

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**  
**KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**

-----oo-----



**BÀI TẬP LỚN**

**ĐỀ TÀI:**

**TÌM HIỂU VỀ CHẾ ĐỘ ADC VÀ USART TRÊN KIT  
RENESAS RA6M5**

**Giảng viên hướng dẫn: Nguyễn Phan Hải Phú**

Họ và tên	MSSV
Lý Thị Huỳnh Như	2114336
Nguyễn Tấn Tài	2212991
Văn Mỹ Trân	2012261

**TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12 NĂM 2025**

### 3. Cảm biến

#### 3.1. Cảm biến ZMOD4410

##### 3.1.1. Tổng quan về cảm biến ZMOD4410

Cảm biến ZMOD4410 là cảm biến được thiết kế để dễ dàng triển khai trong nhận diện các thành phần hữu cơ bay hơi (TVOC), tính toán nồng độ CO<sub>2</sub>, và ghi nhận chất lượng không khí trong nhà (IAQ). Module hoạt động đáng tin cậy trong nhiều loại điều kiện đa dạng, như là độ ẩm cao, các môi trường nhiều bụi với khả năng chịu được tia nước, ngưng tụ hay kể cả bị ngâm trong nước.

Cấu hình Firmware của ZMOD4410 cho phép chuyển đổi nhanh chóng các chức năng của ZMOD4410 dựa trên thuật toán machine learning và trí thông minh nhân tạo nhúng. Điều này được dùng để nhận biết và tính toán nồng độ TVOC, đánh giá IAQ dựa trên UBA, dự đoán mức độ CO<sub>2</sub> (eCO<sub>2</sub>).

Các chức năng điển hình của ZMOD4410 bao gồm:

- Đo đặc thông số trong nhà phù hợp với UBA và các tiêu chuẩn không khí trong nhà (PBAQ).
- Sử dụng trong nhà, văn phòng, cá nhân và phòng tắm cho các tiêu chuẩn sức khỏe.
- Phát hiện các chất liệu và môi trường độc hại (ví dụ như hơi từ các vật liệu xây dựng).
- Tự động hóa dựa trên môi trường xung quanh (HVAC, máy lọc không khí, điều hòa, ...).
- Lý tưởng cho các hoạt động trong và ngoài trời (các thiết bị đeo, đồng hồ thông minh, ...).

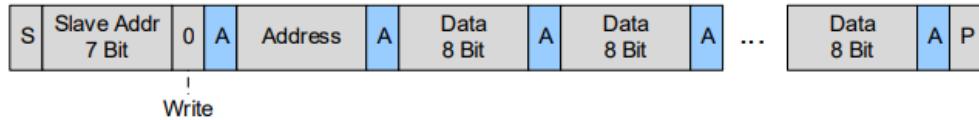
##### 3.1.2. Giao tiếp với ZMOD4410

Cảm biến ZMOD4401 giao tiếp thông qua I2C, địa chỉ mặc định là 0x32.

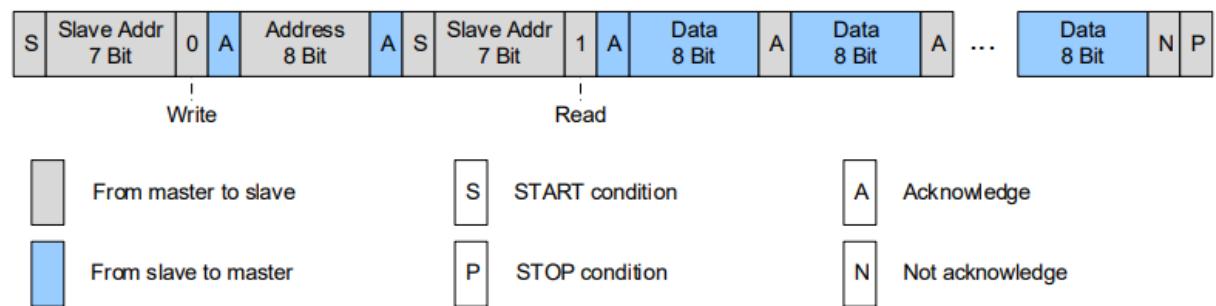
Cảm biến ở chế độ Slave hỗ trợ đa dạng tốc độ bus: tốc độ tiêu chuẩn ( $\leq 100\text{kHz}$ ) và tốc độ cao ( $\leq 400\text{kHz}$ ).

