



Tecnicatura Superior en Telecomunicaciones

Espacio Curricular: Programación

DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES CERRADOS

Entrega N° 1

Alumnos:

Ares, Diego Ezequiel

Gimenez Coria, Fernando

Roldan, Patricio Leandro

Profesor: Lanfranco Lisandro

13 de septiembre de 2024

Resumen

El presente informe detalla el desarrollo de un dispositivo IoT diseñado para medir la concentración de CO₂ en el aire, junto con la temperatura y humedad de un ambiente.

El sistema está construido en torno a un microcontrolador ESP32-S, que utiliza un sensor MQ135 para la medición de gases y un sensor AHT25 para obtener lecturas precisas de temperatura y humedad.

Con base en las lecturas de CO₂, el dispositivo controla un extractor mediante un relé para mantener la calidad del aire dentro de niveles aceptables.

Además, el sistema monitorea el nivel de batería del dispositivo. Este informe presenta el esquema eléctrico del prototipo, justifica la elección de los sensores y explica el criterio de activación del actuador.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES
CERRADOS**

Resumen	2
Introducción	4
Objetivos	5
Desarrollo del objetivo en fases	5
Metodología	7
Selección de Sensores	7
Calibración del MQ135	8
Método de calibración:	8
Cálculo de Concentración de CO2 usando el MQ135	8
Fórmula de Conversión:	9
Corrección por Temperatura y Humedad:	9
Microcontrolador y Actuador	10
Medición de Nivel de Batería	10
Implementación	10
Control del Relé basándose en los Niveles de CO2	11
Condición de Activación:	11
Cálculo de Consumo de Energía	13
Consumo de Energía:	13
Duración de Batería:	13
Resultados esperados	15
Conclusión	15
ANEXOS	16
ANEXO N1: Hoja de Datos MQ135	16
ANEXO N2: Hoja de Datos AHT25	16

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO₂ EN AMBIENTES
CERRADOS**

Introducción

En los últimos años, la calidad del aire en interiores ha cobrado relevancia debido a su impacto directo en la salud humana. El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que puede alcanzar concentraciones peligrosas en ambientes cerrados debido a la respiración humana, procesos industriales o combustión. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda mantener las concentraciones de CO₂ por debajo de los 1000 ppm (partes por millón) para evitar efectos negativos en la salud, como fatiga, dolor de cabeza y disminución de la productividad. Concentraciones superiores a 5000 ppm pueden ser peligrosas, causando síntomas como dificultad para respirar y deterioro cognitivo. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un dispositivo IoT que monitoree los niveles de CO₂, temperatura y humedad, y que active automáticamente un extractor para mantener la calidad del aire dentro de parámetros seguros.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO₂ EN AMBIENTES
CERRADOS**

Objetivos

Monitorear con precisión la concentración de CO₂ en tiempo real usando el sensor MQ135, calibrado para lecturas más exactas en función de la temperatura y la humedad.

Controlar automáticamente un extractor de aire mediante un relé, activándose cuando la concentración de CO₂ supere los 1000 ppm.

Optimizar el consumo energético del sistema utilizando componentes de bajo consumo y un sistema de monitoreo de batería para alertar sobre niveles bajos de energía.

Implementar una interfaz IoT que permita visualizar remotamente los datos de CO₂, temperatura, y humedad, y gestionar el dispositivo desde una plataforma en la nube.

Desarrollo del objetivo en fases

Fase 1: Investigación y planificación Aquí se realiza la selección de sensores y componentes como el ESP32-S, el sensor MQ135 y AHT25, Esta fase incluye la investigación sobre la mejor manera de calibrar el MQ135 y compensar las variaciones debidas a temperatura y humedad.

Fase 2: Implementación técnica En esta etapa, el sistema de sensores se conecta al microcontrolador ESP32-S, se programan las condiciones de activación del extractor basadas en los niveles de CO₂, y se asegura la comunicación entre el dispositivo y la plataforma IoT.

Fase 3: Validación y ajustes Se realizan pruebas para verificar que el dispositivo mide correctamente los niveles de CO₂ y se ajusta de acuerdo con las condiciones ambientales. Se monitorean el consumo energético y la durabilidad de la batería, ajustando el diseño para maximizar su eficiencia.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO₂ EN AMBIENTES
CERRADOS**

Fase 4: Extensión del proyecto Se puede incluir la recopilación de datos a largo plazo para estudiar los patrones de calidad del aire en los espacios, e incluso integrar machine learning para predecir niveles de CO₂ y optimizar el control del extractor.

DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE CONCENTRACION DE CO₂ EN AMBIENTES CERRADOS

Metodología

Selección de Sensores

MQ135: El sensor MQ135 es adecuado para medir gases como CO₂, amoníaco, benceno y otros compuestos orgánicos volátiles. Su respuesta varía en función de la concentración de diferentes gases, lo que requiere una calibración específica para detectar CO₂ con precisión. Esta calibración debe considerar las lecturas de temperatura y humedad, ya que el sensor es sensible a estos factores (**fig. 1**).

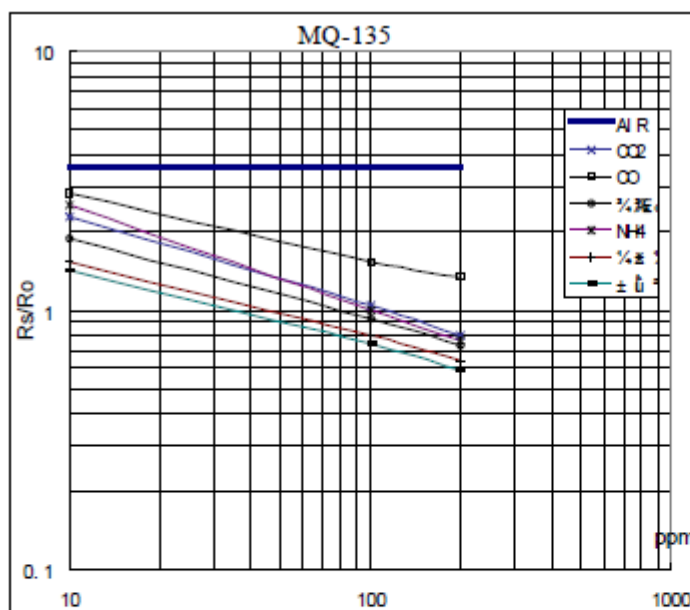


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20[] Humidity: 65%[] O₂ concentration 21% RL=20k[] Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air. Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

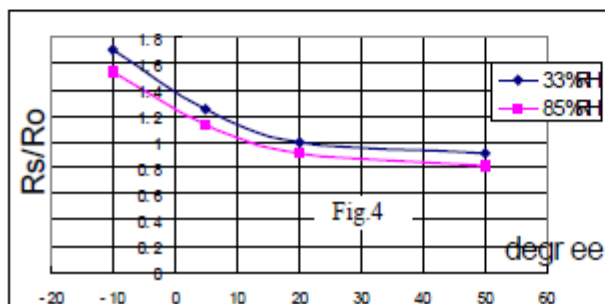


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree. Rs: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

Fig. 1 Respuesta del sensor MQ135 a las concentraciones de distintos gases y su variación con respecto a la temperatura.

DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE CONCENTRACION DE CO₂ EN AMBIENTES CERRADOS

AHT25: El sensor AHT25, es un sensor digital basado en el protocolo I2C, que proporciona mediciones precisas de temperatura y humedad, lo que es esencial para la calibración del MQ135 y para compensar la variabilidad de sus lecturas.

Calibración del MQ135

La calibración del sensor MQ135 es fundamental para obtener lecturas precisas de CO₂. Dado que este sensor no está diseñado exclusivamente para medir CO₂, su calibración implica ajustar sus lecturas de resistencia en función de una mezcla controlada de gases.

La **temperatura y humedad** influyen significativamente en la resistencia del sensor; por lo tanto, las lecturas del AHT25 se utilizarán para ajustar la curva de calibración en tiempo real.

Método de calibración:

Para calibrar el sensor MQ135 se deben realizar mediciones en un ambiente con CO₂ de concentración conocida (por ejemplo, 400 ppm, que es la concentración promedio en el aire exterior). Una vez obtenida la curva de respuesta, se puede ajustar el factor de corrección basado en la temperatura (T) y humedad (H) basándonos en la información proporcionada por el fabricante en la hoja de datos.

