

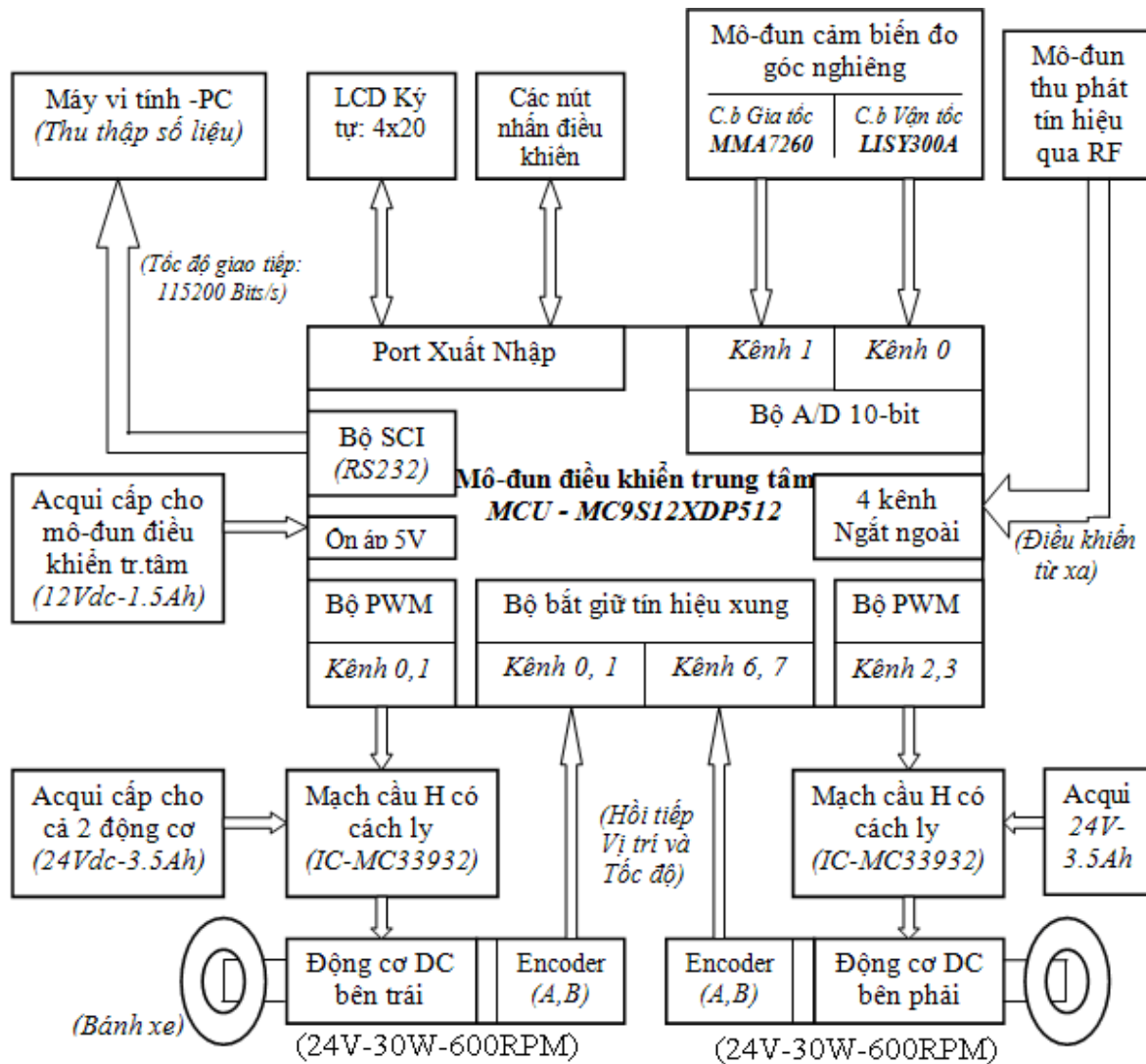
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG MÔ HÌNH ROBOT HAI BÁNH TỰ CÂN BẰNG THỰC NGHIỆM

4.1. Thiết kế mô hình cơ khí

4.1.1. Sơ đồ cấu trúc cơ khí của robot

Mô hình robot hai bánh tự cân bằng thực nghiệm trong đề tài này bao gồm 1 khung thân bằng nhôm và nhựa cứng chịu lực. Hai động cơ DC servo có thông số định mức: 24[V] - 30[W] - 600[RPM], dùng để truyền động trực tiếp cho 2 bánh xe. Mỗi động cơ DC servo có gắn kèm encoder loại quang tương đối, với độ phân giải 100 xung/vòng, hai tín hiệu xung A-B để phản hồi tốc độ của động cơ. Mô-đun cảm biến góc sử dụng một cảm biến gia tốc góc và một cảm biến vận tốc góc để phản hồi giá trị góc nghiêng tức thời của thân robot. Vi điều khiển trung tâm 16-bit MC9S12XDP512 sẽ thu thập tín hiệu phản hồi từ mô-đun cảm biến góc nghiêng, từ hai encoder và xuất tín hiệu điều khiển 2 động cơ DC qua 2 mô-đun động lực cầu H có cách ly. (Hình 4.1)

Hai acqui 12V-3.5Ah được mắc nối tiếp tạo thành nguồn 24V cung cấp cho 2 động cơ DC-servo (Hình 4.2). Một acqui 12V-1.5Ah cung cấp cho mô-đun vi điều khiển trung tâm. Các chế độ hoạt động của robot như: đứng thẳng bằng tại chỗ, di chuyển tiến – lùi, quay trái, quay phải, có thể được điều khiển bằng các nút nhấn trên mô-đun điều khiển trung tâm hay điều khiển từ xa bằng bộ thu phát sóng vô tuyến (RF remote).



Hình 4.1: Mô hình phần cứng của robot hai bánh cân bằng thực nghiệm

Bảng 4.1: Giá trị thông số của mô hình robot hai bánh tự cân bằng thực nghiệm

Ký hiệu	Thông số	Giá trị [đơn vị]
$M_{WL} = M_{WR} = M_W$	Khối lượng bánh xe, bánh xe trái và bánh xe phải có khối lượng bằng nhau	0.5 [kg]
M_B	Khối lượng qui đổi tại trọng tâm của thân robot	7 [kg]
R_W	Bán kính bánh xe	0.075 [m]
L	Khoảng cách từ trọng tâm thân robot đến trục hai bánh xe	0.36 [m]

D Khoảng cách giữa hai bánh xe

0.35 [m]

4.1.2. Động cơ DC-Servo dùng để truyền động cho robot



Hình 4.2: Động cơ DC-Servo được dùng để thiết kế robot trong đề tài.

