# CHƯƠNG 4 YÊU CẦU, THIẾT KẾ VÀ LỰA CHỌN THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ

## Yêu cầu về đối tượng thiết kế

### Bài toán đặt ra

Dựa trên nguyên lí hoạt động của robot đã đề cập ở phần 2.1.1 của báo cáo, chúng tôi đã khái quát hóa phương án sử dụng các thiết bị phần cứng cho hệ thống điện tử. Về cơ bản, hệ thống robot sử dụng một board vi điều khiển để thực hiện điều khiển chính, board thực hiện tuần tự các công việc xử lí như sau:

* Đọc tín hiệu thu được từ cảm biến ngõ vào (trong chế độ tự động).
* Đọc tín hiệu thu được từ bộ thu RF (trong chế độ điều khiển bằng tay).
* Đọc tín hiệu thu được từ encoder của động cơ servo.
* Xuất tín hiệu PWM điều khiển vị trí động cơ servo dẫn hướng.
* Xuất tín hiệu PWM điều khiển tốc độ động cơ dẫn động.

Việc lựa chọn các động cơ điều khiển đã được đề cập ở phần 3.2 của báo cáo, ở phần này, chúng tôi sẽ chỉ đề cập đến việc thiết kế, tính toán và lựa chọn các thiết bị cảm biến và board vi điều khiển nhằm đáp ứng được yêu cầu của đề tài.

### Lưu đồ giải thuật của hệ thống

Trước hết, dựa trên nguyên lí hoạt động, chúng tôi xây dựng lưu đồ giải thuật của hệ thống. Robot sẽ có 2 chương trình điều khiển riêng biệt và được thực thi tuần tự từ chế độ tự động sang chế độ điều khiển bằng tay. Dưới đây là mô tả chi tiết về lưu đồ giải thuật của hệ thống.

**Chương trình chính**

HOME

CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN BẰNG TAY

##### Hình 4.1 Lưu đồ giải thuật chương trình chính

**Chương trình điều khiển bằng tay**

ĐỌC TÍN HIỆU BỘ THU RF

ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ ĐỘNG CƠ DẪN HƯỚNG

ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ DẪN ĐỘNG

##### Hình 4.2 Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển bằng tay

**Chương trình điều khiển tự động**

THU THẬP DỮ LIỆU KHOẢNG CÁCH

CALIB ĐỘ LỆCH ROBOT, BẬT MÁY BƠM

ĐẠT KHOẢNG CÁCH

S

THU THẬP DỮ LIỆU ĐỘ LỆCH MỤC TIÊU

Đ

XỬ LÍ TÍN HIỆU

STOP, CHUYỂN CHẾ ĐỘ

ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DẪN ĐỘNG

CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN BẰNG TAY

ĐẠT SETPOINT CÀI ĐẶT

Đ

S

Đ

ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ ĐỘNG CƠ DẪN HƯỚNG

##### Hình 4.3 Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển tự động

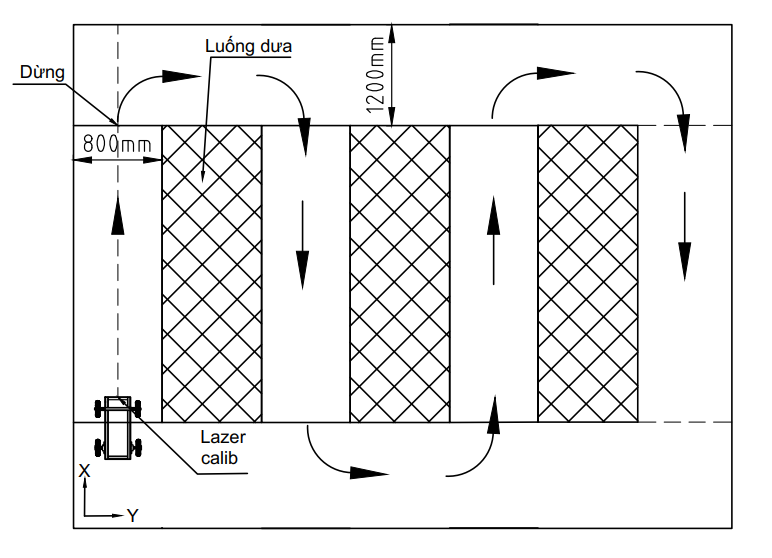
Theo đó, ở chế độ điều khiển tự động, mạch điều khiển sẽ thu nhận tín hiệu điều khiển từ module RF để điều khiển trực tiếp động cơ dẫn động và động cơ dân hướng.

