

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
KHOA ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**



ĐỒ ÁN

TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Đề tài:

**PHÂN TÍCH, THIẾT KẾ HỆ THỐNG
TỰ ĐỘNG LÀM SẠCH MÁU CHẢY RA
TRONG QUÁ TRÌNH PHẪU THUẬT
ĐỂ TÁI SỬ DỤNG CHO BỆNH NHÂN**

Sinh viên thực hiện: NGUYỄN MINH TUẤN
LÊ THỊ THỦY
Lớp ĐTYS – K52

Giảng viên hướng dẫn: TS. NGUYỄN THÁI HÀ
Th.S. PHẠM MẠNH HÙNG

Hà Nội, 5-2012

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
KHOA ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG



ĐỒ ÁN

TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Đề tài:

**PHÂN TÍCH, THIẾT KẾ HỆ THỐNG
TỰ ĐỘNG LÀM SẠCH MÁU CHẢY RA
TRONG QUÁ TRÌNH PHẪU THUẬT
ĐỂ TÁI SỬ DỤNG CHO BỆNH NHÂN**

Sinh viên thực hiện: NGUYỄN MINH TUẤN
LÊ THỊ THỦY
Lớp ĐTYS – K52

Giảng viên hướng dẫn: TS. NGUYỄN THÁI HÀ
Th.S. PHẠM MẠNH HÙNG

Cán bộ phản biện:

Hà Nội, 5-2012

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Số hiệu sinh viên:

Khoá: Khoa: Điện tử - Viễn thông Ngành:

1. *Đầu đề đồ án:*

.....
.....

2. *Các số liệu và dữ liệu ban đầu:*

.....
.....
.....

3. *Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:*

.....
.....
.....
.....

4. *Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):*

.....
.....
.....

5. *Họ tên giảng viên hướng dẫn:*

6. *Ngày giao nhiệm vụ đồ án:*

7. *Ngày hoàn thành đồ án:*

Chủ nhiệm Bộ môn

Ngày tháng năm

Giảng viên hướng dẫn

Sinh viên đã hoàn thành và nộp đồ án tốt nghiệp ngày tháng năm

Cán bộ phân biện

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

BẢN NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Số hiệu sinh viên:

Ngành: Khoa:

Giảng viên hướng dẫn:.....

Cán bộ phản biện:

1. Nội dung thiết kế tốt nghiệp:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Nhận xét của cán bộ phản biện:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Ngày tháng năm

Cán bộ phản biện

(Ký, ghi rõ họ và tên)

LỜI NÓI ĐẦU

Trong quá trình nghiên cứu, xuất phát từ nhu cầu truyền máu ngày càng tăng ở Việt Nam cho các ca cấp cứu và điều trị, trong khi thực trạng nguồn máu từ các phong trào hiến máu tình nguyện chỉ đáp ứng được 30% nhu cầu. Bên cạnh đó, nguy cơ lây nhiễm bệnh rất cao khi truyền máu đồng loại và khó khăn trong công tác bảo quản ngân hàng máu. Bởi vậy phương pháp truyền máu hoàn hồi đã trở thành nhu cầu tất yếu cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật đặc biệt là kỹ thuật trong y tế. Nguyên lý chung của phương pháp truyền máu hoàn hồi này là thu hồi liên tục máu toàn phần chảy ra từ bệnh nhân trong quá trình phẫu thuật rồi quay ly tâm nhằm thu lại thành phần hồng cầu và truyền lại cho chính bệnh nhân đó. Như vậy, chất lượng máu thu hồi sau xử lý có tốt hay không và thời gian xử lý có tối ưu hay không thì mô-đun quay ly tâm là quan trọng nhất trong hệ thống này. Nó đảm bảo tốc độ quay và thời gian quay ly tâm để thu hồi tối đa lượng hồng cầu trong máu toàn phần.

Với mục tiêu góp phần cho quá trình thiết kế chế tạo ra thiết bị hỗ trợ quá trình truyền máu hoàn hồi tại Việt Nam. Vì vậy, chúng em lựa chọn đề tài đồ án tốt nghiệp: ***“Phân tích, thiết kế hệ thống tự động làm sạch máu chảy ra trong quá trình phẫu thuật để tái sử dụng cho bệnh nhân”***.

Chúng em xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn của Tiến sĩ Nguyễn Thái Hà và Thạc sĩ Phạm Mạnh Hùng đã giúp em hoàn thiện đồ án này.

TÓM TẮT ĐỒ ÁN

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: SINH LÝ MÁU VÀ TÍNH CHẤT LÝ HÓA CỦA MÁU	14
1.1 Máu là gì?	14
1.2 Thành phần của máu.....	14
1.3 Chức năng của máu	16
1.4 Nhóm máu	16
1.4.1 Phân loại theo hệ thống ABO:.....	17
1.4.2 Phân loại theo hệ thống Rh:.....	18
1.5 Tính chất lý hóa của máu.....	20
1.5.1 Khối lượng máu.....	20
1.5.2 Tỷ trọng và độ quán tính của máu	20
1.5.3 Áp suất thẩm thấu của máu (thẩm áp).....	21
1.5.4 Độ pH của máu.....	21
1.5.5 Hệ đệm của máu	22
1.6 Chống đông máu ngoài cơ thể.....	24
1.7 Pha loãng máu	24
CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN MÁU HOÀN HỒI	26
2.1 Tiêu chuẩn của truyền máu hoàn hồi:.....	26
2.2 Các phương pháp truyền máu hoàn hồi.....	26
2.2.1 Phương pháp thủ công.....	26
2.2.3 Phương pháp quay ly tâm rửa tế bào máu	28
2.2.4 Phương pháp dùng máy Cell saver.....	29
CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG TRUYỀN MÁU HOÀN HỒI - CELLSAVER 5+	31
3.1 Giới thiệu chung	31
3.2 Hệ thống CellSaver.....	33
3.2.1 Sơ đồ khối và chức năng từng khối	33
3.2.2 Mô-đun ly tâm tốc độ cao trong Cell Saver	36
3.2.3 Mô-đun thu hồi máu trong phẫu thuật	54

3.2.4 Mô-đun bơm vuốt và van kẹp.....	55
CHƯƠNG 4: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	56
4.1 Động cơ điện một chiều không chổi than – Brushless DC motor	56
4.2 Cấu tạo BLDC	60
4.2.1 Phần tĩnh - stator.....	61
4.2.2 Phần quay - rotor.	63
4.3 Nguyên lý hoạt động của động cơ điện một chiều không chổi than BLDC.....	67
4.4 Điều khiển động cơ điện một chiều bằng phương pháp PWM	71
CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ MÔ-ĐUN ĐIỀU KHIỂN LY TÂM.....	80
5.1 Xây dựng mạch điều khiển vòng kín.....	80
5.2 Tổ hợp mạch điện	91
5.2.1 Thành phần định thời.....	91
5.2.2 Mạch điều khiển	93
5.3 Đặc tính điều khiển.....	95
5.3.1 Điều khiển tốc độ vòng mở	95
5.3.2 Điều khiển tốc độ vòng kín	96
5.4 Chuyển mạch	97
5.4.1 Giải mã vị trí rotor	97
5.4.2 Xử lý chuyển mạch.....	98
5.5 Quản lý lỗi	102
5.5.1 Phát hiện quá dòng	103
5.5.2 Khóa sụt áp	104
5.5.3 Ngắt khi quá nhiệt	105
5.6 Phanh điện động	105
5.7 Thiết kế mạch Driver Card	106
5.7.1 Xây dựng mạch Driver card trên phần mềm ORCAD	106
5.7.2 Tạo mạch in	107
CHƯƠNG 6: THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN TRUNG TÂM.....	110
6.1 Điều khiển mạch Driver Card sử dụng tín hiệu số	110

6.1.1 Điều khiển tốc độ động cơ.....	110
6.1.2 Điều khiển các chức năng khác	115
6.2 Đo tốc độ động cơ với cảm biến Hall.....	116
6.2.1 Chuyển tín hiệu Hall tương tự thành tín hiệu số	116
6.2.2 Đo tần số của tín hiệu Hall với vi xử lý PIC16	118
6.3 Hiện thị thông số trạng thái lên LCD	119
6.3.1 Tìm hiểu sơ lược về LCD1602	119
6.3.2 Giao tiếp giữa PIC16 và LCD1602	121
6.4 Thiết kế khối điều khiển số	122
6.4.1 Xây dựng mạch điều khiển trên phần mềm ORCAD.....	122
6.4.2 Thiết kế mạch in	123
6.4.3 Sơ đồ thuật toán điều khiển số.....	125
6.4.4 Mô phỏng mạch điều khiển số.....	126
6.4.5 Mạch số và các tính năng đã lập trình	130
CHƯƠNG 7: THỬ NGHIỆM TÍNH NĂNG THIẾT KẾ	135
7.1 Điều khiển động cơ với tín hiệu Hall giả lập.....	Error! Bookmark not defined.
7.1.1 Tín hiệu Hall giả lập	Error! Bookmark not defined.
7.1.2 Tín hiệu PWM của mạch điều khiển	Error! Bookmark not defined.
7.1.3 Điều khiển động cơ cùng với mạch tạo tín hiệu Hall ..	Error! Bookmark not defined.
7.4 Chức năng đo tốc độ sử dụng cảm biến Hall.....	135
7.5 Điều khiển động cơ BLDC công suất nhỏ.....	136
CHƯƠNG 8: HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI.....	139
8.1 Bảo vệ dòng ngược gây hại IC MC33035	139
8.2 Nâng cấp chức năng chia tốc độ với IC AD7248.....	139
8.3 Nâng cấp hệ thống điều khiển với các loại cảm biến	140

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình 1.1 – Các thành phần máu	14
Hình 1.2 – Tỷ lệ các nhóm máu hệ ABO.....	18
Hình 2.1- Phương pháp lọc máu	27
Hình 2.2 – Sơ đồ nguyên lý cơ bản của truyền máu hoàn hồi dùng máy Cell Saver	29
Hình 3.1 – Sơ đồ khối hệ thống truyền máu hoàn hồi Cell Saver	33
Hình 3.2 – Bình chứa máu trong khoang ly tâm (a) 70ml, (b) 125ml, (c) 225ml.....	35
Hình 3.3 – Cấu tạo của máy ly tâm phân tích	37
Hình 3.4 – Ly tâm góc nằm ngang.....	38
Hình 3.5 – Ly tâm góc cố định.....	38
Hình 3.6 – Vận tốc dài tiếp tuyến với quỹ đạo quay của hạt và khi cùng vận tốc góc ω thì vận tốc dài của hạt nằm xa tâm sẽ lớn hơn	40
Hình 3.7 – Mối quan hệ giữa kích thước hạt, tốc độ quay và lực ly tâm tương đối	40
Hình 3.8 – Các lực tác dụng lên hạt có khối lượng m trong trường ly tâm gồm: lực ly tâm F_C , lực nổi F_B của hạt trong môi trường và lực ma sát F_f của hạt với môi trường.	42
Hình 3.9 – Bình Latham dùng cho máy CellSaver 5+	44
Hình 3.10 – Giai đoạn đầu của quá trình ly tâm máu	45
Hình 3.11 – Thành phần nhẹ bị loại bỏ và đẩy ra túi đựng chất thải	45
Hình 3.12 – Quá trình bơm máu vào bình Latham dùng khi máu hết hoặc lượng hồng cầu trong bình Latham đầy.....	46
Hình 3.13 – Dung dịch muối được bơm vào trong bình Latham để pha loãng và bị loại ra ngoài cùng một số tạp chất.....	46
Hình 3.14 – Lượng Hematocrit tăng lên sau khi dung dịch muối được bơm vào bình Latham để rửa máu.....	47
Hình 3.15 – Hồng cầu lơ lửng trong dung dịch muối sinh lý được bơm tới túi chứa máu sạch để truyền cho bệnh nhân trong quá trình phẫu thuật.....	47
Hình 3.16 – Đồ thị dạng xung điều chế PWM. Với độ rộng xung tương ứng là 30%, 50% và 90%	49

Hình 3.17 – Nguyên lý hoạt động của phương pháp PWM dựa trên sự đóng ngắt mạch điện và được điều khiển bởi vi xử lý.....	49
Hình 3.18 – Giản đồ xung tín hiệu điều khiển của chân vi xử lý và dạng điện áp đầu ra khi dùng PWM. Trong đó T là chu kỳ tín hiệu, t_0 là khoảng thời gian xung ở mức cao tức là lúc đóng mạch điện.	50
Hình 3.19 – Đồ thị dạng xung điều chế PWM. Với độ rộng xung đầu ra tương ứng và được tính bằng % do chúng ta điều khiển. Điện áp trung bình trên tải sẽ là 3.6V (với D = 30%); 6V (Với D = 50%); 10.8V (với D = 90%)	51
Hình 3.20 – MOSFET kênh N và kênh P	51
Hình 3.21 – Mạch cầu H dùng 2 MOSFET tương đồng.....	52
Hình 3.22 – Mô-đun điều khiển thu gom máu toàn phần đồng thời tiền xử lý	54
Hình 3.23 – Mô-đun điều khiển bơm vuốt trong hệ thống CellSaver	55
Hình 4.1 – Sơ đồ khối điều khiển động cơ BLDC.....	60
Hình 4.2 – Các lá thép của stator được ghép cách điện với nhau	62
Hình 4.3 – Cách quấn dây trên stator của động BLDC.....	62
Hình 4.4 – Stator sau khi quấn dây xong	62
Hình 4.5 – Rotor và trục động cơ.....	64
Hình 4.6 – Sơ đồ cấu tạo bên trong của động cơ BLDC.....	64
Hình 4.7 – Ba cảm biến H1, H2, H3 giúp xác định vị trí của rotor	65
Hình 4.8 - Một dòng điện i đi qua tấm kim loại dày d và vuông góc với từ trường B sẽ xuất hiện điện áp chênh lệch ở 2 mặt bên của tấm Hall do sự phân bố điện tích trái dấu giữa 2 mặt bên. Điện áp Hall sẽ thay đổi khi từ trường tác dụng lên tấm Hall thay đổi.	66
Hình 4.9 – Cấu trúc nằm ngang của động cơ BLDC	66
Hình 4.10 – Nguyên lý quay đồng bộ của 2 nam châm vĩnh cửu.....	67
Hình 4.11 - Nguyên lý quay đồng bộ của một nam châm điện và một nam châm vĩnh cửu	67
Hình 4.12 - Nguyên lý quay đồng bộ của một nam châm vĩnh cửu và hai nam châm điện. Nam châm vĩnh cửu là phân quay, nam châm điện là phân đứng yên.....	68

Hình 4.13 – Pha dòng điện điều khiển động cơ	69
Hình 4.14 - Đổi chiều dòng điện để đổi chiều động cơ	69
Hình 4.15 -Dòng điện điều khiển động cơ DC khi đổi chiều	70
Hình 4.16 – Nguyên lý cảm ứng điện từ	70
Hình 4.17 - Sơ đồ thể hiện sự đảo pha ở ba đầu dây động cơ.....	72
Hình 4.18 - Chiều của 6 trạng thái đảo pha của BLDC	73
Hình 4.19 - Bộ biến đổi bề rộng xung của động cơ điện một chiều	75
Hình 4.20 - Sơ đồ khối của bộ điều khiển phản hồi tốc độ PWM cho động cơ DC	75
Hình 4.21 – Chế độ quay thuận.....	76
Hình 4.22 – Sơ đồ định thời điều khiển động cơ BLDC sử dụng Hall sensor (6 trạng thái của Hall sensor và 3 dây pha của BLDC)	77
Hình 4.23 - Mạch điều khiển - van đóng mở dòng qua các cuộn dây stator	78
Hình 4.24 - Trạng thái phát xung PWM trong 6 bước.....	79
Hình 5.1 - Sơ đồ chân của MC33035.....	82
Hình 5.2 - Sơ đồ khối bên trong của MC33035 cùng một số bộ phận điều khiển động cơ BLDC	83
Hình 5.3 - Bộ khuếch đại lỗi	85
Hình 5.4 - Sơ đồ thời gian của bộ điều chế độ rộng xung	86
Hình 5.5 - IC MC33039 loại chân cắm.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 5.6 – Sơ đồ khối của IC MC33039	87
Hình 5.7 - Ứng dụng điều khiển động cơ vòng kín đặc trưng	88

