Ω] o 47[Ω], con las cuales el sensor funciona. La consideración que se debe tener es que entre menor valor tenga la resistencia, mayor voltaje tendrá el sensor de gas LP y mayor corriente circulará a través del circuito.

Ahora bien, al realizar pruebas con dicho sensor y el microcontrolador MSP430G2553 se encontró con que el microcontrolador tenía dificultades para detectar la señal de salida del sensor de gas LP, por lo cual se optó por introducir un circuito que hiciera que la señal de dicho sensor fuera digital, es decir, igual a la señal que emite el sensor de movimiento, ya que esa señal puede ser introducida directamente al microcontrolador y este último la detecta sin problemas. Entonces, el circuito al que se hizo referencia es el siguiente:

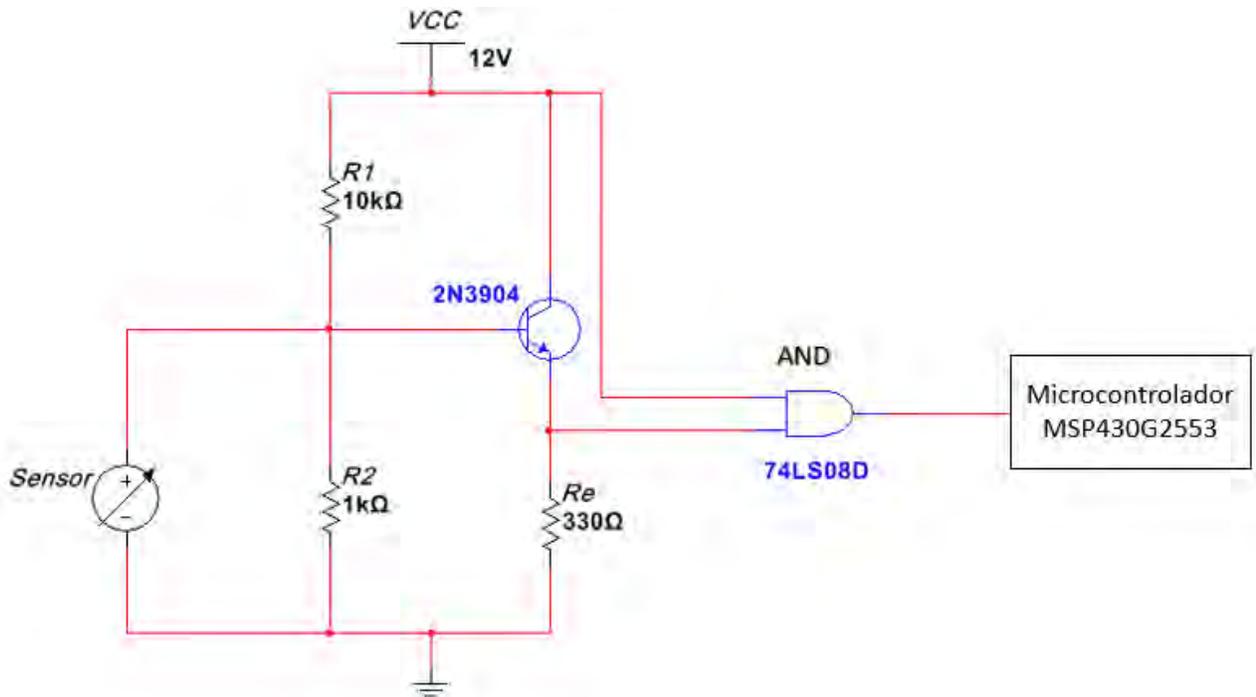


Figura 2.4. Circuito de acoplamiento para el sensor de gas LP.

En la figura 2.4 se observa el circuito que se utiliza para acoplar la señal del sensor de gas LP al microcontrolador. Consiste en un transistor operando en las regiones de corte y saturación, seguido de una compuerta AND la cual emite una señal digital a la salida, que es la que entra o es detectada por el microcontrolador.

A continuación, se muestra el análisis del circuito mostrado en la figura anterior.

Caso 1: Sensor de gas LP en reposo.

Cuando el sensor de gas LP está en reposo, envía una señal de muy bajo voltaje, de alrededor de 0.62 [v]. Esto último quiere decir que con ese voltaje, el transistor no enciende, ya que de acuerdo al fabricante, el voltaje mínimo de encendido del transistor 2N3904 es de 0.65 [v].

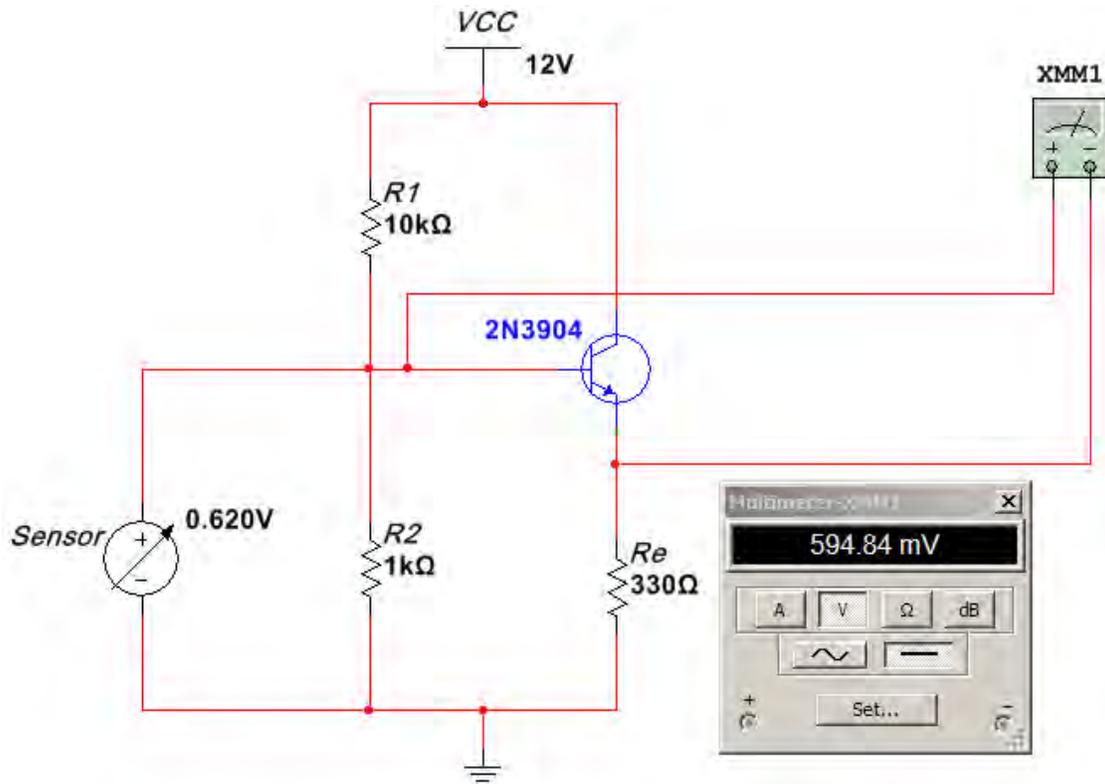


Figura 2.5. Voltaje Base-Emisor del transistor 2N3904.

En la figura 2.5 se observa el voltaje base-emisor del transistor, se ve que dicho voltaje no supera el voltaje mínimo de encendido del transistor, como se había mencionado.

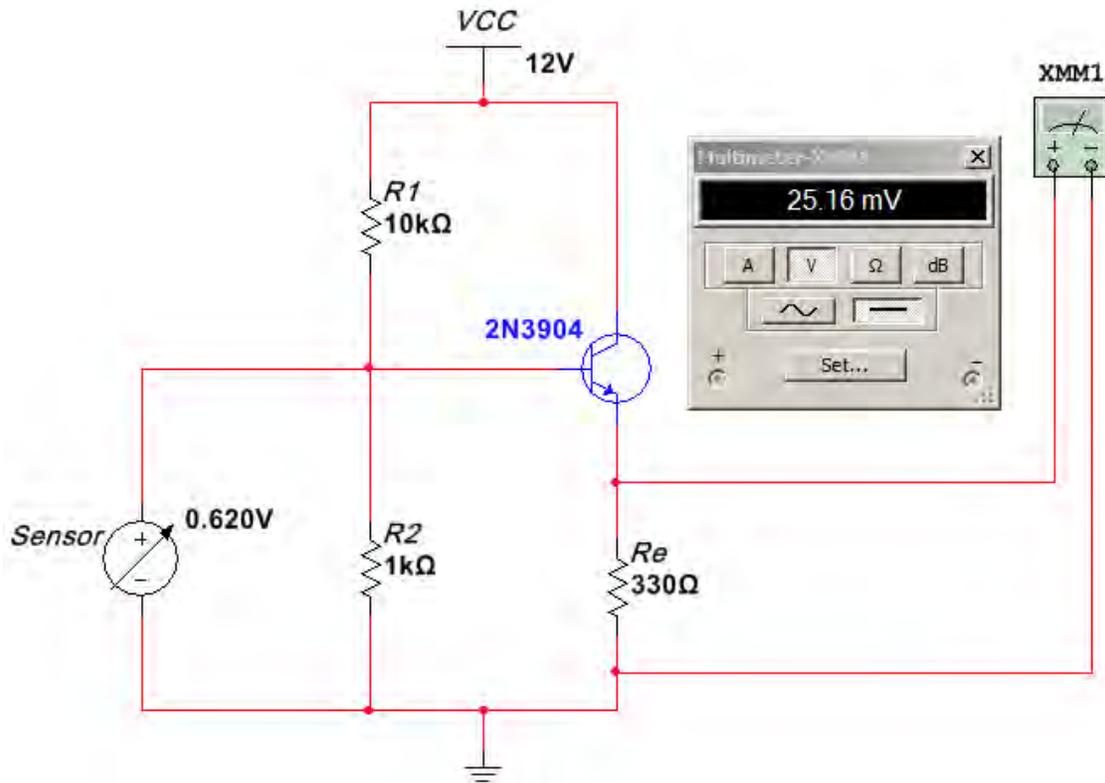


Figura 2.6. Voltaje sobre la resistencia Re.

En la figura 2.6 se observa el voltaje sobre la resistencia Re, dicho voltaje es el que se suministra a la compuerta AND que se mostró en la figura 2.4. Por esta razón, la compuerta AND detecta y, por consecuencia, emite un "0" lógico, de manera que el microcontrolador detecta que el sensor de gas está desactivado, es decir, que no ha detectado gas.

Caso 2: Sensor de gas LP activado.

Cuando el sensor de gas LP está activado, emite, de acuerdo al fabricante, una señal de alrededor de 5[V]. Tomando este dato en cuenta se tiene lo siguiente:

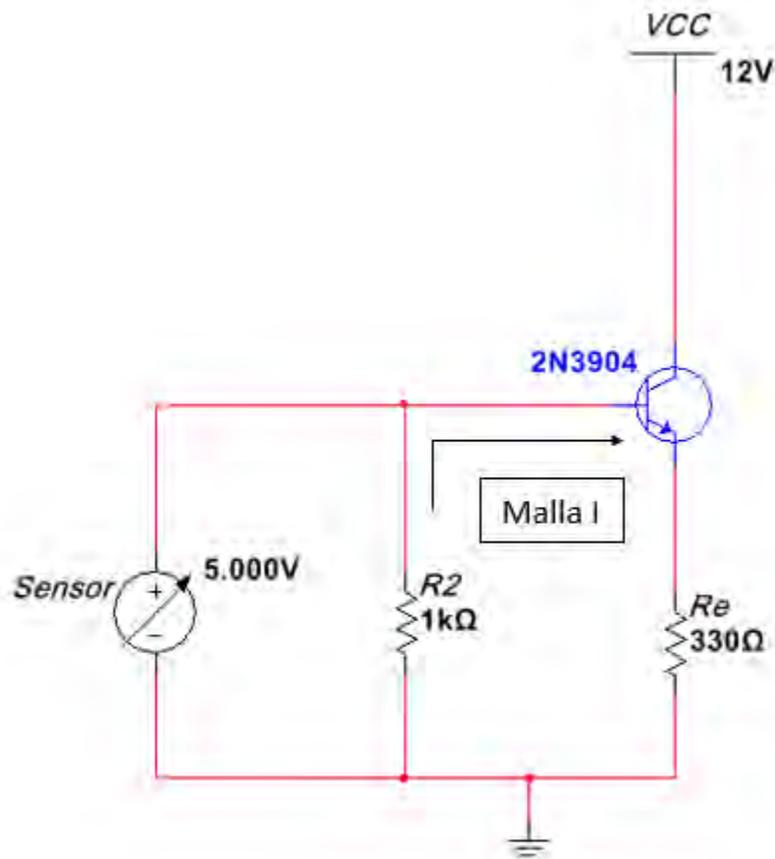


Figura 2.7. Circuito con sensor de gas LP activado.

La ecuación de la malla I del circuito mostrado en la figura 2.7 queda así:

$$V_{\text{Transductor}} - V_{\text{BE}} - V_{\text{Re}} = 0$$

Despejando al voltaje en la resistencia Re:

$$V_{\text{Re}} = V_{\text{Transductor}} - V_{\text{BE}}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$V_{\text{Re}} = 5[\text{v}] - 0.75[\text{v}] = 4.25[\text{v}]$$

De manera que la compuerta AND detecta un “1” lógico, emitiendo de igual forma, un “1” lógico a la salida de esta última, de forma que el microcontrolador detecta que el sensor de gas LP se ha activado.