Các phương trình cơ bản của động cơ một chiều là:

$$E_u = K\Phi\omega \quad (4.1)$$

$$U = E_u + R_u I_u \quad (4.2)$$

$$M = K\Phi I_u \quad (4.3)$$

Trong đó:

R_u : Điện trở phần ứng [Ω]

I_u : Dòng phần ứng [A]

U : Điện áp phần ứng [V]

ω : Tốc độ động cơ [rad/s]

Φ : Từ thông trên mỗi cực [Wb]

M : moment do động cơ sinh ra [Nm]

K : hằng số, phụ thuộc cấu trúc động cơ

Từ công thức (4.1) - (4.3), ta có:

$$\omega = \frac{V}{K\Phi} - \frac{R_o}{K\Phi} I_o \quad (4.4)$$

$$\text{Hoặc: } \omega = \frac{V}{K\Phi} - \frac{R_o}{(K\Phi)^2} M \quad (4.5)$$

- Với động cơ một chiều kích từ độc lập nếu điện áp kích từ được duy trì không đổi (hay động cơ kích từ bằng nam châm vĩnh cửu), có thể giả thiết rằng từ thông động cơ không đổi khi moment động cơ thay đổi. Khi đó ta có:

$$K\Phi = \text{constant} \quad (4.6)$$

- Như vậy theo (4.5), đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập là một đường thẳng, như vẽ trên *Hình 4.3*. Tốc độ không tải của động cơ xác định bởi điện áp cung cấp U và từ thông kích từ KΦ. Tốc độ động cơ suy giảm khi moment tải tăng và độ ổn định tốc độ phụ thuộc vào điện trở phản ứng R_u. Với moment lớn, từ thông có thể suy giảm đến mức độ dốc đặc tính cơ trở nên dương dẫn đến hoạt động không ổn định. Vì vậy, cuộn bù thường hay được sử dụng để làm giảm hiệu ứng khử từ của phản ứng phần ứng. Với động cơ công suất trung bình, độ sụt tốc khi tải định mức so với khi không tải khoảng 50%.

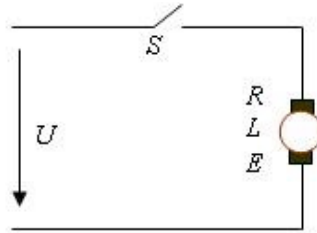
- **Phương pháp điều chế rộng xung**

Phương pháp điều chế rộng xung (P.W.M: Pulse Width Modulation) là phương pháp *thay đổi điện áp phản ứng* của động cơ DC bằng cách thay đổi thời gian đóng ngắt công tắc nguồn. Đây là phương pháp sử dụng rất phổ biến vì những ưu điểm của nó như :

- + Mạch thiết kế khá đơn giản
- + Tốc độ động cơ thay đổi êm và như mong muốn

+ Tổn hao công suất nhỏ

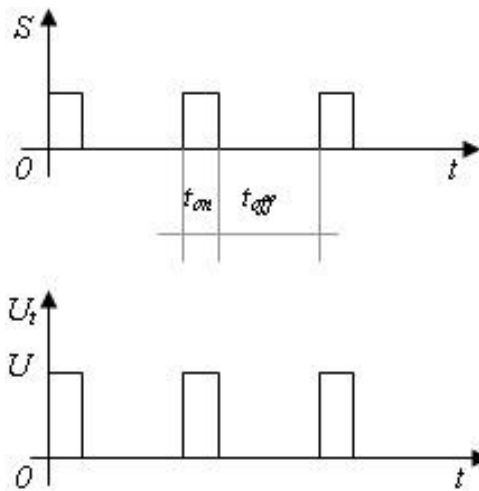
Xét mạch điện như *Hình 4.3*:



Hình 4.3: Mạch nguyên lý điều rộng xung

Bằng cách thay đổi thời gian đóng ngắt công tắc S , ta có thể thu được điện áp trung bình đặt trên động cơ thay đổi theo ý muốn, khoảng thay đổi từ 0 V đến U .

Dạng áp ra như sau :



Hình 4.4: Dạng áp ra sau khi điều chế

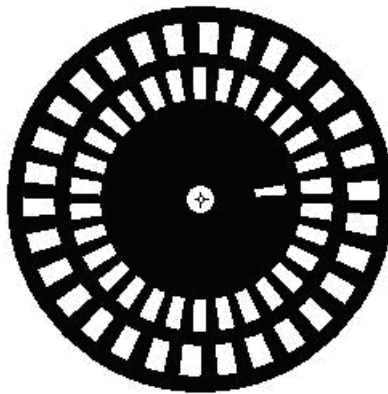
Trị trung bình điện áp trên tải tính theo công thức :

$$U_t = U \frac{t_{on}}{T} = U\gamma \quad (4.7)$$

Với: $T = t_{on} + t_{off}$ là chu kỳ không đổi của xung kích khóa S .

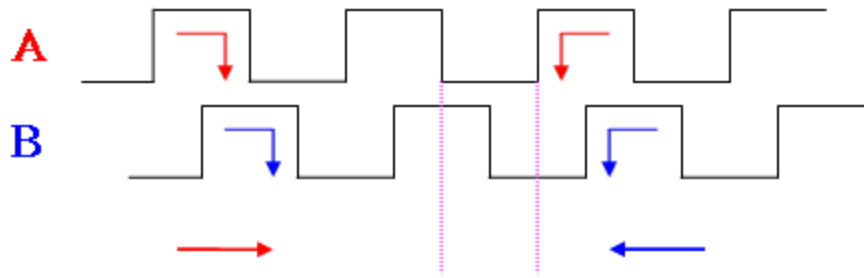
Từ công thức (4.7) ta thấy $0 \leq U_t \leq U$, và U_t phụ thuộc tỉ số $\gamma = \frac{t_{on}}{T}$, vậy có thể điều chỉnh điện áp trên tải theo ý muốn bằng cách thay đổi tỉ số γ .

- Điều khiển động cơ DC bằng phương pháp PWM với tần số của xung điều khiển cao, người ta có thể sử dụng các vi điều khiển để tạo xung (tần số từ 5 Khz đến 20 Khz) để điều khiển các khối mạch động lực.
- **Giới thiệu về Encoder đi kèm với động cơ DC 24V-30W trong luận văn**
 - Loại encoder quang tương đối dùng trong luận văn được gắn đồng trục với động cơ DC 24V-30W, và có độ phân giải là 100 xung/vòng, 2 xung tín hiệu A-B lệch pha nhau 90[độ] như *Hình 4.5*.