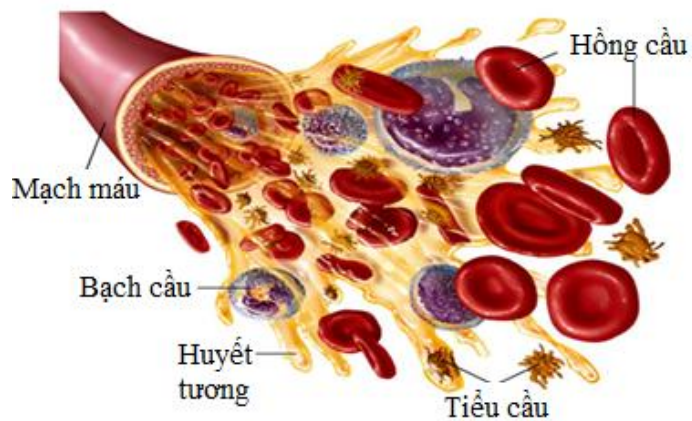
DANH SÁCH BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 – Hệ máu ABO của cha mẹ và con:.....	17
Bảng 1.2 – Sơ đồ truyền máu.....	19
Bảng 3.1 – Thẻ tích muối dùng cho xử lý máu phụ thuộc vào thẻ tích bình Latham....	48
Bảng 3.2 – Thông số lưu lượng của bơm vượt cách ly	55
Bảng 4.1 – So sánh động cơ một chiều thông thường và động cơ một chiều không chổi than	59
Bảng 4.2 - Bảng trạng thái của bộ 3 cảm biến Hall	79
Bảng 5.1 - Bảng mô tả chức năng chân của MC33035.....	84

CHƯƠNG 1: SINH LÝ MÁU VÀ TÍNH CHẤT LÝ HÓA CỦA MÁU

1.1 Máu là gì?

Máu là một tổ chức di động được tạo thành từ thành phần hữu hình là các tế bào (hồng cầu, bạch cầu, tiểu cầu) và huyết tương. Chức năng chính của máu là cung cấp các chất dinh dưỡng và cấu tạo các tổ chức cũng như loại bỏ các chất thải trong quá trình chuyển hóa của cơ thể như khí carbonic và acid lactic. Máu cũng là phương tiện vận chuyển của các tế bào (các tế bào có chức năng bảo vệ cơ thể lẫn tế bào bệnh lý) và các chất khác nhau (các amino acid, lipid, hormone) giữa các tổ chức và cơ quan trong cơ thể. Các rối loạn về thành phần cấu tạo của máu hay ảnh hưởng đến sự tuần hoàn bình thường của nó có thể dẫn đến rối loạn chức năng của nhiều cơ quan khác nhau.



Hình 1.1 – Các thành phần máu

1.2 Thành phần của máu.

Máu được cấu tạo bởi một số loại tế bào khác nhau hay còn gọi là thành phần hữu hình và huyết tương. Thành phần hữu hình chiếm đến 45% thể tích máu toàn phần. Trên lâm sàng, thành phần này thường phản ánh bằng khái niệm Hematocrit, một xét nghiệm đơn giản để phát hiện thiếu máu. Huyết tương chiếm 55% thể tích còn lại của máu. Độ PH của máu động mạch thường xấp xỉ 7.40 (dao động từ 7.35 đến 7.45). PH máu giảm xuống dưới 7.35 được xem là toan máu (thường do nhiễm toan) và PH trên 7.45 được gọi là kiềm máu (thường do nhiễm kiềm). PH máu cùng với các chỉ số áp

lực riêng phần của carbonic (Partial pressure of carbon dioxide - P_{aCO_2}), bicarbonate (HCO_3^-) và kiềm dư (base excess) là những chỉ số xét nghiệm khí máu có ý nghĩa quan trọng trong việc theo dõi cân bằng toan-kiềm của cơ thể. Tỷ lệ thể tích máu so với cơ thể thay đổi theo lứa tuổi và tình trạng sinh lý bệnh. Trẻ nhỏ có tỷ lệ này cao hơn người trưởng thành. Phụ nữ có thai tỷ lệ này cũng tăng hơn phụ nữ bình thường. Ở người trưởng thành phương Tây, thể tích máu trung bình vào khoảng 5 lít trong đó có 2,7 đến 3 lít huyết tương. Diện tích bề mặt của các hồng cầu (rất quan trọng trong trao đổi khí) lớn gấp 2000 lần diện tích da cơ thể.

Các thành phần hữu hình gồm:

Tế bào máu:

- **Hồng cầu:** chiếm khoảng 96%. Ở động vật có vú, hồng cầu trưởng thành mất nhân và các bào quan. Hồng cầu chứa haemoglobin và có nhiệm vụ chính là vận chuyển và phân phối ôxy.
- **Bạch cầu:** chiếm khoảng 3% là một phần quan trọng của hệ miễn dịch có nhiệm vụ tiêu diệt các tác nhân gây nhiễm trùng và phát động đáp ứng miễn dịch của cơ thể.
- **Tiểu cầu:** chiếm khoảng 1%, chịu trách nhiệm trong quá trình đông máu. Tiểu cầu tham gia rất sớm vào việc hình thành nút tiểu cầu, bước khởi đầu của quá trình hình thành cục máu đông trong chấn thương mạch máu nhỏ.

Huyết tương là dung dịch chứa đến 96% nước, 4% là các protein huyết tương và rất nhiều chất khác với một lượng nhỏ, đôi khi chỉ ở dạng vết. Các thành phần chính của huyết tương gồm:

- Albumin
- Các yếu tố đông máu
- Các globulin miễn dịch (immunoglobulin) hay kháng thể (antibody)
- Các hormone
- Các protein khác

- Các chất điện giải (chủ yếu là Natri và Clo, ngoài ra còn có Canxi, Kali, Phosphate).
- Các chất thải khác của cơ thể.

Trong cơ thể, dưới tác động của cơ tim, hệ thần kinh thực vật và các hormone, máu lưu thông không theo quy luật của lực trọng trường. Ví dụ não là cơ quan nằm cao nhất nhưng lại nhận lượng máu rất lớn (nếu tính theo khối lượng tổ chức não) so với bàn chân, đặc biệt là trong lúc lao động trí óc.

1.3 Chức năng của máu

Hô hấp: Huyết sắc tố lấy oxi từ phổi đem cung cấp cho tế bào và vận chuyển khí CO₂ từ tế bào ra phổi để thải ra ngoài.

Dinh dưỡng: Máu vận chuyển các chất dinh dưỡng: Axít amin, axit béo, glucose từ những mao ruột non đến các tế bào và các tổ chức trong cơ thể.

Bài tiết: Máu đem cặn bã của quá trình chuyển hóa đến các cơ quan bài tiết.

Điều hòa hoạt động của cơ thể: Máu chứa các hormon do các tuyến nội tiết tiết ra có tác dụng điều hòa trao đổi chất và các hoạt động khác.

Điều hòa thân nhiệt: Máu chứa nhiều nước có tỷ lệ nhiệt cao, có tác dụng điều hòa nhiệt ở các cơ quan trong cơ thể.

Bảo vệ cơ thể: Trong máu có nhiều loại bạch cầu có khả năng thực bào, tiêu diệt vi khuẩn. Máu chứa kháng thể và kháng độc tố có tác dụng bảo vệ cơ thể.

1.4 Nhóm máu

Máu con người được chia làm nhiều nhóm - dựa theo một số chất cacbohidrat và protein đặc thù trên hồng cầu. Có khoảng 46 nhóm khác nhau, nhưng những nhóm chính là **O**, **A**, **B** và yếu tố **Rhesus** (Rh). Vì những lý do chưa được khám phá, máu của mỗi nhóm có thể có kháng thể chống lại những nhóm kia. Do đó, khi truyền máu khác nhóm vào, kháng thể của người nhận có thể phá hủy máu gây tác hại cho cơ thể. Có tổng cộng 30 hệ nhóm máu người được tổ chức quốc tế về truyền máu (ISBT) ghi nhận.

Một nhóm máu hoàn chỉnh có thể bao gồm một bộ 30 chất trên bề mặt của các hồng cầu (Red Blood Cell – RBC) và một nhóm máu của cá thể là một trong những sự kết hợp của một số kháng nguyên nhóm máu. Trong số 30 nhóm máu, có hơn 600 chất kháng nguyên nhóm máu khác nhau đã được phát hiện, nhưng đa số trong chúng rất hiếm hoặc chủ yếu được tìm thấy trong các nhóm bộ tộc nhất định.

1.4.1 Phân loại theo hệ thống ABO:

Bảng 1.1 – Hệ máu ABO của cha mẹ và con:

Mẹ/Cha	O	A	B	AB
O	O	O, A	O, B	A, B
A	O, A	O, A	O, A, B, AB	A, B, AB
B	O, B	O, A, B, AB	O, B	A, B, AB
AB	A, B	A, B, AB	A, B, AB	A, B, AB

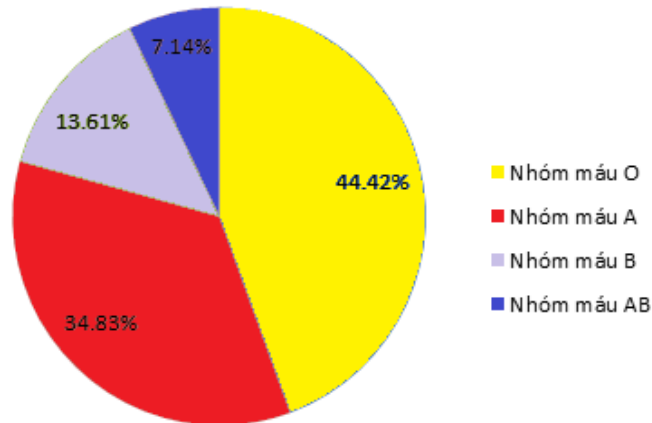
Con người có 4 nhóm máu : O, A, B, AB . Nhưng trước đây ta mới biết về hai ý nghĩa của nó là:

- Để truyền máu khi cần. Cụ thể là: Nhóm máu O có thể truyền cho cả 4 nhóm nhưng lại chỉ nhận được nhóm của mình là O. Ngược lại AB có thể nhận được cả 4 nhóm nhưng chỉ truyền được cho nhóm của mình là AB. Còn 2 nhóm A, B thì vừa phải, nghĩa là nhận 2 và cho cũng 2, cụ thể là nhóm A nhận được A và O nhưng cũng cho được A và AB. Nhóm B nhận được B và O, cũng cho được B và AB.

- Để phục vụ cho ngành pháp y trong vấn đề xác định, loại trừ tội phạm..., hiện khoa học đã tiến xa hơn bằng cách xác định bằng DNA (Deoxyribo Nucleic Acid). Nhưng gần đây các nhà khoa học Mỹ, qua những công trình nghiên cứu tỉ mỉ và rộng rãi đã cho biết thêm 2 ý nghĩa mới:

- ❖ Biết được nhóm máu của mình để điều chỉnh cách sống sao cho tốt nhất.

- ❖ Để phòng và chữa nhiều nhóm bệnh một cách hiệu quả nhất. Một công trình nghiên cứu trên 20.635 người gồm 15.255 nữ và 5.380 nam đủ mọi lứa tuổi đã cho tỷ lệ nhóm máu sau:



Hình 1.2 – Tỷ lệ các nhóm máu hệ ABO

Nhờ những tiến bộ về khoa học, người ta mới phát hiện thêm trong mỗi nhóm máu có 2 tiểu nhóm được gọi là: xuất tiết (Secretor) và không xuất tiết (Non-secretor), ví dụ trong loại xuất tiết thì chỉ cần xét nghiệm nước bọt cũng có thể xác định được nhóm máu, vì các kháng nguyên của nhóm máu đó tiết qua các dịch của cơ thể như nước bọt, chất nhầy và cả tinh dịch. Còn loại không xuất tiết đòi hỏi phải tiến hành xét nghiệm máu trực tiếp. Nói chung các loại xuất tiết có khả năng giúp cơ thể chống bệnh cao hơn và thích nghi dễ hơn với hoàn cảnh so với loại không xuất tiết. Trong 2 tiểu nhóm này, mặc dù cùng thuộc một nhóm máu nhưng cũng có vài khác biệt trong việc lựa chọn thức ăn.

1.4.2 Phân loại theo hệ thống Rh:

Rh viết tắt của chữ Rhesus, nghĩa là phân loại máu theo yếu tố Rhesus. Căn cứ vào sự khác biệt khi nghiên cứu về sự vận chuyển oxy của hồng cầu thì các hồng cầu có thể mang ở mặt ngoài một protein gọi là Rhesus hay ký hiệu là Rh. Trên lâm sàng, đây là hệ thống nhóm máu quan trọng nhất sau ABO. Hiện nay trong hệ thống nhóm máu này đã xác định được 50 loại kháng nguyên. Trong đó 5 kháng nguyên C, c, D, E và e là quan trọng nhất, đặc biệt là kháng nguyên D với tính sinh miễn dịch cao và tính

kháng nguyên mạnh. Trạng thái Rh âm tính hay dương tính ở đây chính là trạng thái âm tính hay dương tính với kháng nguyên D. Nếu có kháng nguyên D thì là nhóm Rh⁺ (dương tính), nếu không có là Rh⁻ (âm tính). Các nhóm máu A, B, O, AB mà Rh⁻ thì được gọi là âm tính A⁻, B⁻, O⁻, AB⁻. Rhesus là một đặc điểm di truyền của mỗi cá nhân và tồn tại suốt cuộc đời. Trong đó, nhóm máu Rh⁻ rất hiếm gặp. Ở Việt Nam, nhóm máu Rh⁻ chỉ chiếm 0,04%, còn Nhóm Rh⁺ chiếm đến 99.96%. Đặc điểm của nhóm máu Rh này là chúng chỉ có thể nhận và cho người cùng nhóm máu, đặc biệt phụ nữ có nhóm máu Rh⁻ thì con rất dễ tử vong. Người có nhóm máu Rh⁺ chỉ có thể cho người cũng có nhóm máu Rh⁺ và nhận người có nhóm máu Rh⁺ hoặc Rh⁻. Người có nhóm máu Rh⁻ có thể cho người có nhóm máu Rh⁺ hoặc Rh⁻ nhưng chỉ nhận được người có nhóm máu Rh⁻ mà thôi.

Trường hợp người có nhóm máu Rh⁻ được truyền máu Rh⁺, trong lần đầu tiên sẽ không có bất kỳ phản ứng tức thì nào xảy ra. Tuy nhiên sau thời gian 2-4 tuần cơ thể của người mang nhóm máu Rh⁻ sẽ sản sinh ra lượng kháng thể (kháng D) đủ lớn để làm ngưng kết hồng cầu Rh⁺ được truyền vào cơ thể. Sau 2-4 tháng nồng độ kháng thể sẽ đạt mức tối đa, khi đó nếu tiếp tục truyền máu Rh⁺ lần thứ 2 sẽ gây ra những hậu quả nghiêm trọng do tai biến truyền máu.

Bảng 1.2 – Sơ đồ truyền máu.

(+): Có thể cho/nhận và (-): Không thể cho/nhận

Nhận/Cho	O ⁺	A ⁺	B ⁺	AB ⁺	AB ⁻	B ⁻	A ⁻	O ⁻
O ⁺	+	-	-	-	-	-	-	+
A ⁺	+	+	-	-	-	-	+	+
B ⁺	+	-	+	-	-	+	-	+
AB ⁺	+	+	+	+	+	+	+	+
AB ⁻	-	-	-	-	+	+	+	+
B ⁻	-	-	-	-	-	+	-	+
A ⁻	-	-	-	-	-	-	+	+
O ⁻	-	-	-	-	-	-	-	+

1.5 Tính chất lý hóa của máu

1.5.1 Khối lượng máu

Khối lượng máu phụ thuộc vào trọng lượng cơ thể, tuổi và trạng thái cơ thể. Ở người trưởng thành, bình thường máu chiếm 7- 9% (hay 1/13) toàn bộ trọng lượng cơ thể. Tổng số máu trong cơ thể có khoảng 4 -5 lít hay 70 – 90 ml/kg thể trọng. Lượng máu ở trẻ sơ sinh chiếm khoảng 14%, trẻ đang bú 11%. Thường lượng máu tăng lên sau bữa ăn. Khi đói hay khi mất nước thì khối lượng máu giảm. Ở phụ nữ có thai, lượng máu cũng tăng.