Ở chế độ điều khiển bằng tay, ban đầu chúng ta sẽ tiến hành lấy mẫu calib góc lệch robot từ cảm biến, robot thu nhận tín hiệu độ lệch của đối tượng mục tiêu, chuyển đổi độ lệch thành tín hiệu điều khiển động cơ dẫn hướng, động cơ dẫn động sẽ được cài đặt tốc độ cố định. Khi robot di chuyển đến gần đối tượng sẽ dừng hoạt động ở chế độ điều khiển tự động.

## Lựa chọn thiết bị phần cứng

### Lựa chọn cảm biến đo góc lệch

Đối với hệ thống điều khiển của robot, khối cảm biến có nhiệm vụ tiếp nhận, chuyển đổi các tín hiệu ngõ vào vật lí của môi trường thành tín hiệu điện. Trên cơ sở yêu cầu của đề tài, chúng ta cần lựa chọn các dạng cảm biến phục vụ cho việc đo đạc độ lệch của robot trên đường đi và khoảng cách của robot so với bờ tường tại trang trại.

Cụ thể, nguyên lí di chuyển của robot được khái quát như sau:

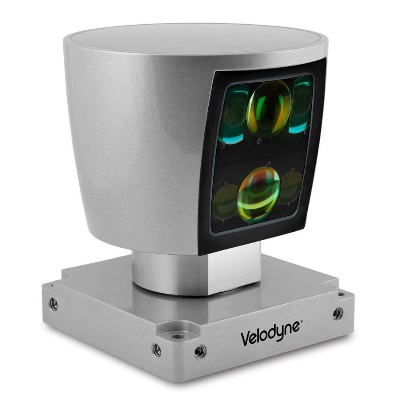
##### Hình 4.4 Mô tả nguyên lí di chuyển của robot trên nhà màng.

Như vậy, trước khi robot vận hành sẽ có thao tác lấy mẫu (calib) phương của xe so với phương thẳng bằng cách dùng lazer calib, khi robot vận hành, cảm biến này sẽ đo đạc góc lệch của robot so với phương thẳng, góc lệch đó sẽ được hồi tiếp để điều khiển động cơ dẫn hướng của robot. Khi robot gần đến vị trí của bờ tường, cảm biến khoảng cách sẽ ngưng thu nhận tín hiệu góc lệch của robot để chuyển sang thu nhận tín hiệu điều khiển bằng tay từ bộ thu RF.

Trong quá trình thực hiện đề tài, nhóm đã lên phương án lựa chọn và thử nghiệm nhiều dạng cảm biến phục vụ quá trình thu thập góc lệch. Nổi trổi hơn cả là phương án sử dụng camera để đo đạc bằng ứng dụng xử lí ảnh và phương án đo đạc bằng cảm biến gia tốc góc nghiêng.

#### Phương án 1: Sử dụng camera

Camera vốn dĩ là thiết bị chụp chiếu ảnh quen thuộc, chúng thường được sử dụng để chụp ảnh các đối tượng, mục tiêu trong cuộc sống hằng ngày. Ở trên thực tế, ngoài mục đích sử dụng phổ thông, camera là thiết bị đo đạc thường được sử dụng trên các robot tự hành, bán tự hành, ô tô, máy bay không người lái. Camera có ưu điểm là có thể ứng dụng vào rất nhiều ứng dụng và mục tiêu sử dụng khác nhau. Thông qua việc ứng dụng xử lí ảnh, tín hiệu vật lí từ môi trường là các đối tượng bám, mục tiêu,… sẽ được chuyển đổi thành các dạng tín hiệu số rất thuận tiện cho việc xử lí và điều khiển.



##### Hình 4.5 Một vài dòng camera ứng dụng cho Robot, Automation (CMUCAM, Pi, LIDAR).

Phương án này đã được nhóm đặt vấn đề và thí nghiệm trong suốt hơn 2/3 thời gian thực hiện đề tài, nhóm đã đạt được một số kết quả nhất định về kết quả thí nghiệm. Bảng đưới đây trình bày một vài kết quả số liệu đã thực nghiệm.