Ahora, para conocer la corriente que circula por la resistencia R_e se tiene que:

$$V_{Re} = I_C R_e$$

Despejando a la corriente de colector y sustituyendo valores, se tiene lo siguiente:

$$I_C = \frac{V_{Re}}{R_e} = \frac{4.25[v]}{330[\Omega]} = 12.87[mA]$$

Entonces la corriente que demanda todo el circuito de acoplamiento y el propio sensor de gas LP es:

$$I_{\text{Total Gas LP}} = I_C + I_{\text{Sensor de Gas LP}} = 12.87[mA] + 122[mA] = 134.87[mA]$$

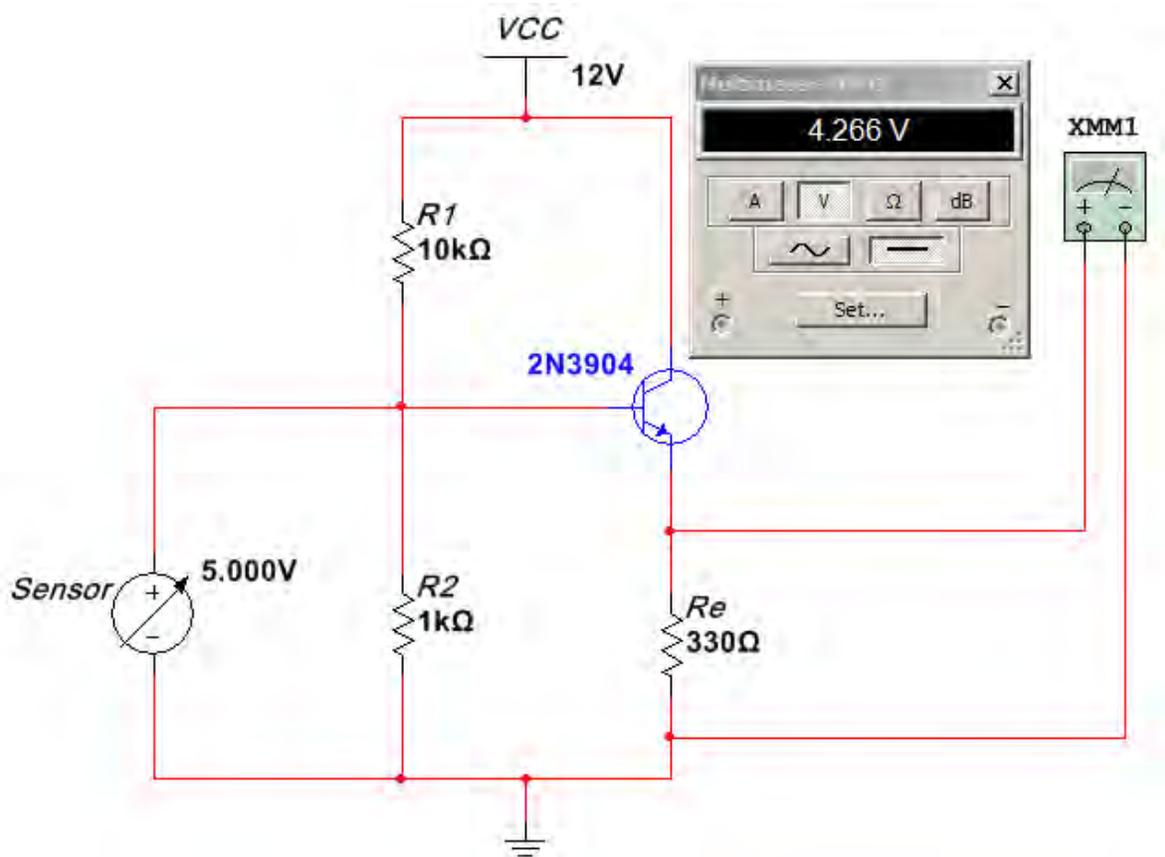


Figura 2.8. Voltaje en la resistencia R_e con el sensor de gas LP activado.

En la figura 2.8 se observa el valor del voltaje en la resistencia R_e , resultado de la simulación de circuito. El valor de voltaje es prácticamente el mismo al obtenido teóricamente, la diferencia entre el valor teórico y el de la simulación puede deberse al valor del voltaje base-emisor que el programa toma por defecto.

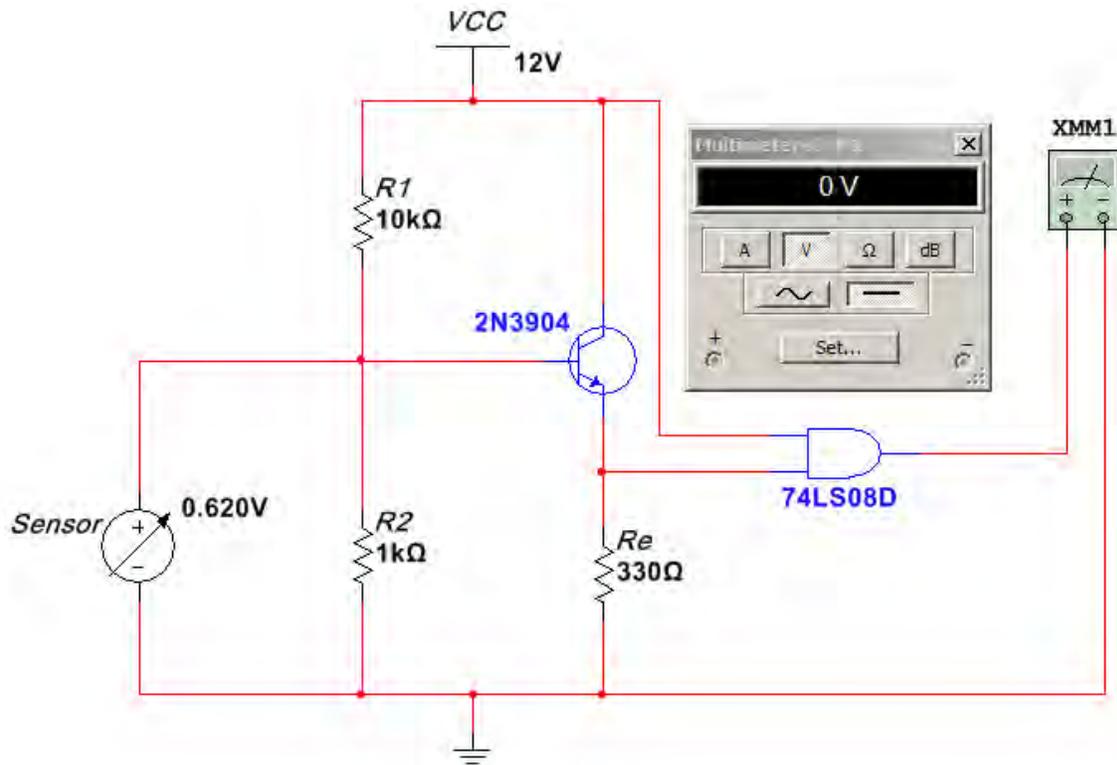


Figura 2.9. Circuito de acoplamiento con sensor de gas LP desactivado.

En la figura 2.9 se muestra el voltaje de salida del circuito de acoplamiento del sensor de gas LP. Se observa que cuando el sensor de gas LP esta desactivado el voltaje de salida del circuito de acoplamiento es cero.

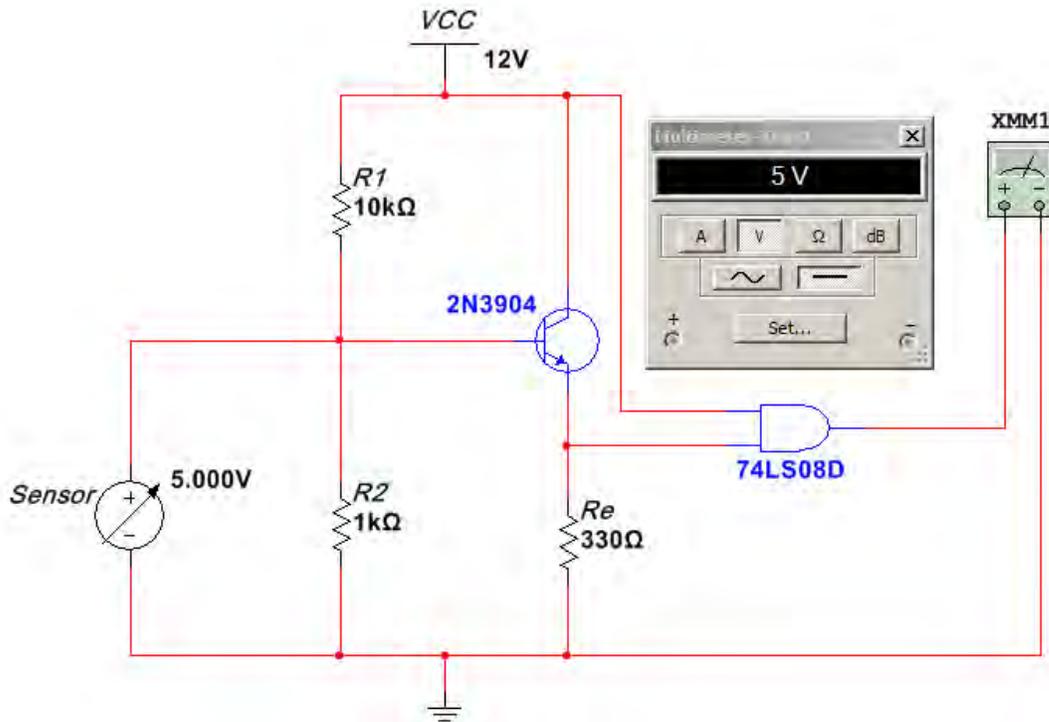


Figura 2.10. Circuito de acoplamiento con sensor de gas LP activado.

En la figura 2.10 se observa el voltaje de salida del circuito de acoplamiento cuando el sensor de gas LP está activado. Se puede ver que el circuito de acoplamiento entrega un voltaje de 5 volts, voltaje suficiente para que el microcontrolador lo detecte como un “1” lógico.

2.3. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de humedad

El sensor de humedad IM121017001 posee la característica de emitir una señal de salida compatible con el microcontrolador MSP430G2553, por lo que solo resta ver la manera en que es polarizado.

De acuerdo al fabricante este sensor puede operar desde 3.3[v] a 5[v], lo que hace posible energizarlo con el propio microcontrolador. Para evitar agregar componentes electrónicos que representen un costo extra, este sensor se polariza con la terminal Vcc del microcontrolador.

Entonces los valores de voltaje y corriente del sensor de humedad son los siguientes:

$$V_{\text{Sensor de humedad}} = 3.6[\text{V}]$$

$$I_{\text{Sensor de humedad}} = 5[\text{mA}]$$

De esta manera, el sensor de humedad no demanda corriente directamente de la fuente de polarización que energiza el resto del sistema, es el microcontrolador el que demanda esa corriente a dicha fuente por lo que se debe considerar la corriente de operación de este sensor en los cálculos de la demanda total de corriente del sistema.

2.4. Adquisición y acondicionamiento de la señal del sensor de humo

El sensor de humo IM120710024 usado en este proyecto, es el mismo modelo de circuito integrado que el utilizado para detectar gas LP por lo que se polariza de la misma forma que el sensor de gas LP visto en el punto 2.2. De forma que se requiere el circuito de polarización mostrado en la figura 2.3 y el circuito de acoplamiento mostrado en la figura 2.4.

Entonces considerando la corriente que consume el propio sensor y el circuito de acoplamiento se tiene que:

$$I_{\text{Sensor de Humo}} = 122[\text{mA}] + 12.87[\text{mA}] = 134.87[\text{mA}]$$

Finalmente se puede conocer la corriente mínima que debe suministrar la fuente de polarización para los sensores, la cual se muestra a continuación:

$$I_{\text{Fuente}} = I_{\text{Sensor de movimiento}} + I_{\text{Total Gas LP}} + I_{\text{Sensor de Humedad}} + I_{\text{Sensor de Humo}}$$

$$I_{\text{Fuente}} = 60[\mu\text{A}] + 134.87[\text{mA}] + 5[\text{mA}] + 134.87[\text{mA}]$$

$$I_{\text{Fuente}} = 274.8[\text{mA}]$$

Por lo que la fuente de corriente directa que se debe usar para polarizar el sistema debe, al menos, poder suministrar 274.8[mA] y 12[v].

En el mercado existen fuentes de corriente directa capaces de suministrar estos valores de corriente y voltaje, pero el fabricante especifica la potencia que entrega la fuente. Siendo ese el caso, la potencia mínima que debe entregar la fuente de polarización es la siguiente:

$$P_{\text{Fuente}} = (274.8[\text{mA}])(12[\text{v}]) = 3.29[\text{w}]$$



Figura 2.11. Eliminador de 12[v] a 500[mA].

En la figura 2.11 se observa un eliminador capaz de suministrar 12[v] y 500[mA], dicho eliminador puede usarse como fuente de alimentación del sistema domótico, de no ser porque el fabricante menciona que dicho eliminador solo es capaz de mantener estos valores de voltaje y corriente por 8 horas.



Figura 2.12. Fuente de polarización de 15[w].

En la figura 2.12 se observa una fuente de polarización de 12[v] a 1.3[A], que es la más fácil de conseguir en el mercado. Dicha fuente de polarización es la que usa en este proyecto, debido a que cumple con los requerimientos mínimos que se mencionaron anteriormente y el fabricante no menciona una limitación de tiempo, como la del eliminador mostrado en la figura 2.11. Además de que falta considerar la corriente que consumen los actuadores del sistema domótico, lo cual se verá más adelante.

Capítulo 3: Programación del Microcontrolador MSP430

En este capítulo se muestra cómo adaptar la señal de salida de los sensores al microcontrolador MSP430G2553. El microcontrolador también va a interactuar con los actuadores del sistema domótico, pero este capítulo se va a centrar en la interacción entre el microcontrolador y los sensores.