Trong trạng thái sinh lí bình thường, chỉ có 50% lượng máu được lưu thông trong hệ thống mạch máu, còn lại 50% lượng máu được giữ trữ ở các tổ chức. Trong đó lượng máu trữ ở lách khoảng 16%, ở gan khoảng 20% và ở các mạch máu dưới da khoảng 10%. Lượng máu này có thể được huy động trong những trường hợp cơ thể cần nhiều máu

Tỉ lệ lượng máu trữ có thể thay đổi tùy thuộc trạng thái hoạt động của cơ thể. Khi nghỉ ngơi hoặc ngủ, lượng máu trữ tăng lên, còn khi bị mất máu, khi lao động cơ bắp kéo dài, khi bị sốt nóng, khi bị ngạt thở hay xúc động mạnh thì lượng máu lưu thông tăng.

Khi bị mất máu có thể gây nguy hiểm cho cơ thể. Nếu mất nhanh đột ngột 30 % máu động mạch hoặc mất nhanh 30 – 35% tổng lượng máu thì cơ thể sẽ chết ngay vì bị giảm huyết áp đột ngột.

1.5.2 Tỉ trọng và độ quán tính của máu

Tỉ trọng máu toàn phần lớn hơn nước. Ở người, tỉ trọng của máu bằng 1.050 – 1.060 (Trong đó tỉ trọng của riêng huyết tương là 1.028 – 1.030, của riêng hồng cầu là 1.09 – 1.10). Tỉ trọng của máu nam cao hơn tỉ trọng của máu nữ (nam 1.057, nữ 1.050). Tỉ trọng của máu có thể thay đổi phụ thuộc vào nồng độ protein và hồng cầu có trong máu; vào trạng thái cơ thể và tùy theo loài. Tỉ trọng của máu có thể tăng lên khi bị mất nước và giảm khi cơ thể bị mất máu.

Độ nhớt (độ quánh) của máu lớn gấp 5 lần so với nước, thường dao động trong khoảng 4-5. Trong đó độ nhớt của huyết tương là 1.2 -2. Độ quánh của máu phụ thuộc vào hàm lượng protein và muối khoáng trong huyết tương. Ở trẻ sơ sinh, độ nhớt của máu tăng khi cơ thể bị mất nước.

1.5.3 Áp suất thẩm thấu của máu (thẩm áp)

Áp suất thẩm thấu (ASTT) của máu phụ thuộc vào hai yếu tố chính là lượng khoáng hoà tan trong máu, khoảng 0,9 – 1,0% (gọi là áp suất thẩm thấu tinh thể) và lượng protein hoà tan trong huyết tương (gọi là áp suất keo, trị số khoảng 25 mmHg). Áp suất keo tuy nhỏ nhưng lại có vai trò quan trọng trong việc giữ và trao đổi nước giữa mao mạch và mô, do đó nó quyết định sự phân phối nước cho cơ thể.

Ở người, trong điều kiện bình thường ASTT của máu toàn phần khoảng 7,6 – 8,1 atmophe (at). Sự ổn định ASTT máu có ý nghĩa sinh lý quan trọng, đảm bảo cho hồng cầu thực hiện chức năng sinh lí. Nếu ASTT của hồng cầu và huyết tương bằng nhau thì hồng cầu giữ nguyên hình dạng và kích thước. Trong dung dịch nhược trương, có ASTT thấp hơn ASTT của hồng cầu, nước sẽ thấm vào trong hồng cầu làm vỡ hồng cầu. Trong dung dịch ưu trương, có ASTT cao hơn ASTT của hồng cầu, nước trong hồng cầu sẽ thấm ra ngoài, hồng cầu bị teo lại và cũng bị hủy. Như vậy trong cả hai trường hợp máu đều bị phá hủy. Đó là hiện tượng tiêu huyết. Hiện tượng tiêu huyết còn xảy ra khi máu tiếp xúc với clorofoc, ether, cồn, tia cực tím, tia X, các chất phóng xạ, độc tố của vi trùng, giun sán, nọc nhện, ong, bọ cạp, rắn độc...

1.5.4 Độ pH của máu

Độ pH của máu dao động trong khoảng 7.35 – 7.39. Nó là chỉ số ổn định. Sự thay đổi nhiệt độ cơ thể không làm thay đổi pH của máu. Sự ổn định pH của máu đảm bảo cho sự hoạt động của hồng cầu và của các cơ quan ít bị biến đổi. Chỉ cần thay đổi $pH \pm 0.2$ có thể gây rối loạn hoạt động cơ thể và có thể tử vong.

Độ pH của máu phụ thuộc vào nồng độ ion H^+ và ion OH^- , nghĩa là phụ thuộc vào sự cân bằng axit – bazơ trong máu. Quá trình trao đổi chất luôn biến động liên tục

nên nồng độ ion H⁺ và ion OH⁻ cũng biến động. Nhưng pH của máu luôn ổn định, đó là nhờ hệ đệm trong máu.

1.5.5 Hệ đệm của máu

Hệ đệm của máu gồm nhiều đôi đệm. Mỗi đôi đệm do một axit yếu và một muối kiềm mạnh, hoặc một muối mono-axit và muối di-axit tạo nên.

Hệ đệm máu được hình thành ngay trong tháng đầu sau khi sinh. Nhờ hệ đệm mà độ pH trong máu luôn được ổn định. Tuy nhiên khả năng đệm của máu cũng có một giới hạn nhất định. Nếu hàm lượng axit hoặc kiềm trong máu tăng quá cao sẽ làm cho cơ thể trúng độc.

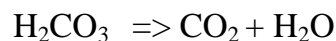
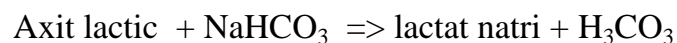
Trong máu có nhiều đôi đệm, trong đó có 3 hệ đệm quan trọng là hệ đệm bicacbonat, hệ đệm photphat, hệ đệm protein.

1.5.5.1 Hệ đệm bicacbonat

Hệ đệm bicacbonat chiếm khoảng 7- 9% khả năng đệm của máu. Tham gia hệ đệm này gồm có axit cacbonic với muối kiềm bicacbonat natri hay bicacbonat kali. Nếu trong các sản phẩm của quá trình trao đổi chất chuyển vào máu chứa nhiều axit thì sẽ xảy ra phản ứng trung hoà các ion H⁺ bởi muối bicacbonat, axit cacbonic thừa sẽ được phổi thông khí ra ngoài vì sự tăng nồng độ H⁺ sẽ kích thích trung khu hô hấp, còn nếu trong máu chứa nhiều bazơ thì sẽ xảy ra phản ứng trung hoà các ion OH⁻ bởi axit cacbonic.

Công thức tổng quát : $H_2CO_3 / B.HCO_3$ (Trong đó B là ion Na⁺ hoặc ion K⁺)

Ví dụ: axit lactic được tạo ra trong quá trình đường phân đi vào máu, sẽ kết hợp với NaHCO₃ để tạo thành lactatnatri và axit cacbonic. Axit cacbonic là một axit yếu sẽ được thải ra ngoài qua đường hô hấp



1.5.5.2 Hệ đệm photphat:

Hệ đệm photphat cũng hoạt động tương tự như hệ đệm bicarbonat nhưng tác dụng yếu hơn. Tham gia hệ đệm này gồm có muối photphat monoaxit và muối photphat điaxit. Nếu trong các sản phẩm của quá trình trao đổi chất chuyển vào máu chứa nhiều axit thì sẽ xảy ra phản ứng trung hoà các ion H⁺ bởi muối photphat điaxit, còn nếu chứa nhiều bazơ thì sẽ xảy ra phản ứng trung hoà các ion OH⁻ bởi muối photphat monoaxit.

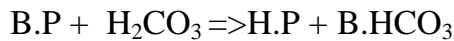
Công thức tổng quát : B.H₂PO₄ / B₂.HPO₄ (Trong đó B là ion Na⁺ hoặc ion K⁺)

1.5.5.3 Hệ đệm protein (P)

Hệ đệm protein gồm có các loại protein trong huyết tương và hemoglobin, hoặc oxi hemoglobin trong hồng cầu. Đây là hệ đệm quan trọng nhất trong các hệ đệm của máu. Chiếm tới 1/6 hệ đệm của máu và chiếm 3/4 lượng axit cacbonic của máu.

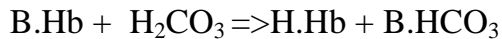
Công thức tổng quát: H.P / B.P và H.Hb / B.Hb hay H.HbO₂ / B.HbO₂ (Trong đó B là ion Na⁺ hoặc ion K⁺)

Phản ứng được biểu thị bằng công thức tổng quát sau:



Hệ đệm protein có hiệu quả nhất là huyết cầu tố hemoglobin (Hb) chứa trong hồng cầu. Hb có khả năng đệm gấp 10 lần các protein khác của huyết tương.

H₂CO₃ trong máu tăng cao sẽ thẩm vào hồng cầu và tranh cation của Hb, vốn là một axit rất yếu, nên biến thành bicarbonat



Khả năng gắn với các cation của hemoglobin lớn gấp 3 lần so với protein huyết tương và lượng hemoglobin nhiều gấp hơn 3 lần protein huyết tương, nên hệ đệm hemoglobin lớn gấp 10 lần hệ đệm protein trong huyết tương.

1.6 Chống đông máu ngoài cơ thể

Các giai đoạn đông máu:

- Men Prothrombinase (do gan tiết ra) + prothrombin --> thrombin
- Thrombin + fibrinogen (dạng hòa tan) --> fibrin (dạng không hòa tan, nó là sợi tơ huyết, gói các thành phần máu làm cho máu đông lại)

Biện pháp chống đông máu:

- Ngăn ngừa hình thành thrombin
- Giảm sự tác dụng của thrombin trên fibrinogen (làm mất hoạt tính của thrombin)

Các phương pháp chống đông máu ngoài cơ thể:

- Dùng bình chứa máu được tráng silicon, ngăn cản hoạt hóa do tiếp xúc bề mặt của yếu tố XII và tiểu cầu---> Máu sẽ đông lại
- Sử dụng thuốc chống đông máu như heparin, axit citrate dextrose (ACD)...
- Dùng các chất làm giảm nồng độ Ca^{++} như kalioxalat, amonioxalat,...
- Muối trung tính (NaCl...) với nồng độ cao cũng làm bất hoạt thrombin nên chống đông máu.
- Bảo quản máu ở nhiệt độ thấp ($4^{\circ}C - 6^{\circ}C$) làm ngừng hoạt động của các enzym gây đông máu.

1.7 Pha loãng máu

Pha loãng máu được tiến hành bằng cách chích lấy máu tĩnh mạch của người bệnh ngay trước lúc mổ. Thể tích máu lấy ra được tính toán trước và bù lại đồng thời bằng dung dịch cao phân tử hoặc dịch tinh thể sao cho mức hematocrit sau khi chích máu bằng 30% và bệnh nhân giữ nguyên thể tích tuần hoàn, bình ổn về huyết động. Khi người bệnh mất máu do mổ xẻ là máu đã “loãng”, máu lấy ra ban đầu sẽ được truyền lại cho người bệnh đó sau khi đã hết mất máu ngoại khoa và cũng chỉ truyền để duy trì hematocrit – 30% vào giai đoạn hồi tỉnh.

Pha loãng máu đồng thể tích còn có thể được tiến hành đơn giản hơn là không có chích máu trước mổ mà chỉ bù lượng máu mất trong mổ bằng các dung dịch cao

phân tử hoặc dịch tinh thể với mục tiêu duy trì ổn định huyết động và hematocrit ở mức 30%. Chỉ truyền máu hoặc hồng cầu loại khi hematocrit < 25%. Trong trường hợp này máu mất trong mô sẽ “đặc” hơn so với trường hợp có chích máu trước mô trên đây. Yêu cầu cơ bản để áp dụng kỹ thuật này là phải có phương tiện - để theo dõi chặt chẽ về huyết động bao gồm: huyết áp động mạch, áp lực tĩnh mạch trung ương, điện tim, mạch và bão hoà oxy mao mạch (SpO₂). Phương pháp pha loãng máu thường chỉ định với bệnh nhân là người lớn không có bệnh nhiễm trùng tiến triển, không thiếu máu hoặc suy các chức năng khác.

CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN MÁU HOÀN HỒI

2.1 Tiêu chuẩn của truyền máu hoàn hồi:

Truyền máu hoàn hồi là phương pháp được áp dụng nhờ những tiến bộ của khoa học kỹ thuật hiện đại. Nó giúp giải quyết được vấn đề thiếu máu cho bệnh nhân. Hiện nay, tình trạng suy thận chiếm tỷ lệ không nhỏ, đồng thời các kỹ thuật ghép tạng cũng ngày một phát triển. Chính vì thế truyền máu hoàn hồi là một lựa chọn tối ưu nên nó có những tiêu chuẩn như sau:

- Máu chảy ra từ các tạng như gan, lách, mạch máu trong chấn thương bụng kín hoặc tràn máu màng phổi trong chấn thương ngực là máu sạch nên có thể áp dụng được phương pháp truyền máu hoàn hồi.

- Không có tổn thương phối hợp các tạng bản như vỡ thực quản, thủng dạ dày, vỡ bàng quang. Truyền máu chỉ được thực hiện sau khi đã loại trừ các tổn thương này

- Thời gian từ khi bị tai nạn đến khi lấy máu tốt nhất là dưới 6 tiếng. Tuy nhiên, thời gian này có thể kéo dài hơn tùy mức độ tổn thương và loại tổn thương.

- Không có hiện tượng tan huyết khi ly tâm mẫu máu thu hồi (huyết tương phải được phân cách rõ ràng với khối huyết cầu và phải có màu vàng nhạt)

2.2 Các phương pháp truyền máu hoàn hồi

2.2.1 Phương pháp thủ công

Phương pháp này được thực hiện bằng cách thu hồi máu trong phẫu thuật, pha thêm 50ml Natri citrate 4% cho 250ml máu thu hồi. Có thể pha máu thu hồi với các dung dịch muối đẳng trương với tỉ lệ 1/1 để dễ truyền và tiết kiệm máu. Sau đó dùng dây truyền có màng lọc để truyền máu lại cho bệnh nhân sau khi đảm bảo tiêu chuẩn truyền.

