

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Fundamentos de Electricidad y Sistemas Digitales



espol

Proyecto **“Sistema de alarma contra incendios”**

Integrantes:
Sebastián De Castro García
Ruano Ledesma Joseph Antony



Tabla de Contenidos

Descripción y propuesta del proyecto.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Etapas del proyecto.....	4
Elementos de Entrada.....	4
Elementos de Salida.....	4
Circuito acondicionador.....	5
Circuito comparador.....	7
Circuito de lógica combinatorial.....	8
Diseño del circuito lógico.....	9
Circuito Actuador.....	9
Programación y conexión con Arduino.....	11
Tabla de elementos usados con su respectivo precio y total.....	12
Conclusiones.....	13
Recomendaciones.....	14

Figuras

Figura 1: Imágen de un switch.....	4
Figura 2: Imágen de un sensor MQ2.....	4
Figura 3: Imágen de un LED.....	4
Figura 4: Imágen de un TMB12A05.....	4
Figura 5: Imágen de un Motor DC.....	4
Figura 6: Imágen del circuito acondicionador en Proteus.....	5
Figura 7: Gráfica de la función de transferencia del acondicionador.....	5
Figura 8: Imágen del circuito comparador simplificado.....	6
Figura 9: Mapas de Karnaugh de las salidas SCI, L y S.....	8
Figura 10: Imágen del circuito de lógica combinatorial.....	8
Figura 11: Imágen del circuito de luz estroboscópica y alarma sonora.....	9
Figura 12: Imágen del sistema contra incendios (Motor DC).....	9
Figura 13: Probando el serial plotter con la salida del MQ2.....	10

Tablas

Tabla 1: Variables y sus abreviaciones, descripción, y tipo de lógica.....	7
Tabla 2: Tabla de verdad de las entradas y salidas.....	7
Tabla 3: Correspondencia entre las abreviaciones y los nombres completos.....	7
Tabla 4: Cantidades y precios de los elementos utilizados.....	12

Anexo

Anexo 1: Imágen de perfil del circuito y la maqueta.....	14
Anexo 2: Imágen de vista superior del circuito y la maqueta.....	14

Descripción y propuesta del proyecto

El proyecto consiste en un circuito dividido en varias fases que simula un sistema de detección de incendios, que basado en la concentración de humo en el ambiente prende mecanismos de alarma (alarma sonora y luz estroboscópica) y de apagado del incendio (representado por un motor). La propuesta del proyecto es simular a pequeña escala cómo funciona este sistema al implementar el circuito.

Objetivo general

Diseñar, probar e implementar, tanto en simulador como en físico, un sistema de alarma contra incendios que de acuerdo a la concentración de humo que detecte el sensor, active los mecanismos de alerta y de defensa. El mecanismo de defensa, la bomba de agua, va a ser representada por un motor, por lo que lo más importante del circuito es que active las salidas correctas dependiendo del valor de la concentración.

Objetivos específicos

- Flashear un Arduino Nano con un programa en C++ que permita monitorear en tiempo real la señal del MQ2 mediante el Serial Plotter, similar a un osciloscopio, para poder visualizar la concentración de humo de forma intuitiva.
- Implementar un circuito acondicionador de señal que transforme la señal del sensor MQ2, originalmente con una salida entre 0V y 5V, a una salida comprendida entre 5V y 0V, cumpliendo con la función de transferencia pedida.
- Implementar un circuito comparador que active las salidas de Alto, Medio y Bajo, usando la salida del acondicionador, dependiendo del intervalo en el que está la salida. Los intervalos se definen manualmente con dos potenciómetros.
- Hallar y simplificar las funciones booleanas requeridas por el circuito de lógica combinatoria, mediante mapas de karnaugh y condiciones “don’t care”. Las funciones deben tomar en cuenta el orden de prioridad de las entradas y si usan lógica positiva o negativa.
- Implementar el circuito de lógica combinatoria que representa las funciones booleanas simplificadas halladas para cada salida. Hay que asegurarse de que las funciones estén lo más simplificadas posibles, para reducir usar la mínima cantidad de componentes necesarios.