3.1. Recepción de la señal del sensor de movimiento

Primeramente se tiene el diagrama de flujo del programa para la recepción de la señal del sensor de movimiento. Dicho diagrama se presenta a continuación:

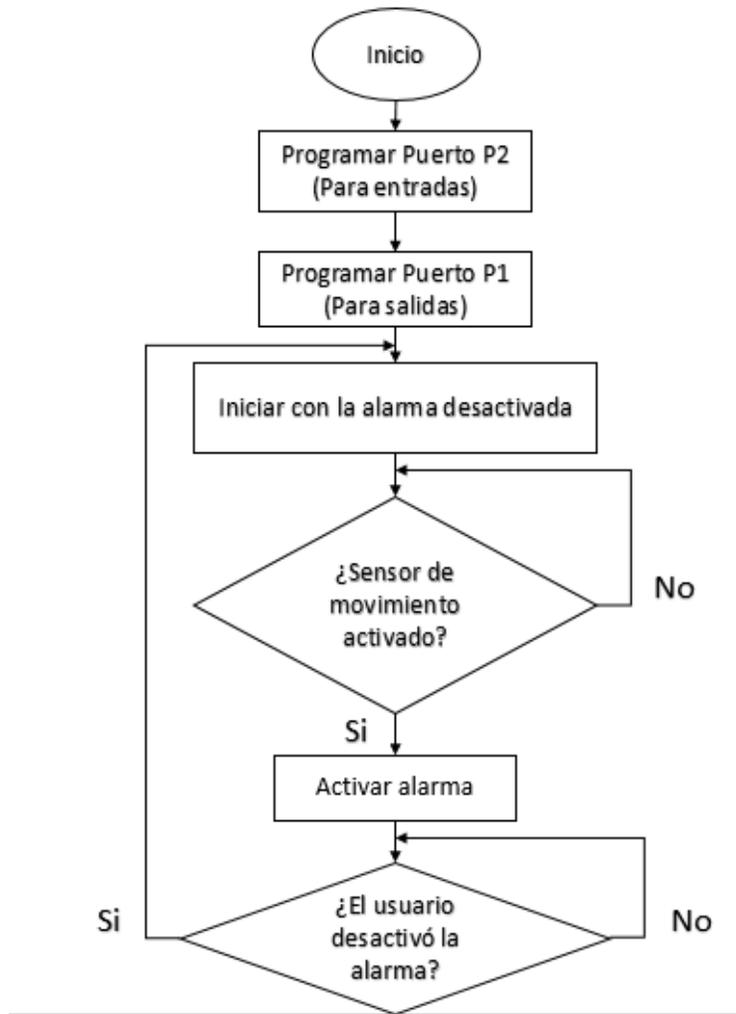


Figura 3.1. Diagrama de flujo para la recepción de la señal del sensor de movimiento.

En la figura 3.1 se observa el diagrama de flujo que describe el algoritmo o los pasos a seguir para que el microcontrolador reciba la señal del sensor de movimiento. Usar el puerto P2 solo para entradas y el puerto P1 solo para salidas, da la ventaja de poder acoplar más fácilmente sensores de movimiento al microcontrolador y de igual forma, facilita el acople de las salidas a diferentes alarmas.

Ahora bien, traduciendo el diagrama de flujo de la figura 3.1 a lenguaje ensamblador, se tiene lo siguiente:

```

INI      mov.w #5A80h, &0120h ;Detener el Watchdog
        mov.w #0400h, SP    ;Inicializa el Stack Pointer

        mov.b #00h, &P2DIR  ;Programa el puerto P2

        bis.b #BIT0, &P1DIR ;Programa el puerto P1

DEACTIVA bis.b #BIT0, &P1OUT ;Desactiva la alarma

ALARMA   bit.b #BIT0, &P2IN  ;¿Se activo el sensor de movimiento?
        jz ALARMA

        bic.b #BIT0, &P1OUT  ;Activa la alarma

ESPERA   bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó la alarma?
        jz ESPERA
        jmp DESACTIVA

```

Figura 3.2. Código en lenguaje ensamblador para la recepción de la señal del sensor de movimiento.

En la figura 3.2 se observa el código de programación para que el microcontrolador MSP430G2553 reciba la señal proveniente del sensor de movimiento y emita una señal de alarma, que posteriormente se va a utilizar.

3.2. Recepción de la señal del sensor de gas

Para poder crear una interacción entre el microcontrolador y el sensor de gas LP, es necesario que el microcontrolador diferencie la señal del sensor de movimiento y la del propio sensor de gas LP. También es necesario que una vez que distinga una señal de la otra, envíe una señal hacia el actuador correspondiente.

A continuación se muestra el diagrama de flujo que muestra la lógica que debe seguir el microcontrolador MSP430G2553 para que lo anterior mencionado se cumpla.

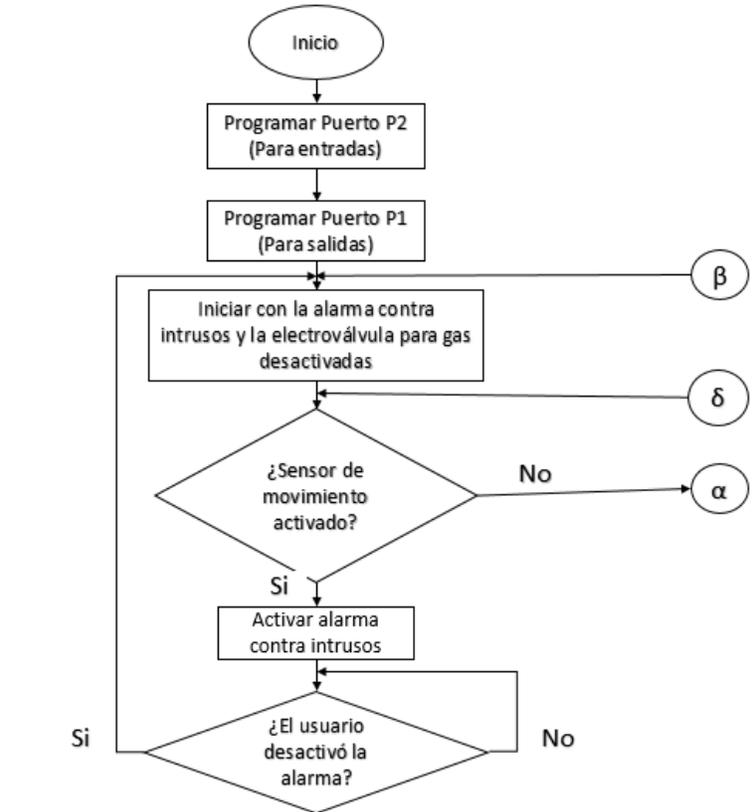


Figura 3.3. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento y de gas LP. (Parte 1).

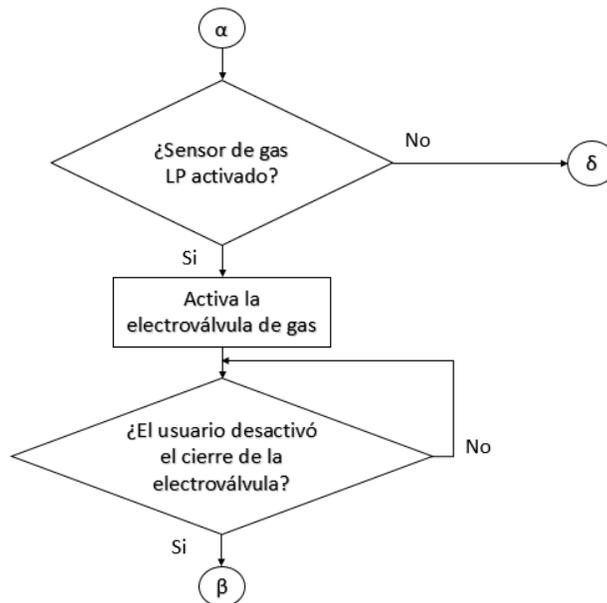


Figura 3.4. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento y de gas LP. (Parte 2).

En la figura 3.3 se observa prácticamente el mismo diagrama de flujo que el mostrado en la figura 3.1, que corresponde a la recepción de la señal del sensor de movimiento. Ahora bien, en la figura 3.4 se observa la parte correspondiente a la recepción de la señal del sensor de gas LP y la emisión de una señal que activa una electroválvula que cierra el paso de gas.

Una vez teniendo el diagrama de flujo es más fácil implementar el código en lenguaje ensamblador para que el microcontrolador funcione de manera adecuada a las necesidades que se tiene. A continuación se muestra el programa en lenguaje ensamblador basado en el diagrama de flujo mostrado en las figuras 3.3 y 3.4.

```

INI          mov.w #5A80h, &0120h ;Detener el Watchdog
            mov.w #0400h, SP      ;Inicializa el Stack Pointer

            mov.b #00h, &P2DIR   ;Programa el puerto P2
            mov.b #03h, &P1DIR   ;Programa el puerto P1

DESACTIVA    mov.b #03h, &P1OUT   ;Desactiva la alarma y la electroválvula para el gas

REGRESA      bit.b #BIT0, &P2IN  ;¿Se activó el sensor de movimiento?
            jnz ALARMA1

            bit.b #BIT2, &P2IN  ;¿Se activó el sensor de gas?
            jz  REGRESA
            jmp ALARMA2

ALARMA1      bic.b #BIT0, &P1OUT  ;Activa la alarma

ESPERA1      bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó la alarma contra intrusos?
            jz  ESPERA1
            jmp DESACTIVA

ALARMA2      bic.b #BIT1, &P1OUT  ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de gas

ESPERA2      bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
            jz  ESPERA2
            jmp DESACTIVA

```

Figura 3.5. Código en lenguaje ensamblador para la recepción de las señales del sensor de movimiento y del sensor de gas LP.

En la figura 3.5 se observa el código en lenguaje ensamblador con el cual el microcontrolador recibe las señales de los sensores de movimiento y de gas LP. A su vez, el microcontrolador emite una señal que activa una alarma contra intrusos o una electroválvula que cierra el paso de gas.

Es importante aclarar que dentro del programa mostrado en la figura 3.5, se asume que la alarma contra intrusos y la electroválvula se activan y desactivan de manera muy simple, quitando y suministrando un voltaje de DC por tiempo indefinido.

3.3. Recepción de la señal del sensor de humedad

Para que el microcontrolador MSP430G2553 reciba la señal del sensor de humedad, únicamente se conecta el puerto de salida de dicho sensor con cualquiera de los puertos del microcontrolador habilitados como entradas. A continuación se observa el diagrama de flujo que muestra la lógica que sigue el microcontrolador para recibir la señal de hasta ahora, tres sensores:

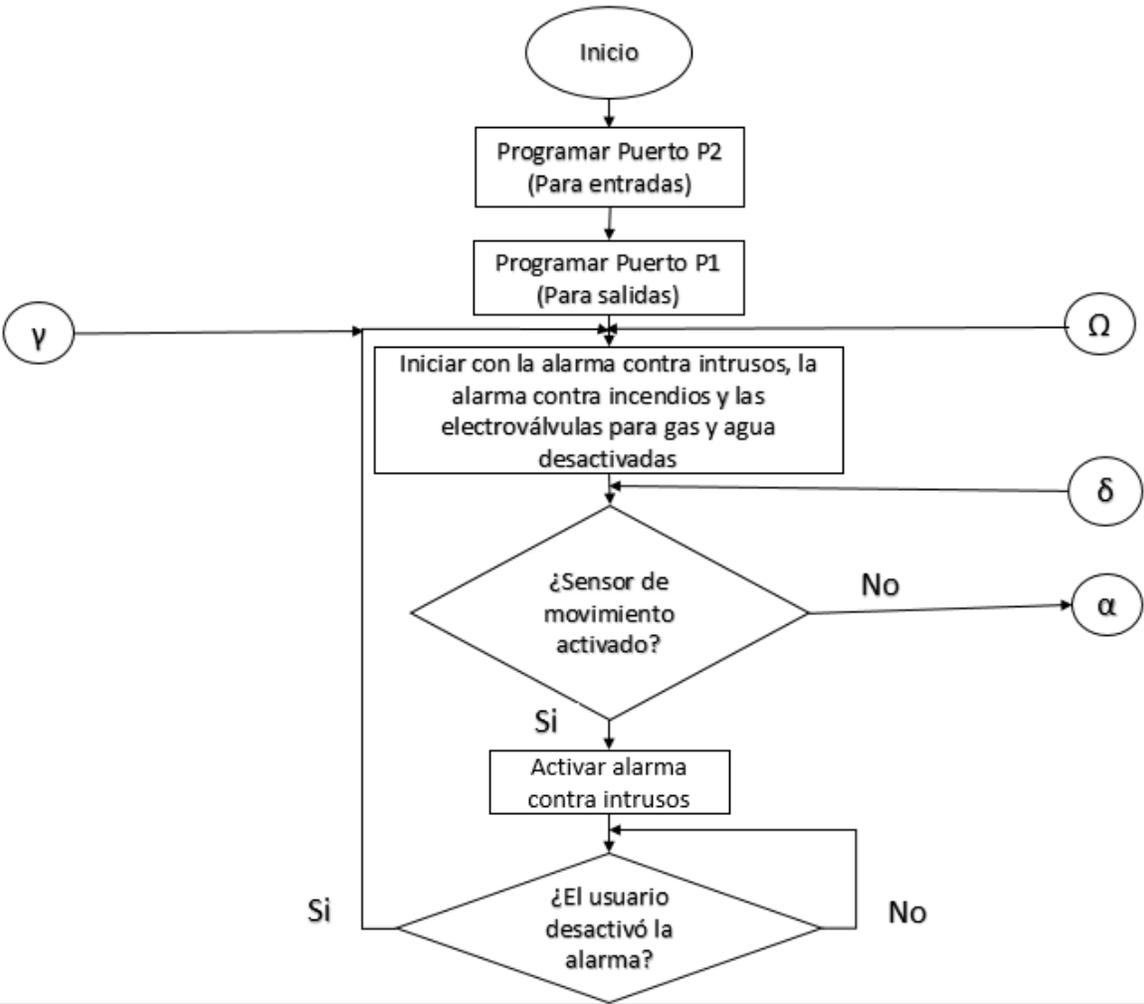


Figura 3.6. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP y humedad. (Parte 1)

En la figura 3.6 se observa la primera parte del diagrama de flujo que indica la manera en que el microcontrolador MSP430G2553 recibe las señales de los sensores de movimiento, gas LP y humedad. En dicha figura se observa la parte correspondiente a la recepción de la señal del sensor de movimiento, una vez que el microcontrolador recibe dicha señal, el microcontrolador activa una alarma contra intrusos y posteriormente espera a que el usuario la desactive para volver a las condiciones iniciales.