Ưu điểm:

- Chi phí rẻ
- Có thể truyền bất kỳ lúc nào nếu có máu trong ngân hàng máu

Nhược điểm:

- Ngân hàng máu khan hiếm

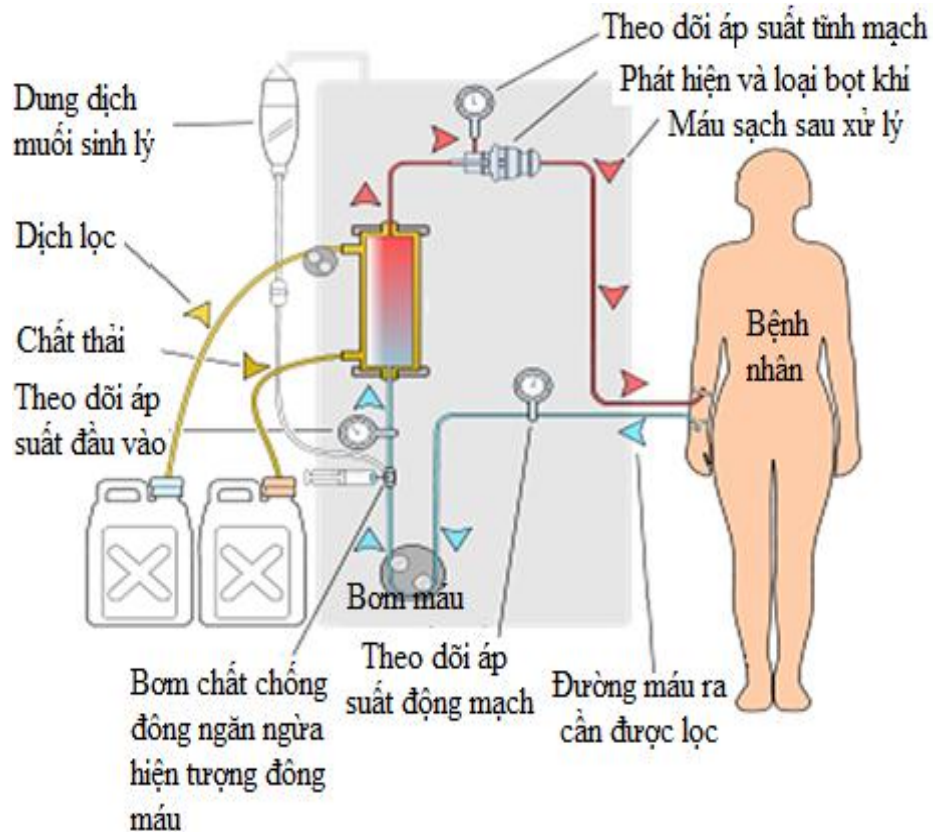
- Mất rất nhiều thời gian từ khi thu gom máu từ nhiều nguồn, nhiều người khác nhau, qua thời gian xử lý, kiểm tra, xét nghiệm, lưu trữ....

- Nguy cơ mắc bệnh truyền nhiễm cao.

Các phương pháp lọc máu:

Phương pháp lọc máu (Blood filter)

Lọc máu là phương pháp loại bỏ các chất phế thải, chất khoáng và nước dư thừa trong máu. Máu sạch chứa các tế bào máu, các chất dinh dưỡng được đưa quay trở lại bệnh nhân. Nguyên lý của phương pháp này được trình bày như hình vẽ:



Hình 2.1- Phương pháp lọc máu

Máu được lấy từ tĩnh mạch lớn (tĩnh mạch cảnh trong, tĩnh mạch dưới đòn, tĩnh mạch bẹn) của bệnh nhân, qua hệ thống bơm nhằm đảm bảo lượng máu qua quả lọc là thỏa đáng. Máu được lọc ở quả lọc (dialyser), chất rửa máu (dialysate) được lưu thông quanh quả lọc nhằm lấy các chất thải như ure, creatinine,...theo nguyên lý khuếch tán,

thẩm thấu, hấp phụ, siêu lọc. Sau đó máu sạch được đưa quay trở lại bệnh nhân bằng đường khác.

2.2.3 Phương pháp quay ly tâm rửa tế bào máu

Nguyên lý chung của phương pháp này là máu đã được thu hồi sẵn trong bình chứa thông thường, sau đó được các bác sỹ, y tá cho vào các ống thử (vật tư tiêu hao) rồi đặt vào các khoang ly tâm của máy và setup các chế độ của máy: thời gian quay ly tâm, tốc độ quay ly tâm...nhằm thu hồi tế bào hồng cầu với tỉ lệ Hematocrit với dung dịch muối sinh lý thêm vào vẫn đảm bảo độ huyết động, độ pH...của máu. Phương pháp này gọi là phương pháp bán tự động (vì vẫn cần sự can thiệp của con người).

Ở Việt Nam hiện nay đang sử dụng phương pháp này khá phổ biến ở các bệnh viện tuyến tỉnh và trung ương. Trong loại máy ly tâm này, máu được tự động xét nghiệm test Commb và rửa tế bào máu. Phương pháp overflow được sử dụng để tăng khả năng rửa huyết cầu. Đó là phương pháp rửa trong đó nước mặn sinh lý được tiêm lại vào ống thử sau khi quay ly tâm sao cho một chút nước mặn sinh lý sẽ tràn ra ngoài. Xét nghiệm test Commb nhằm phát hiện sự có mặt của kháng thể trong huyết thanh, kết hợp với kháng nguyên tương ứng và bám trên bề mặt hồng cầu nhưng không làm ngưng kết hồng cầu. Thuốc thử Commb (AHG – Antihuman Globulin) phản ứng với kháng thể bám trên bề mặt hồng cầu tạo ngưng kết có thể nhìn thấy bằng mắt thường.

Như vậy, phương pháp này có các ưu và nhược điểm như sau:

Ưu điểm:

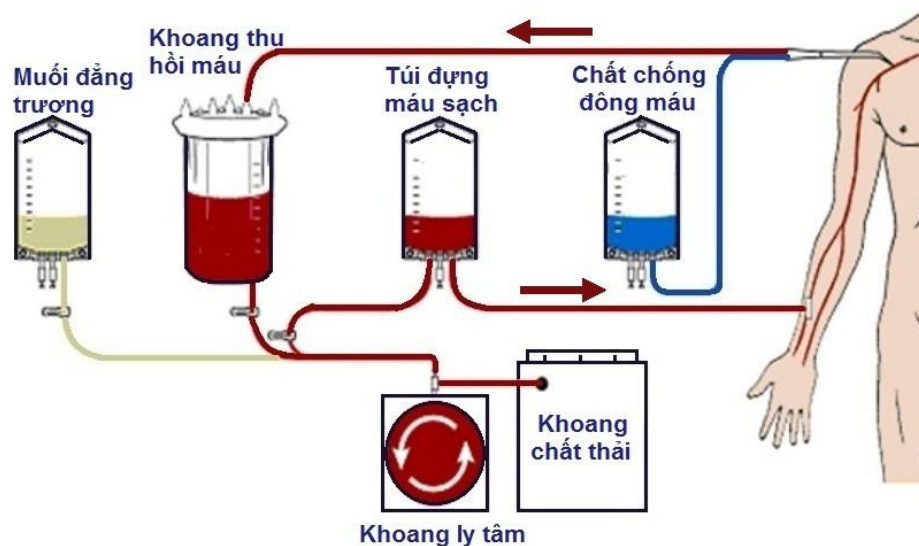
- Tốc độ ly tâm cao và siêu cao
- Máy nhỏ gọn, có thể đặt lên bàn

Nhược điểm

- Vẫn cần sự can thiệp của con người (bán tự động)
- Máu toàn phần thu hồi từ bệnh nhân hoặc từ các nguồn khác như hiến máu tình nguyện đến lúc máu sau khi xử lý cần phải được bảo quản, lưu trữ trước khi truyền lại cho bệnh nhân.

2.2.4 Phương pháp dùng máy Cell saver

Phương pháp này dựa vào nguyên lý quay ly tâm bộ kit chứa máu – thiết bị tiêu hao - cho phép tách các thành phần máu, lọc, rửa chính máu của bệnh nhân trong quá trình phẫu thuật nhằm thu hồi lại thành phần hồng cầu để truyền lại cho bệnh nhân. Đảm bảo hồng cầu thu được là hồng cầu sạch, tránh được một số tai biến do lọc không sạch của phương pháp thủ công. Đặc biệt thuận tiện, tiết kiệm máu và tránh các bệnh lây truyền. Tuy nhiên, giá thành trang bị còn cao nên chưa được áp dụng rộng rãi.



Hình 2.2 – Sơ đồ nguyên lý cơ bản của truyền máu hoàn hồi dùng máy Cell Saver

Ưu điểm của tự động truyền máu (Autotransfusion)

- Độ 2,3-DPG cao (2,3-DPG là chất được làm từ các tế bào hồng cầu. nó điều khiển vận chuyển oxy từ các tế bào hồng cầu đến các mô, càng nhiều chất này thì oxy được vận chuyển đi càng nhiều và nhanh)
- Duy trì nhiệt độ bình thường
- Độ pH tương đối ổn định
- Nguy cơ mắc bệnh nhiễm trùng thấp hơn
- Các tế bào chức năng cao
- Loại bỏ K tốt hơn (hàm lượng K càng lớn càng làm nguy cơ tim ngừng đập).

- Tiết kiệm nguồn máu, khắc phục tốt cho trường hợp ngân hàng máu khan hiếm đặc biệt tiện lợi cho những bệnh nhân thuộc nhóm máu hiếm như nhóm Rh.
- Đáp ứng nhanh trong các trường hợp cấp cứu khẩn cấp và mất máu ồ ạt.
- Tính linh hoạt, cài đặt dễ và nhanh
- Hoàn hồi máu trở về bệnh nhân nhanh, không phải bảo quản máu chảy ra.
- Toàn bộ quá trình hoàn toàn tự động từ khi thu hồi máu trong khi phẫu thuật đến lúc xử lý máu và sau khi xử lý rồi truyền lại cho bệnh nhân. Quá trình tự động lặp đi lặp lại cho đến khi máu xử lý xong.

Nhược điểm của tự động truyền máu:

- Chi phí đắt
- Làm hút cạn sạch tiểu cầu và bạch cầu. Hệ thống tự động rửa và truyền máu loại bỏ plasma và tiểu cầu, để loại bỏ các yếu tố gây đông máu sẽ gây ra bệnh đông máu nếu chúng được truyền trở lại bệnh nhân. Nhược điểm này chỉ có hại khi lượng máu mất trong phẫu thuật là rất lớn. các bác sĩ theo dõi lượng máu mất và sẽ đưa ra quyết định truyền plasma đông sạch (fresh frozen plasma) và tiểu cầu khi máu mất và quay trở lại nhiều hơn. Đặc biệt bệnh nhân sẽ yêu cầu truyền FFP và tiểu cầu khi lượng máu mất ước lượng vượt quá nửa thể tích máu bệnh nhân. Khi các kiểm tra chẩn đoán xong nên được thực hiện để xác định có cần thiết cho bất kỳ các thành phần máu như hồng cầu đặc (PRBC), FFP, tiểu cầu....

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG TRUYỀN MÁU HOÀN HỒI - CELLSAVER 5+

3.1 Giới thiệu chung

Ngày nay, trước những nguy cơ của truyền máu đồng loại như nhiễm khuẩn, đặc biệt là nhiễm siêu vi rút, cùng với những biến chứng về miễn dịch, do đó truyền máu đồng loại ngày càng giảm và truyền máu hoàn hồi dần được thay thế. Hơn nữa, ngân hàng máu của bệnh viện có những đợt cung cấp máu không đều do thiếu máu, cùng với giá máu ngày càng cao... Tại các cơ sở y tế, trong quá trình thực hiện phẫu thuật tạng hờ cho bệnh nhân thường làm cho bệnh nhân bị mất máu nhiều. Theo kết quả thống kê của Bộ Y tế, trung bình mỗi bệnh nhân khi thực hiện phẫu thuật tim mở có thể mất từ 0.5 - 2lít máu. Do vậy, trước khi thực hiện phẫu thuật cho bệnh nhân, các cơ sở y tế phải yêu cầu người nhà hiến máu hoặc lấy từ ngân hàng máu dự trữ để sẵn sàng bổ sung máu cho bệnh nhân trong và sau phẫu thuật. Tuy nhiên quá trình này không phải lúc nào cũng thuận lợi do phải tìm được nguồn máu có các yếu tố phù hợp với máu của bệnh nhân. Hơn nữa, hàng năm chúng ta phải tổ chức rất nhiều đợt hiến máu nhân đạo nhưng cũng luôn trong tình trạng thiếu máu, không đáp ứng được nhu cầu cho các cơ sở y tế. Đặc biệt đối với những bệnh nhân có nhóm máu với yếu tố Rh âm tính thì khả năng tìm máu phù hợp để bổ sung là rất khó khăn, thậm chí là không có. Trong khi đó, với lượng máu bị rò trong quá trình phẫu thuật, nếu được làm sạch và đem tái sử dụng cho bệnh nhân thì khả năng mất máu của bệnh nhân là không đáng kể. Bệnh nhân không cần phải bổ sung máu từ người khác mà sử dụng chính máu của mình nên có thể loại bỏ được hoàn toàn các yếu tố không phù hợp về khác nguồn máu gây ra, tránh khả năng lây nhiễm bệnh tật. Bên cạnh đó, với những bệnh nhân có nhóm máu đặc biệt thì giải pháp tái sử dụng lại máu của chính mình sẽ là biện pháp tối ưu nhất để cứu chính họ.

Trong các thời điểm ngân hàng máu khan hiếm trên diện rộng thì máy Cell Saver đặt biệt hữu ích vì có thể hoàn hồi đủ lượng Hb cần thiết cho cơ thể, hạn chế tối đa nhu cầu truyền máu, làm giảm áp lực thiếu máu cho bệnh viện nói chung và thành

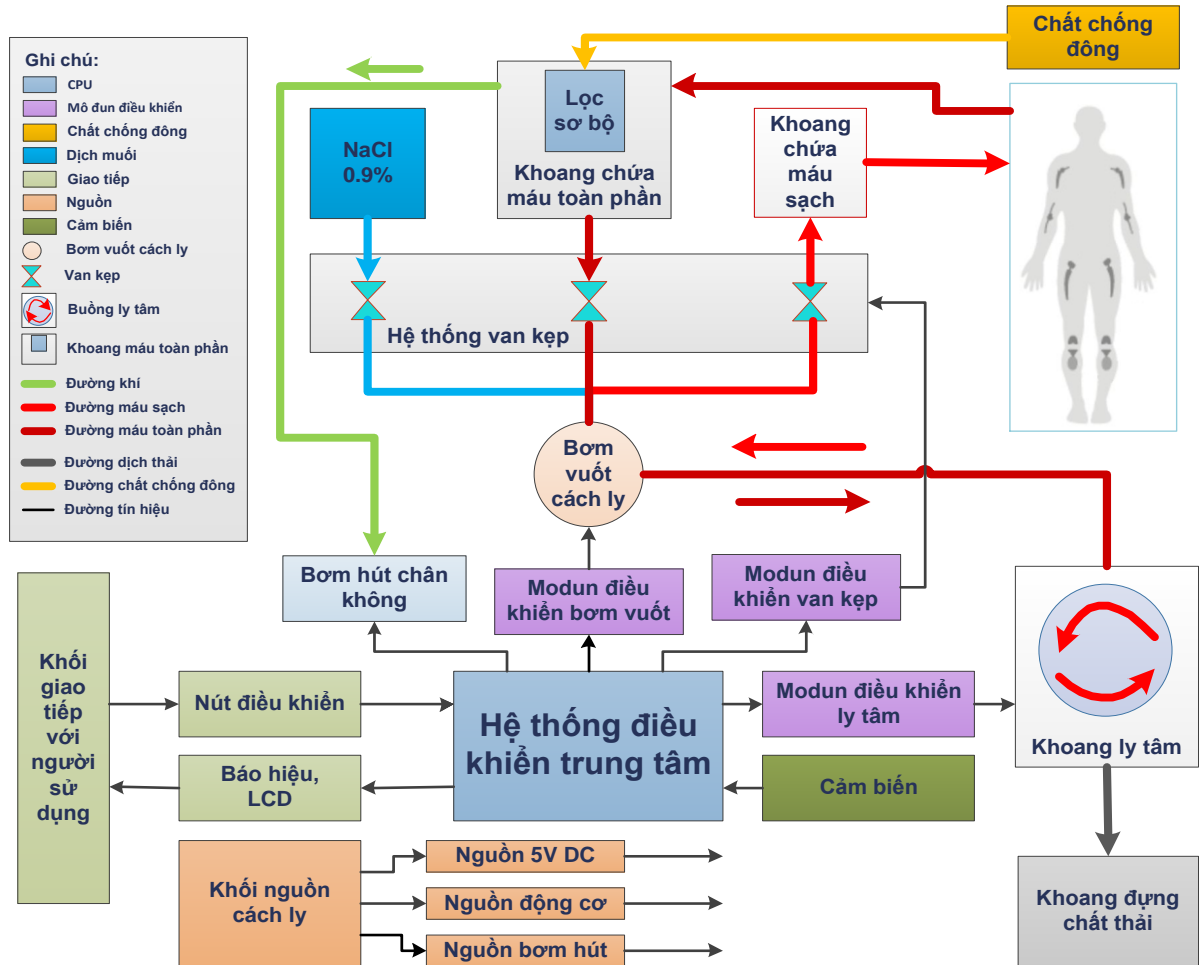
phổ nói riêng. Bên cạnh đó, thời gian có được túi máu để truyền lại cho bệnh nhân trong những trường hợp sốc mất máu lượng lớn được rút ngắn đáng kể, khoảng 15 phút từ lúc khởi động máy và vừa truyền hoàn hồi máu vừa hoạt động, so với cách truyền máu cổ điển cần nhiều thời gian để xét nghiệm, nhân viên tốn thời gian đi lấy máu... Đồng thời, góp phần tiết kiệm ngân sách nhà nước khi không cần trợ cấp tiền xét nghiệm tốn kém mà vẫn không loại bỏ hết các yếu tố nguy cơ.