Hình 4.5: Mô hình encoder quang loại tương đối với 2 xung tín hiệu

- Hai xung đưa ra từ 2 vòng lệch nhau 90 [độ], nếu vòng ngoài (chuỗi xung A) nhanh pha hơn vòng trong (chuỗi xung B) thì động cơ quay từ trái sang phải và ngược lại. (*Hình 4.6*)

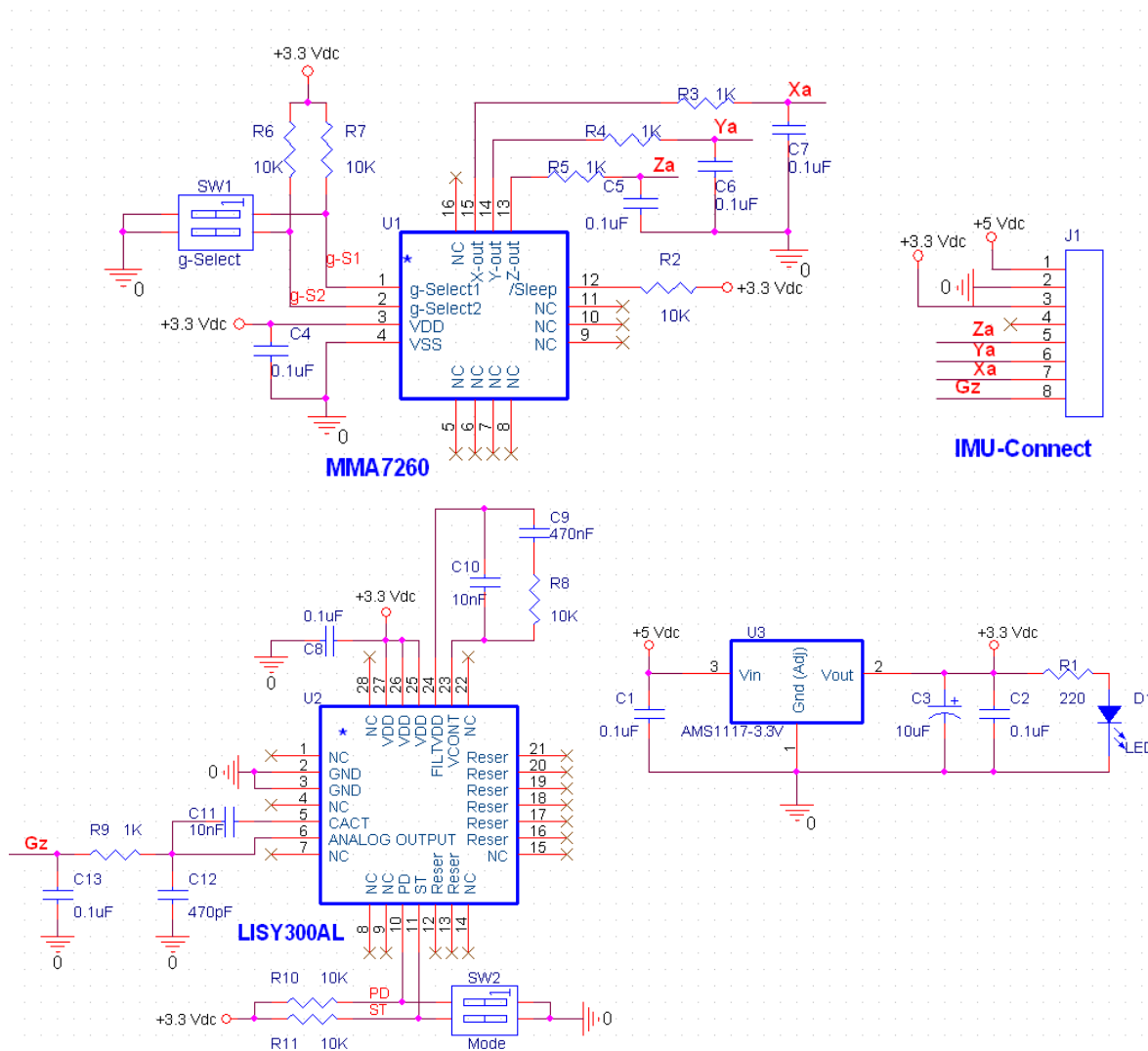


Hình 4.6: Sơ đồ xung ra của encoder quang tương đối

4.2. Các mạch điện tử

4.2.1. Mạch cảm biến góc nghiêng thân robot

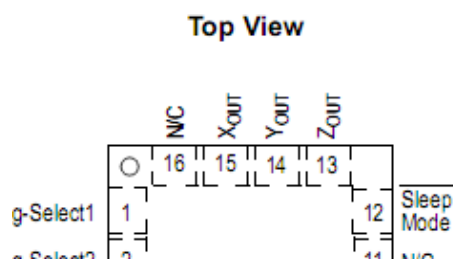
Mạch cảm biến góc nghiêng (Hình 4.7) là sự kết hợp giữa một cảm biến gia tốc góc MMA7260 của hãng FreeScale [21] (Hình 4.8) và một cảm biến vận tốc góc LISY300AL của hãng ST-Electronics (Hình 4.9).