* Dạng camera: Camera Pi NoIR
* Bộ xử lí tín hiệu: Raspberry Pi 3
* Môi trường thực nghiệm: Môi trường ánh sáng bình thường, không sương mù
* Đối tượng mục tiêu: LED sáng dẫn hướng đặt ở cuối luống cây

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Thông số | Trị số | Đơn vị |
| Tốc độ lấy mẫu | 24 | Khung hình /giây (FPS) |
| Góc lệch có thể phát hiện | -35 ÷35 | Độ |
| Khoảng cách phát hiện được | 0.3 – 15 | Mét (m) |

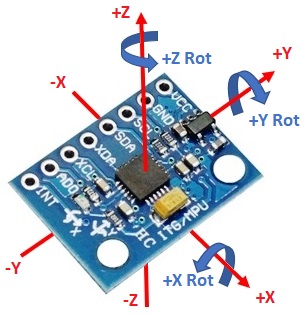
###### Bảng 4.1 Thông số camera

Tuy nhiên, đối với yêu cầu thực địa tại nhà màng, chiều dài mỗi luống cây lên đến 30m, do đó, các camera phổ thông không thể phát hiện được mục tiêu xa hơn. Robot chỉ có thể di chuyển tốt trong những khoảng di chuyển giới hạn. Hơn thế, các dòng camera này không được thiết kế để chống nước, khi đó, mỗi lần máy bơm được bật phun thuốc, khả năng cao camera rất dễ bị vào nước gây hư hỏng.

Để loại bỏ các yếu tố bất lợi như trên, có thể sử dụng các dòng camera cao cấp như Camera Intel® RealSense™, Camera LIDAR Velodyne,… Các dòng camera đời mới này hỗ trợ phát hiện nhiều thông số khác nhau như vị trí, khoảng cách,… Tuy nhiên, việc tiếp cận các camera dạng này cũng phải cân nhắc đến yếu tố kinh phí.

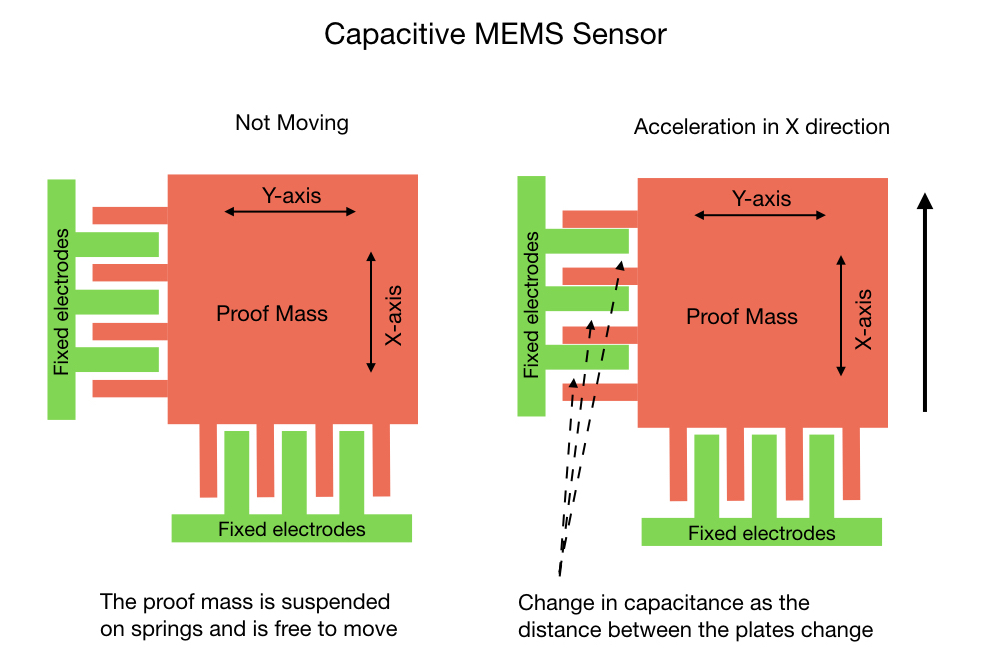
#### Phương án 2: Sử dụng cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050

Cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050 được sử dụng để đo 6 thông số: 3 trục Góc quay (Gyro), 3 trục gia tốc hướng (Accelerometer), là loại cảm biến gia tốc phổ biến nhất trên thị trường hiện nay, MPU6050 phù hợp ứng dụng trong điều khiển xe cân bằng, con lắc, máy bay từ xa,…

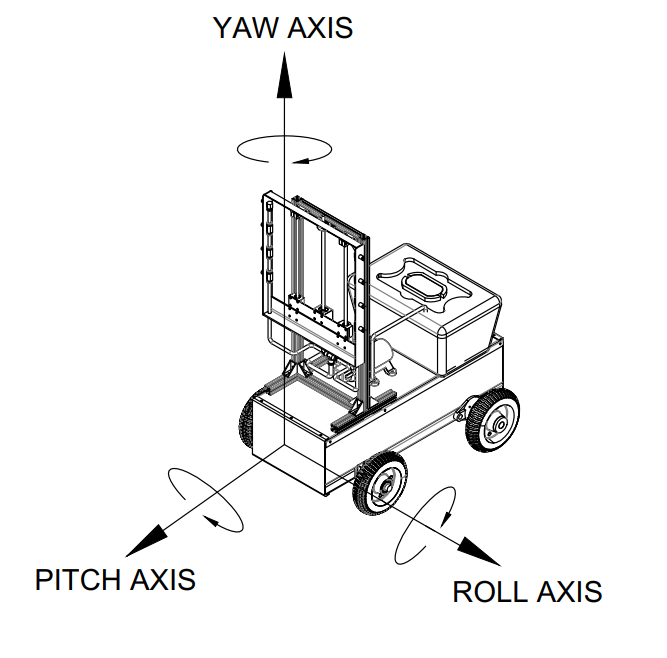


##### Hình 4.6 Cảm biến GY-521 6DOF MPU6050

Bên trong MPU6050 tích hợp một con quay hồi chuyển và gia tốc kế dạng MEMs với chuẩn giao tiếp I2C. Cảm biến này gửi về 6 giá trị gia tốc trục x, y, z và giá trị góc quay trục x, y, z. Việc đọc dữ liệu từ cảm biến sẽ được thực hiện thông qua việc lấy giá trị bộ đệm dữ liệu thông qua phương pháp DMP (Digital Motion Processor) tích hợp sẵn trên MPU6050.

Hình 4.7 Cơ chế hoạt động con quay hồi chuyển và gia tốc kế bên trong MPU6050

MPU6050 còn có thể đọc và đo đạc các giá trị góc Roll – Pitch – Yaw (từ góc Euler). Góc lệch này hoàn toàn có thể được sử dụng để điều khiển động cơ dẫn hướng của robot. Khi sử dụng cảm biến MPU6050, chúng ta sẽ khắc phục được nhược điểm khoảng cách thu thập của camera do tín hiệu ngõ vào của MPU6050 là các tín hiệu khác. Tuy nhiên, đặc thù điều khiển của robot là luôn bám trên mặt phẳng, các góc Pitch, Roll sẽ bị giới hạn, do đó chúng tôi chỉ sử dụng dữ liệu góc Yaw.



##### Hình 4.8 Mô hình hệ tọa độ Roll – Pitch – Yaw gắn trên robot

##### Hình 4.9 Sơ đồ nguyên lí cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050

**Thông số kĩ thuật chi tiết cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050**

|  |  |
| --- | --- |
| Loại cảm biến | MEMs |
| Điện áp sử dụng | 3~5V |
| Điện áp giao tiếp | 3~5V |
| Chuẩn giao tiếp | I2C |
| Giá trị Gyroscopes | +/- 250 500 1000 2000 degree/sec |
| Giá trị Accleration | +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g |

###### Bảng 4.2 Thông số kĩ thuật chi tiết cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050

#### So sánh các phương án

Dựa trên phân tích nguyên lí và tính chất của từng phương án đo góc lệch của robot, chúng tôi rút ra những ưu nhược điểm của hai phương án lựa chọn cảm biến.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| STT | Tiêu chí so sánh | Các phương án | |
| Camera | Cảm biến gia tốc góc nghiêng |
| 1 | Chi phí | Cao | Trung bình – Thấp |
| 2 | Độ tin cậy | Cao | Cao |
| 3 | An toàn | Trung bình | Trung bình |
| 4 | Chất lượng | Cao | Trung bình |

###### Bảng 4.3 Bảng so sánh phương án lựa chọn cảm biến đo góc lệch

Xét trên các tiêu chí tổng quan của hai phương pháp, chúng tôi nhận thấy việc sử dụng cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050 tuy cho chất lượng xử lí chưa tốt nhưng có thể sử dụng chế độ DMP của cảm biến để đọc dữ liệu, hơn thế cảm biến này có giá thành rẻ, không bị ảnh hưởng nhiều khi khoảng cách phát hiện mục tiêu ở xa.