Máy Cell Saver hoạt động quay ly tâm để thu hồi lượng hồng cầu trong máu đã và đang chảy tại phẫu trường của phẫu thuật viên, nên phụ thuộc rất nhiều và khối lượng máu thu thập được chứ không phụ thuộc vào tổng lượng máu mất của bệnh nhân. Trung bình tổng lượng máu mất của bệnh nhân là $1970 \pm 572,4\text{ml}$ thì thu hồi được khoảng $1526,4 \pm 515,6\text{ml}$ và qua máy xử lý sẽ truyền lại cho bệnh nhân $885,5 \pm 300,4\text{ml}$ máu có nồng độ Hb cao ($17,5\text{mg/dl}$). Như vậy theo nguyên tắc hồi sức bồi hoàn lượng máu mất, một phần ba lượng máu mất là máu và hai phần ba là các dịch khác, hồi hoàn đến 45% so với yêu cầu 33,3%.

Thấy được những lợi ích to lớn của hệ thống cell saver trong y tế đặc biệt trong phòng mổ, khoa Cấp cứu hồi sức, Việt Nam đang dần đầu tư và nghiên cứu đưa hệ thống này vào sử dụng và chỉ định trong một số trường hợp mổ hở. Năm 2008, bệnh viện Nhân dân Gia Định là bệnh viện đầu tiên ở Việt Nam đưa máy cell saver vào sử dụng. Sau đó là bệnh viện Bạch Mai....

3.2 Hệ thống CellSaver

3.2.1 Sơ đồ khối và chức năng từng khối



Hình 3.1 – Sơ đồ khối hệ thống truyền máu hoàn hồi Cell Saver

Lọc sơ bộ: Tiền xử lý máu để loại bỏ những thành phần có kích thước lớn như các cục máu đông hoặc các mô bị đứt trong quá trình phẫu thuật. Kích thước lỗ lọc cỡ micromet và thường được kết hợp luôn vào khoang chứa máu cần làm sạch.

Khoang chứa máu cần làm sạch (Collection reservoir): Hút máu nhờ nguồn hút tạo ra từ khối bơm hút chân không tạo áp lực âm. nhờ bơm chân không tạo áp lực âm sẽ hút khí ra khỏi bình chứa máu và tạo áp suất trong bình nhỏ hơn áp suất khí quyển. Máu được hút cách ly với khối bơm chân không vì thế đảm bảo an toàn cho máu. Bơm hút chân không được điều khiển bởi hệ thống trung tâm. Cách bố trí các đầu rút máu từ

bệnh nhân và đầu vào tạo áp lực âm tránh hiện tượng dòng máu chảy ngược lại bệnh nhân.

Bơm chân không: Khi bơm hoạt động, rotor quay cùng chiều kim đồng hồ, rotor quay từ 1-4 phút thể tích buồng tăng, áp suất trong đó giảm, không khí được hút vào buồng qua miệng hút, rotor tiếp tục quay, thể tích buồng từ 5-8 phút sẽ giảm dần, không khí được nén lại và đẩy khí ra ngoài miệng đẩy. Trong quá trình làm việc như vậy, áp suất ở miệng hút ngày càng giảm dần, tạo nên độ chân không ngày càng cao trong ống hút.

Bơm vượt cách ly (Bơm nhu động - Peristaltic Pump): Chức năng bơm vượt máu (dịch) vào bình chứa máu trong buồng ly tâm và ngược lại. Bơm chất chống đông, bơm nước muối mặn sinh lý cũng dùng bơm này. Tốc độ bơm trong chế độ tự động từ 25ml/phút đến 1000ml/phút (mỗi lần tăng 25ml/phút). Đối với chế độ bằng tay điều chỉnh tốc độ từ 0 – 1000ml/phút. Tùy theo thể tích của từng loại bình chứa máu trong khoang ly tâm mà tốc độ bơm là khác nhau.

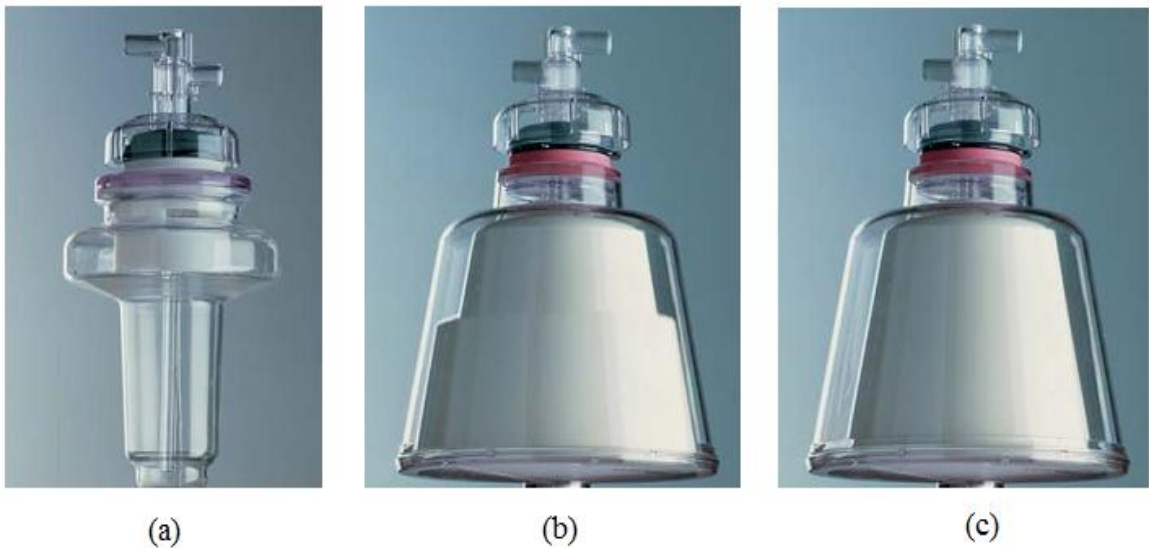
Bơm nhu động là loại thiết bị có thể đáp ứng được các yêu cầu như chịu sự ăn mòn cao, thời gian hoạt động dài, đảm bảo độ tin cậy và an toàn, tốc độ bơm vừa phải và ổn định, đặc biệt là định lượng chính xác lượng dịch cần bơm. Máy bơm nhu động hoạt động giống như hiện tượng nhu động (co và dãn) của ống thực quản và ruột để đẩy thức ăn và các chất thải trong hệ thống tiêu hóa của con người. Ống thực quản và ruột có thể co dãn được chính là nhờ có sự co bóp của các lớp cơ mỏng bao quanh vách thành ống của chúng. Bộ phận chính của máy bơm nhu động là một ống mềm có tính chất đàn hồi và chịu được ăn mòn hóa chất (của một số loại axit, bazơ và một số loại dung môi). Ống mềm được đặt trong và dọc theo thân vỏ máy bơm cố định. Ống được nén từ bên ngoài bởi con lăn hay con trượt. Chất lỏng trong ống được đẩy đi khi con lăn vừa chạy vừa ép dọc theo đường ống. Phía sau con lăn ống lại phình ra như cũ và hút chất lỏng vào máy bơm. Nhờ một cơ cấu đặt biệt mà con lăn sẽ quay vòng trở lại và thực hiện một chu kỳ bơm mới.

Hệ thống điều khiển trung tâm – CPU: Chức năng điều khiển và kiểm soát toàn bộ quá trình rửa máu từ khâu thu hồi đến khi máu được làm sạch rồi quay trở lại bệnh

nhân. Tại hệ thống trung tâm có cài đặt các chương trình rửa tùy từng yêu cầu của các ca phẫu thuật.

Bàn phím điều khiển, LCD, LED, cảnh báo an toàn: Là các thiết bị ngoại vi cung cấp thông tin cảnh báo và trạng thái hoạt động của máy cho kỹ thuật viên, giúp giao tiếp với máy dễ dàng. Đồng thời điều khiển vận hành hệ thống.

Modun ly tâm tốc độ cao: Bao gồm động cơ có điều khiển về tốc độ, một khoang chứa bình ly tâm máu (vật tư tiêu hao) và nhiều hệ thống đảm bảo an toàn khác. Động cơ sẽ được kỹ thuật viên điều khiển nhờ những chương trình tự động trong máy hoặc có thể tự cấu hình riêng tùy từng ca phẫu thuật.



Hình 3.2 – Bình chứa máu trong khoang ly tâm (a) 70ml, (b) 125ml, (c) 225ml

Khoang chứa chất thải: Là một túi có dung tích đủ lớn (10lít) để chứa chất thải trong quá trình xử lý máu.

Nguồn đa cấp: Đây là bộ nguồn cách lý đảm bảo an toàn tuyệt đối cho bệnh nhân, ổn định mức điện áp và dòng cho máy hoạt động tối ưu trong suốt ca phẫu thuật.

3.2.2 *Mô-đơn ly tâm tốc độ cao trong Cell Saver*

3.2.2.1 *Phân loại một số máy ly tâm hiện nay*

Phương pháp ly tâm là quá trình tách riêng các phần tử trong hỗn hợp dùng lực ly tâm do quay motor tốc độ cao dựa vào trọng lượng phân tử, kích thước, thể tích, mật độ của các phân tử trong hỗn hợp, độ nhớt của môi trường và tốc độ quay. Trong sinh học, các hạt thường là các tế bào, các bào quan của tế bào, virus, các phân tử lớn như protein và axit nucleic. Để đơn giản hóa thuật toán, chúng tôi sẽ coi tất cả các vật liệu sinh học như các hạt hình cầu. Ly tâm gồm 2 pha cơ bản:

- Lắng đọng: thường là các cấu trúc không đồng đều (hạt nặng, hạt nhẹ)
- Phân tách nhờ lực ly tâm:

Ly tâm mẫu máu (Rửa máu) là mục đích tách các thành phần máu khỏi plasma và huyết tương (serum), chất chống đông máu...., tách hồng cầu khỏi bạch cầu, tiểu cầu.

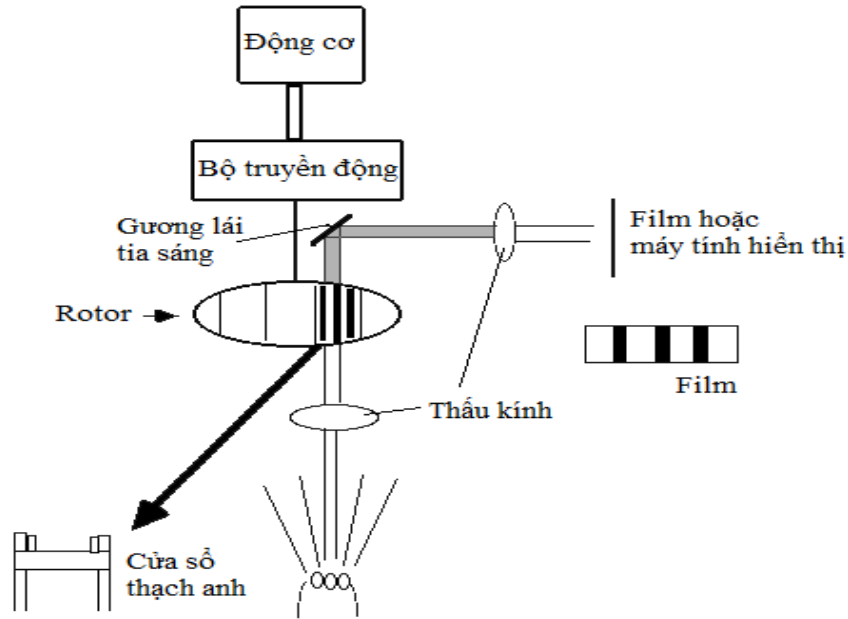
a) Phân loại ly tâm theo mục đích:

- Ly tâm phân tích - Analysis Centrifuge
- Ly tâm chuẩn bị - Preparative Centrifuge

Ly tâm phân tích

Trong ly tâm phân tích, mẫu quay ly tâm được theo dõi liên tục ở thời gian thực thông qua hệ thống phát hiện quang, sử dụng hiện tượng hấp thụ ánh sáng cực tím và một hệ thống cảm nhận chỉ số khúc xạ quang học. Điều này cho phép

Ly tâm phân tích liên quan đến việc đo các đặc tính vật lý của các hạt lắng đọng chẳng hạn như hệ số lắng đọng trầm tích hoặc trọng lượng phân tử. Phương pháp tối ưu được sử dụng trong siêu ly tâm (*ultracentrifugation*) phân tích. Các phân tử được quan sát bởi hệ thống quang học trong quá trình ly tâm, cho phép quan sát của các đại phân tử trong dung dịch khi chúng di chuyển trong trường hấp dẫn. Các mẫu được ly tâm trong các ống có cửa sổ thạch anh (*Hình 3.3*) nằm song song với mặt phẳng quay của đầu rotor.



Hình 3.3 – Cấu tạo của máy ly tâm phân tích

Khi quay, hình ảnh của tế bào (protein) được chiếu bởi một hệ thống quang học trên phim hoặc một máy tính. Nồng độ của dung dịch tại các điểm khác nhau trong tế bào được xác định bởi sự hấp thụ của ánh sáng của các bước sóng thích hợp (định luật Beer). Điều này có thể được thực hiện bằng cách đo mức độ đen của một bộ phim hình ảnh và đưa vào một máy tính.

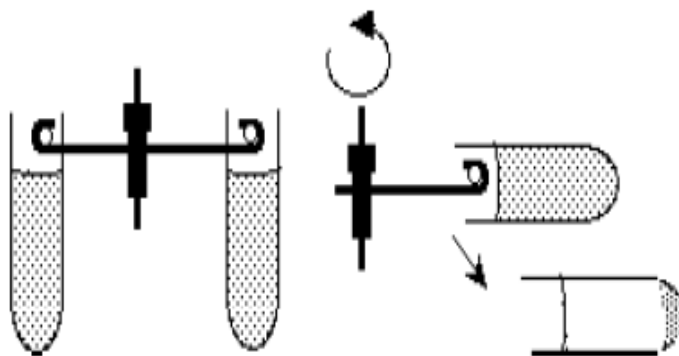
Chú ý: Ly tâm phân tích thường sử dụng những mẫu nhỏ và tương đối tinh khiết.

Ly tâm chuẩn bị

Các hình thức khác của ly tâm được gọi là ly tâm chuẩn bị và mục tiêu là để cô lập các phần tử đặc trưng mà có thể được tái sử dụng. Ly tâm chuẩn bị dùng để tách bào quan và tách phân tử, có thể xử lý một khối lượng chất lỏng rất lớn (có thể từ 1 lít đến vài nghìn lít) và không có hệ thống quang học. Đặc trưng chung của loại ly tâm này là buồng quay ly tâm dạng ống hình trụ.

