**YÊU CẦU HỆ THỐNG RADAR SIÊU ÂM DỰA TRÊN VI ĐIỀU KHIỂN**

**1. MÔ TẢ SẢN PHẨM**

Radar siêu âm dựa trên vi điều khiển ATmega128 được thiết kế để phát hiện vật thể và đo khoảng cách, vị trí góc của chúng. Hệ thống sử dụng sóng siêu âm để quét toàn bộ 360° và hiển thị thông tin về các vật thể được phát hiện trên màn hình LCD và đèn LED.

**2. YÊU CẦU CHỨC NĂNG (FUNCTIONAL REQUIREMENTS)**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **FR1.1** | Hệ thống SHALL phát hiện vật thể trong phạm vi từ 10cm đến 400cm | Sử dụng cảm biến siêu âm UDM |
| **FR1.2** | Hệ thống SHALL quét toàn bộ 360° theo cả hai chiều kim đồng hồ và ngược kim đồng hồ | Quét liên tục với tốc độ 2 vòng/phút |
| **FR1.3** | Hệ thống SHALL hiển thị góc quét hiện tại trên màn hình LCD với format "Angle:XXX" | Góc từ 0° đến 330°, bước nhảy 30° |
| **FR1.4** | Hệ thống SHALL hiển thị khoảng cách đến vật thể với format "XXX.XXcm" | Độ chính xác 0.01cm |
| **FR1.5** | Hệ thống SHALL hiển thị thông báo "Object Detected" khi phát hiện vật thể |  |
| **FR1.6** | Hệ thống SHALL hiển thị thông báo "Scanning..." trong quá trình quét | Khi không phát hiện vật thể |
| **FR1.7** | Hệ thống SHALL phát âm thanh cảnh báo khi phát hiện vật thể | Sử dụng buzzer |
| **FR1.8** | Hệ thống SHALL chỉ báo vị trí góc của vật thể bằng đèn LED trên mặt đồng hồ | 12 LED tương ứng với 12 vị trí góc |
| **FR1.9** | Hệ thống SHALL tự động đảo chiều quay khi hoàn thành một vòng 360° |  |
| **FR1.10** | Hệ thống SHALL sử dụng vị trí reference angle 0° làm điểm bắt đầu | Dựa vào opto interrupt sensor |

**3. YÊU CẦU PHI CHỨC NĂNG (NON-FUNCTIONAL REQUIREMENTS)**

**3.1 YÊU CẦU HIỆU NĂNG (PERFORMANCE)**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR1.1** | Tốc độ quét SHALL là 2 vòng/phút | Tương đương 12 giây/vòng |
| **NFR1.2** | Tốc độ truyền dữ liệu UART SHALL là 9600 bps | Giao tiếp với cảm biến UDM |
| **NFR1.3** | Thời gian phản hồi của hệ thống SHALL nhỏ hơn 0.1 giây | Từ khi phát hiện đến khi hiển thị |
| **NFR1.4** | Độ phân giải góc SHALL là 30° | 12 vị trí trên mặt đồng hồ |

**3.2 YÊU CẦU PHẦN CỨNG**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR2.1** | Hệ thống SHALL sử dụng vi điều khiển ATmega128 | 8-bit AVR RISC |
| **NFR2.2** | Hệ thống SHALL có màn hình LCD 20x4 ký tự |  |
| **NFR2.3** | Hệ thống SHALL có 12 đèn LED màu đỏ bố trí theo hình đồng hồ |  |
| **NFR2.4** | Hệ thống SHALL có motor DC tốc độ 5 vòng/phút |  |
| **NFR2.5** | Hệ thống SHALL có buzzer piezoelectric |  |
| **NFR2.6** | Hệ thống SHALL có crystal oscillator 12MHz | Với 2 tụ 22pF |

**3.3 YÊU CẦU NGUỒN ĐIỆN**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR3.1** | Hệ thống SHALL hoạt động với nguồn 5V DC cho mạch chính |  |
| **NFR3.2** | Hệ thống SHALL yêu cầu nguồn 12V DC cho motor driver | IC L293D pin 8 |
| **NFR3.3** | Dòng tiêu thụ SHALL nhỏ hơn 500mA ở 5V |  |