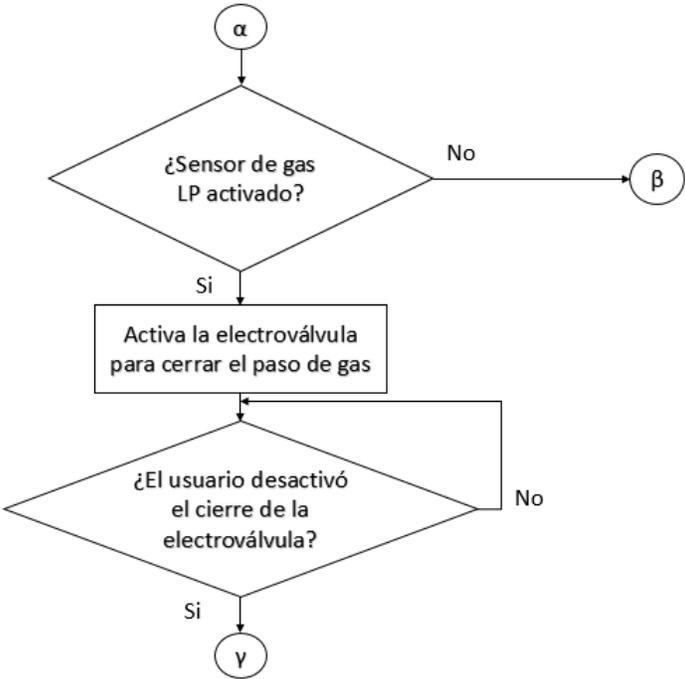


Figura 3.7. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP y humedad. (Parte 2)

En la figura 3.7 se observa la parte correspondiente a la recepción de la señal del sensor de gas LP, una vez que el microcontrolador recibe dicha señal activa o enciende una electroválvula que cierra el paso de gas, deteniendo así una posible fuga de gas. Finalmente, el microcontrolador espera a que el usuario desactive el cierre de la electroválvula para regresar a las condiciones iniciales.

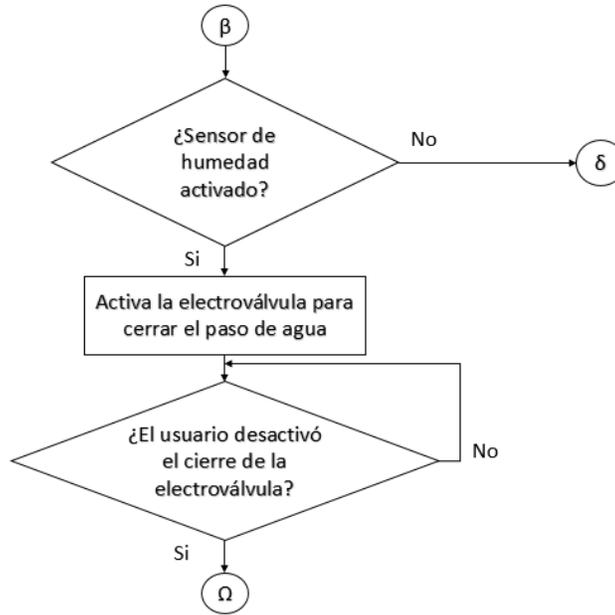


Figura 3.8. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP y humedad. (Parte 3).

En la figura 3.8 se observa la parte correspondiente a la recepción de la señal del sensor de humedad. Una vez que el microcontrolador recibe dicha señal, activa o enciende una electroválvula que cierra el paso de agua, evitando una posible fuga de agua. Por último, el microcontrolador espera a que el usuario desactive el cierre de la electroválvula para regresar a las condiciones iniciales.

A continuación se muestra el código en lenguaje ensamblador que corresponde al diagrama de flujo mostrado anteriormente.

```

INI      mov.w #5A80h, &0120h ;Detener el Watchdog
        mov.w #0400h, SP    ;Inicializa el Stack Pointer

        mov.b #00h, &P2DIR ;Programa el puerto P2
        mov.b #07h, &P1DIR ;Programa el puerto P1

DESACTIVA  mov.b #07h, &P1OUT ;Desactiva la alarma y las electroválvulas

REGRESA   bit.b #BIT0, &P2IN ;¿Se activó el sensor de movimiento?
        jnz ALARMA1

        bit.b #BIT2, &P2IN ;¿Se activó el sensor de gas?
        jnz ALARMA2

        bit.b #BIT3, &P2IN ;¿Se activó el sensor de humedad?
        jnz ALARMA3

ALARMA1   bic.b #BIT0, &P1OUT ;Activa la alarma

ESPERA1   bit.b #BIT1, &P2IN ;¿El usuario desactivó la alarma contra intrusos?
        jz ESPERA1
        jmp DESACTIVA

ALARMA2   bic.b #BIT1, &P1OUT ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de gas

ESPERA2   bit.b #BIT1, &P2IN ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
        jz ESPERA2
        jmp DESACTIVA

ALARMA3   bic.b #BIT2, &P1OUT ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de agua

ESPERA3   bit.b #BIT1, &P2IN ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
        jz ESPERA3
        jmp DESACTIVA

```

Figura 3.9. Código en lenguaje ensamblador para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP y humedad.

En la figura 3.9 se puede observar el programa en lenguaje ensamblador utilizado para la recepción de la señal de los tres sensores. El código es prácticamente el mismo que el mostrado en la figura 3.5, con la única diferencia de que se agrega una condición más, con la cual se verifica el estado del sensor de humedad y una vez que se activa la electroválvula para cerrar el paso de agua el programa se mantiene en un “Loop” de espera, hasta que el usuario desactiva el cierre de la electroválvula.

3.4. Recepción de la señal del sensor de humo

Como ya se mencionó en el capítulo 1, el sensor de humo es idéntico al utilizado para detectar gas LP, esto hace que la lógica que el microcontrolador debe seguir para recibir la señal de dicho sensor sea la misma que la que utilizó para recibir la

señal del sensor de gas LP. A continuación se observa el diagrama de flujo que muestra la lógica que el microcontrolador MSP430G2553 sigue para recibir la señal de los cuatro sensores planteados para este proyecto.

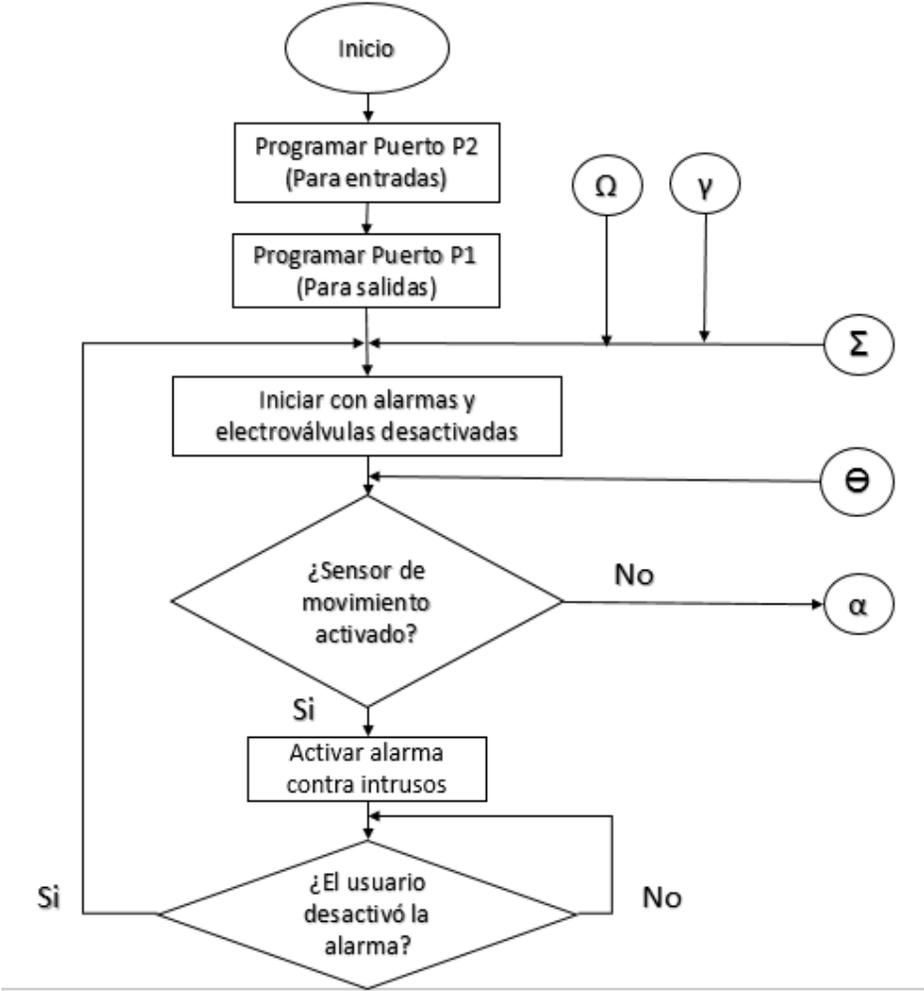


Figura 3.10. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP, humedad y humo. (Parte 1).

En la figura 3.10 se observa la primera parte del diagrama de flujo que nos indica la lógica que el microcontrolador MSP430G2553 sigue para recibir la señal de los cuatro sensores ya mencionados. Dicha figura muestra la parte correspondiente a la recepción de la señal del sensor de movimiento y el establecimiento de las condiciones iniciales del sistema, similar a los diagramas de los subtemas 3.1, 3.2 y 3.3 mostrados en las figuras 3.1, 3.3 y 3.6, respectivamente.

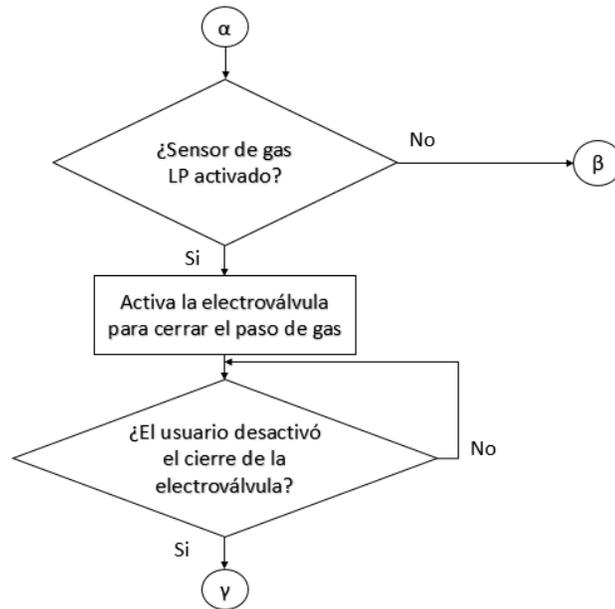


Figura 3.11. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los transductores de movimiento, gas LP, humedad y humo. (Parte 2).

En la figura 3.11 Se muestra la parte del diagrama de flujo que corresponde a la recepción de la señal del transductor de gas LP, similar a los diagramas de los subtemas 3.2 y 3,3 mostrados en las figuras 3.4 y 3.7, respectivamente.

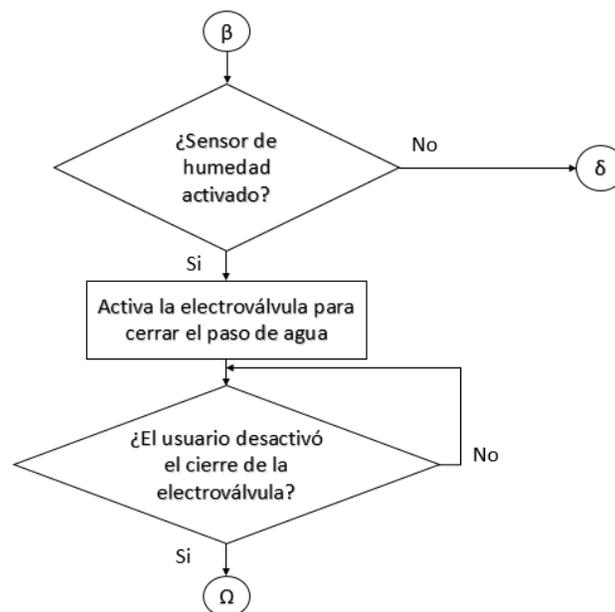


Figura 3.12. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP, humedad y humo. (Parte 3).

En la figura 3.12 se muestra la parte del diagrama correspondiente a la recepción de la señal del transductor de humedad, similar al diagrama mostrado en el subtema 3.3 en la figura 3.8.

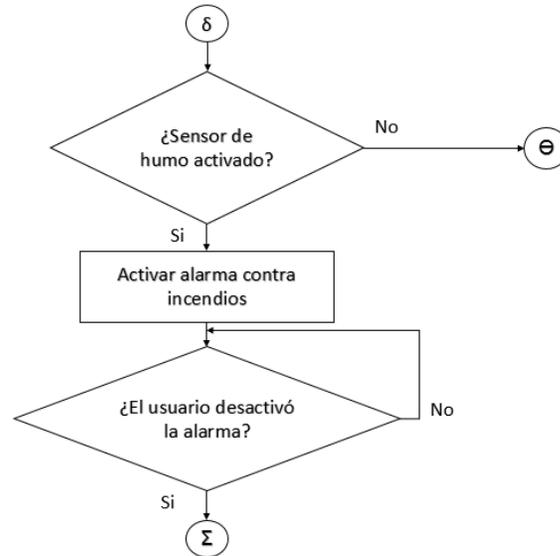


Figura 3.13. Diagrama de flujo para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP, humedad y humo. (Parte 4).

En la figura 3.13 Se observa la parte del diagrama de flujo correspondiente a la recepción de la señal del sensor de humo. Una vez que el microcontrolador MSP430G2553 recibe la señal del sensor de humo, activa una alarma contra incendios. Dicha alarma permanece activada hasta que el usuario la desactiva, entonces el microcontrolador regresa el sistema domótico a sus condiciones iniciales.

A continuación se muestra el código en lenguaje ensamblador utilizado para la recepción de la señal de los cuatro sensores ya mencionados y que representa lo mostrado en el diagrama de flujo de las figuras 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13.

```

INI      mov.w #5A80h, &0120h ;Detener el Watchdog
        mov.w #0400h, SP    ;Inicializa el Stack Pointer

        mov.b #00h, &P2DIR ;Programa el puerto P2

        mov.b #07h, &P1DIR ;Programa el puerto P1

DESACTIVA  mov.b #07h, &P1OUT ;Desactiva la alarma y las electroválvulas

REGRESA   bit.b #BIT0, &P2IN ;¿Se activó el sensor de movimiento?
        jnz ALARMA1

        bit.b #BIT2, &P2IN ;¿Se activó el sensor de gas?
        jnz ALARMA2

        bit.b #BIT3, &P2IN ;¿Se activó el sensor de humedad?
        jnz ALARMA3

        bit.b #BIT4, &P2IN ;¿Se activó el sensor de humo?
        jnz ALARMA4
        jmp REGRESA

ALARMA1   bic.b #BIT0, &P1OUT ;Activa la alarma

ESPERA1   bit.b #BIT1, &P2IN ;¿El usuario desactivó la alarma contra intrusos?
        jz ESPERA1
        jmp DESACTIVA

ALARMA2   bic.b #BIT1, &P1OUT ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de gas

ESPERA2   bit.b #BIT1, &P2IN ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
        jz ESPERA2
        jmp DESACTIVA

```

Figura 3.14. Código en lenguaje ensamblador para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP, humedad y humo. (Parte 1).