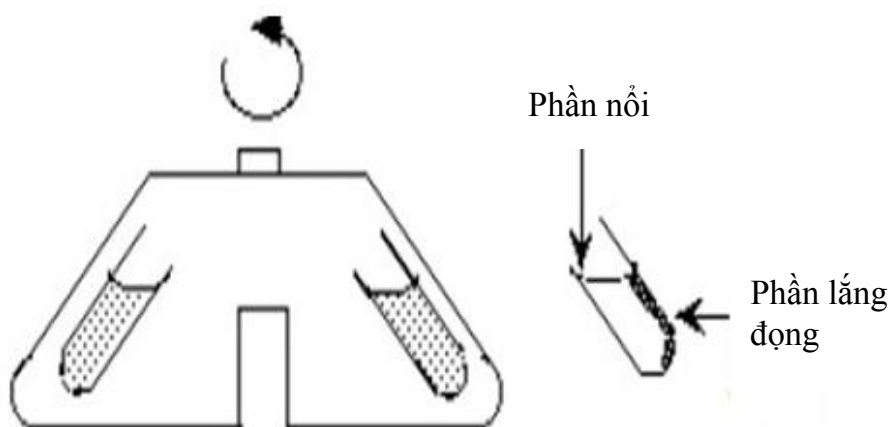
Ly tâm góc nằm ngang làm cho ống bám chặt các chốt vì thế động cơ sẽ định hướng lại về hướng nằm ngang khi động cơ gia tốc. Động cơ góc cố định được làm từ

các khối kim loại đơn và giữ cho ống trong các khoang được bao bọc ở góc xác định trước. Động cơ zonal được thiết kế để chứa lượng mẫu thể tích lớn. Một số loại động cơ này có khả năng tải động và không tải mẫu trong khi động cơ đang quay với tốc độ cao.



Hình 3.4 – Ly tâm góc nằm ngang

Với loại động cơ này, các hạt phải di chuyển đoạn dài hơn trước khi lắng đọng nên thời gian lắng đọng dài hơn nhưng khả năng phân tách tốt hơn. Dễ dàng rút phần nổi bên trên mà không ảnh hưởng đến phần lắng đọng phía dưới.



Hình 3.5 – Ly tâm góc cố định

Với loại động cơ này, thời gian lắng đọng ngắn hơn vì các hạt phải di chuyển đoạn ngắn hơn trước khi lắng đọng.

Phân loại ly tâm theo thể tích mẫu ly tâm, dung tích bình ly tâm và tốc độ lắng đọng lớn nhất:

- Vi ly tâm (Microfuge): dùng để phân tách mẫu protein với thể tích 0.5-1.5cm³ và G=10000g
- Ly tâm chuẩn bị thể tích lớn: Thể tích 5-250cm³ và G = 3000g-7000g
- Ly tâm làm lạnh tốc độ cao: Thể tích mẫu 5-250cm³ và G=100000g. Sự phân tách vi sai các nucleus, mitochondrial (enzym), protein precipitate (protein kết tủa), large intact organelle (vi cơ quan còn nguyên vẹn), cellular debris (mảnh vụn tế bào)...
- Ly tâm tốc độ cao: thể tích mẫu 5-250cm³ và G= 600000g, phương pháp này dùng để phân tách các mẫu microsomal vesicles, ribosome. Do tốc độ quay ly tâm rất lớn nên cần phải có hệ thống làm giảm nhiệt độ động cơ tạo ra bởi điện trở ma sát, các buồng cách ly, buồng làm lạnh, buồng chân không...

3.2.2.2 Nguyên lý quay ly tâm

Các hạt được tách ra bị lơ lửng trong một môi trường chất lỏng cụ thể, chứa trong ống hoặc chai và được đặt trong bộ phận quay của máy ly tâm. Những hạt này có hình dáng, kích thước và mật độ khác nhau.

Ta có tốc độ lắng của hạt phụ thuộc vào trường ly tâm (G):

$$G = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r \quad (1)$$

ω - Vận tốc góc của hạt quay vòng (1 vòng tròn = 2π Radian)

r - Bán kính của quỹ đạo quay (cm)

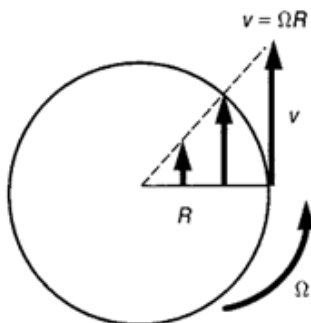
Trường hợp ly tâm quay 1 vòng trong 1 phút thì vận tốc góc sẽ là:

$$\omega = \frac{1 \times 2\pi}{60} \text{ (radian/s)} \quad (2)$$

Từ (2) thay vào (1) ta có gia tốc trong trường ly tâm: $G = \omega^2 r = 4 \pi^2 \cdot r / 3600$

Gia tốc G thể hiện như bội số của trường hấp dẫn trái đất $g = 981 \text{ cm/s}^2$

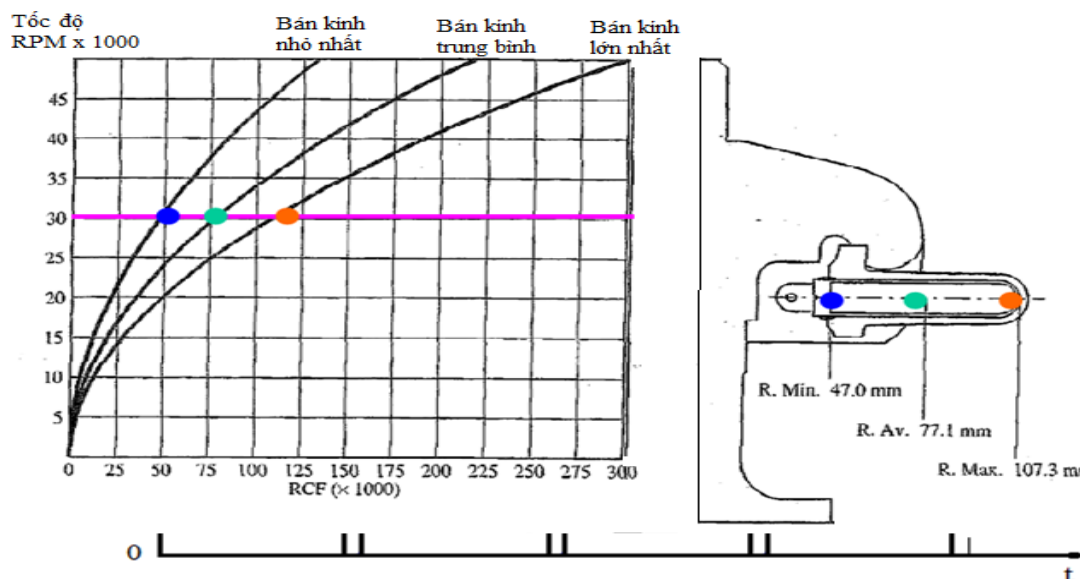
Đại lượng bội số đó là lực li tâm tương đối - RCF (*Relative Centrifugal Force*)

$$RCF = \frac{F_G}{F_g} = \frac{mG}{mg} = \frac{G}{g} = \begin{cases} \frac{v^2}{gR} \\ \frac{\Omega^2 R}{g} \end{cases}$$


Hình 3.6 – Vận tốc dài tiếp tuyến với quỹ đạo quay của hạt và khi cùng vận tốc góc thì vận tốc dài của hạt nằm xa tâm sẽ lớn hơn

$$RCF = G / g = 4 \pi^2 \cdot r / (3600 \times 981) = 1.11786 \times 10^{-5} \times r \quad (3)$$

$$\text{Tổng quát ứng với tốc độ } n \text{ vòng trên phút: } RCF = 1.11786 \times 10^{-5} \times n^2 \times r \quad (4)$$



Hình 3.7 – Mối quan hệ giữa kích thước hạt, tốc độ quay và lực ly tâm tương đối

Như vậy nghĩa là RCF là tỷ lệ trọng lượng của hạt trong trường ly tâm và trọng lượng của hạt đó trong trường hấp dẫn. Do đó tốc độ của rotor, bán kính quỹ đạo và thời gian của rotor phải được xác định trong suốt quá trình ly tâm. Hơn nữa tỷ lệ lắng không chỉ phụ thuộc vào trường ly tâm mà còn phụ thuộc vào :

1. Khối lượng của hạt
2. Mật độ hạt
3. Mật độ và độ nhớt của các dung môi được sử dụng

4. Mức độ mà hình dạng của nó không phải hình cầu

Tính toán tốc độ quay (rpm), lực ly tâm tương đối (RCF hoặc g lực) cho một máy ly tâm cụ thể. RCF có thể được tính từ bán kính ly tâm (r) cm và tốc độ quay n(rpm):

$$\text{Theo phương trình (4): } RCF = 1.11786 \times 10^{-5} * r * n^2$$

$$\text{Suy ra tốc độ quay: } n(\text{rpm}) = \sqrt{RCF / [(1.11786 \times 10^{-5}) * r (\text{cm})]}$$

Theo định luật II Newton về chuyển động, lực ly tâm tác dụng vào hạt:

$$F = M.a = M. \omega^2 r$$

Trong đó M là Khối lượng của hạt.

$a = \omega^2 r$: Gia tốc trong chuyển động góc.

Lực này gây ra sự lắng đọng của hạt xuống ống ly tâm. Tuy nhiên có lực ngăn cản lại chuyển động lắng đọng này là lực ma sát (frictional force) và lực nổi (buoyant force/ displacement force).

Lực ma sát:

$$F_{ms} = f(v) = f(dr/dt) \quad (5)$$

f: Lực ma sát

dr/dt: tỷ lệ lắng đọng được thể hiện như sự thay đổi của bán kính quỹ đạo theo thời gian (vận tốc v)

Đối với một phần tử hình cầu thì lực ma sát

$$f = 6\pi \eta R_p(dr/dt) \quad (6)$$

η : hệ số nhớt của dung môi

R_p : Bán kính của hạt bị lắng

$$\text{Hệ số lắng đọng: } S = v/\omega^2 r \quad (7)$$

Trong đó v: vận tốc ($v = dr/dt$)

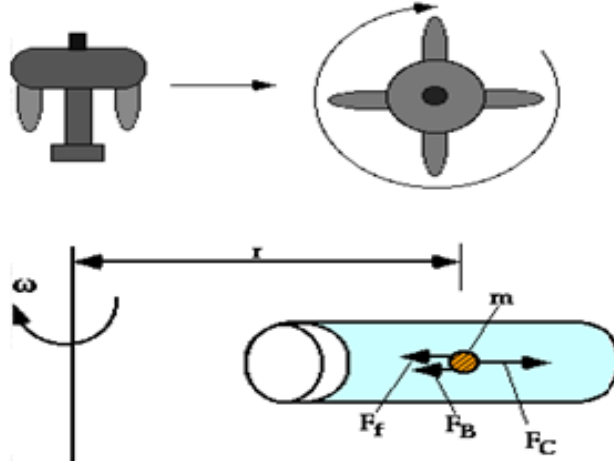
$$(7) \Rightarrow S = (dr/dt) / \omega^2 r$$

$$\text{Lực nổi: } \text{Buoyant force} = \omega^2 r V d_m \quad (8)$$

V: Thể tích hạt chất tan

d_m : mật độ của dung môi (g/ml)

Trong khi lắng đọng, vận tốc của hạt tăng lên cho đến khi bằng với lực ma sát chống lại chuyển động của nó trong dung môi. Đây là một trạng thái cân bằng khi các hạt dừng lại để lơ lửng hoặc lắng đọng.



Hình 3.8 – Các lực tác dụng lên hạt có khối lượng m trong trường ly tâm gồm: lực ly tâm F_C , lực nổi F_B của hạt trong môi trường và lực ma sát F_f của hạt với môi trường. Xét theo phương ngang dọc theo ống đựng mẫu thì ta có sự cân bằng lực (hệ quy chiếu gắn với ống đựng mẫu):

$$\text{Lực ly tâm} = \text{Lực ma sát} + \text{Lực nổi}$$

Thay (6), (7), (8) vào phương trình trên ta có:

$$M \cdot \omega^2 r = 6\pi\eta R_p \left(\frac{dr}{dt}\right) + V d_m \omega^2 r$$

$$\Leftrightarrow 4/3\pi R_p^3 d_p \omega^2 r = 6\pi\eta R_p \left(\frac{dr}{dt}\right) + 4/3\pi R_p^3 d_m \omega^2 r$$

$$\Leftrightarrow 4/3\pi R_p^3 (d_p - d_m) \omega^2 r = 6\pi\eta R_p \left(\frac{dr}{dt}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{dr}{dt} = \frac{2}{9\eta} R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2 r$$

$$\Leftrightarrow v = \frac{2}{9\eta} R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2 r$$

$\frac{dr}{dt}$ = v - vận tốc của hạt lắng đọng

M = Khối lượng riêng x Thể tích = $D \times V$

d_p = Khối lượng riêng của hạt

d_m = Khối lượng riêng của dung môi

Từ phương trình trên, vận tốc tỷ lệ thuận với kích thước của nó, sự chênh lệch về mật độ khối giữa hạt - dung môi và trường ly tâm. Nó bằng không khi mật độ khối của hạt và dung môi bằng nhau. Nó giảm khi độ nhớt dung môi tăng.

Đối với hạt có dạng hình vuông thì kích thước của hạt ảnh hưởng tới vận tốc nhiều hơn.

Đối với một hạt: Hệ số độ nhớt của dung môi - η ; Bán kính của hạt - R_p ; Khối lượng riêng của hạt - d_p ; Khối lượng riêng của dung môi - d_m và vận tốc góc ω đều là hằng số thì ta có:

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{2}{9\eta} R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2 r$$

$$\Rightarrow \frac{dr}{r} = \frac{2}{9\eta} R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2 dt$$

$$\Rightarrow \int_{R_t}^{R_b} \frac{dr}{r} = \int_0^t \frac{2}{9\eta} R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2 dt$$

$$\Rightarrow \ln \frac{R_b}{R_t} = \frac{2}{9\eta} R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2 t$$

$$\Rightarrow t = \frac{9\eta \times \ln \frac{R_b}{R_t}}{2 R_p^2 (d_p - d_m) \omega^2}$$

Trong đó:

t: thời gian lắng (s)

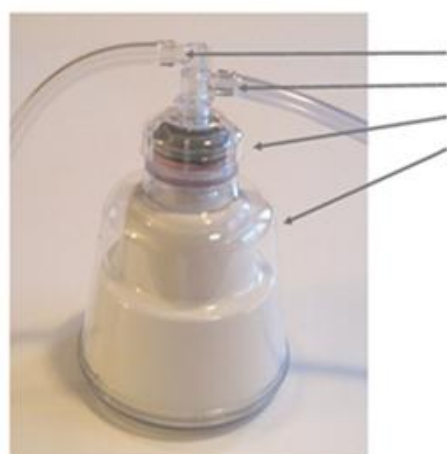
R_t : khoảng cách từ trục quay tới mặt chất lỏng

R_b : khoảng cách từ trục quay xuống dưới đáy ống.

Rõ ràng rằng một hỗn hợp của các hạt hình cầu không đồng nhất khoảng có thể được tách ra bằng cách ly tâm trên cơ sở của mật độ, kích thước của chúng.

3.2.2.3 Quy trình tách các thành phần máu, thu hồi thành phần Hồng cầu trong máy CellSaver

Để loại bỏ những thành phần không dùng được trong quá trình ly tâm cần có khoang chứa máu ly tâm đặc biệt. Đó là bình Latham. Khi máu toàn phần từ khoang chứa máu tạm thời được bơm vào bình Latham và motor ly tâm quay khiến bình Latham quay theo đồng thời xuất hiện sự phân lớp. Mỗi lớp là một pha chứa các chất có tính chất vật lý giống hoặc tương tự nhau (về khối lượng, kích thước, hình dạng).