Cálculo de Concentración de CO₂ usando el MQ135

El sensor MQ135 no mide directamente la concentración de CO₂ en ppm, sino que entrega una resistencia que varía según la concentración de gases en el aire. Para convertir esta resistencia en una lectura de CO₂ aproximada, necesitamos usar la curva característica del sensor y la ley de los gases.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES
CERRADOS**

Fórmula de Conversión:

La concentración de CO2 en ppm puede aproximarse mediante la siguiente relación, basada en la curva del sensor:

$$ppm = A * \left(\frac{R_s}{R_0} \right)^{-B}$$

Donde:

- ppm es la concentración de CO2.
- R_s es la resistencia del sensor en el ambiente medido.
- R_0 es la resistencia del sensor en un gas de referencia (como aire limpio, donde el CO2 es aproximadamente 400 ppm).
- A y B son constantes derivadas de la curva característica del MQ135 para CO2 (generalmente extraídas de la hoja de datos o de pruebas empíricas).

Corrección por Temperatura y Humedad:

La resistencia del sensor puede verse afectada por cambios en temperatura y humedad. El ajuste para estos factores se puede realizar mediante un factor de corrección basado en mediciones externas:

$$R_s^{ajustado} = R_s * f(T, H)$$

Donde $f(T, H)$ es una función que ajusta la resistencia en función de la temperatura y la humedad medidas por el sensor AHT25.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES
CERRADOS**

Microcontrolador y Actuador

- **ESP32-S:** Este microcontrolador fue elegido por su conectividad y bajo consumo de energía, facilitando la integración del dispositivo con plataformas en la nube.
- **Relé y Extractor:** Se ha incorporado un relé para controlar un extractor que se activará cuando los niveles de CO2 superen un umbral establecido.

Medición de Nivel de Batería

La medición del nivel de batería se puede realizar utilizando un divisor de voltaje, que reducirá el voltaje de la batería (por ejemplo, de 12V) a un nivel manejable para los pines ADC del ESP32 (máximo 3.3V).

Implementación:

- Se conectan dos resistencias en serie entre el terminal positivo de la batería y tierra.
- El nodo entre las resistencias se conecta a un pin ADC del ESP32.
- La fórmula para calcular el voltaje de la batería es:

$$V_{bateria} = V_{ADC} * \left(\frac{R1 + R2}{R2} \right)$$

Donde:

- $V_{bateria}$ es el voltaje de la batería.
- V_{ADC} es el voltaje leído por el ADC del ESP32.
- R1 y R2 son las resistencias del divisor.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES
CERRADOS**

Este cálculo permite monitorear el nivel de la batería en tiempo real, proporcionando la capacidad de enviar alertas o activar un modo de bajo consumo cuando el voltaje cae por debajo de un umbral crítico.

Control del Relé basándose en los Niveles de CO2

Para activar el extractor, el dispositivo debe comparar la lectura de CO2 con un umbral establecido. Si la concentración de CO2 excede ese valor, el sistema activa el relé.

Condición de Activación:

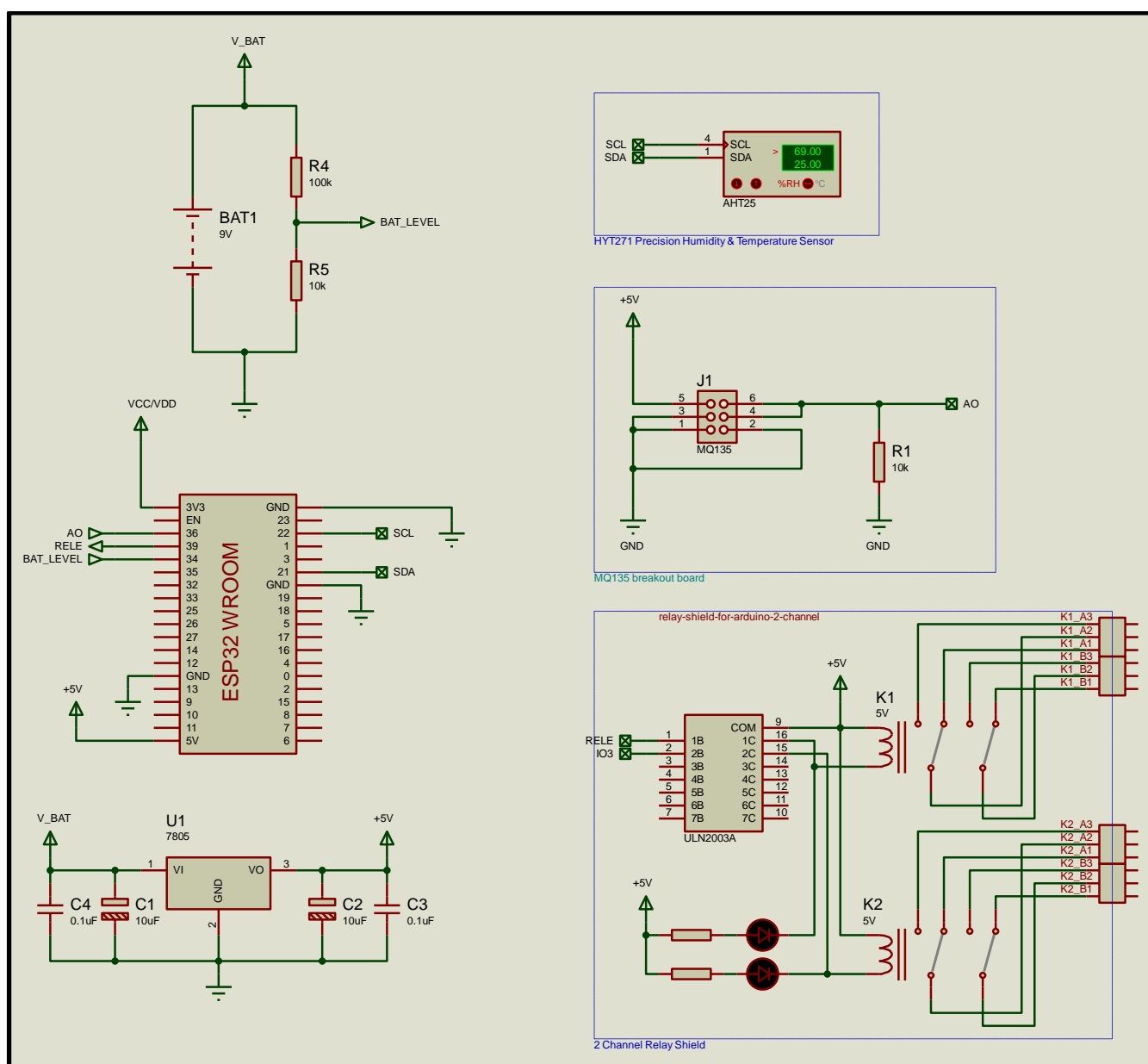
si $\text{ppm} > \text{umbral}$ → activar relé

En este caso, se recomienda un umbral de **1000 ppm** para activar el extractor, ya que este valor es generalmente aceptado como límite superior de calidad de aire en ambientes cerrados según la OMS.

DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES CERRADOS

Diseño del circuito

A continuación se muestra el esquema eléctrico del prototipo según lo establecido en los párrafos anteriores.



Cálculo de Consumo de Energía

Un aspecto clave será el consumo de energía, especialmente si el sistema está alimentado por baterías. El consumo energético total se puede calcular sumando el consumo de todos los componentes (ESP32, sensores, relé, etc.):

Consumo de Energía:

$$P_{total} = P_{ESP32} + P_{MQ135} + P_{AHT25} + P_{Rele}$$

Donde P es el consumo de potencia de cada componente.

Conociendo la potencia total consumida se puede calcular la duración de la batería con la siguiente fórmula:

Duración de Batería:

$$t_{bateria} = \frac{C_{bateria}}{P_{total}}$$

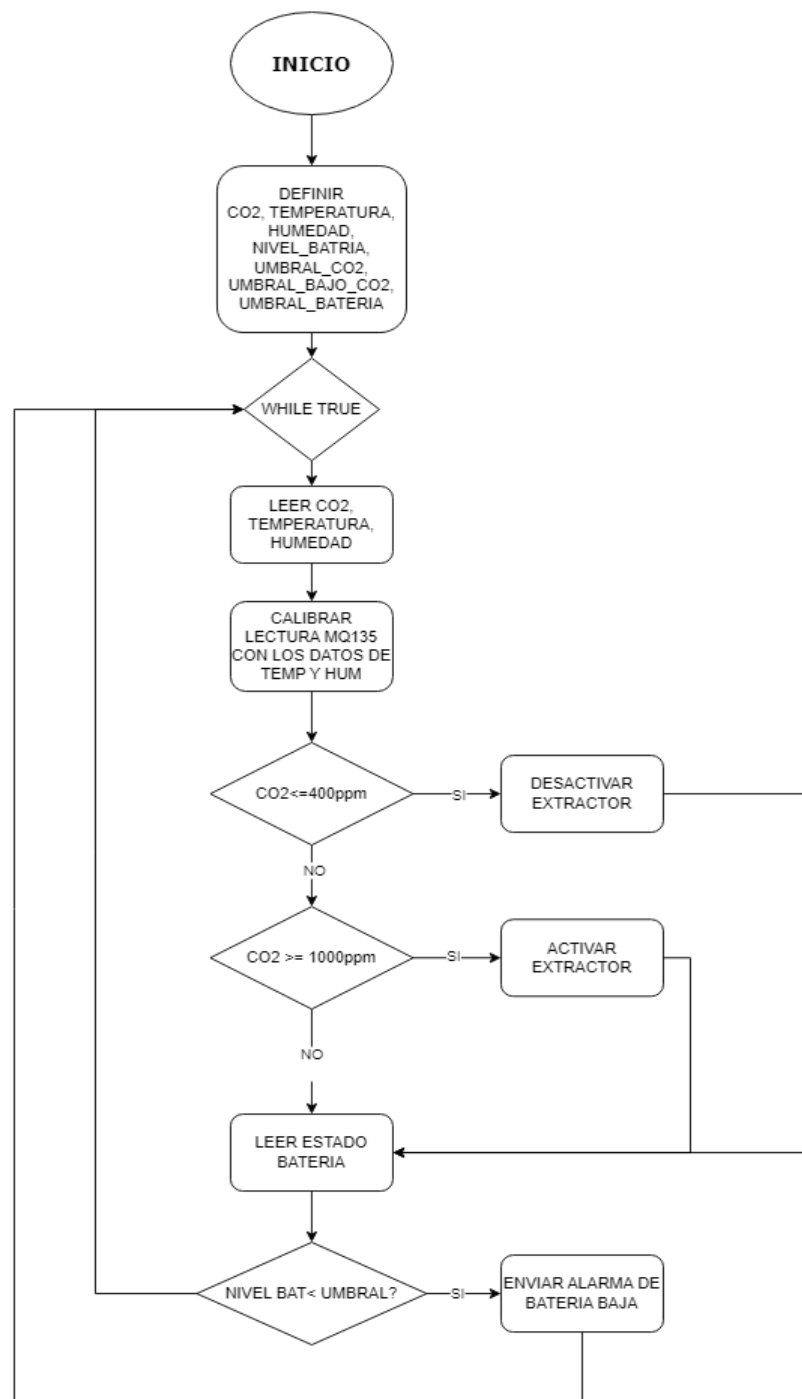
Donde:

- $t_{bateria}$ es la duración de la batería.
- $C_{bateria}$ es la capacidad de la batería en mAh.
- P_{total} es la potencia total consumida por el dispositivo.

**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES
CERRADOS**

Diagrama de Flujo

Aquí se muestra un diagrama de flujo con el algoritmo para el control del nivel de CO2 en el ambiente.



**DISPOSITIVO IoT PARA CONTROL DE
CONCENTRACION DE CO2 EN AMBIENTES
CERRADOS**

Resultados esperados

El dispositivo debería ser capaz de monitorear de forma continua los niveles de CO2, temperatura y humedad, y actuar sobre el extractor cuando los niveles de CO2 excedan 1000 ppm. Además, los datos de temperatura y humedad ayudarán a corregir las mediciones del MQ135, mejorando la precisión del sistema.

Conclusión

El dispositivo IoT propuesto no solo asegura un control eficiente de la calidad del aire en interiores mediante la activación automática de un extractor en respuesta a niveles elevados de CO2, sino que también ofrece la posibilidad de extender su funcionalidad. Al monitorear variables críticas como temperatura y humedad, el sistema se convierte en una herramienta útil para mantener ambientes seguros. Además, el dispositivo tiene el potencial de recolectar grandes cantidades de datos ambientales que, analizados a lo largo del tiempo, pueden proporcionar información valiosa para mejorar la gestión del aire en espacios cerrados. Este tipo de soluciones pueden ampliarse fácilmente, integrando otros sensores para detectar diferentes gases o mejorar la precisión en la medición mediante machine learning.

ANEXOS

ANEXO N1: Hoja de Datos MQ135

[Google Drive PDF](#)

ANEXO N2: Hoja de Datos AHT25

[Google Drive PDF](#)