Etapas del proyecto

Elementos de Entrada

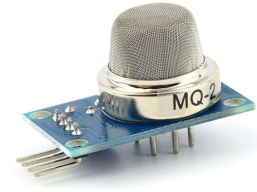
- **Switch Rocker 11:** Interruptor que permite encender y apagar el circuito manualmente, como palanca de emergencia. Al ser activada se ignora la concentración de humo y se activan todos los mecanismos.

Figura 1: Imágen de un switch.



- **Sensor MQ2:** Sensor de gases inflamables y humo. Internamente utiliza un semiconductor basado en óxido de estaño que cambia su resistencia eléctrica en la presencia de ciertos gases. Tiene un voltaje de operación de 5V, donde 0 voltios indica una concentración de humo no existente, y 5V indica una concentración de humo muy alta.

Figura 2: Imágen de un sensor MQ2.



Elementos de Salida

- **Diodo LED:** Emite luz cuando se aplica corriente, con un voltaje operacional de 1.5V a 3.3V. Se utiliza uno en el circuito de la luz estroboscópica, donde se prende y apaga rápidamente a cierta frecuencia.

Figura 3: Imágen de un LED



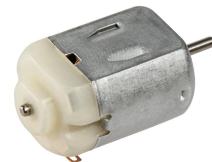
- **Alarma Sonora (TMB12A05):** Emite un sonido fuerte cuando se activa. Tiene un voltaje operacional de 3.3 a 8V. Se incluye en la misma parte del circuito de la luz estroboscópica, para que se prenda y apague constantemente al momento de activarse.

Figura 4: Imágen de un TMB12A05



- **Motor DC:** Convierte energía eléctrica en energía mecánica. Por temas prácticos (para evitar usar agua), se usa un motor para representar la bomba de agua que ayuda a apagar el incendio.

Figura 5: Imágen de un Motor DC.



Circuito acondicionador

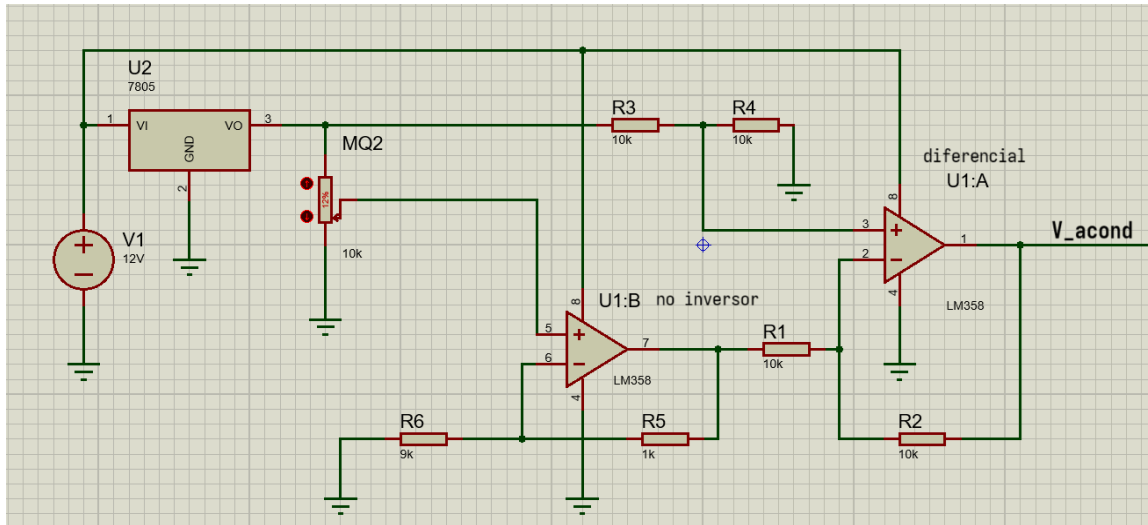
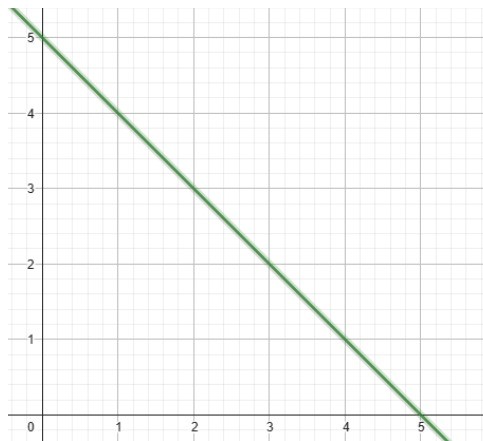