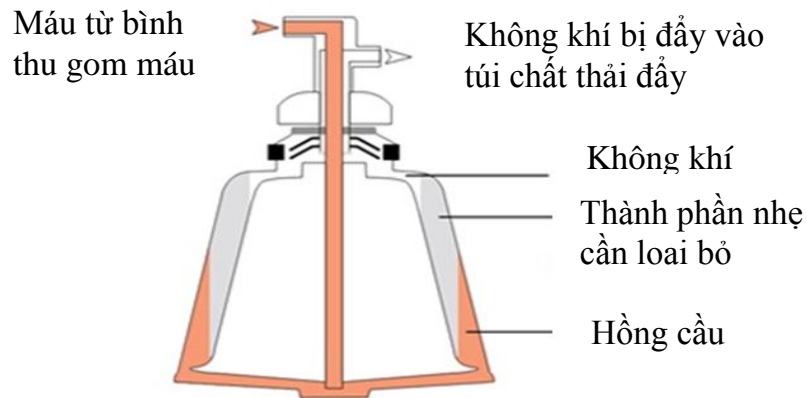
Đường đầu vào
Đường đầu ra
Phần đầu bình
Phần thân bình

Kích thước:
70ml
125ml
225ml

Hình 3.9 – Bình Latham dùng cho máy CellSaver 5+

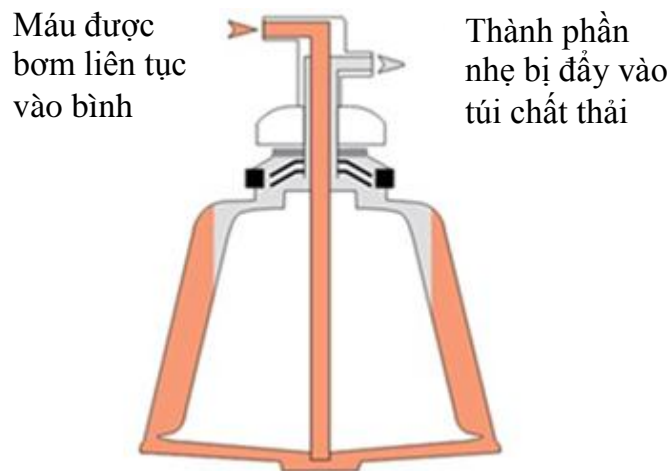
Quá trình rửa máu của hệ thống Cell Saver 5+ như sau:

Đầu tiên máu toàn phần được bơm vào trong bình Latham. Với cấu tạo đặc biệt khiến cho máu có thể bơm liên tục trong khi thân bình vẫn quay và phần đầu bình đứng yên. Không khí trong bình Latham sẽ bị chiếm chỗ bởi máu toàn phần nên bị đẩy ra túi đựng chất thải. Quá trình phân lớp xảy ra khiến các tế bào hồng cầu nằm xa trục của bình và các thành phần nhẹ thì nằm gần hơn.



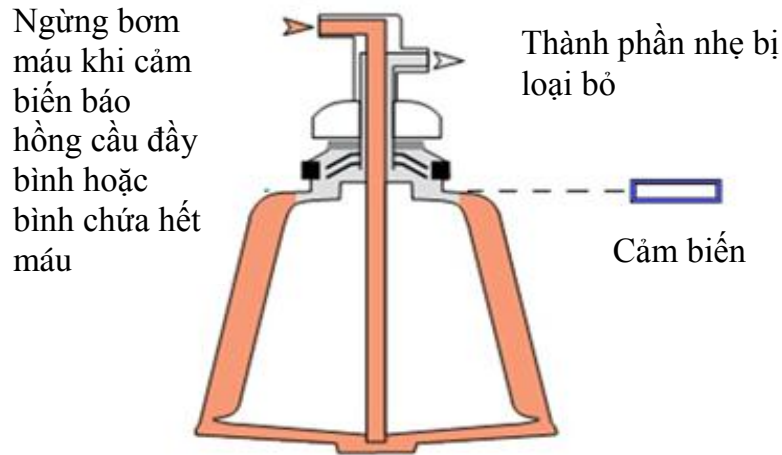
Hình 3.10 – Giai đoạn đầu của quá trình ly tâm máu

Quá trình bơm máu vào bình Latham diễn ra liên tiếp làm cho thành phần các tế bào hồng cầu không ngừng tăng lên và đẩy không khí cùng các thành phần nhẹ vào túi chất thải.



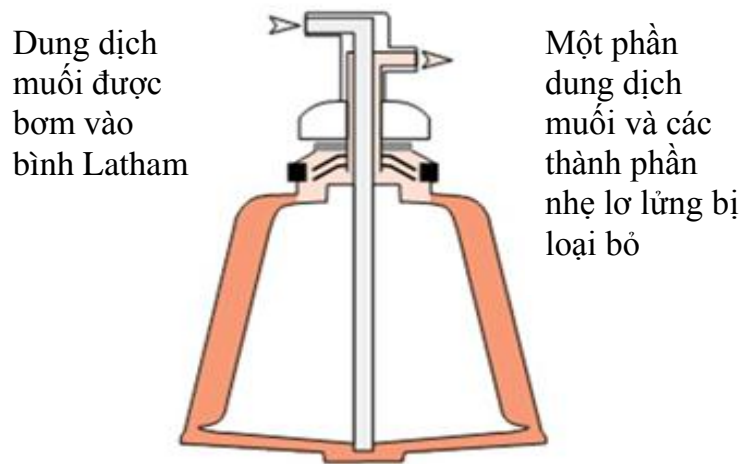
Hình 3.11 – Thành phần nhẹ bị loại bỏ và đẩy ra túi đựng chất thải

Quá trình bơm máu vào bình sẽ dừng lại khi lượng hồng cầu trong bình Latham bị đầy hoặc bình chứa máu toàn phần bị hết. Lượng hồng cầu trong bình được nhận biết nhờ cảm biến quang học đặt trong khoang ly tâm.



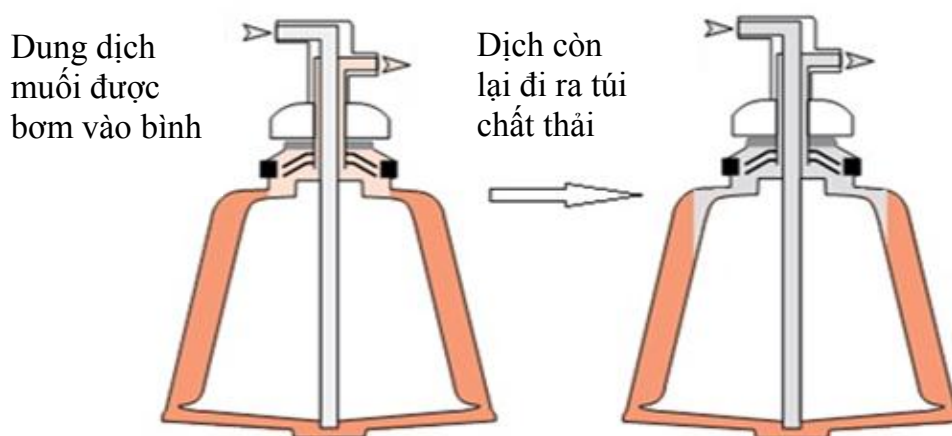
Hình 3.12 – Quá trình bơm máu vào bình Latham dừng khi máu hết hoặc lượng hồng cầu trong bình Latham đầy

Tiếp theo, dung dịch muối được bơm vào trong bình Latham với mục đích pha loãng lượng máu và dịch bên trong. Lúc này tốc độ quay ly tâm nhỏ hơn để dung dịch muối dễ dàng pha loãng khiến cho thành phần dịch ngay sát với bề mặt phân cách lớp hồng cầu và thành phần nhẹ loãng ra khiến cho việc loại bỏ chúng trở lên dễ dàng hơn. Tốc độ ly tâm dần tăng lên và dung dịch muối được bơm liên tục vào bình Latham.



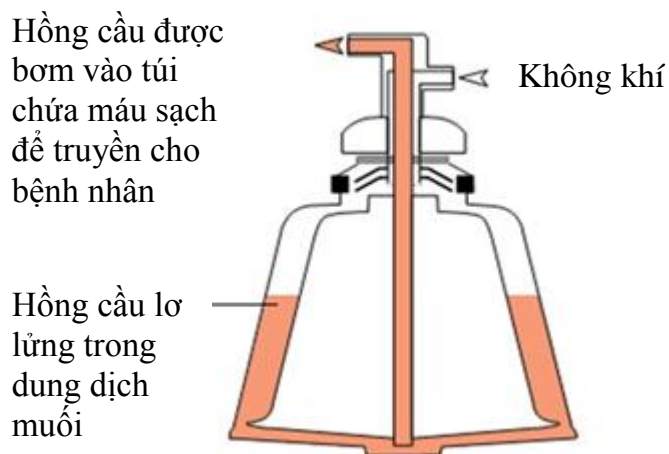
Hình 3.13 – Dung dịch muối được bơm vào trong bình Latham để pha loãng và bị loại ra ngoài cùng một số tạp chất.

Thông thường khi chưa bơm dung dịch muối để rửa máu thì Hematocrit nhỏ (Hematocrit là tỉ lệ phần trăm thể tích của tế bào máu chủ yếu là hồng cầu trong máu). Nguyên nhân là bởi vẫn còn 1 lượng thành phần nhẹ chưa bị loại bỏ hoàn toàn ra ngoài. Để Hematocrit tăng lên thì việc pha loãng thành phần nhẹ bằng dung dịch muối và loại bỏ chúng là cần thiết.



Hình 3.14 – Lượng Hematocrit tăng lên sau khi dung dịch muối được bơm vào bình Latham để rửa máu

Khi quá trình rửa kết thúc, bình Latham ngừng quay và quá trình bơm máu quay trở lại bệnh nhân được diễn ra. Hematocrit của máu lúc này đạt hơn 50%.



Hình 3.15 – Hồng cầu lơ lửng trong dung dịch muối sinh lý được bơm tới túi chứa máu sạch để truyền cho bệnh nhân trong quá trình phẫu thuật

Bảng 3.1 – Thể tích muối dùng cho xử lý máu phụ thuộc vào thể tích bình Latham

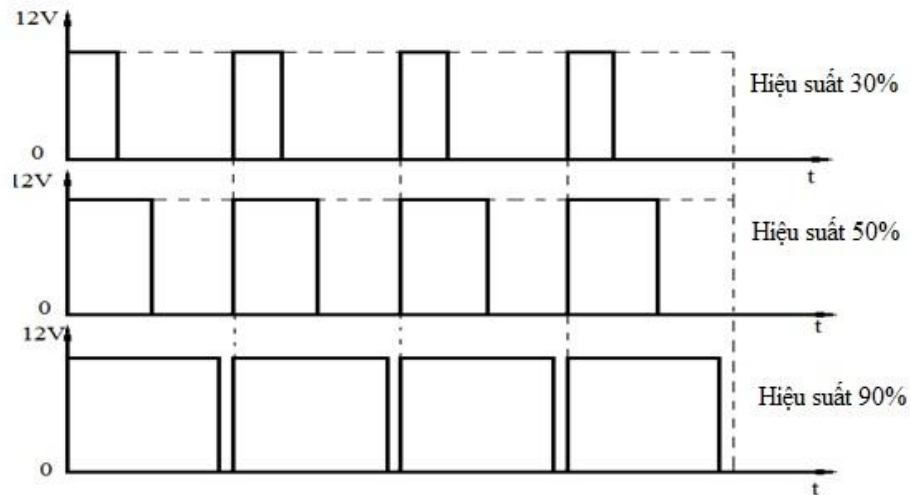
Loại bình Latham	Thể tích dung dịch muối tương ứng
70ml	300ml
125ml	500ml
225ml	1000ml

Chú ý: Dung dịch muối nói ở trên hay còn gọi là muối sinh lý có tên khoa học là “Isotonic Saline”. Đây là dung dịch có 0.9% NaCl (9g NaCl pha vào 1000ml nước tinh khiết) và đây là môi trường đẳng trương tức là môi trường mà nồng độ chất tan bằng với môi trường nội bào. Khi đó, nồng độ các chất khuếch tán thụ động vào và ra khỏi tế bào là như nhau. Tức là áp suất thẩm thấu của dung dịch muối xấp xỉ dịch bên trong cơ thể. Dung dịch muối có thể dùng để truyền cho bệnh nhân trong các trường hợp thiếu máu hoặc rửa vết thương.

3.2.2.4 Phương pháp điều khiển tốc độ quay ly tâm trong quá trình tách các thành phần máu

Điều khiển động cơ bao gồm thay đổi tốc độ quay và chiều quay của động cơ. Thông thường, tốc độ quay của một động cơ điện một chiều tỷ lệ với điện áp đặt vào nó, và ngẫu lực quay tỷ lệ với dòng điện. Điều khiển tốc độ của động cơ có thể bằng cách điều khiển các điểm chia điện áp, điều khiển bộ cấp nguồn thay đổi được, dùng điện trở hoặc mạch điện tử...Chiều quay của động cơ có thể thay đổi được bằng cách thay đổi chiều nối dây của phần kích từ, hoặc phản ứng.

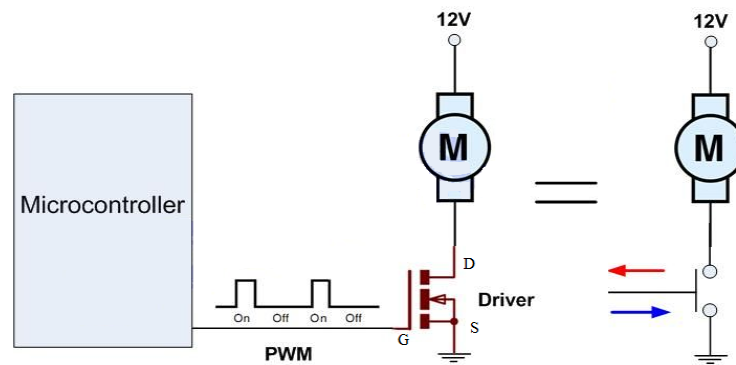
Động cơ dùng trong Cell saver là loại động cơ một chiều 3 pha không chổi quét. Đây là loại động cơ có nhiều ưu điểm với hiệu suất làm việc lớn và độ ổn định cao. Việc điều khiển động cơ sử dụng phương pháp điều chế độ rộng xung – PWM. Phương pháp này điều chỉnh điện áp từ nguồn ra tải hay nói cách khác là phương pháp điều chế dựa trên sự thay đổi độ rộng của chuỗi xung vuông dẫn đến sự thay đổi điện áp ra. Các xung khi biến đổi thì có cùng 1 tần số và khác nhau về độ rộng của sườn dương hay hoặc là sườn âm.



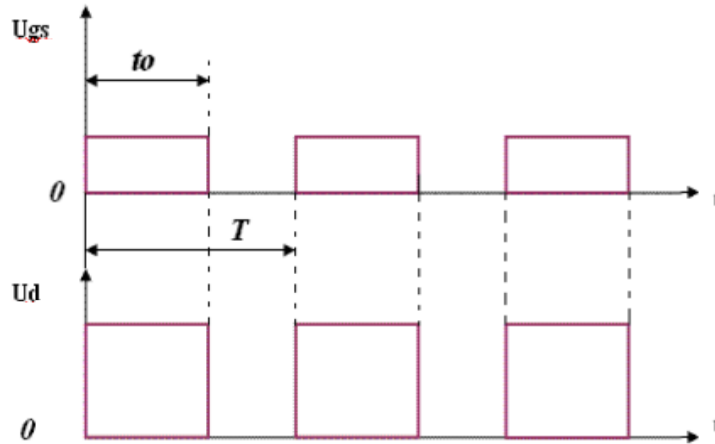
Hình 3.16 – Đồ thị dạng xung điều chế PWM. Với độ rộng xung tương ứng là 30%, 50% và 90%

3.2.2.5 Nguyên lý của phương pháp điều chế độ rộng xung PWM để điều khiển động cơ

Đây là phương pháp được thực hiện theo nguyên tắc đóng ngắt nguồn với tải và một cách có chu kì theo luật điều chỉnh thời gian đóng cắt. Phần tử thực hiện nhiệm vụ đó trong mạch các van bán dẫn. Xét hoạt động đóng cắt của một van bán dẫn. Dùng van đóng cắt bằng MOSFET.



Hình 3.17 – Nguyên lý hoạt động của phương pháp PWM dựa trên sự đóng ngắt mạch điện và được điều khiển bởi vi xử lý



Hình 3.18 – Giải đồ xung tín hiệu điều khiển của chân vi xử lý và dạng điện áp đầu ra khi dùng PWM. Trong đó T là chu kỳ tín hiệu, t_0 là khoảng thời gian xung ở mức cao tức là lúc đóng mạch điện.