Hình 4.7: Sơ đồ nguyên lý của mô-đun cảm biến góc

➤ *Cảm biến gia tốc góc MMA72600 của hãng FreeScale, có các đặc điểm sau:*

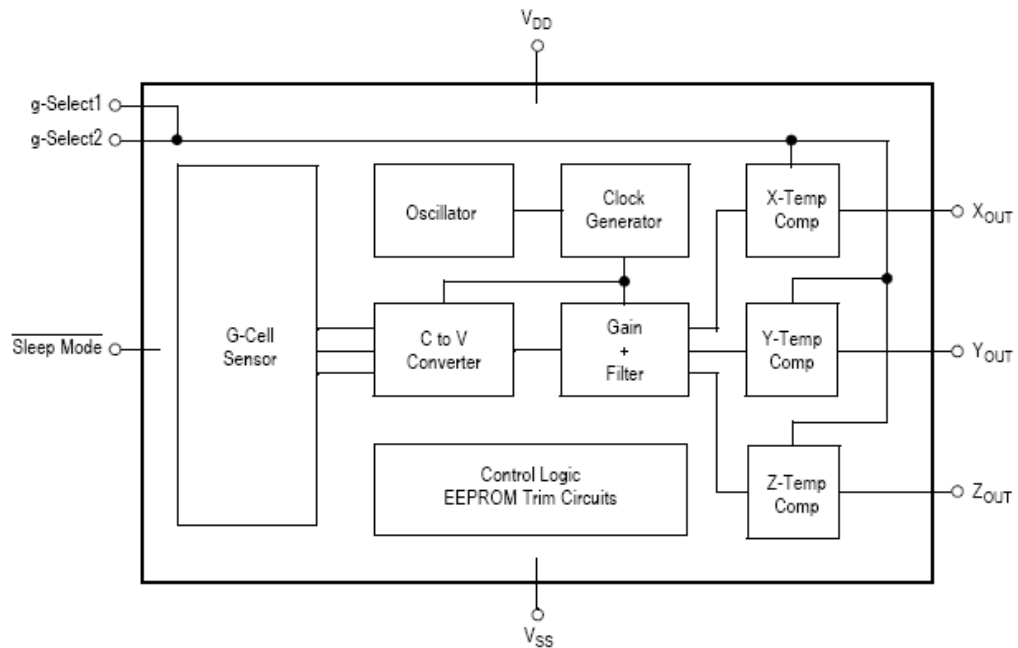
- Có thể chọn được độ nhạy ứng với tầm (1.5g/2g/4g/6g)
- Dòng tiêu thụ 500uA và ở sleep mode là 3uA
- Độ nhạy cao 800mv/g đối với tầm 1.5g
- Thời gian khởi động nhanh
- Tích hợp sẵn 1 bộ lọc thông thấp, và có khả năng chịu sốc cao.



• G1-G2: chọn tầm hoạt động.