En la figura 3.14 se observa la primera parte del código en lenguaje ensamblador para que el microcontrolador MSP430G2553 reciba la señal de los cuatro sensores mencionados en este apartado. En dicha imagen se observa la parte donde se verifica el estado de los sensores, es decir, si estos se encuentran activos o no. También se observa la parte del código donde se activan la alarma contra intrusos y la electroválvula que cierra el paso de gas, en caso de que los sensores de movimiento o de gas LP, respectivamente, se hayan activado.

```

ALARMA3    bic.b #BIT2, &P1OUT    ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de agua
ESPERA3    bit.b #BIT1, &P2IN    ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
           jz ESPERA3
           jmp DESACTIVA
ALARMA4    bic.b #BIT3, &P1OUT    ;Activa la la alarma contra incendios
ESPERA4    bit.b #BIT1, &P2IN    ;¿El usuario desactivó la alarma contra incendios?
           jz ESPERA4
           jmp DESACTIVA

```

Figura 3.15. Código en lenguaje ensamblador para la recepción de la señal de los sensores de movimiento, gas LP, humedad y humo. (Parte 2).

En la figura 3.15 se observa la segunda parte del código en lenguaje ensamblador que utiliza el microcontrolador para recibir la señal de cualquiera de los cuatro sensores ya mencionados. En dicha figura se observa la parte del programa que activa la electroválvula que cierra el paso de agua y la alarma contra incendios, en caso de que los sensores de humedad o de humo, respectivamente, se hayan activado.

3.5. Emisión de la señal de activación de la alarma contra intrusos y de los diferentes actuadores

A lo largo de este capítulo se ha asumido que los actuadores se activan cuando el microcontrolador envía un “0” lógico a la salida correspondiente de cada actuador, lo cual es completamente opuesto a como realmente funciona el sistema domótico. Es decir, el microcontrolador debe mandar un “1” a lógico a la salida de cada actuador para poderlo activar.

Entonces con base en lo anterior mencionado, el código de programación del microcontrolador queda como se muestra a continuación:

```

INI      mov.w #5A80h, &0120h ;Detener el Watchdog
        mov.w #0400h, SP      ;Inicializa el Stack Pointer

        mov.b #00h, &P2DIR   ;Programa el puerto P2
        mov.b #0FFh, &P1DIR  ;Programa el puerto P1

DESACTIVA mov.b #00h, &P1OUT ;Desactiva la alarma y las electroválvulas

REGRESA  bit.b #BIT0, &P2IN  ;¿Se activó el sensor de movimiento?
        jnz ALARMA1

        bit.b #BIT2, &P2IN  ;¿Se activó el sensor de gas?
        jnz ALARMA2

        bit.b #BIT3, &P2IN  ;¿Se activó el sensor de humedad?
        jnz ALARMA3

        bit.b #BIT4, &P2IN  ;¿Se activó el sensor de humo?
        jnz ALARMA4
        jmp REGRESA

```

Figura 3.16. Código en lenguaje ensamblador para la emisión de señal de activación de los actuadores. (Parte 1)

En la figura 3.16 se observa básicamente el mismo código que el mostrado en la figura 3.14, la única diferencia es la línea de código que aparece ligeramente remarcada en la figura 3.16, que consiste en mandar un cero lógico en la salida hacia los actuadores.

```

ALARMA1  bis.b #BIT0, &P1OUT ;Activa la alarma contra intrusos
        mov.w #0200h, R5
        mov.w #0200h, R4
ENCENDIDO1 inc R4
        cmp #0FFFFh, R4
        jnz ENCENDIDO1

APAGADO1  bic.b #BIT0, &P1OUT ;Genera una intermitencia en el encendido del "buzzer"
        inc R5
        cmp #0FFFFh, R5
        jnz APAGADO1

        bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó la alarma contra intrusos?
        jz ALARMA1
        jmp DESACTIVA

ALARMA2  bis.b #BIT1, &P1OUT ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de gas
ESPERA2  bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
        jz ESPERA2
        jmp DESACTIVA

```

Figura 3.17. Código en lenguaje ensamblador para la emisión de señal de activación de los actuadores. (Parte 2)

En la figura 3.17 se muestra, de igual manera, prácticamente el mismo código de programación mostrado en la figura 3.14. En este caso el microcontrolador envía un “1” lógico a la salida del actuador que controla las fugas de gas y genera una señal intermitente, es decir, una señal que cambia constantemente entre un “1” y un “0” lógico, de forma que el “buzzer” y los leds que conforman la alarma contra intrusos encienden generando un sonido y un juego de luces, respectivamente, que el usuario puede distinguir con facilidad.

```

ALARMA3      bis.b #BIT2, &P1OUT ;Activa la electroválvula para cerrar el paso de agua
ESPERA3      bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó el cierre de la electroválvula?
              jz  ESPERA3
              jmp DESACTIVA

ALARMA4      bis.b #BIT3, &P1OUT ;Activa la la alarma contra incendios
              mov.w #0200h, R5
              mov.w #0200h, R4
ENCENDIDO2   inc  R4
              cmp  #0FFFFh, R4
              jnz  ENCENDIDO2

APAGADO2     bic.b #BIT3, &P1OUT ;Genera una intermitencia en el encendido del "buzzer"
              inc  R5
              cmp  #0FFFFh, R5
              jnz  APAGADO2

              bit.b #BIT1, &P2IN  ;¿El usuario desactivó la alarma contra incendios?
              jz  ALARMA4
              jmp DESACTIVA

```

Figura 3.18. Código en lenguaje ensamblador para la emisión de señal de activación de los actuadores. (Parte 3)

En la figura 3.18 se observa un código similar al de la figura 3.15. En este caso el microcontrolador genera una señal intermitente (como la que se mencionó en la explicación de la figura 3.17) que activa la alarma contra incendios. La diferencia entre esta señal intermitente y la mencionada anteriormente radica en la frecuencia de dicha intermitencia, ya que la frecuencia de la señal que activa la alarma contra incendios es mayor, por lo que el sonido que emite es diferente. De esta manera el usuario debería ser capaz de distinguir entre las dos alarmas con facilidad. Finalmente, el microcontrolador emite un “1” lógico cuando el transductor de humedad se activa, activando a su vez, una electroválvula que cierra el paso de agua.

Capítulo 4: Diseño de actuadores

En este capítulo se diseñarán los circuitos electrónicos necesarios para acoplar los actuadores al microcontrolador MSP430G2553. La ventaja de los actuadores seleccionados para este proyecto es que son fáciles de adaptar al microcontrolador mencionado, por lo que requieren de menos componentes electrónicos adicionales y por lo tanto, son más baratos.

4.1. Diseño del actuador para el control de una alarma contra intrusos

Como se mencionó en el subtema 1.2.1 del capítulo 1, el actuador correspondiente a esta sección es una alarma que combina elementos visuales, compuestos por 4 leds, y un elemento auditivo compuesto por un “buzzer”. Debido a que estos elementos pueden demandar al microcontrolador una corriente considerablemente alta, es que se añade un circuito electrónico que acopla la señal de salida de dicho microcontrolador hacia los elementos electrónicos mencionados anteriormente.

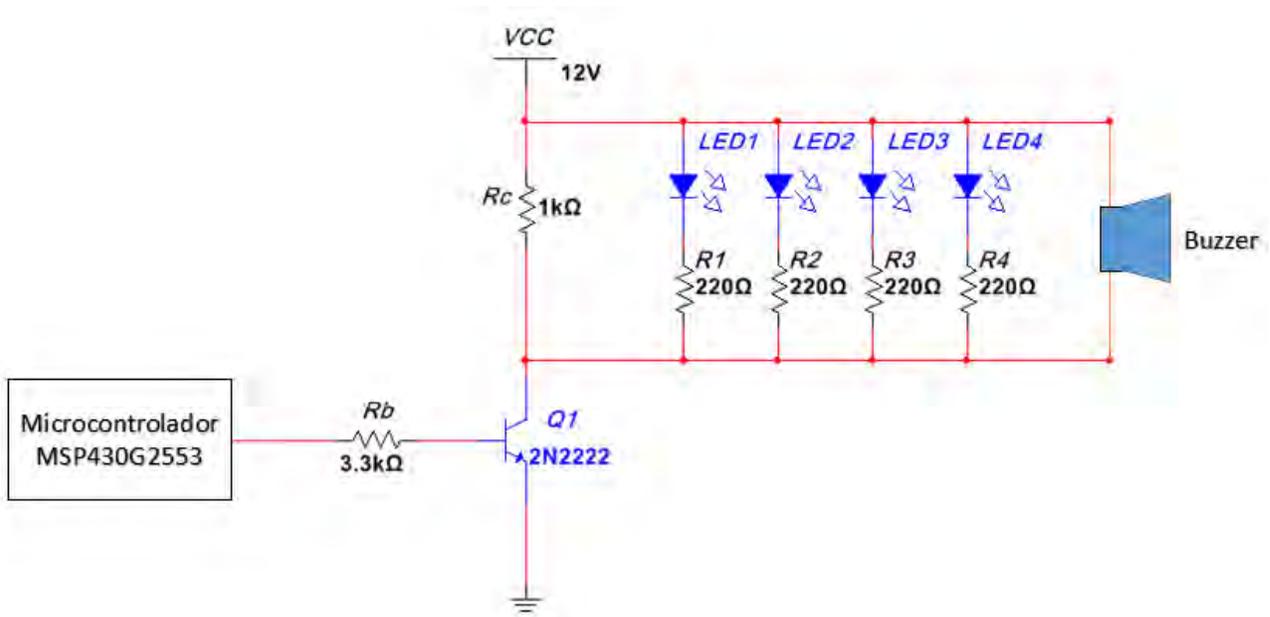


Figura 4.1. Circuito final acoplador para la alarma contra intrusos y contra incendios.

En la figura 4.1 se observa el circuito electrónico final empleado para acoplar la señal de salida del microcontrolador hacia la alarma contra intrusos. La idea de este circuito parte del mostrado en la figura 1.13 del capítulo 1, pero debido a que finalmente se terminó utilizando un buzzer, el circuito elemental mostrado en la figura antes mencionada cambió a ser el mostrado en la figura 4.1 el cual consta de un transistor 2N2222 que cuando enciende opera en la región de amplificación. A continuación se detalla el funcionamiento de dicho circuito:

Caso 1: Microcontrolador emite un “0” lógico.

Cuando el microcontrolador emite un “0” lógico el transistor 2N2222 no enciende y dado que no existe corriente en la base del transistor tampoco la hay en el colector del mismo. Con las anteriores condiciones, no enciende el buzzer ni los leds pertenecientes a la alarma contra intrusos. Adicionalmente se obtiene que el voltaje de colector-emisor es igual al voltaje de polarización del transistor, es decir, 12[v].

Caso 2: Microcontrolador emite un “1” lógico.

Cuando el microcontrolador emite un “1” lógico enciende el transistor 2N2222, generando una corriente de base y por lo tanto, una corriente de colector que alimenta al buzzer y a los leds de la alarma contra intrusos. El voltaje de colector-emisor disminuye debido a que, al encender el buzzer, éste toma un voltaje cercano a los 5[v] para operar, por lo que, bajo estas circunstancias, el voltaje colector-emisor del transistor toma un valor cercano a los 7[v].

Para entender de mejor manera lo anterior mencionado a continuación se muestra el análisis del circuito de la figura 4.1, cuando el transistor se encuentra encendido.

De la malla interna se obtiene que:

$$V_{\text{Microcontrolador}} - R_B I_B - V_{BE} = 0$$

Si se sabe que $V_{\text{Microcontrolador}} = 3.6[\text{v}]$ y el voltaje base-emisor del transistor 2N2222 es de $0.7[\text{v}]$, entonces se puede obtener la corriente que circula por la base del transistor:

:

$$I_B = \frac{V_{\text{Microcontrolador}} - V_{BE}}{R_B} = \frac{3.6\text{v} - 0.7\text{v}}{3300\Omega} = 878.78[\mu\text{A}]$$

De acuerdo con el fabricante la beta del transistor 2N2222 es de 200, entonces la corriente de colector del mismo queda definida como se muestra a continuación:

$$I_C = \beta(I_B) = 200(878.78\mu A) = 175.75[mA]$$

Ahora bien, el buzzer toma 5[v] para poder encender y dado que se encuentra conectado en paralelo con los leds y sus respectivas resistencias, es que se tiene lo siguiente:

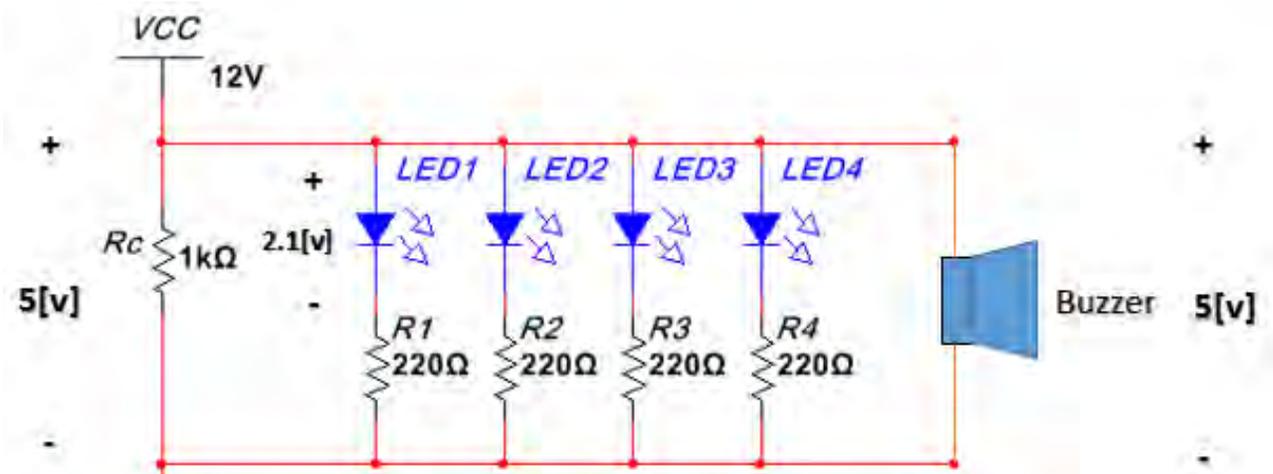


Figura 4.2. Voltajes en las mallas del buzzer y los leds.