Để giao tiếp với ZMOD4410 ta sử dụng bộ firmware được RENESAS cung cấp cho các ứng dụng như IAQ, ULP hay PBAQ.

Dữ liệu triển khai thông qua giao thức tương tự như các thiết bị sử dụng EEPROM khác. Thanh ghi để read/write được chọn bởi con trỏ địa chỉ thanh ghi. Địa chỉ của con trỏ này phải được cài đặt trong giao tiếp write I2C. Trong giao tiếp read, một điều kiện START được lặp lại nhiều lần nhưng không nên gửi điều kiện STOP. Sau khi truyền dữ liệu đến thanh ghi, địa chỉ thanh ghi sẽ tự động tăng lên. Một điều kiện STOP kết thúc toàn bộ quá trình truyền. Địa chỉ tự động được đặt lại từ 0xFF về 0x00. Địa chỉ I2C phải được nằm trong khoảng hợp lệ dưới địa chỉ 0x78.



#### READ Access NVM and RAM



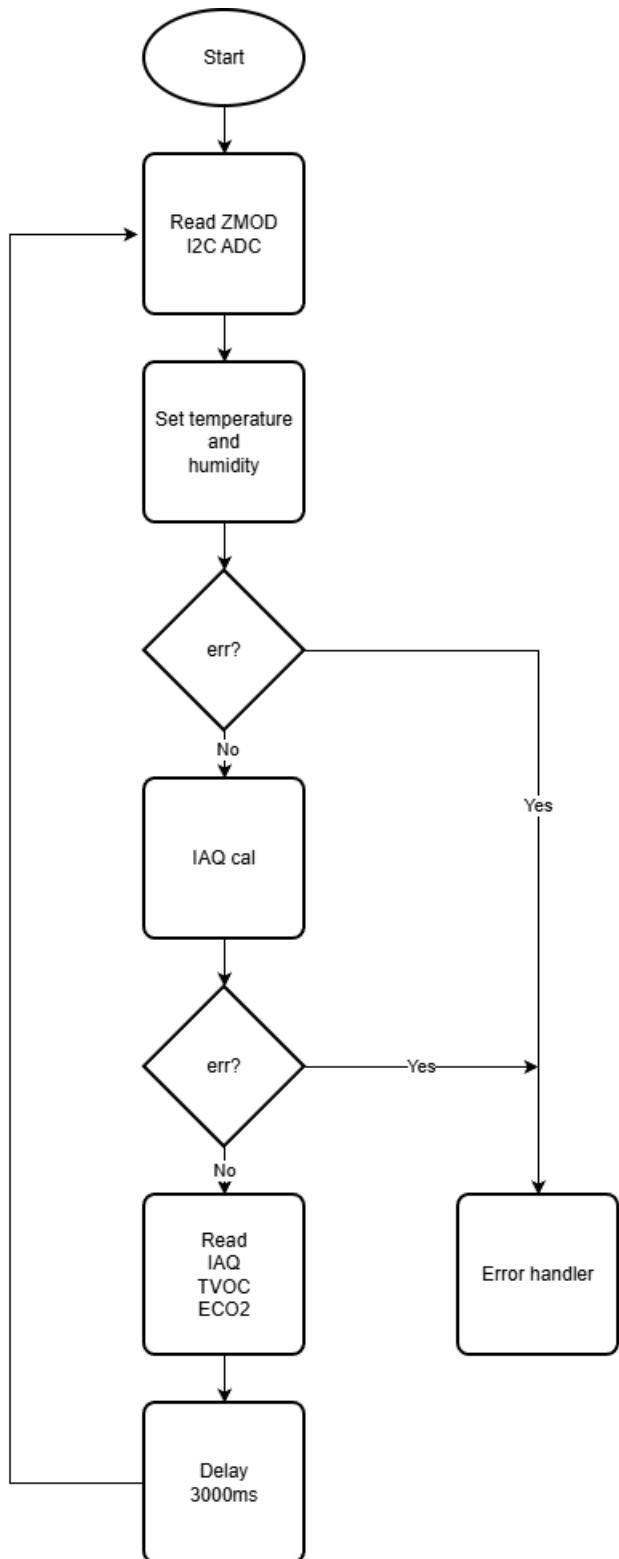
Hình 3.1.1 Giao thức truyền dữ liệu I2C

**Table 3. IAQ 2<sup>nd</sup> Gen Program Flow using ZMOD4410**

Line	Program Actions	Notes	Function
1	Reset the sensor.	Before configuring the sensor, reset the sensor by powering it off/on or toggling the reset pin.	-
2	Detect and initialize the ZMOD4410 sensor.	This function must be used after each start-up.	detect_and_configure
3	Initialize the IAQ (TVOC, EtOH, rel IAQ, eCO2) algorithm.	Gas Algorithm Library function.	init_iaq_2nd_gen
4	Start the ZMOD4410 measurement.	One measurement is started every 3 seconds and takes 1010ms.	zmod4xxx_start_measurement
5	Delay (3000ms).	This delay is necessary to keep the correct measurement timing and to call a measurement every 3 seconds with a maximum deviation of 5% to keep the algorithm accuracy.	-
6	Read the ZMOD4410 measurement.	Read every 3 seconds.	read_and_verify
7	Algorithm calculation and sensor self-check.	Calculate current MOx resistance Rmox, clean dry air resistance Rcda, IAQ, TVOC, EtOH, rel IAQ and eCO2. Relative humidity (in % RH) and temperature values (in °C) and ADC results need to be passed as algo_input. First 60 samples (3 minutes) are used for minimal, hard-coded sensor warm-up and output is frozen. Actual warm-up can take longer (up to 48 hours).	calc_iaq_2nd_gen