• SLEEP: chế độ ngủ

Hình 4.8: Sơ đồ chân của MMA7260

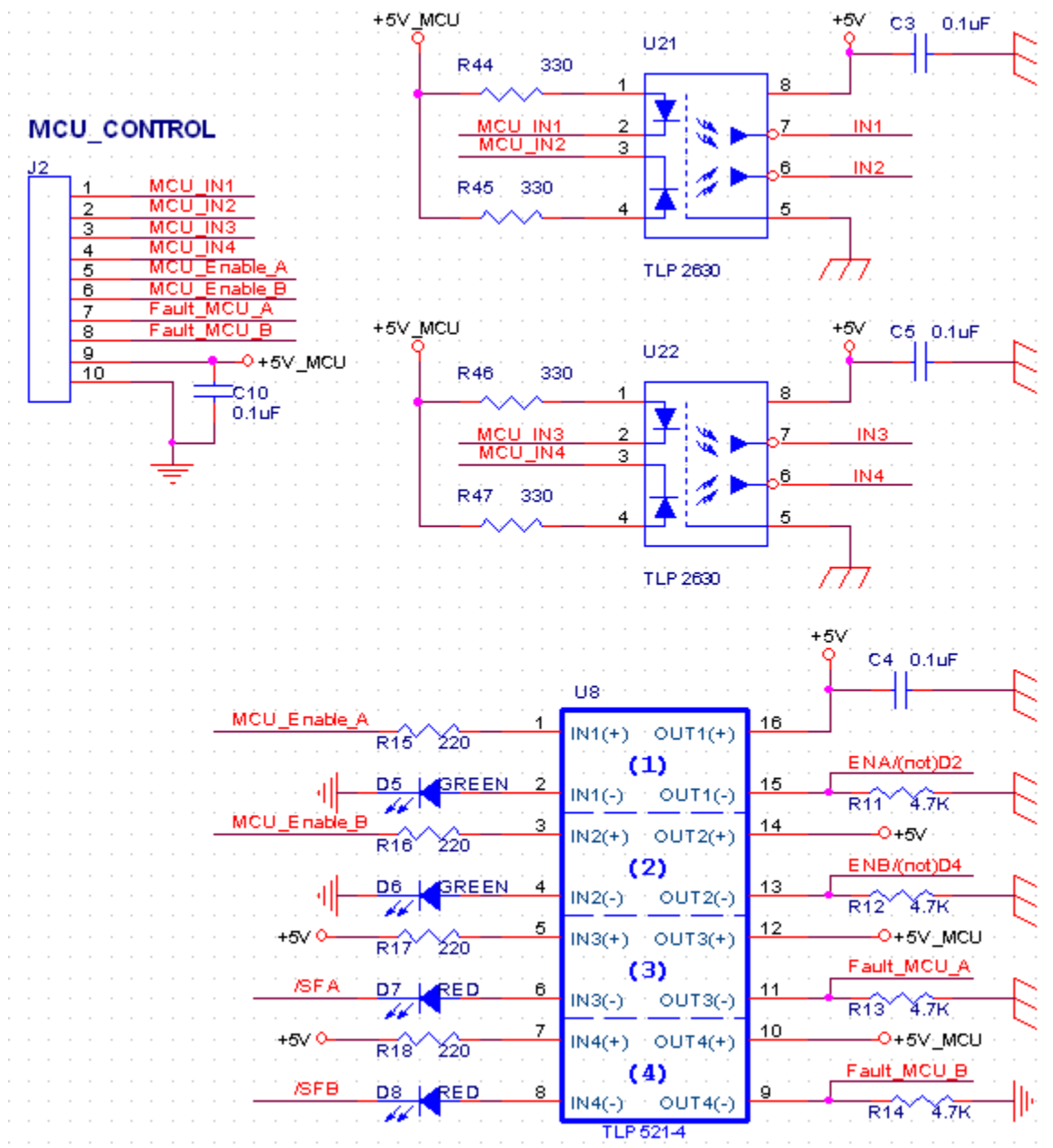


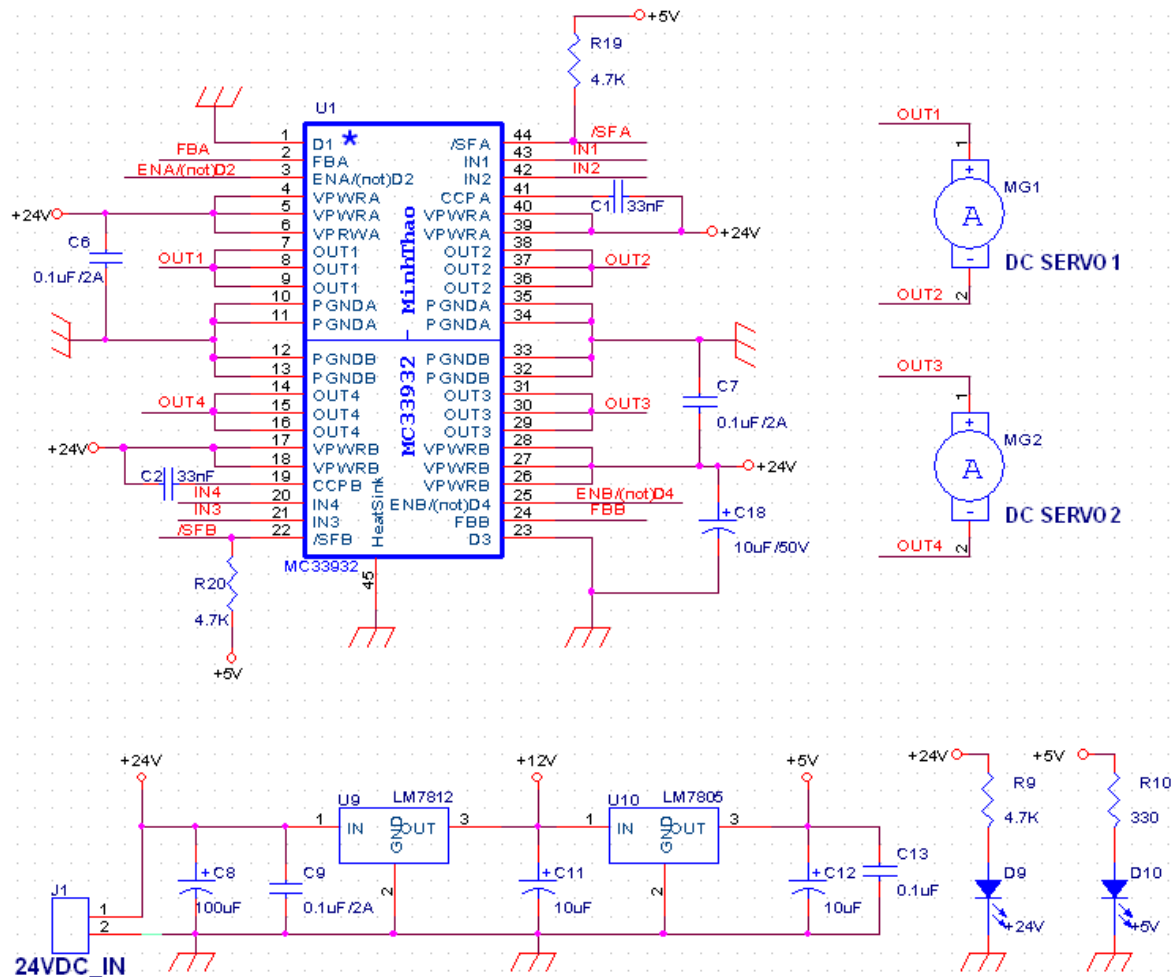
Hình 4.9: Sơ đồ cấu tạo của cảm biến gia tốc góc MMA7260

Độ nhạy và tầm đo của cảm biến được xác định như *Bảng 4.2* .

Bảng 4.2: Cách thức lựa chọn độ nhạy của cảm biến gia tốc góc MMA7260

4.2.2. Mạch cầu H công suất điều khiển động cơ DC có cách ly





Hình 4.11: Sơ đồ mô-đun động lực 2 cầu H điều khiển 2 động cơ

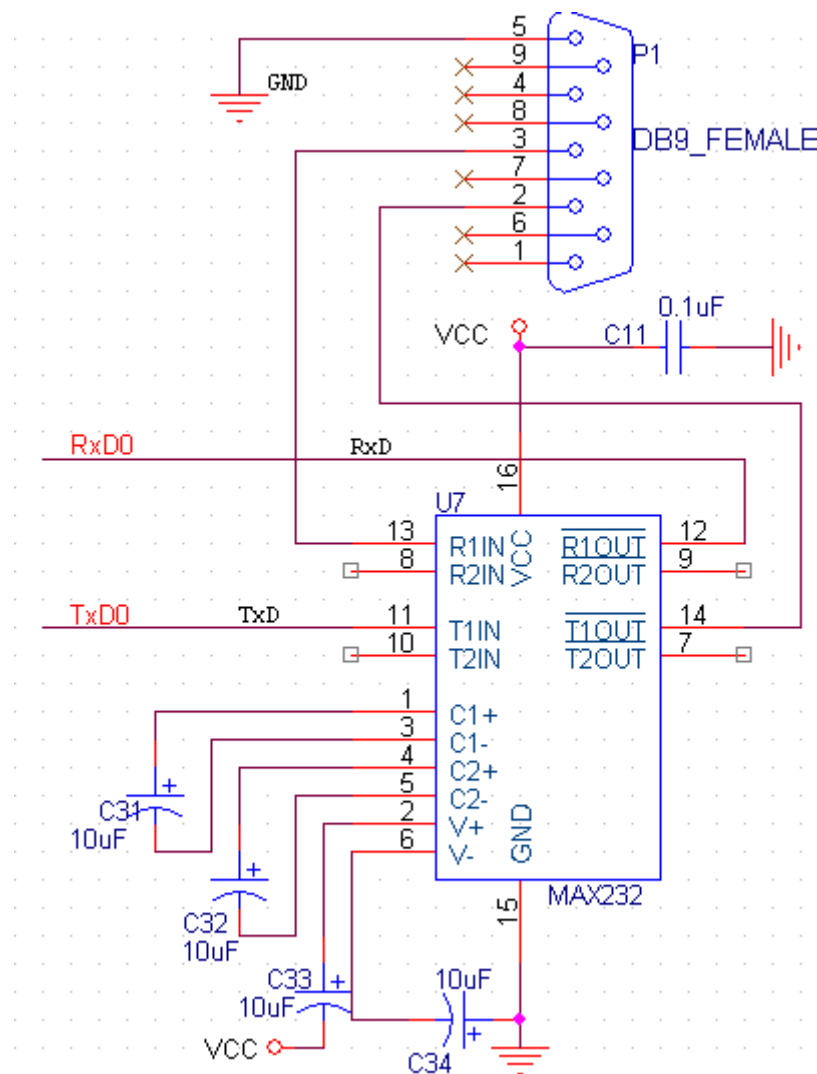
- IC MC33932 (của hãng FreeScale, [21]) chứa 2 khối cầu H độc lập với nhau, mỗi khối cầu H có chức năng như sau :
 - Tầm điện áp hoạt động là : 8Vdc đến 28Vdc đối với trường hợp dòng liên tục , 5V đến 40V đối với trường hợp dòng gián đoạn.
 - Tương thích với mức tín hiệu điều khiển TTL (3V , 5V).
 - Có bảo vệ ngăn mạch ngõ ra, quá dòng, quá nhiệt.
 - Tầm nhiệt độ hoạt động (với tản nhiệt được có sẵn) là từ -40°C đến 125°C .
 - Dòng điện tải trung bình là 5A , dòng điện tải đỉnh là 8A.
 - Tần số điều rộng xung tối đa là 20 Khz.