En la figura 4.2 se observa las mallas pertenecientes al buzzer y a los leds de la alarma contra intrusos. Se puede ver en dicha imagen que el voltaje en cada rama es de 5v. Si se sabe que el voltaje de encendido para un led rojo de 10 mm es de aproximadamente 2.1[v], entonces se tiene que sobre cada resistencia existe una diferencia de potencial de 2.9[v] aproximadamente.

Con lo anterior se obtiene la corriente que circula por cada resistencia y por ende, a través de cada led.

$$I_{Resistencia} = \frac{V_{Resistencia}}{Resistencia} = \frac{2.9[v]}{220[\Omega]} = 13.18[mA]$$

Con ello se sabe entonces que, las cuatro mallas de leds requieren una corriente total de 52.72[mA]. Por lo que el resto de la corriente la toma el buzzer, es decir, éste último toma una corriente de 123.03[mA].

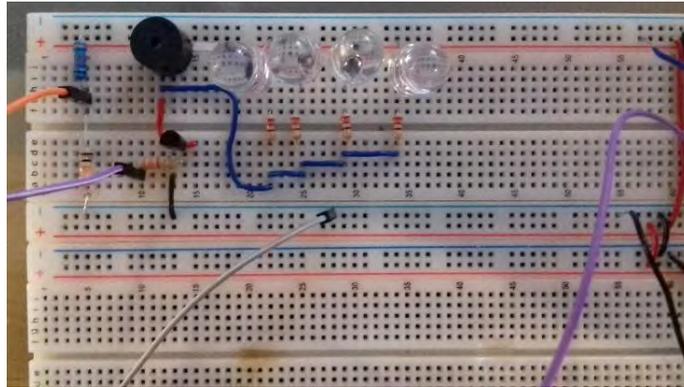


Figura 4.3. Alarma contra intrusos implementada en una tarjeta protoboard.

En la figura 4.3 se observa la alarma contra intrusos a la que se hace referencia en este subtema implementada en una tarjeta protoboard, donde se encuentran físicamente los circuitos electrónicos mostrados en las figuras 4.1 y 4.2.

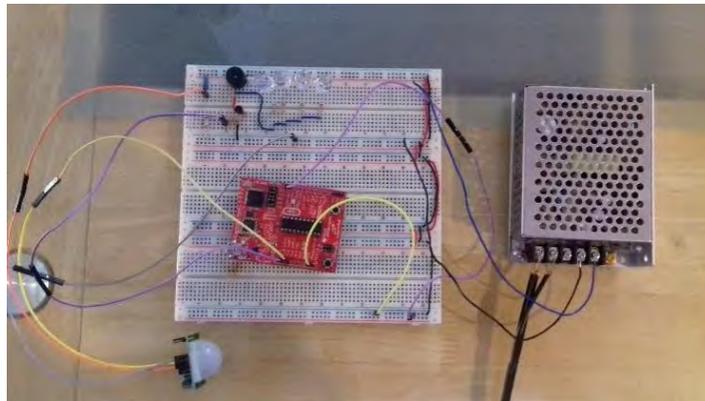


Figura 4.4. Circuito detector de movimiento y alarma contra intrusos.

En la figura 4.4 se muestra el circuito completo, es decir, el circuito detector de intrusos, compuesto por los circuitos electrónicos vistos en los subtemas 2.1 y 4.1, de los capítulos 2 y 4, respectivamente. Ambos conectados al microcontrolador MSP430G2553.

4.2. Diseño del actuador para el control de fugas de gas

El actuador seleccionado para controlar las fugas de gas es, como ya se había mencionado en el subtema 1.2.2 del capítulo 1, una electroválvula. Dicha

electroválvula, de acuerdo al fabricante, opera a 12[v], pero no especifica la corriente que utiliza. Sin embargo, nos menciona cual es la resistencia interna de la electroválvula, la cual es de 50[Ω]. Con esos datos se puede estimar cual es la corriente que utiliza la electroválvula para funcionar, tal y como se muestra a continuación:

$$I_{\text{Electroválvula}} = \frac{12[\text{v}]}{50[\Omega]} = 240[\text{mA}]$$

Con esto se puede concluir que el microcontrolador es incapaz de suministrar la corriente suficiente para encender la electroválvula, para ello requerimos de un circuito electrónico externo. El cual se muestra a continuación:

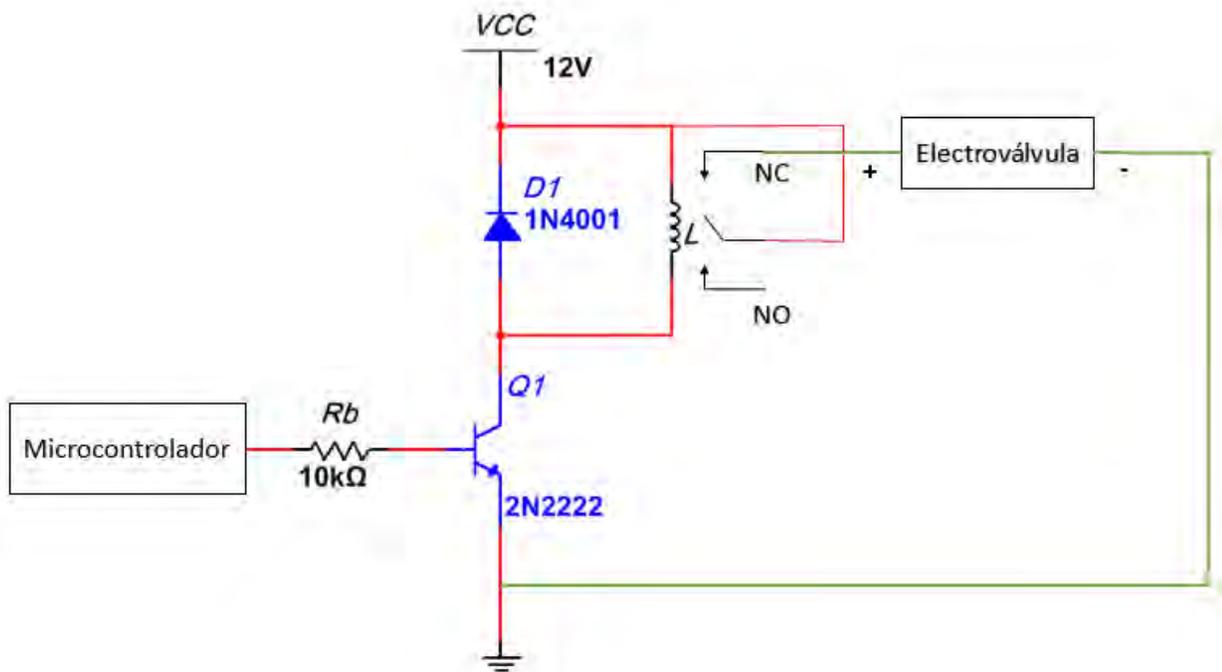


Figura 4.5. Circuito electrónico final para energizar las electroválvulas de control de paso de gas LP y de control de paso de agua.

En la figura 4.5 se muestra el circuito electrónico empleado para energizar la electroválvula que cierra el paso de gas. Este circuito parte de la idea del circuito mostrado en la figura 1.17 del capítulo 1, al cual finalmente se le añadió un relevador y diodo de protección, reemplazando la resistencia de colector que aparecía en dicha figura, transformándose en el circuito de la figura 4.5. Es necesario que dicho relevador soporte al menos 240[mA], es decir, aproximadamente la corriente que

demanda la electroválvula. Cabe mencionar que la electroválvula se encuentra energizada en tanto el sensor de gas LP no se active, la electroválvula debe permanecer en ese estado debido a que es “normalmente cerrada”, esto es que el estado inicial del dispositivo es estar cerrado y no permitir el paso de gas.

El diodo 1N4001 es un dispositivo de seguridad que protege al transistor 2N2222 de un regreso de corriente que puede producir la bobina del relevador cuando le es retirado el suministro de energía.

La forma en cómo funciona el circuito de la figura 4.5 es la siguiente;

Caso 1: Microcontrolador envía un “0” lógico.

Cuando el sensor de gas LP no se activa, el microcontrolador envía 0[v] hacia la base del transistor 2N2222 por lo que éste último no enciende, entonces, el voltaje colector-emisor del transistor es 12[v] haciendo que con ese voltaje no exista una diferencia de potencial que excite al inductor interno del relevador, por lo que el interruptor interno que posee no se mueve, dejando polarizada la electroválvula y permitiendo que el flujo de gas pase para que el usuario lo use.

Caso 2: Microcontrolador envía un “1” lógico.

Ahora, cuando el sensor de gas LP se activa, el microcontrolador envía 3.6[v] hacia la base del transistor 2N2222, encendiéndolo. Cuando el transistor enciende, el voltaje colector-emisor desciende a un valor muy bajo, estableciendo una diferencia de potencial que excita al inductor interno del relevador, el cual mueve el interruptor interno que posee, desenergizando a la electroválvula, la cual a su vez, al no estar polarizada, se cierra, cortando el paso de gas y deteniendo una posible fuga.

A continuación se muestra el análisis matemático del circuito electrónico de la figura 4.5 con la condición anteriormente mencionada.

De la malla interna del transistor se tiene la siguiente ecuación:

$$V_{Microcontrolador} - V_{RB} - V_{BE} = 0$$

Se sabe que el voltaje base-emisor del transistor 2N2222 es de 0.7[v]. Entonces, sustituyendo valores se tiene:

$$3.6[v] - 10[k\Omega]I_B - V_{BE} = 0$$

Obteniendo el valor de la corriente de base se tiene lo siguiente:

$$I_B = \frac{3.6[v] - 0.7[v]}{10[k\Omega]} = 290[\mu A]$$

Por lo que la corriente de colector queda así:

$$I_C = \beta I_B = 200(290[\mu A]) = 58[mA]$$

Finalmente, de la malla externa del transistor se tiene lo siguiente:

$$V_{CC} - V_{Relevador} - V_{CE} = 0$$

El relevador que se utiliza en este proyecto es uno que opera a 5[v], por lo que, tomando en cuenta este dato, la ecuación de la malla externa del transistor queda de la siguiente manera:

$$12[v] - 5[v] - V_{CE} = 0$$

Entonces el voltaje colector-emisor del transistor queda así:

$$V_{CE} = 12[v] - 5[v] = 7[v]$$

Con estos valores que se pueden medir de manera práctica con un multímetro, es decir, los valores del voltaje de colector-emisor y la corriente de base o la corriente de colector, es que se puede saber o verificar como está funcionando el circuito o si lo está haciendo de forma adecuada.

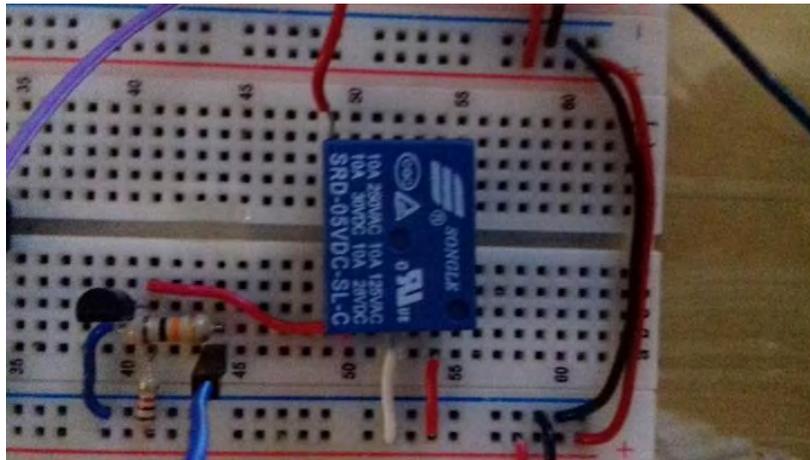


Figura 4.6. Circuito de polarización de la electroválvula de control de paso de gas LP implementado en una tarjeta protoboard.

En la figura 4.6 se observa el circuito electrónico utilizado para acoplar la señal de salida del microcontrolador MSP430G2553 hacia la electroválvula que controla el paso de gas LP.

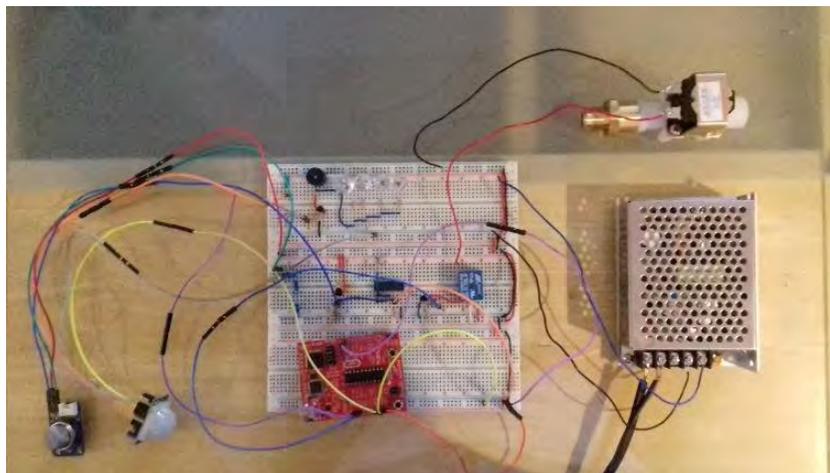


Figura 4.7. Circuito detector de intrusos y circuito detector de fugas de gas.

En la figura 4.7 se muestran los circuitos detector de intrusos (visto en la figura 4.4 del presente capítulo) y detector de fugas de gas conectados al microcontrolador. El circuito detector de fugas de gas cuenta con su circuito de acoplamiento de la señal de entrada al microcontrolador y con su circuito de acoplamiento de la señal de salida de éste último hacia la electroválvula, mostrado en la figura 4.6.