*Hình 3.1.2 Giải thuật cho IAQ*

Đầu tiên, ta cài đặt mục tiêu cụ thể cho cảm biến. ZMOD4410 được cấu hình bởi đọc các dữ liệu thiết bị cũng như kiểm tra module cuối từ bộ nhớ không bay hơi, và cài đặt nó. Một vòng lặp liên tục kiểm tra tình trạng và lỗi của ZMOD4410 và đọc dữ liệu từ nó. Dữ liệu thô được xử lý sau đó. Thuật toán cho TVOC, EtOH, IAQ, rel IAQ và eCO2 được sử dụng để tính toán từ mạng thần kinh thuật toán học máy.



Hình 3.1.3 Sơ đồ khối đọc và xử lý dữ liệu ZMOD4410

(x)= iaq	float	1.03504682	0x200005d0
(x)= tvoc	float	0.0674074739	0x200005d4
(x)= etoh	float	0.03585504	0x200005d8
(x)= eco2	float	400.448669	0x200005dc
(x)= sample_id	uint8_t	0 '\0'	0x200005e0
(x)= rel_iaq	float	500	0x200005e4

Hình 3.1.4 Thông số eCO<sub>2</sub>, IAQ, TVOC sau khi đọc

### 3.2. Cảm biến HS3001

#### 3.2.1. Giới thiệu cảm biến HS3001

Cảm biến HS300x là cảm biến có độ chính xác cao, được tích hợp đầy đủ với cảm biến nhiệt độ và độ ẩm. Cảm biến MEMS được trang bị tính năng bảo vệ cảm biến độc quyền, phù hợp với độ chính xác và độ ổn định lâu dài.

Độ chính xác cao, tốc độ phản hồi đo lường cao, và độ ổn định lâu dài được tích hợp trong một kích thước nhỏ giúp cho cảm biến HS3xxx ý tưởng cho số lượng lớn ứng dụng từ các thiết bị cầm tay cho đèn làm việc trong môi trường khắc nghiệt.

Cảm biến kỹ thuật số HS3xxx đo chính xác các thông số độ ẩm và nhiệt độ. Dữ liệu đo được tự động hiệu chỉnh bên trong và tự động bù trừ cho các ứng dụng có khoan nhiệt độ và độ ẩm cao mà không cần sự can thiệp của con người.

Ứng dụng của HS3001:

- Hệ thống điều chỉnh môi trường.
- Các ứng dụng trong nhà.
- Dự báo thời tiết.
- Tự động hóa trong công nghiệp.
- Trang thiết bị y tế.
- Kiểm soát môi trường trong cabin oto.