➤ *Vi điều khiển MC9S12XDP512, thuộc họ vi điều khiển HCS12X, có các đặc điểm chính như sau :*

- Là họ vi điều khiển 16-bit có tốc độ xử lý nhanh nhất của hãng FreeScale (trước đây là Motorola, [21]), gồm 2 lõi xử lý: Lõi chính có tần số xung nhịp bus nội có thể lên đến 40 Mhz và một lõi xử lý phụ (lõi X-Gate) có tần số xung nhịp bus nội tối đa là 80Mhz. Lõi xử lý phụ X-Gate chuyên dùng để xử lý các ngắt. Hai lõi đều có thể cùng truy cập vào một vùng nhớ chung đã được khai báo trước.
- Chế tạo theo công nghệ HCMOS nên có độ ổn định, độ bền cao và có tích hợp Vòng khóa pha-thường hay gọi là bộ PLL.
- Được nâng cấp từ họ vi điều khiển 68HC(S)12 và không có sự thay đổi nào về tổ chức các thanh ghi xử lý so với 68HC(S)12 nên các đoạn chương trình viết bằng hợp ngữ sử dụng cho 68HC(S)12 đều có thể sử dụng lại được với HCS12X.
- Các loại bộ nhớ bên trong gồm có: RAM , EEPROM , Flash . Dung lượng bộ nhớ lớn, đặc biệt là bộ nhớ Flash và có khả năng mở rộng bộ nhớ ngoài.
- Tích hợp nhiều chức năng thời gian như: Bắt giữ ngõ vào , so sánh ngõ ra, bộ đếm xung và sự kiện cổng, bộ điều rộng xung PWM, ngắt thời gian thực, Watchdog...
- Có các mô-đun truyền thông nối tiếp như : Giao tiếp bất đồng bộ (SCI), giao tiếp đồng bộ (SPI) , IIC.
- Tích hợp chế độ Debug chạy nền ,chỉ cần sử dụng 1 dây tín hiệu duy nhất (gọi tắt là BDM)
- Có các chế độ hoạt động để tiết kiệm năng lượng
- Có 1 đến 2 bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số, độ phân giải 10-bit, có 8 đến 16 kênh (channel).
- Hỗ trợ tập lệnh logic Mở khi viết chương trình bằng hợp ngữ.

- Nhiều Port xuất nhập đa dụng: Port A, Port B , Port K, Port J, Port H, Port M, Port S.
- Ngoài ra, tùy theo ứng dụng ,mỗi dòng chuyên dụng trong họ HCS12 sẽ tích hợp thêm các mô-đun chức năng chuyên dụng như: USB, CAN , BDLC , Ethernet , điều khiển LCD , điều khiển Motor...
- *Ngoài những đặc điểm chung của họ vi điều khiển HCS12X, thì vi điều khiển MC9S12XDP512 còn có những đặc điểm riêng như sau :*
- Được đóng gói theo kiểu chân LQFP – có 112 chân , tầm nhiệt độ hoạt động là: -40°C -:- 150°C .
- Tần số xung nhịp bus nội tối đa của lõi chính là 40 Mhz , của lõi phụ X-Gate là 80Mhz, và có tích hợp bộ PLL.
- Bộ nhớ: 14 KB bộ nhớ RAM ; 4 KB bộ nhớ EEPROM ; 512 KB FLASH.
- 2 bộ giao tiếp nối tiếp bất đồng bộ (SCI), 3 bộ giao tiếp nối tiếp đồng bộ (SPI),1 bộ IIC.
- 5 bộ CAN , hỗ trợ cả 2 chuẩn V2.0A và V2.0B; 1 bộ giao tiếp BDLC (*theo chuẩn J1850*)
- 8 kênh chức năng thời gian như: Bắt giữ ngõ vào , so sánh ngõ ra , đếm xung-sự kiện công , ngắt thời gian thực , WatchDog Timer ...
- 2 bộ ADC- tổng là 16 kênh, độ phân giải 10-bit ; 8 kênh trong mô-đun điều rộng xung (PWM)
- 4 Port xuất nhập số (tổng cộng 29 chân) : Port A, Port B , Port K , Port E
- 20 chân có chức năng tạo ngắt để nhận biết phím nhấn (Key-WakeUp).

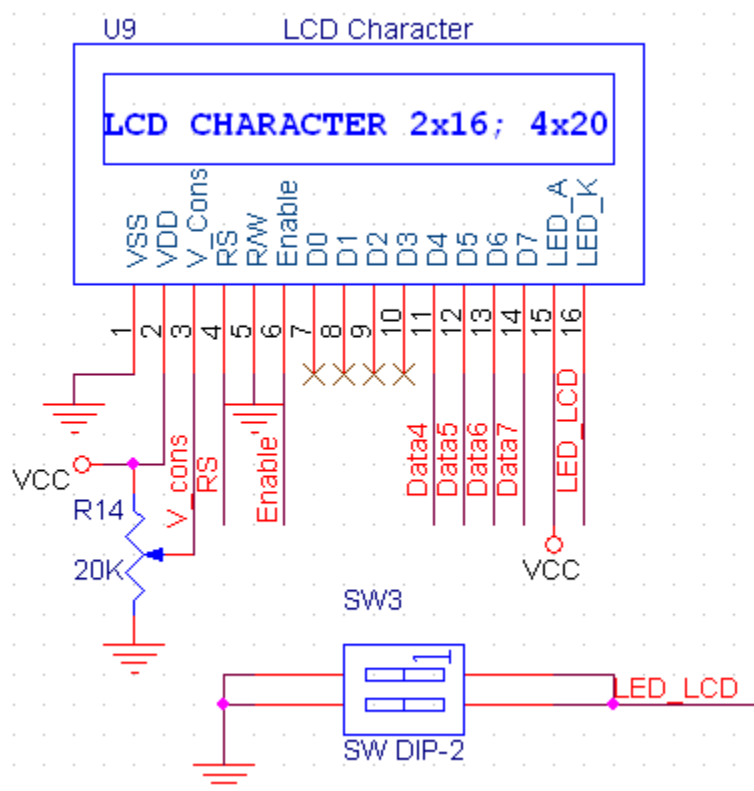
4.2.4. Mạch giao tiếp với máy vi tính.



Hình 4.13: Mạch giao tiếp với máy vi tính qua RS232.