4.3. Diseño del actuador para el control de fugas de agua

Una de las ventajas de la electroválvula vista en el subtema anterior es que funciona con tuberías de gas y agua, por ello, como se mencionó en el subtema 1.2.3 del capítulo 1, el actuador responsable de controlar las fugas de agua es una electroválvula del mismo tipo que la del subtema anterior. Entonces, como se mostró en el subtema pasado, se debe acoplar la señal del microcontrolador hacia la electroválvula, para ello se utiliza el mismo circuito que se muestra en la figura 4.5. Dicho circuito surge esta vez, de la idea del circuito mostrado en la figura 1.20 del capítulo 1, al cual se le reemplazó la resistencia de colector por un relevador y un diodo de protección, al igual que al circuito del subtema anterior. El análisis matemático del circuito de la figura 4.5 es, por obvias razones, el mismo que el que se muestra en el subtema 4.2 de este capítulo.

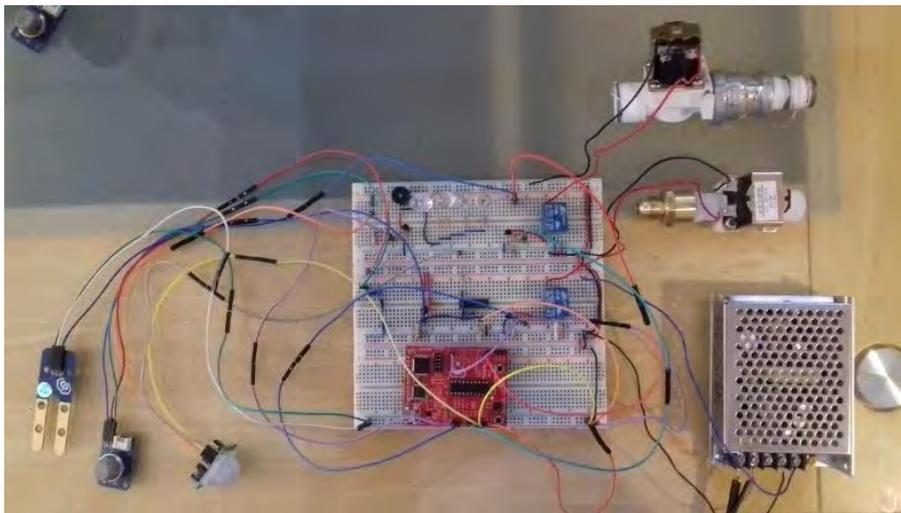


Figura 4.8. Circuitos detector de intrusos, detector de fugas de gas LP y detector de fugas de agua implementados en una tarjeta protoboard.

En la figura 4.8 se observan implementados físicamente los circuitos descritos en los subtemas 4.1, 4.2 y 4.3 de este capítulo, conectados al microcontrolador MSP430G2553.

4.4. Diseño del actuador para el control de la alarma contra incendios

Como se vio en el subtema 1.2.4 del capítulo 1, la alarma contra incendios que se tiene en este sistema domótico es una alarma visual y auditiva, similar a la descrita en el subtema 4.1 de este capítulo. Como consecuencia de esto, se hace necesario utilizar el circuito mostrado en la figura 4.1 del presente capítulo, el cual se encarga de acoplar la señal del microcontrolador MSP430G2553 hacia la alarma contra incendios, cuyo funcionamiento es idéntico que al de la alarma contra intrusos. El circuito de acoplamiento para esta alarma parte de la idea del circuito elemental mostrado en la figura 1.22 del capítulo 1, el cual terminó modificándose por las mismas razones que las mencionadas en el subtema 4.1, por lo cual el análisis matemático es el mismo que el que se muestra en dicho subtema.

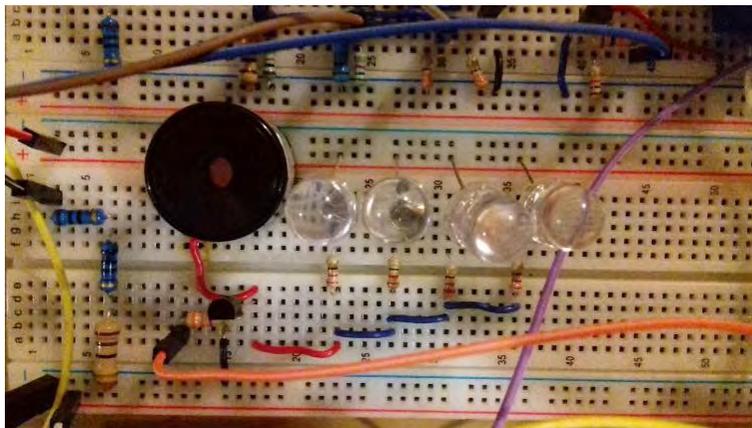


Figura 4.9. Alarma contra incendios implementada en una tarjeta protoboard.

En la figura 4.9 se observa la alarma contra incendios descrita anteriormente. Es similar a la alarma contra intrusos mostrada en el subtema 4.1. El buzzer que utiliza esta alarma es un poco más grande que el utilizado en la alarma contra intrusos, pero su funcionamiento es el mismo.

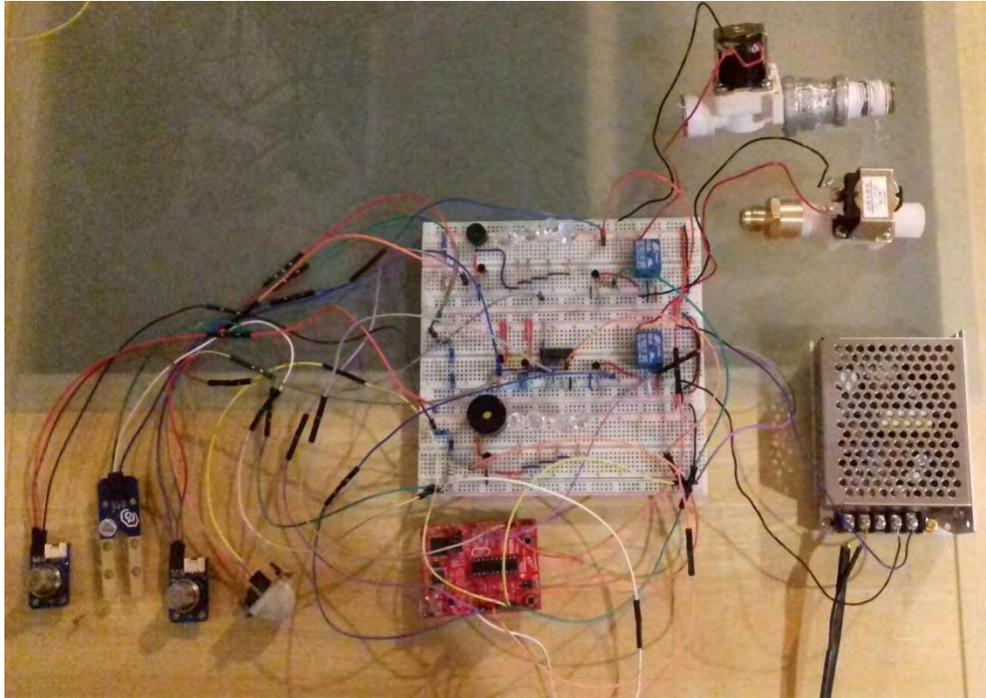


Figura 4.10. Sistema domótico implementado en una tarjeta protoboard.

En la figura 4.10 se observa el sistema domótico completo implementado en una tarjeta protoboard. En ella se observa la alarma contra incendios mostrada anteriormente en la figura 4.9, así como los circuitos vistos en los subtemas anteriores del capítulo en curso.

Finalmente, para corroborar que la fuente de alimentación elegida fue la correcta, se debe de considerar la corriente demandada por los actuadores y sus circuitos de acoplamiento vistos en este capítulo. Entonces se tiene lo siguiente:

- La alarma contra intrusos demanda una corriente de aproximadamente 175.75[mA].
- El circuito de polarización de la electroválvula que controla el paso de gas LP demanda aproximadamente 58[mA] y la propia electroválvula 240[mA]. Por lo que en total, este actuador demanda 298[mA].
- El circuito de polarización de la electroválvula de control de paso de agua es similar al de control de paso de gas LP. La electroválvula también es igual a la utilizada para el control de fugas de gas. Por lo que este actuador demanda la misma corriente que el anterior, es decir, 298[mA].

- La alarma contra incendios es idéntica a la alarma contra intrusos. Por lo que la corriente que demanda es la misma, es decir, 175.75[mA].

Con lo anterior, se tiene que la corriente total que demandan los actuadores del sistema domótico es la siguiente:

$$I_{Actuadores} = 2(175.75[mA]) + 2(298[mA]) = 947.5[mA]$$

Entonces la corriente total que el sistema domótico demanda a la fuente de energía es igual a lo siguiente:

$$I_{Total} = I_{Sensores} + I_{Actuadores} = 246[mA] + 947.5[mA] = 1.19[A]$$

Con lo cual se asegura que la fuente de energía seleccionada es capaz de suministrar la corriente suficiente para energizar todo el sistema planteado en este proyecto. Debido a que la fuente de energía que se utiliza para este sistema domótico es capaz de suministrar 1.3[A].

Análisis y resultados

Este proyecto busca ser accesible para cualquier persona de cualquier estrato social en México. Para lograr eso, se trata de encontrar los componentes más baratos y la forma más sencilla, pero eficiente, de implementar un sistema de prevención y seguridad en el hogar.

El concepto de “barato” puede ser subjetivo, así que en otras palabras, se busca que la mayor parte de la población lo vea como algo a lo que puede acceder sin invertir una suma de dinero enorme.

A continuación se muestra la lista de precios de los componentes utilizados en este proyecto:

Componente	Precio (Pesos MXN)
Microcontrolador MSP430G2553	\$280
Fuente de voltaje de DC a 12[v]	\$248
Sensor de movimiento (GH-718)	\$45
Sensor de gas LP (IM120710024)	\$108
Sensor de humedad (IM121017001)	\$98
Sensor de humo (IM120710024)	\$108
Electroválvula de gas LP	\$200
Electroválvula de agua	\$230
8 leds de 10[mm]	\$48
2 buzzers	\$32
2 transistores 2N3904	\$5
4 transistores 2N2222	\$52
22 Resistencias a ¼ de watt	\$6
6 Resistencias a 1 watt	\$12
2 relevadores de 5[v]	\$24
2 diodos 1N4001	\$2
Compuerta AND	\$13
Cableado	\$50
Otros materiales	\$100
Total	\$1,661

Tabla XV. Lista de precios de los componentes del sistema domótico.

En la tabla XV se muestra la lista de precios de los componentes utilizados en el proyecto. La penúltima fila de la tabla se refiere al costo aproximado de los materiales para fabricar los circuitos impresos, tales como tarjetas fenólicas, ácido e impresiones en papel de los circuitos. Sin embargo, el coste del cableado puede variar dependiendo de la instalación, el precio que aparece en la tabla es únicamente para el circuito fabricado para probar este proyecto.

Por lo que el costo final del sistema, incluyendo la instalación llegaría a ser de \$2000 (pesos), aproximadamente.

De acuerdo al boletín de prensa número 286/16 de parte del INEGI, emitido el día 15 de Julio de 2016 se tienen los siguientes datos:

Entidad	2015	Entidad	2015
EUM	45 887	Morelos	43 314
Aguascalientes	59 434	Nayarit	44 661
Baja California	54 616	Nuevo León	66 836
Baja California Sur	61 361	Oaxaca	28 715
Campeche	50 782	Puebla	37 176
Chiapas	29 648	Querétaro	56 048
Chihuahua	56 015	Quintana Roo	45 547
Coahuila	53 301	San Luis Potosí	40 789
Colima	48 293	Sinaloa	58 056
Distrito Federal	61 622	Sonora	58 017
Durango	41 709	Tabasco	42 209
Guanajuato	46 457	Tamaulipas	44 147
Guerrero	27 584	Tlaxcala	36 888
Hidalgo	37 707	Vera Cruz	31 328
Jalisco	54 917	Yucatán	48 698
México	42 114	Zacatecas	35 749
Michoacán	38 112		

Tabla XVI. Ingreso promedio por hogar por entidad federativa 2015 (Por trimestre). [16]

En la tabla XVI se muestran los datos del INEGI referentes al ingreso promedio por hogar en 2015. De acuerdo a los datos mostrados en la tabla anterior, en el Distrito Federal se tiene un ingreso promedio por hogar de 61,622 pesos por trimestre, es decir, 20540 pesos por mes. Cabe mencionar que en las estadísticas de dicho boletín de prensa se toma en cuenta desde los hogares con ingresos menores a 10000 pesos trimestrales hasta los que tienen más de 160000 pesos por trimestre, lo cual no deja ver con toda claridad donde podrían estar los posibles usuarios de este proyecto.

Deciles de hogares	Tamaño de localidad		
	Total	De menos de 2 500 habitantes	De 2 500 habitantes y más
Total	45 887	27 330	51 100
I	8 169	7 912	8 454
II	13 830	13 706	13 904
III	18 387	18 309	18 419
IV	23 147	23 032	23 185
V	28 478	28 432	28 489
VI	34 866	34 749	34 891
VII	43 030	42 918	43 048
VIII	54 139	53 670	54 199
IX	73 252	72 653	73 304
X	161 568	169 850	161 026

Tabla XVII. Ingreso corriente trimestral por hogar ordenado por deciles de hogares según tamaño de la localidad, 2015. [16]

En la tabla XVII se observa el ingreso corriente por hogar, donde los deciles son conjuntos de 10 hogares cada uno, de tal manera que el primer decil está integrado por la décima parte de los hogares que tienen los menores ingresos y así sucesivamente, hasta llegar al último decil donde se ubican los hogares con mayores ingresos.

Con esta última tabla es más sencillo definir a que sector de la población va dirigido este proyecto pero, para afirmarlo totalmente se requiere de un estudio más profundo, ya que depende de muchos otros factores socioeconómicos. Sin embargo, no son el objetivo de este trabajo.

De acuerdo a lo anterior y como ya se señaló, a reserva de muchos otros factores, se puede decir que inicialmente este proyecto va dirigido a los hogares ubicados del cuarto decil en adelante, debido a que el ingreso que se tiene en estos hogares permite costear económicamente el proyecto, representando poco menos del 10% de los ingresos trimestrales.