Figura 6: Imagen del circuito acondicionador en Proteus.

En esta simulación de proteus el potenciómetro conectado al regulador representa el sensor de humo. La salida del acondicionador debe cumplir la siguiente función lineal:



Intersecciones en los ejes

$$x_0 = 0, y_0 = 5$$

$$x_1 = 5, y_1 = 0$$

Hallar la pendiente (m)

$$m = \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} = \frac{5 - 0}{0 - 5} = -1$$

Hallar el intercepto en el eje y (b)

$$b = y_0 = 5$$

Figura 7: Gráfica de la función de transferencia del acondicionador.

Debido a la salida real del MQ2 (0 V-4.5V) se tuvo que acondicionar esta señal para que tenga una ganancia de 1.1 :

Función resultante: $V_{acond} = -V_{MQ2} + 5$

Amplificador No Inversor: $V_1 = V_{MQ2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = V_{MQ2} \left(1 + \frac{1k}{9k} \right) = 1.1 \times V_{MQ2}$

Amplificador Diferencial: $V_{acond} = \left(\frac{10k}{10k} \right) \left(5 - 1.1 \times V_{MQ2} \right) = 5 - 1.1 \times V_{MQ2}$

Circuito comparador

Ambos OPAMPs están en configuración de comparadores de voltaje, que devuelven un valor de 5V o 0V, dependiendo de cuál entrada es mayor. En la siguiente sección, simplificando con mapas de karnaugh se halló que la salida M (concentración de humo media) no es necesaria, por lo que no se la incluye en este circuito.

En el OPAMP de la salida B (concentración de humo baja) entra por el pin 3 la salida del acondicionador, y en el pin 2 entra $0.8 \times 5V = 4V$, lo que da como resultado la siguiente función:

$$V_{out} = 5V ; V_{acond} > 4V$$

$$V_{out} = 0V ; \text{caso contrario}$$

En el OPAMP de la salida A (concentración de humo alta) entra por el pin 6 la salida del acondicionador, y en el pin 5 entra $0.75 \times 5V = 3.75V$, lo que da como resultado la siguiente función:

$$V_{out} = 5V ; V_{acond} < 3.75V$$

$$V_{out} = 0V ; \text{caso contrario}$$

Si bien las funciones anteriores parece que están al revés, recordar que la salida del acondicionador invierte lo que entra del sensor de humo MQ2, por lo que las desigualdades y sus valores también se invierten.