### Lựa chọn cảm biến khoảng cách

Cảm biến siêu âm UltraSonic HY-SRF05 được sử dụng để nhận biết khoảng cách từ vật thể đến cảm biến nhờ sóng siêu âm, cảm biến có thời gian phản hồi nhanh, độ chính xác cao, phù hợp cho các ứng dụng phát hiện vật cản, đo khoảng cách bằng sóng siêu âm.

****

##### Hình 4.10 Cảm biến siêu âm UltraSonic HY-SRF05

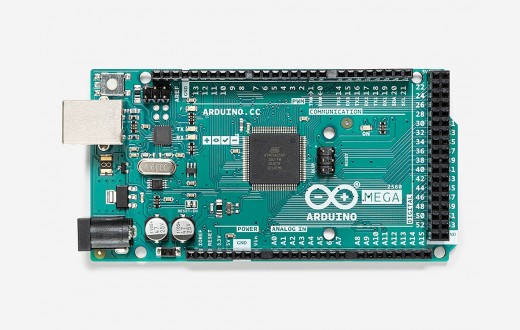
Cảm biến siêu âm UltraSonic HY-SRF05 có hai cách sử dụng là sử dụng cặp chân Echo/Trigger hoặc chỉ sử dụng 1 chân Out để phát và nhận tín hiệu, tín hiệu này được dùng để phát hiện robot di chuyển gần đến mục tiêu và chuyển đổi chế độ vận hành trên robot.

**Thông số kĩ thuật cảm biến siêu âm UltraSonic HY-SRF05**

|  |  |
| --- | --- |
| Điện áp hoạt động | 5VDC |
| Dòng tiêu thụ | 10~40mA |
| Tín hiệu giao tiếp | TTL |
| Tần số phát sóng | 40KHz |
| Khoảng cách phát hiện | 2~450cm |
| Sai số | 0.3cm |
| Kích thước | 43mm × 20mm × 17mm |

###### Bảng 4.4 Thông số kĩ thuật cảm biến siêu âm UltraSonic HY-SRF05

### Lựa chọn board điều khiển

Board nhúng Arduino Mega là board phát triển nhúng đơn giản, phù hợp cho những người mới, học sinh, sinh viên nghiên cứu các sản phẩm ứng dụng cho điện tử, công nghệ máy tính theo hướng đơn giản hóa câu lệnh và phương thức sử dụng. Board chính hãng của Arduino.cc được sản xuất và phân phối từ Italia. Arduino Mega chính hãng có giá thành tuy không rẻ nhưng có độ bền bỉ và khả năng ứng dụng tốt, do đó được rất nhiều người dùng ưa thích. Địa chỉ webstite trang chủ của nhà sản xuất: https://www.arduino.cc/.

##### Hình 4.23 Hình ảnh Board nhúng Arduino Mega 2560

##### 

##### Hình 4.24 Sơ đồ nguyên lí board Arduino Mega 2560

**Thông số kĩ thuật chi tiết board nhúng Arduino Mega 2560**

|  |  |
| --- | --- |
| Vi điều khiển | ATmega2560 |
| IC nạp và giao tiếp UART | Atmega 16U2 |
| Nguồn cung cấp | 5VDC từ cổng micro USB  5VDC từ jack Barrel |
| Số chân Digital I/O | 54 (trong đó 15 chân có khả năng xuất xung PWM) |
| Số chân Analog Input | 16 |
| Dòng điện DC Current trên mỗi chân I/O | 20mA |
| Dòng điện DC Current chân 3.3V | 50mA |
| Flash Memory | 256 KB |
| SRAM | 8KB |
| EEPROM | 4KB |
| Clock Speed | 16MHz |
| Kích thước | 101.52 × 53.3 mm |
| Khối lượng | 30g |