- Trong sơ đồ của khối mạch này, ta dùng 3 dây để truyền nhận dữ liệu: TXD, RXD, và GND, tức là không dùng chế độ bắt tay bằng phần cứng (cặp DSR/DTR hay CTS/RTS). Hình thức này diễn ra khá phổ biến bởi vì tốc độ xử lý của máy vi tính hiện nay rất cao. Không phải như lúc trước : có lúc máy vi tính đang làm việc gì đó thì phải kiểm tra xem máy vi tính làm xong chưa, nếu xong rồi thì thực hiện việc truyền thông. Nếu vì lý do gì đó mà cần phải bắt tay thì ta có thể dùng chế độ bắt tay bằng phần mềm.
- Vi điều khiển MC9S12XDP512 có 2 bộ giao tiếp nối tiếp bất đồng bộ hoạt động độc lập với nhau : SCI0 và SCI1 . Sơ đồ này đang sử dụng bộ SCI0 .
- Thông số thiết lập cho bộ SCI0 là : tốc độ baud 115200 Bit/s , 8-bit dữ liệu , 1-bit Stop, không có bit Parity.

4.2.5. Mạch hiển thị LCD



Hình 4.14: Mạch hiển thị bằng LCD 4x20 kiểu ký tự

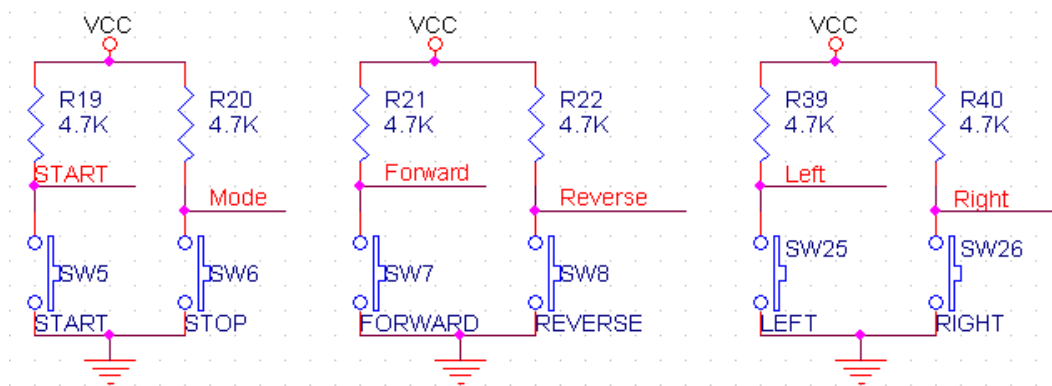
Sử dụng LCD chế độ nửa byte nên chỉ cần dùng 4 bit cao dữ liệu là D4 :- D7

Bảng 4.3 : Sơ đồ chân của LCD ký tự

Chân	Kí hiệu	Chức năng
1	VSS	Mass
2	VDD	Nguồn cung cấp cho LCD
3	V_Cons	Chỉnh độ tương phản cho LCD
4	/RS	Chọn thanh ghi trong LCD
5	R/W	Đọc (1) / Ghi dữ liệu (0)
6	Enable	Cho phép chọn LCD
7	D0	Bit 0 của byte dữ liệu
8	D1	Bit 1 của byte dữ liệu
9	D2	Bit 2 của byte dữ liệu
10	D3	Bit 3 của byte dữ liệu
11	D4	Bit 4 của byte dữ liệu
12	D5	Bit 5 của byte dữ liệu
13	D6	Bit 6 của byte dữ liệu
14	D7	Bit 7 của byte dữ liệu
15	LED_A	Nguồn cho đèn LED nền của LCD
16	LED_K	Mass cho đèn LED nền của LCD

- Vì trong chương trình, chỉ sử dụng chế độ: ghi ra trị lên LCD (Write) mà không có đọc giá trị từ LCD về (Read) nên chân R/W của LCD được nối với Mass .
- Biến trở 20K (R14) dùng để chỉnh độ tương phản cho LCD , khi V_Cons = 0V thì LCD có màu đậm nhất.
- Nút nhấn SW3 dùng để bật đèn Led nền bên trong LCD , khi đó có thể sử dụng LCD vào ban đêm.

4.2.6. Mạch nút nhấn điều khiển



Hình 4.15: Các nút nhấn điều khiển các chế độ hoạt động của robot

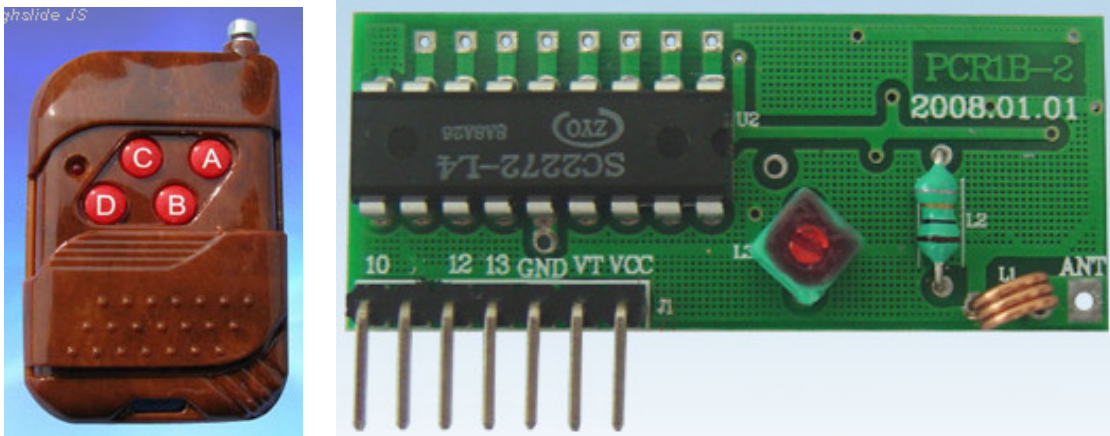
- Khối bàn phím này có 6 phím nhấn, được nối trực tiếp vào Port H của vi điều khiển, gồm có:
 - + Phím START: Reset các thông số của bộ điều khiển và cho phép robot hoạt động
 - + Phím MODE: Chỉnh giá trị các thông số của mô hình robot và thông số của các bộ điều khiển.
 - + Phím FORWARD, REVERSE : Dùng để tăng/giảm giá trị của từng thông số trong bộ điều khiển, ứng với MODE đã chọn. Ngoài ra, trong chế độ di chuyển, cho phép robot di chuyển tiến hay di chuyển lùi.