Ahora bien, como se ha mencionado se trató de hacer que el proyecto tuviera el menor costo posible. Sin embargo, hubo varios inconvenientes a largo del desarrollo del mismo, sobre todo referente al capítulo 2 con los sensores. En primera instancia se trató de hacer que estos se energizaran de forma independiente a través de una

batería de 9v, para evitar usar tanto cable para energizar los sensores desde donde estos se encuentren hasta la fuente de polarización.

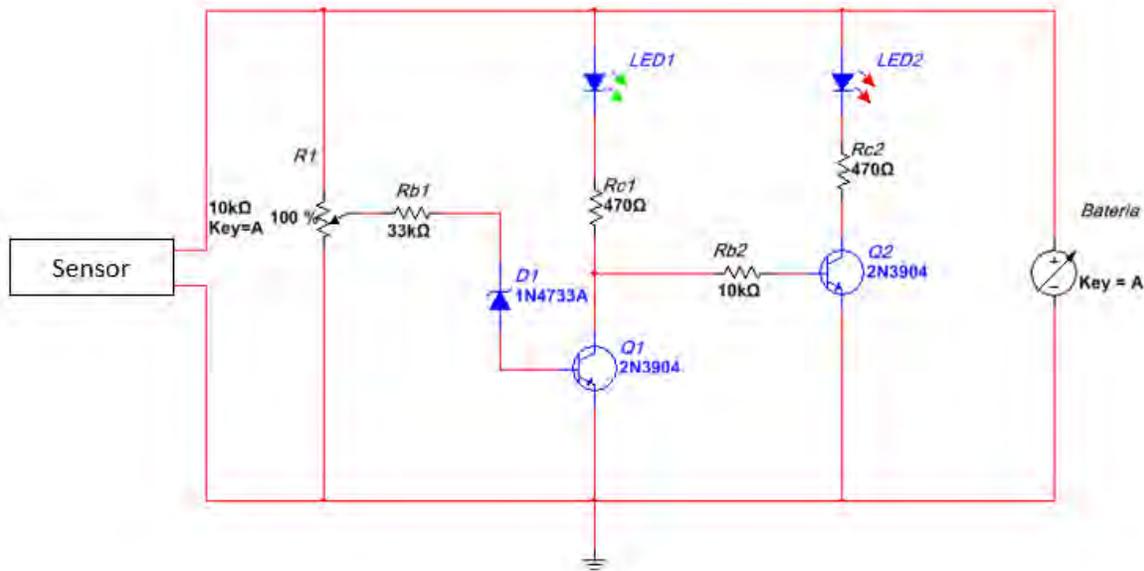


Figura XII. Circuito monitor de batería.

En la figura XII se observa el circuito monitor de batería que se intentó usar para energizar los sensores, uno por cada sensor. Este circuito funcionó para los sensores de movimiento y de humedad, más no así para los sensores de gas y humo.

El circuito monitor de batería sirve para indicar al usuario el estado de carga de la batería, es decir, el circuito le indica al usuario mediante el led de color verde que la batería posee un nivel de carga adecuado y mediante el led rojo le indica que la batería tiene un nivel bajo de carga y que debe reemplazar la batería para que el sensor continúe funcionando.

El problema surgió cuando se intentó hacer funcionar los sensores de humo y gas. Al conectar estos sensores encendía el led rojo del circuito monitor de batería, indicando un bajo nivel de voltaje en dicha batería. Lo que sucedía es que los sensores de gas y humo demandaban una corriente demasiado elevada para una batería de 9v como las que se estaba intentando usar, de manera que al intentar suministrar la corriente necesaria disminuía el voltaje drásticamente, por lo que el sensor terminaba por ni siquiera encender.

Por esta razón se optó por utilizar una fuente de polarización más robusta, que pudiera suministrar los valores de voltaje y corriente que los cuatro sensores empleados demandan.

Al usar el microcontrolador MSP430G2553 no hubo mayores incidentes, el microcontrolador funciona perfectamente para esta aplicación.

Inicialmente se contempló usar un FPGA como unidad de gestión central del sistema domótico, pero finalmente se consideró que estaba muy sobrado para la aplicación que se le iba a dar, además de ser mucho más caro.

Por último, respecto a los actuadores, se tuvo problemas para energizar las electroválvulas y hacer funcionar las alarmas contra intrusos e incendios con los circuitos electrónicos vistos en el capítulo 1, debido principalmente a que la corriente suministrada por dichos circuitos es muy baja. Además, los circuitos propuestos para controlar la alarma contra incendios y la alarma contra intrusos del capítulo 1 requieren de una polarización de -9[v] y otra de 9[v] , lo que resulta en un inconveniente, ya que, además de representar en un costo extra, pues necesita una fuente de energía adicional para generar -9[v] , se requiere que el sistema domótico solo use una fuente de energía para evitar hacer demasiadas conexiones.

Al final se optó por usar un par de relevadores para los circuitos que controlan las electroválvulas, y un “buzzer” en lugar de la bocina, para las alarmas contra intrusos e incendios. Estos dispositivos electrónicos mostrados en el capítulo 4 funcionaron perfectamente con los circuitos vistos en el mismo capítulo, el único inconveniente con ellos es que resultaron ser circuitos con un costo más elevado que los originalmente planeados.

Una de las ideas principales durante todo el desarrollo del proyecto fue el mantener el costo de los materiales lo más bajo posible. Sin embargo, tal como sucedió en la parte de los actuadores, algunos circuitos originalmente planeados para formar parte del sistema no funcionaron como se esperaba y se tuvo que utilizar un circuito alternativo que derivó en un costo mayor.

Conclusiones

En la actualidad los sistemas domóticos poseen un costo muy elevado y siguen siendo vistos como un lujo por la mayoría de las personas, no solo en México, sino en el mundo. El proyecto desarrollado en este documento no pretende cambiar este último punto en la percepción de las personas, pues es imposible afirmar que no se trata de un lujo. Sin embargo, dicho proyecto tiene, como uno de sus propósitos, el acercar esta tecnología a más personas.

En un principio los celulares también fueron vistos como un lujo, pero en la actualidad la mayor parte de la población en México posee uno.

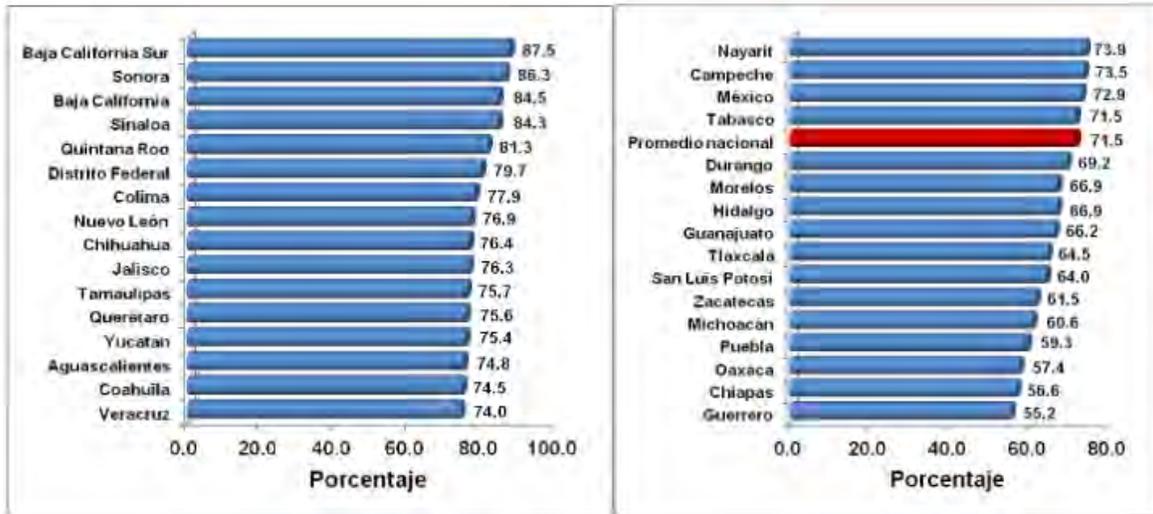


Figura XIII. Usuarios de telefonía celular por entidad federativa. [17]

En la figura XIII se observa el porcentaje de usuarios por entidad federativa en México que poseen un celular. Como se puede ver, son la mayoría, debido a que hoy en día dichos dispositivos son muy baratos, de manera que pasaron de ser un lujo, a ser algo que cualquiera puede tener. De la misma manera se pretende que las personas vean al sistema domótico propuesto, es decir, como algo factible dentro de sus posibilidades económicas.

Una gran ventaja que posee el sistema planteado en este proyecto, es que presenta una maleabilidad importante, es decir, el sistema domótico desarrollado se puede adaptar como un sistema enteramente de seguridad, teniendo únicamente detectores de movimiento o solamente como un sistema de detección de fugas de gas LP, agua y/o de detección de humo, todo ello dependerá de las necesidades del usuario.

Existe un término llamado “internet de las cosas” el cual se refiere a que cada vez más un mayor número de objetos cotidianos están conectados entre sí. El ejemplo más claro de esto se puede observar con un celular de los llamados “inteligentes” y la cantidad de dispositivos a los que se puede conectar y sincronizar para diferentes aplicaciones, tales como escuchar música y reproducir videos en un televisor o en la computadora. Actualmente se puede ordenar comida, pedir transporte, revisar mapas o ubicaciones, entre muchas cosas más, desde el teléfono celular. El proyecto descrito en este trabajo, podría adaptarse de tal forma, que se pueda encender y apagar el sistema domótico de forma remota, es decir, desde un teléfono celular o algún otro dispositivo electrónico de uso cotidiano. Actualmente esto ya se puede hacer, ya que existe un módulo inalámbrico (WI-FI) para el microcontrolador MSP430 con el que se podría hacer lo anterior mencionado. Sin

embargo, el costo de este módulo es elevado, es incluso mayor al costo del propio microcontrolador.



Figura XIV. Módulo inalámbrico (WI-FI) CC110L RF.

En la figura XIV se observa el módulo inalámbrico de WI-FI CC110L RF para el microcontrolador MSP430G2553. Con este módulo la cantidad de opciones que el usuario tiene para controlar el sistema domótico aumenta, además de hacerlo mucho más fácil, ya que como se había mencionado, se podría controlar el sistema de forma remota.

Finalmente, los lugares en donde podría dársele aplicación a este sistema domótico no se limitan exclusivamente a las casas-habitación, también podría implementarse en bodegas o almacenes, negocios particulares e incluso automóviles, ya que como se había dicho, el sistema posee la característica de poder adaptar más sensores de movimiento, humedad, gas o humo, dependiendo de las necesidades del usuario. Por ejemplo, si requiere de un equipo de seguridad para una bodega, se podrían utilizar más sensores de movimiento para monitorearla, a fin de evitar la entrada de personas no autorizadas al lugar.

Este sistema también podría utilizarse en lugares específicos del hogar, es decir, si el usuario decide que el sistema solo se encargue de monitorear ciertas áreas de la casa, como la entrada, la cocina, el patio, las habitaciones, etcétera, puede ser que no sea necesario el uso de los cuatro sensores propuestos en este proyecto, dejando espacio disponible para agregar más sensores del tipo que requiera.

Bibliografía

1. SmartThings, [Fecha de consulta: 1 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://www.smartthings.com/uses/security>>.
2. Aeotec, [Fecha de consulta: 1 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://aeotec.com/z-wave-sensor>>.
3. Insteon, [Fecha de consulta: 1 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://www.insteon.mx/>>.
4. Bticino, [Fecha de consulta: 1 de Septiembre].
Disponible en: <<http://www.bticino.com.mx/>>.
5. Hunter Industries, [Fecha de consulta: 1 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://www.hunterindustries.com/es>>.
6. Secretaria de Energía (SENER), *Precios del Gas LP*(en línea) [Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2015].
Disponible en: <www.energia.gob.mx/res/91/Precios.xls>.
7. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Encuesta Nacional de Seguridad Pública (ENSU)* (en línea) [Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2015].
Disponible en:
<http://buscador.inegi.org.mx/search?tx=delincuencia&q=delincuencia&site=sitioINEGI_collection&client=INEGI_Default&proxystylesheet=INEGI_Default&getfields=*&entsp=a__inegi_politica&lr=lang_es%257Clang_en&lr=lang_es%257Clang_en&filter=1>.
8. Lovera Granados Fabian, *Sistema de reconocimiento de voz con dispositivos móviles, aplicado a casas inteligentes*(en línea) [Fecha de consulta: 18 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://132.248.9.195/ptb2010/agosto/0660243/Index.html> >.
9. *Detector de movimiento* (en línea) [Fecha de consulta: 18 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Detector_de_movimiento>.

10. Torres Julio, *Sensores de gas (en línea)* [Fecha de consulta: 21 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/2008/03/19/sensores-de-gas> >.
11. *Sensores de humedad tipos y aplicaciones (en línea)* [Fecha de consulta: 22 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <<http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia-metas-08-05-sensores-de-humedad.pdf>>.
12. *Sensores de humedad (en línea)* [Fecha de consulta: 22 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_humedad>.
13. *Detectores de humo (en línea)* [Fecha de consulta: 23 de Septiembre de 2015].
Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Detector_de_humo >.
14. Pallás Areny, Ramón. **“Sensores y acondicionadores de señal”**. Cuarta edición. Ed. Alfa Omega. Pp. 480.
15. Zavala Valdez Omar Neftalí, *Luminaria domótica controlada por una interface desarrollada en código abierto (en línea)* [Fecha de consulta: 25 de Noviembre de 2015].
Disponible en: <<http://132.248.9.195/ptd2015/marzo/305161989/Index.html>>
16. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Boletín de prensa número 286/16 (en línea)* [Fecha de consulta: 7 de Noviembre de 2016].
Disponible en:
<http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_07_03.pdf>
17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Boletín de prensa número 131/16 (en línea)* [Fecha de consulta: 8 de Noviembre de 2016].
Disponible en:
<http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_03_01.pdf >

- 18.** Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), *Tarifas 2013* (en línea) [Fecha de consulta: 17 de Febrero de 2017].
Disponibile en: <<http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/sacmex/>>

- 19.** Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), *Tarifas 2015* (en línea) [Fecha de consulta: 17 de Febrero de 2017].
Disponibile en: <<http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/sacmex/>>