###### Bảng 4.5 Thông số kĩ thuật chi tiết board Arduino Mega 2560

Board Mega 2560 có sáu kênh ngắt đồng thời tại các chân 2, 3, 21, 20, 19, 18 phục vụ đọc tín hiệu và giao tiếp ngoại vi với động cơ dẫn hướng Servo và động cơ DC. Mega 2560 không có cơ chế ngắt đệm nên những kênh ngắt này cần tích hợp thêm các Timer ngắt để ngăn tình trạng board bị treo. Mega 2560 cũng tích hợp một kênh giao tiếp chuẩn I2C SDA tại chân số 20 và SDL tại chân số 21 phục vụ giao tiếp cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050.

### Lựa chọn Driver động cơ

Mạch điều khiển động cơ được lựa chọn sử dụng trong đề tài là mạch cầu H BTS7960 42A. Mạch cầu H BTS7960 có khả năng dễ dàng giao tiếp với vi điều khiển bằng driver tích hợp sẵn trong IC với các tính năng current sense (nếu kết hợp điện trở đo dòng), tạo dead time, chống quá nhiệt, quá áp, sụt dòng, ngắn mạch.

 Mạch cầu H BTS7960 được chúng tôi sử dụng điều khiển cho cả động cơ dẫn động và dẫn hướng của robot. Mỗi động cơ sẽ có một driver điều khiển độc lập riêng biệt với xung được xuất ra từ board Mega 2560 bằng phương pháp PWM.

##### Hình 4.25 driver mạch cầu H BTS7960

**Thông số kĩ thuật chi tiết mạch cầu H BTS7960**

|  |  |
| --- | --- |
| Nguồn | 6 ~ 27V |
| Dòng điện tải mạch | 43A (Tải trở) hoặc 15A (Tải cảm) |
| Tín hiệu lohic điều khiển | 3.3 ~ 5V |
| Tần số điều khiển PWM tối đa | 25kHz |
| Chức năng nâng cao | Tự ngắt khi đến áp thấp <5.5V  Bảo vệ quá nhiệt bằng cảm biến nhiệt |
| Kích thước | 40 × 50 × 12 mm |

###### Bảng 4.6 Thông số kĩ thuật chi tiết mạch cầu H BTS7960

### Lựa chọn thiết bị tay cầm điều khiển

Tay cầm điều khiển từ xa FlySky FS-TH9X được phát triển cho những người có sở thích và đam về điều khiển vô tuyến radio. Bộ điều khiển bao gồm tay cầm (Handler) và đầu thu (Receiver). Sản phẩm có thể được ứng dụng điều khiển hầu hết dạng robot, xe địa hình, máy bay không người lái, thuyền, cano không người lái.

FS-TH9X có 8 kênh mặc định, tuy nhiên có thể nâng cấp lên 14 kênh bằng mô đun RF (Radio Frequency). Hệ thống này được phát triển đặc biệt cho tất cả các mô hình điều khiển Radio, cung cấp khả năng chống nhiễu siêu chủ động và thụ động, tiêu thụ điện năng rất thấp và độ nhạy thu cao. Với sự kiểm tra nghiêm ngặt của các kỹ sư và nghiên cứu thị trường trong nhiều năm, FLYSKY hiện được coi là một trong những hệ thống tốt nhất hiện có trên thị trường. Địa chỉ trang chủ của nhà sản xuất: https://www.flysky-cn.com/

##### Hình 4.26 Tay cầm điều khiển từ xa FlySky FS-TH9X

FS-TH9X có 8 kênh mặc định, tuy nhiên có thể nâng cấp lên 14 kênh bằng mô đun RF (Radio Frequency). Hệ thống này được phát triển đặc biệt cho tất cả các mô hình điều khiển Radio, cung cấp khả năng chống nhiễu siêu chủ động và thụ động, tiêu thụ điện năng rất thấp và độ nhạy thu cao. Với sự kiểm tra nghiêm ngặt của các kỹ sư và nghiên cứu thị trường trong nhiều năm, FLYSKY hiện được coi là một trong những hệ thống tốt nhất hiện có trên thị trường. Địa chỉ trang chủ của nhà sản xuất: https://www.flysky-cn.com/.