+ Phím LEFT, RIGHT : dùng để Tăng/Giảm giá trị offset cho cảm biến gia tốc góc. Ngoài ra, trong chế độ quay tròn, cho phép robot quay từ trái sang phải hay quay từ phải sang trái.

Nguyên lý hoạt động cho khối bàn phím: Khối bàn phím (điều khiển các chế độ hoạt động của robot) đều sử dụng chức năng *Key-WakeUp* của vi điều khiển MC9S12XDP512. Chức năng *Key-WakeUp* có đặc điểm chính như sau :

- + Lúc bình thường , không có phím nào nhấn , do có điện trở $4.7 K\Omega$ kéo lên nguồn 5Vdc, giá trị các chân chức năng *Key-WakeUp* không thay đổi mức logic (đều ở mức cao) và không tạo ra ngắt.
- + Khi có phím được nhấn , mức logic của chân chức năng *Key-WakeUp* tương ứng với phím đó sẽ thay đổi từ mức 1 thành mức 0 và sẽ tạo ra một tín hiệu ngắt tương ứng, nhờ đó vi điều khiển sẽ lập tức nhận ra phím nào được nhấn và thực thi chương trình tương ứng.

4.2.7. Mô-đun thu phát tín hiệu qua sóng radio (RF)



Hình 4.16: Bộ mô-đun thu phát bằng tín hiệu RF được sử dụng trong đề tài

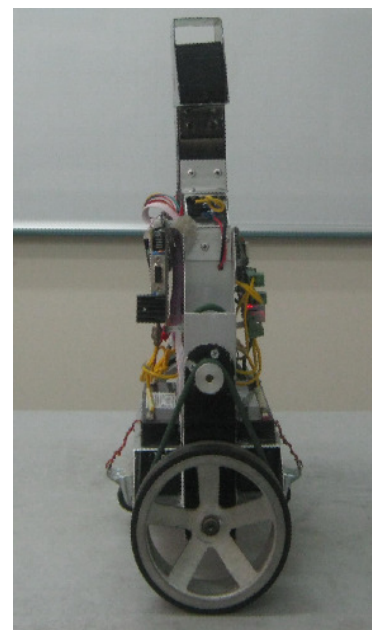
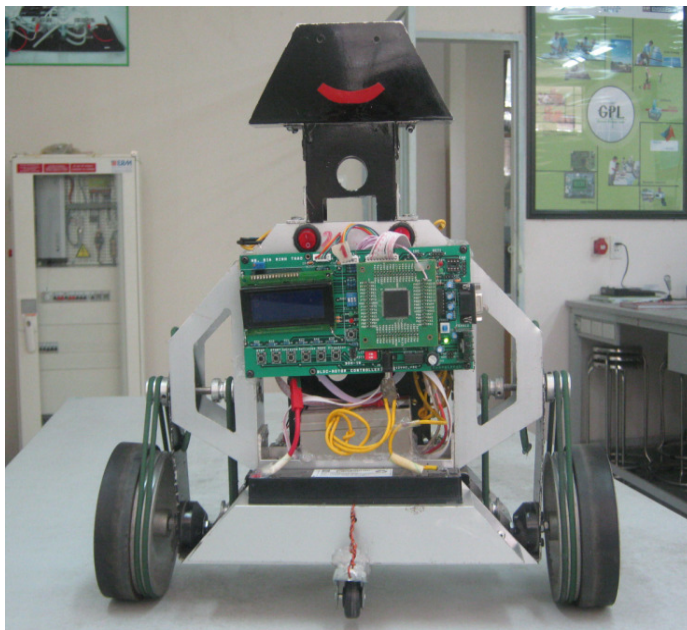
Bộ thu phát RF với 4 kênh cố định, có các chức năng chính

- Dải tần số hoạt động ở 315Mhz.
- Sử dụng IC giả mã XX-2272

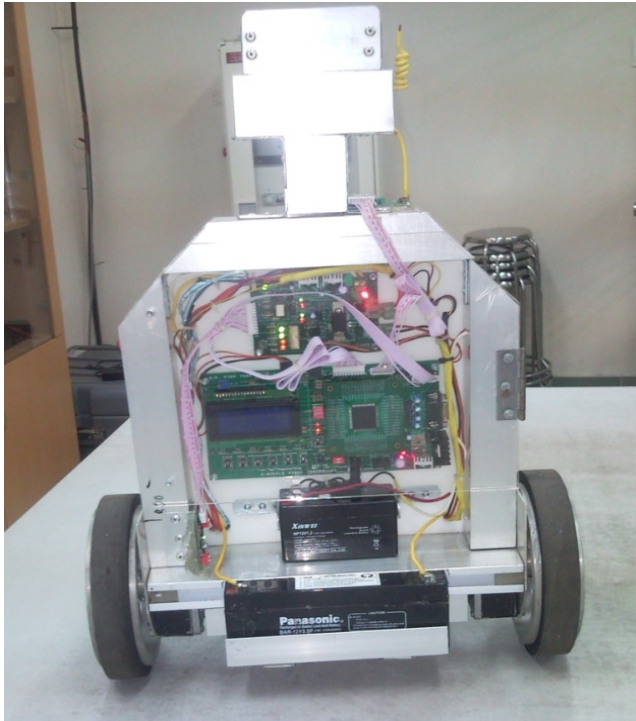
- 4 kênh tín hiệu cố định : A, B, C, D
- Điện áp hoạt động cho mô-đun thu (trên thân của robot) là 5Vdc, điện áp cho mô-đun phát tín hiệu điều khiển cầm tay là 9Vdc đến 12Vdc (sử dụng Pin).
- Khi bấm một nút điều khiển (nút A, B, C, D) trên bộ điều khiển cầm tay thì tín hiệu ngõ ra ở kênh ngõ ra tương ứng ở bộ thu sẽ lên mức cao (mức 5Vdc), các kênh ngõ ra còn lại sẽ ở mức thấp (mức 0Vdc). Vi điều khiển sẽ liên tục kiểm tra tín hiệu ngõ vào ở các chân I/O kết nối với mô-đun thu tín hiệu RF để biết nút nhấn nào đã được nhấn.

4.2.8. Hình ảnh hai mô hình robot hai bánh tự cân bằng đã thực hiện:

(Hình 4.17, Hình 4.18).



Hình 4.17: Mô hình robot hai bánh thực nghiệm – phiên bản 0.1 – 04/2010.



Hình 4.18: Mô hình robot hai bánh thực nghiệm – phiên bản 1.0 – 10/2010.

Đây là phiên bản robot được dùng để viết báo cáo luận văn.