**3.4 YÊU CẦU MÔI TRƯỜNG**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR4.1** | Hệ thống SHALL hoạt động trong nhiệt độ từ 0°C đến 60°C |  |
| **NFR4.2** | Hệ thống SHALL hoạt động trong độ ẩm từ 25% đến 80% RH |  |
| **NFR4.3** | Hệ thống SHALL hoạt động trong môi trường trong nhà |  |

**3.5 YÊU CẦU KÍCH THƯỚC VÀ TRỌNG LƯỢNG**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR5.1** | PCB chính SHALL có kích thước tối đa 15cm x 10cm |  |
| **NFR5.2** | Trọng lượng tổng thể SHALL nhỏ hơn 1kg |  |
| **NFR5.3** | Chiều cao hệ thống SHALL nhỏ hơn 20cm | Bao gồm cảm biến và motor |

**3.6 YÊU CẦU CHI PHÍ**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR6.1** | Chi phí BOM (chỉ linh kiện) SHALL nhỏ hơn 30 USD/thiết bị | Với số lượng sản xuất 100 |
| **NFR6.2** | Chi phí PCB SHALL nhỏ hơn 10 USD |  |

**3.7 YÊU CẦU ĐỘ TIN CẬY**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR7.1** | Hệ thống SHALL hoạt động liên tục ít nhất 8 giờ |  |
| **NFR7.2** | Tỷ lệ lỗi phát hiện SHALL nhỏ hơn 5% | Trong điều kiện lý tưởng |
| **NFR7.3** | Độ chính xác đo khoảng cách SHALL có sai số ±2cm |  |

**3.8 YÊU CẦU GIAO DIỆN**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR8.1** | Màn hình LCD SHALL có độ tương phản có thể điều chỉnh | Sử dụng biến trở 10kΩ |
| **NFR8.2** | Đèn LED SHALL có độ sáng đủ nhìn thấy trong ánh sáng bình thường |  |
| **NFR8.3** | Âm thanh buzzer SHALL có cường độ ít nhất 60dB ở khoảng cách 1m |  |

**3.9 YÊU CẦU LẬP TRÌNH VÀ BẢO TRÌ**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **NFR9.1** | Hệ thống SHALL hỗ trợ lập trình qua giao diện ISP | 4-pin connector |
| **NFR9.2** | Code source SHALL được viết bằng ngôn ngữ C | Sử dụng AVR Studio 4 |
| **NFR9.3** | Hệ thống SHALL có connector để kiểm tra và debug |  |

**4. RÀNG BUỘC THIẾT KẾ (DESIGN CONSTRAINTS)**

| **Mã số** | **Mô tả** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- |
| **DC1.1** | Hệ thống MUST sử dụng vi điều khiển AVR ATmega128 |  |
| **DC1.2** | Cảm biến khoảng cách MUST là loại UDM với output UART |  |
| **DC1.3** | Motor driver MUST sử dụng IC L293D |  |
| **DC1.4** | PCB MUST thiết kế single-side để giảm chi phí |  |

**5. KIỂM THỬ VÀ NGHIỆM THU**

**5.1 Kiểm thử chức năng**

* Kiểm tra khả năng phát hiện vật thể ở các khoảng cách khác nhau
* Kiểm tra độ chính xác của góc quét
* Kiểm tra hiển thị thông tin trên LCD
* Kiểm tra hoạt động của đèn LED và buzzer

**5.2 Kiểm thử hiệu năng**

* Đo tốc độ quét thực tế
* Kiểm tra thời gian phản hồi
* Đo độ chính xác khoảng cách

**5.3 Kiểm thử môi trường**

* Kiểm tra hoạt động ở các nhiệt độ khác nhau
* Kiểm tra trong các điều kiện độ ẩm khác nhau

**5.4 Kiểm thử độ tin cậy**

* Chạy liên tục để kiểm tra độ ổn định
* Kiểm tra tỷ lệ lỗi phát hiện