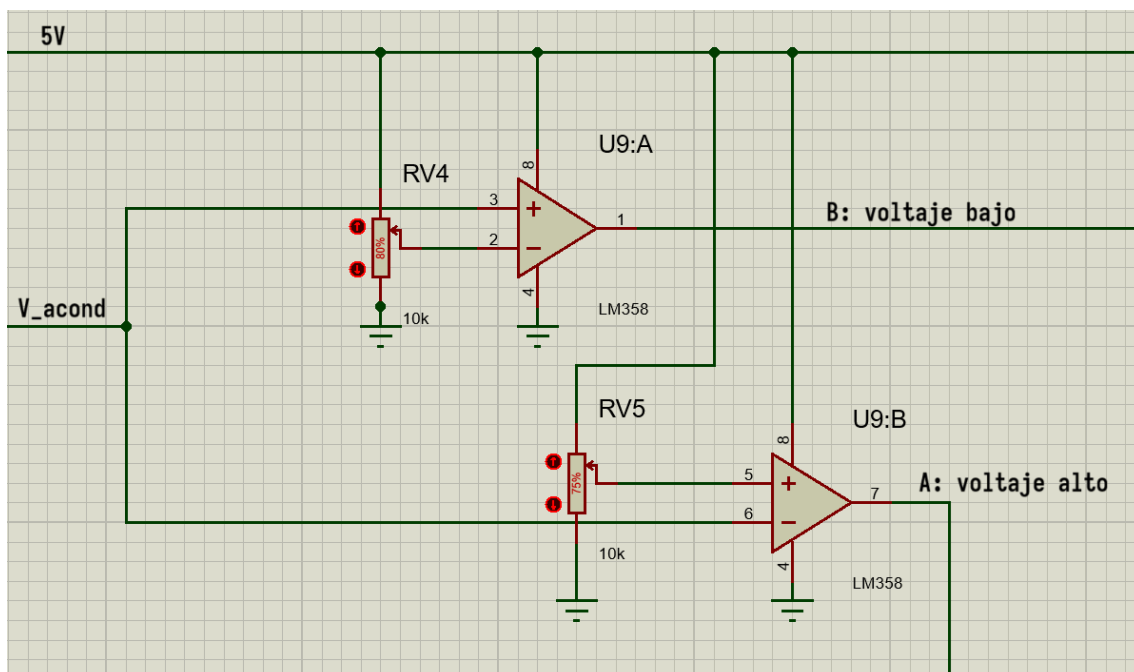


Figura 8: Imágen del circuito comparador simplificado.

Circuito de Lógica Combinatorial

Variables

	Señal binaria	Descripción	Lógica
ENTRADAS	P	Palanca de emergencia.	Negativa
	B	Baja concentración de humo.	Positiva
	M	Mediana concentración de humo.	Positiva
	A	Alta concentración de humo.	Positiva
SALIDAS	L	Luz estroboscópica.	Positiva
	S	Alarma sonora.	Positiva
	SCL	Sistema contra incendio.	Negativa

Tabla 1: Variables y sus abreviaciones, descripción, y tipo de lógica.

Tabla de verdad

P	B	M	A	L	S	SCI
0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	1	0
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	X	X	X
1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	X	X	X
1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X

Tabla 2: Tabla de verdad de las entradas y salidas.

P	Palanca de emergencia.
B	Baja concentración de humo.
M	Mediana concentración de humo.
A	Alta concentración de humo.
L	Luz estroboscópica.
S	Alarma sonora.
SCL	Sistema contra incendio.

Tabla 3: Correspondencia entre las abreviaciones y los nombres completos.

Mapas de Karnaugh

SCI					L y S				
MA \ PB					MA \ PB				
	00	01	11	10		00	01	11	10
00	0	0	1	X	00	1	1	0	X
01	0	0	X	0	01	1	1	X	1
11	0	0	X	X	11	1	1	X	X
10	0	0	X	1	10	1	1	X	1

Figura 9: Mapas de Karnaugh de las salidas SCI, L y S.

Como estamos agrupando 0s, se está usando el principio de producto de sumas. Es decir, que en cada agrupación los dígitos que no cambian se suman (OR), y los resultados de cada agrupación se multiplican (AND), quedando un producto de sumas. Cuando el dígito A es 0, se lo expresa como A, y cuando es 1, se lo expresa como \bar{A} .