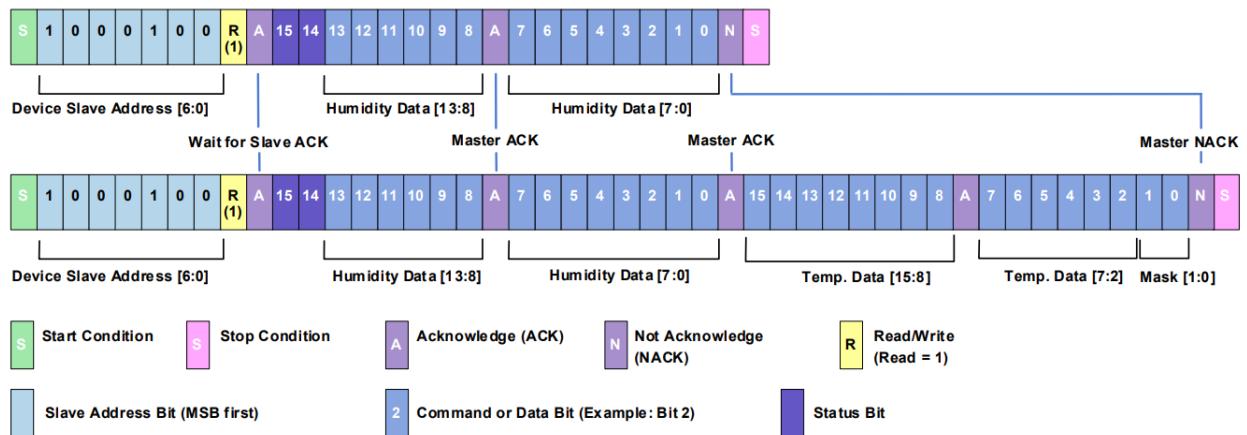
#### 3.2.2. Giao tiếp với HS3001

Địa chỉ mặc định của HS3001 là 0x44. Thiết bị chỉ phản hồi duy nhất với địa chỉ 7-bit này.

HS3xxx được lập trình sẵn tại nhà máy để hoạt động ở Chế độ Sleep. Ở Chế độ Sleep, cảm biến chờ lệnh từ thiết bị chủ trước khi thực hiện phép đo. Lỗi kỹ thuật số chỉ thực hiện chuyển đổi khi nhận được lệnh Yêu cầu Đo lường (MR); nếu không, nó sẽ luôn tắt nguồn.

Vào cuối chu kỳ đo, dữ liệu hợp lệ có thể được lấy. Các bit trạng thái của kết quả DF có thể được sử dụng để phát hiện dữ liệu hợp lệ hay đã cũ. Nếu không, chờ cho phép đo kết thúc trước khi lấy dữ liệu.

Dữ liệu đọc được bắt đầu với địa chỉ 7-bit được sau bởi bit thứ 8 = 1 (Read). HS3xxx ở chế độ slave gửi bit ACK cho biết phép đo thành công.



Hình 3.2. *Error! No text of specified style in document..1* Dữ liệu đọc về từ HS3001

Dữ liệu độ ẩm nằm trong 14 bit được chia trong 2 byte đầu. 2 bit đầu tiên là bit trạng thái của dữ liệu. Theo sau là dữ liệu độ ẩm. 2 bit cuối của 4 byte data là bit không xác định và nên được loại bỏ.

Sau khi đọc dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm, ta sẽ tính độ ẩm theo phần trăm và nhiệt độ theo độ C theo công thức bên dưới.

The entire output of the HS3xxx is 4 bytes. The relative humidity (in percent) and the temperature (in degrees Celsius) are calculated with Equation 1 and Equation 2, respectively.

**Equation 1**      
$$\text{Humidity} [\% \text{RH}] = \left( \frac{\text{Humidity}[13:0]}{2^{14}-1} \right) * 100$$

**Equation 2**      
$$\text{Temperature} [{}^{\circ}\text{C}] = \left( \frac{\text{Temperature}[15:2]}{2^{14}-1} \right) * 165 - 40$$

*Hình Error! No text of specified style in document.2.2 Công thức tính nhiệt độ và độ ẩm*

Bit trạng thái được sử dụng để chỉ trạng thái của dữ liệu được lấy. 2 bit MSB của độ ẩm là bit trạng thái

Bit trạng thái	Định nghĩa trạng thái
00B	Dữ liệu hợp lệ: Dữ liệu chưa được trích xuất kể từ lần đo cuối
01B	Dữ liệu Stale: Data đã được trích xuất kể từ lần đo cuối  Lưu ý: Nếu dữ liệu được trích xuất được thực hiện trước hoặc trong khi lần đo đầu tiên sau khi đặt lại nguồn, thì trạng thái Stale sẽ được trả về, nhưng dữ liệu này thật ra là không hợp lệ bởi lần đo đầu tiên chưa được hoàn thành