**Thông số kĩ thuật chi tiết tay cầm điều khiển từ xa FlySky FS-TH9X**

|  |  |
| --- | --- |
| Chế độ nạp mã nguồn | Hỗ trợ nạp mã nguồn mở |
| Tần số sóng RF | 2.4GHz |
| Năng lượng truyền dẫn | < 20dB |
| Khoảng cách thu phát | 500 ~ 1500m (trong không khí) |
| Chuẩn giao tiếp dữ liệu | Phone Jack (PPM)  PWM |
| Số kênh giao tiếp | 8 kênh RF PPM, 2 kênh RF PWM |
| Module RF hỗ trợ | AFHDS/AFHDS 2A |
| Nguồn cung cấp | 8 pin AA |
| Tiêu chuẩn | CE, RCM, FCC ID |

###### Bảng 4.7 Thông số kĩ thuật chi tiết tay cầm điều khiển từ xa FlySky FS-TH9X

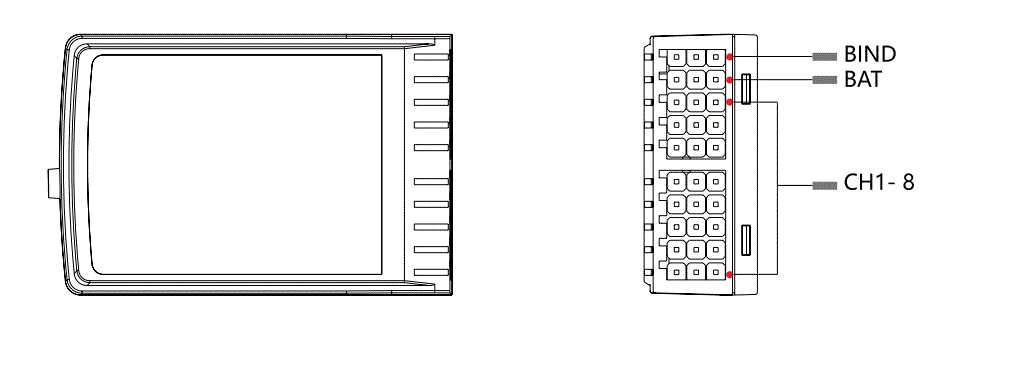
Trong đề tài, chúng em sử dung 3 kênh tín hiệu của tay cầm đề điều khiển các động cơ và bộ phận sau: Động cơ tải chính, Động cơ bẻ lái và động cơ máy bơm.

Động cơ DC giảm tốc

Động cơ DC Servo

Driver mạch cầu BTS7960

Driver mạch cầu BTS7960



Relay 5V

Động cơ máy bơm

##### Hình 4.27 Sơ đồ kết nối bộ thu Receiver với mạch điều khiển động cơ.

### Các board mạch và phần cứng khác

Ngoài các board mạch chính sử dụng trong bộ phận xử lí, chúng tôi cũng sử dụng các board mạch và phần cứng khác như mạch giảm áp 24V – 5V DC, acquy,…

### Sơ đồ kết nối thiết bị

Cảm biến gia tốc góc nghiêng MPU6050

Cảm biến siêu âm

Receiver FS-TH9X

Nguồn DC 5V 2A

Nguồn DC 5V 2A

Mega 2560

Driver mạch cầu H BTS7960

Driver mạch cầu H BTS7960

Relay 5V

##### Hình 4.28 Sơ đồ kết nối phần cứng.

Động cơ DC giảm tốc

Động cơ DC Servo

Acquy DC 24V

Động cơ máy bơm

### Danh sách thiết bị điện tử

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| STT | Tên thiết bị | Số lượng |
| 1 | Arduino Mega 2560 | 1 |
| 2 | Mạch cầu BTS7960 | 2 |
| 3 | Cảm biến gia tốc góc nghiêng GY-521 6DOF MPU6050 | 1 |
| 4 | Cảm biến siêu âm UltraSonic HY-SRF05 | 1 |
| 5 | Tay cầm điều khiển RF FlySky FS-TH9X | 1 |
| 6 | Bộ thu phát tín hiệu RF FlySky FS-TH9X | 1 |
| 7 | Acquy nguồn 12V | 2 |
| 8 | Pin LiPo nguồn 24V | 1 |
| 9 | Pin sạc dự phòng 5V | 1 |

###### Bảng4.8 Bảng mô tả danh sách các thiết bị điện tử sử dụng trên robot