Ecuaciones de salida

$$L = S = \bar{P} + \bar{B}$$

$$SCI = P \cdot \bar{A}$$

Diseño del circuito lógico

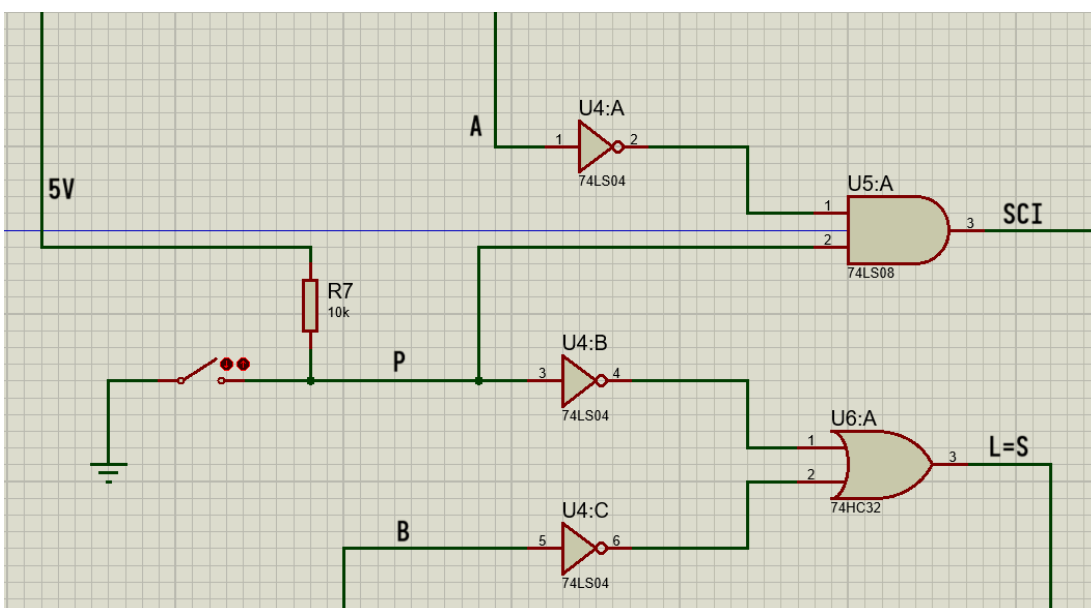


Figura 10: Imagen del circuito de lógica combinatorial.

Circuito Actuador de Luz Estroboscópica y Alarma Sonora

Se usó el principio de un circuito multivibrador astable y un transistor NPN para activarlo. Un circuito multivibrador astable tiene dos salidas entre las que oscila indefinidamente a una frecuencia que es inversamente proporcional a las resistencias y a la capacitancia. El tiempo de oscilación es el tiempo de descarga de los capacitores. Mientras un capacitor se carga, el otro se descarga, lo que permite crear el efecto de luz estroboscópica y alarma sonora.

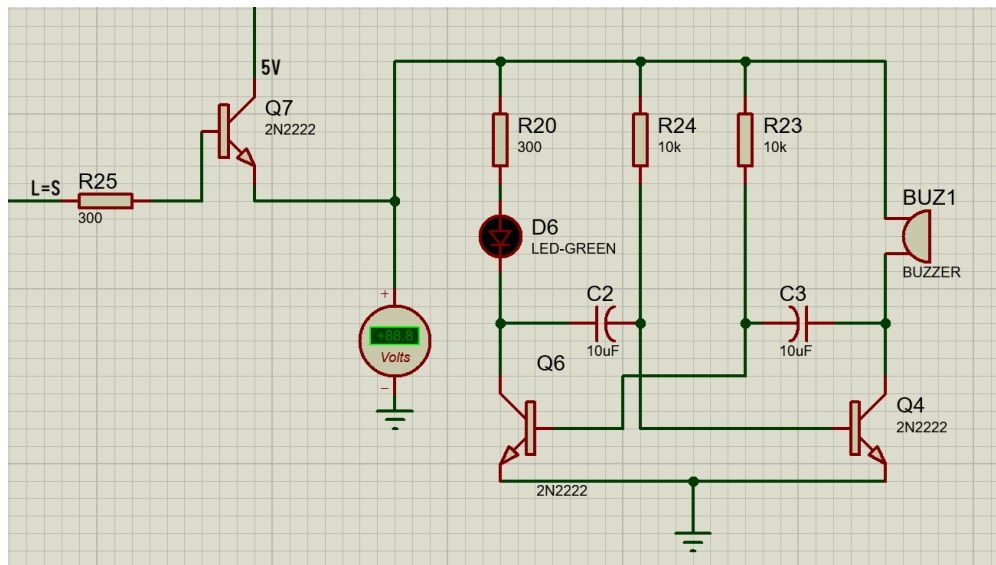


Figura 11: Imagen del circuito de luz estroboscópica y alarma sonora.

Circuito Actuador del Motor DC

Se usó un transistor PNP para que se active en lógica negativa.

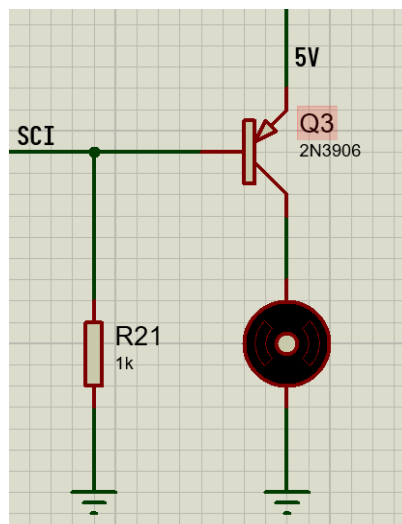


Figura 12: Imagen del sistema contra incendios (Motor DC).

Programación y conexión con Arduino

```
#define MQ2_PIN A0    // Sensor MQ2 conectado al pin analógico A0.

// Conversión de lectura análoga a porcentaje.
double getPercentage(const int pin) {
    return 100.0 * analogRead(pin) / 1023.0;
}

void setup() {
    pinMode(MQ2_PIN, INPUT); // Pin MQ2 en modo lectura.
    Serial.begin(9600);      // Inicializa serial port.
}

void loop() {
    double p = getPercentage(MQ2_PIN); // Porcentaje de humo.
    Serial.println(p);                 // Visualización en Serial Plotter.
    delay(100);                       // Refresco de 100 ms.
}
```



Figura 13: Probando el serial plotter con la salida del MQ2.

Tabla de elementos usados con su respectivo precio y total

Dispositivo	Observaciones	Cantidad	Costos (\$)	Fuentes
Protoboard	Placa de pruebas para montar el circuito	4	\$6.00	Orellana
Resistor 10k	Controla la corriente en el circuito	7	\$0.25	Velasco
Resistor 9k	Controla la corriente en el circuito	1	\$0.02	Velasco
Resistor 1k	Controla la corriente en el circuito	3	\$0.10	Velasco
Resistor 300	Controla la corriente en el circuito	2	\$0.05	Orellana
Switch Rocker 11	Palanca de emergencia que activa todo el sistema	1	\$0.50	Orellana
LM358	Amplificador operacional para el circuito acondicionador y comparador.	2	\$5.00	VILCOSA
LM7805	Regulador de voltaje a 5V.	2	\$1.20	Velasco
Diodo LED	Alerta concentración de humo media.	1	\$0.20	Orellana
Arduino Nano	Se utiliza para visualizar gráficamente la concentración de humo	1	\$12	VILCOSA
Sensor MQ2	Detecta concentraciones de humo en el ambiente	1	\$2.25	Orellana
Fuente de Alimentación 12V 5A	Suministra energía al circuito	1	\$7.50	Orellana

Alarma Sonora (TMB12A05)	Emite un sonido para alertar a los usuarios	1	\$1.20	Orellana
Motor DC	Representa el sistema contra incendios	1	\$2.00	Orellana
Capacitor	Utilizado en el oscilador vibracional que hace al LED y buzzer parpadear.	2	\$0.08	Velasco
Potenciómetro	Se usa para ajustar el voltaje del comparador y como sensor de humo en pruebas.	3	\$0.84	Velasco
LS04N	Compuerta lógica NOT	1	\$1.10	VILCOSA
LS08N	Compuerta lógica AND	1	\$1.10	VILCOSA
LS32N	Compuerta lógica OR	1	\$0.50	Orellana
Cables Jumper	Conectan puntos	60	\$6.00	Orellana
Transistor 2N2222 NPN	Usado para activar los circuitos actuadores y dentro del oscilador vibracional.	3	\$0.60	Orellana
Transistor 2N3906 PNP	Usado para activación de motor DC.	1	\$0.20	Orellana
Total	\$48.69			

Tabla 4: Cantidades y precios de los elementos utilizados.



Conclusiones

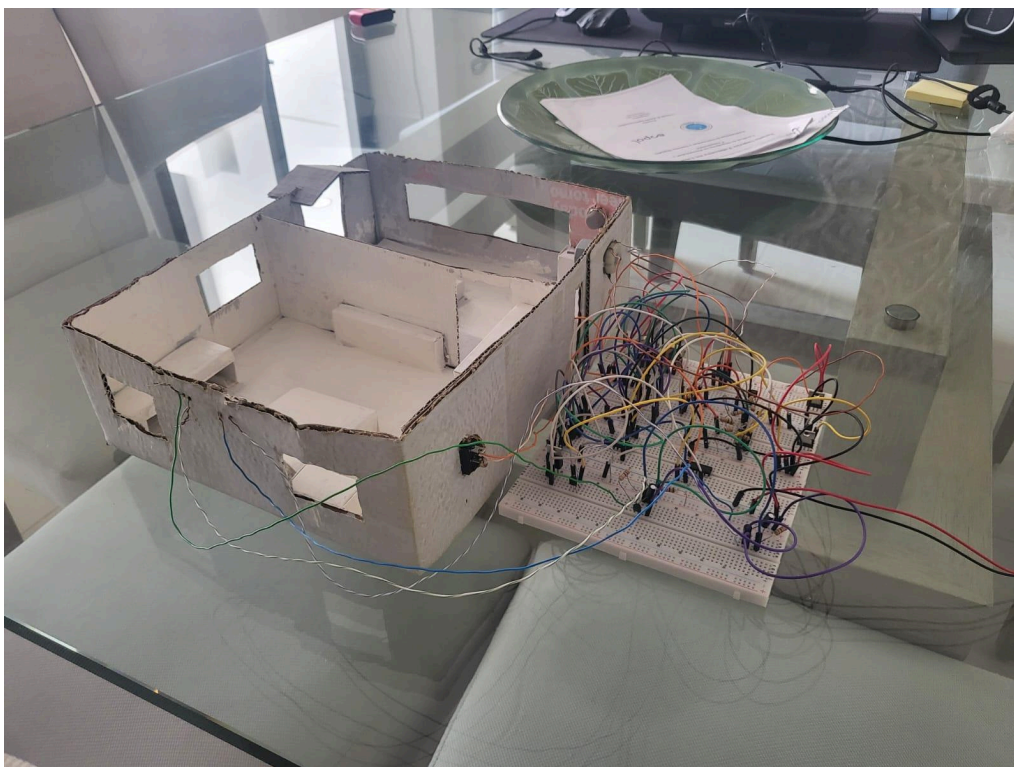
1. El proyecto exitosamente muestra una gráfica del porcentaje de la concentración de humo mediante el Serial Plotter del Arduino NANO. Esto permite saber si el comportamiento de los actuadores es correcto basado en el valor del porcentaje.
2. Se pudo implementar en físico con componentes los diseños en el simulador de proteus y transferirlos a la vida real. Hay problemas que sólo suceden en la vida real y no en el simulador, como la posibilidad de que se queme un componente, por alimentarlo con un voltaje mayor al permitido. Afortunadamente se evadieron y resolvieron estos problemas y se implementó el circuito.
3. Finalmente, este proyecto satisface el objetivo de manejar de manera automática las entradas, a excepción de la palanca de emergencia, del cual es su propósito. Los potenciómetros una vez ajustados con los porcentajes adecuados manejan los rangos del comparador.

Recomendaciones

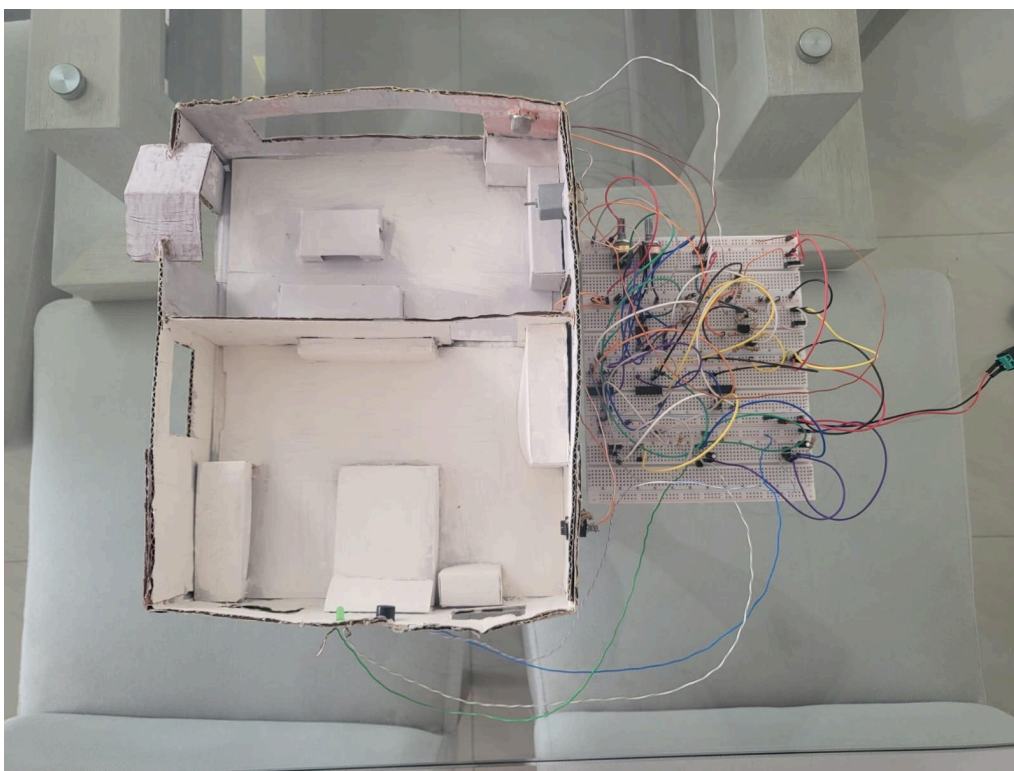
1. Se recomienda utilizar una fuente de 12V y un regulador para tener una fuente estable de 5V, para reutilizar la misma fuente como una de 12V y de 5V.
2. No importa que las salidas del comparador sean de 4V, el circuito de lógica combinatoria lo considera alto.
3. Para el circuito de lógica combinatoria es recomendado simplificar/optimizar las funciones lógicas para utilizar la menor cantidad de compuertas lógicas posibles. Si se omite este paso resultaría en un circuito muy complejo lleno de puertas lógicas.
4. Para evitar que los picos de voltaje o las fluctuaciones de corriente sean un problema, es recomendable añadir protección adicional, como diodos y capacitores.
5. Validar el sistema en un ambiente más cercano a escenarios reales de detección de humo para verificar su eficacia y robustez en condiciones no controladas.



Anexos



Anexo 1: Imágen de perfil del circuito y la maqueta.



Anexo 2: Imágen de vista superior del circuito y la maqueta.