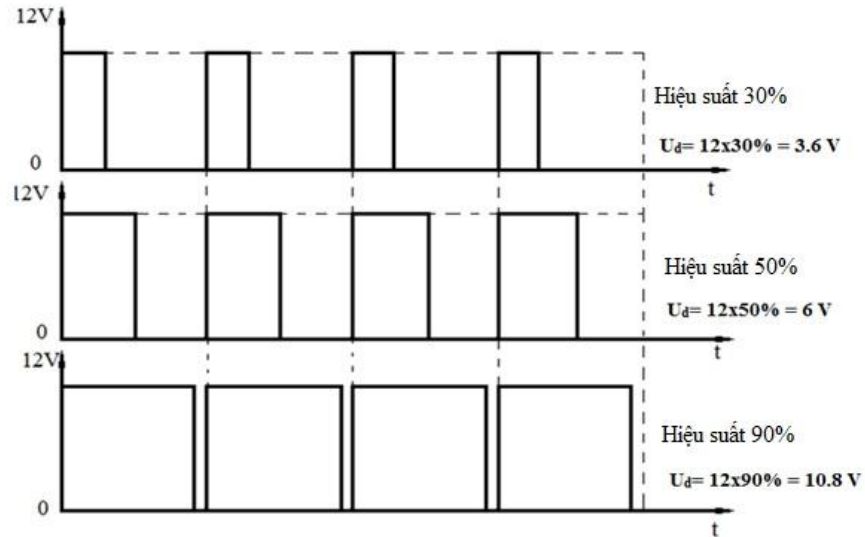
Trong khoảng thời gian 0 đến t_0 ta cho van G mở toàn bộ điện áp nguồn U_d được đưa ra tải. Còn trong khoảng thời gian t_0 đến T cho van G khóa, cắt nguồn cung cấp cho tải. Vì vậy với t_0 thay đổi từ 0 cho đến T ta sẽ cung cấp toàn bộ, một phần hay khóa hoàn toàn điện áp cung cấp cho tải.

Gọi t_1 là thời gian xung ở sườn dương (khóa mở) còn T là thời gian của cả sườn âm và dương, U_{\max} là điện áp nguồn cung cấp cho tải.

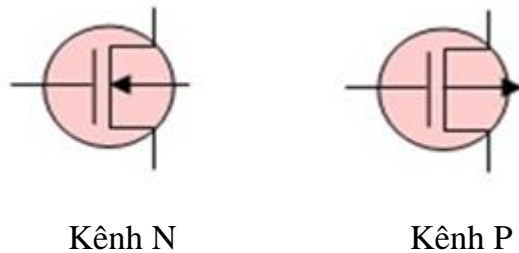
Công thức tính giá trị trung bình của điện áp ra tải :

$$U_d = U_{\max} \times \frac{t_1}{T} = U_{\max} \times D$$

Với $D = \frac{t_1}{T}$ là hệ số điều chỉnh và được tính bằng %



Hình 3.19 – Đồ thị dạng xung điều chế PWM. Với độ rộng xung đầu ra tương ứng và được tính bằng % do chúng ta điều khiển. Điện áp trung bình trên tải sẽ là 3.6V (với $D = 30\%$); 6V (với $D = 50\%$); 10.8V (với $D = 90\%$)



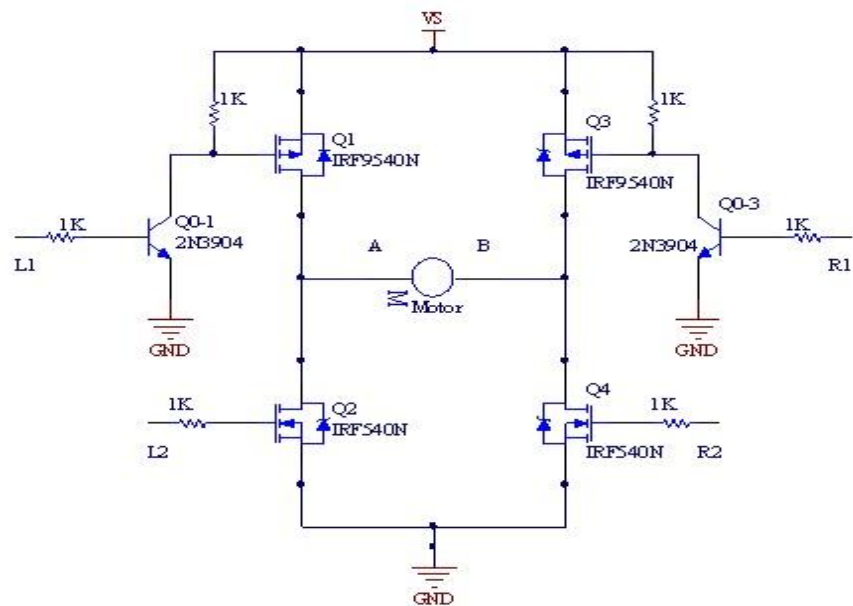
Hình 3.20 – MOSFET kênh N và kênh P

Đối với MOSFET kênh N: $U_{GS} > 3V$ thì MOSFET bão hòa hay dẫn – MOSFET tương đương với một khóa mở. Khi R_{DS} bé, điện áp chân G bé hơn rất nhiều so với chân S nên MOSFET đóng, khi đó nó tương đương với một khóa đóng.

Đối với MOSFET kênh P: $U_{GS} < 3V$ thì MOSFET dẫn và nó tương đương với một khóa mở.

Đối với mạch công suất lớn, tải thiết bị cần tần số đóng ngắt lớn như động cơ quay ly tâm của hệ thống Cell saver thì người ta dùng các linh kiện công suất như MOSFET hay IGBT.

Đầu tiên, chúng ta xét một mạch điều khiển động cơ DC dùng MOSFET kênh N như hình 3.20. Ban đầu MOSFET không được kích, không có dòng điện trong mạch, điện áp chân S, $U_S=0$. Khi MOSFET được kích, điện trở dẫn DS rất nhỏ so với trở kháng của motor nên điện áp chân S gần bằng điện áp nguồn là 12V. Do yêu cầu của MOSFET, để kích dẫn MOSFET thì điện áp kích chân G phải lớn hơn điện áp chân S ít nhất 3V, nghĩa là ít nhất 15V trong khi chúng ta dùng vi điều khiển để kích cho MOSFET, rất khó tạo ra điện áp 15V (thường phải dùng con kích xung như Opto P521). Như thế MOSFET kênh N không phù hợp để làm khóa phía trên trong mạch cầu H. MOSFET loại P thường được dùng trong trường hợp này. Tuy nhiên, một nhược điểm của MOSFET kênh P là điện trở dẫn DS của nó lớn hơn MOSFET loại N. Vì thế, dù được thiết kế tốt, MOSFET kênh P trong các mạch cầu H dùng 2 loại MOSFET thường bị nóng và dễ hỏng hơn MOSFET kênh N, công suất mạch cunnững bị giảm phần nào. Hình sau đây thể hiện một mạch cầu H dùng 2 loại MOSFET tương đồng.



Hình 3.21 – Mạch cầu H dùng 2 MOSFET tương đồng.

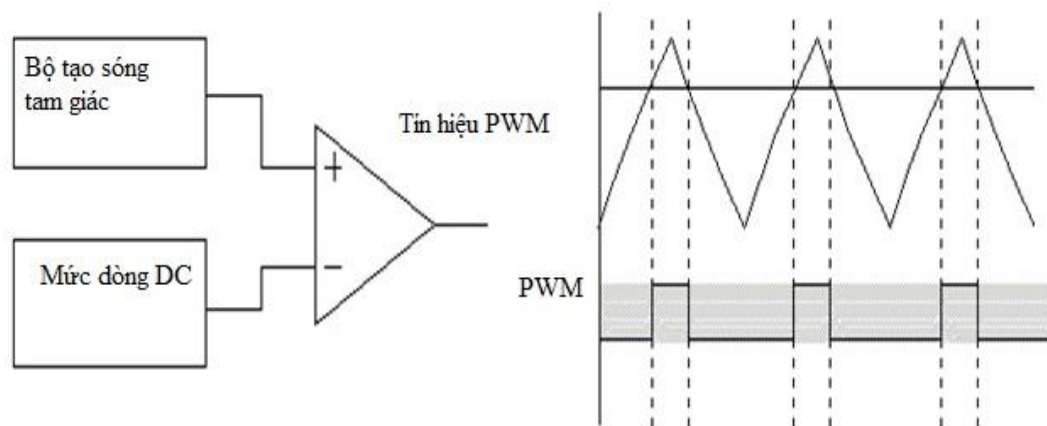
Trong mạch dùng 2 MOSFET kênh N là Q1, Q2 và 2 MOSFET kênh P là Q3, Q4 làm khóa cho mạch cầu H. các MOSFET loại này chịu dòng khá cao (có thể lên đến 30A) và điện áp cao nhưng có nhược điểm là điện trở dẫn tương đối lớn.

Phần kích cho các MOSFET bên dưới có thể dùng vi điều khiển kích trực tiếp vào đường L2 và R2. Với MOSFET phía trên dùng thêm BJT để làm mạch kích. Khi chưa kích BJT, chân G của MOSFET được nối trực tiếp với VS bằng điện trở 1K, điện áp chân G vì thế bằng điện áp nguồn VS nên MOSFET này không dẫn. Khi kích các đường L1 hoặc R1, các BJT làm điện áp chân G của MOSFET sụt xuống gần bằng 0 (vì khóa BJT này đóng mạch). Khi đó, điện áp chân G nhỏ hơn nhiều so với điện áp chân S nên MOSFET dẫn.

Phương pháp Tạo tín hiệu điều chế độ rộng xung PWM

- Phương pháp điện tử tương tự

Tín hiệu PWM được tạo ra bằng cách so sánh một sóng hình tam giác với tín hiệu dòng điện một chiều DC.

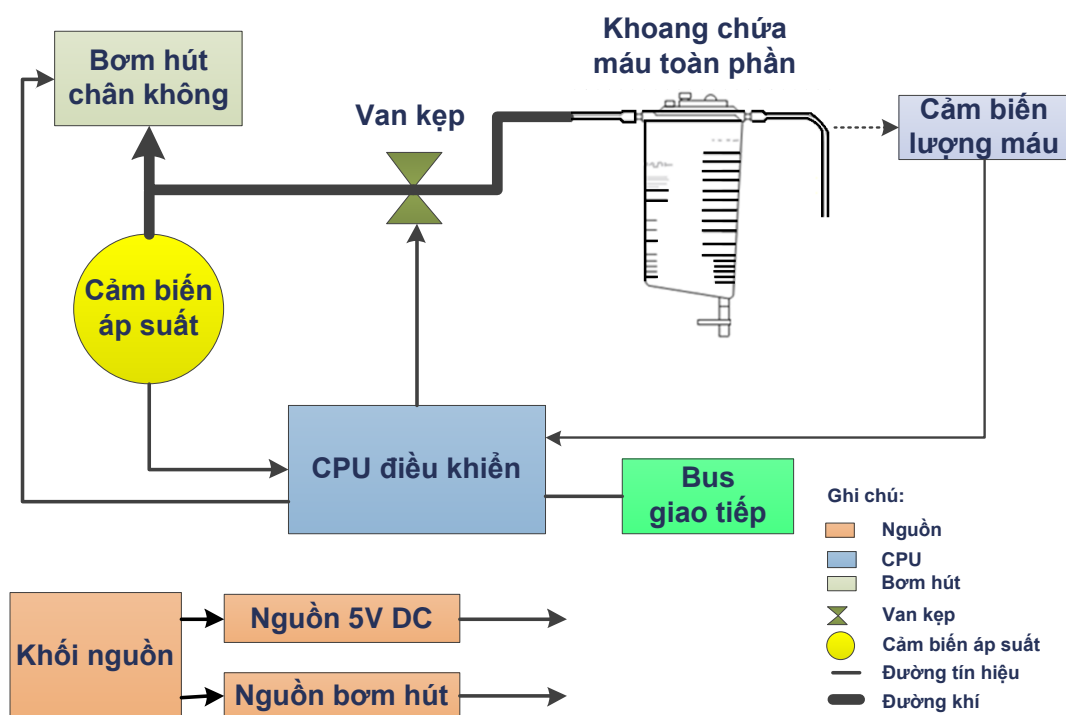


Hình 3 - 1: Nguyên lý tạo tín hiệu PWM là so sánh tín hiệu điện áp hình răng cưa với một tín hiệu điện áp không đổi

- *Phương pháp tạo xung vuông Dùng IC: các IC tạo xung vuông như: 555, LM556, SG1524, MAX038...*
- *Tạo xung vuông bằng phần mềm (phương pháp số)*

3.2.3 Mô-đun thu hồi máu trong phẫu thuật

Việc thu gom máu sử dụng sự chênh lệch áp suất bên trong và ngoài khoang chứa máu toàn phần. Áp suất trong khoang giảm đi nhờ bơm hút chân không. Hệ thống kết nối đặc biệt giúp máu được thu gom an toàn. Áp suất tạo ra trong bình nhỏ hơn áp suất khí quyển từ 80mmHg – 120mmHg. Với mức áp suất này sẽ không ảnh hưởng đến bệnh nhân khi thu gom máu trong khoang bụng.



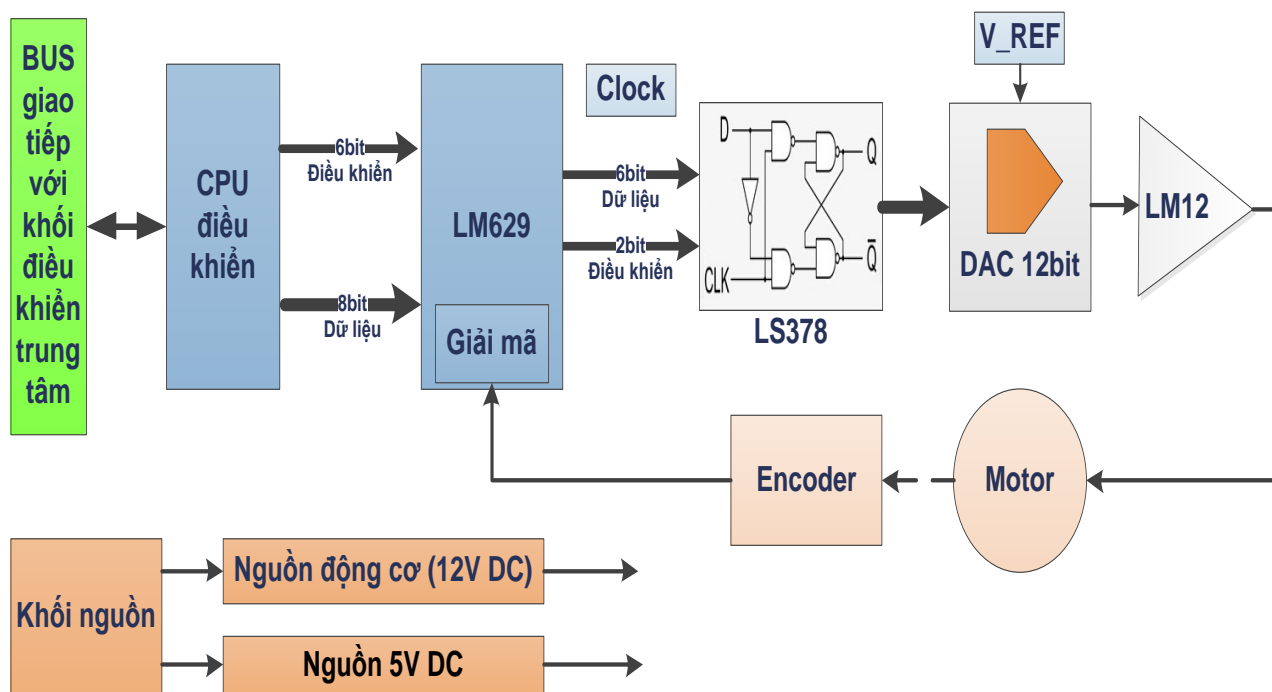
Hình 3.22 – Mô-đun điều khiển thu gom máu toàn phần đồng thời xử lý

3.2.4 Mô-đun bơm vuốt và van kẹp

Mô-đun bơm vuốt và van kẹp có chức năng phối kết hợp bơm máu và dịch vào trong khoang ly tâm. Yêu cầu của hệ bơm vuốt phải đáp ứng kịp thời (dịch, máu) cho khoang ly tâm. Như vậy đòi hỏi lưu lượng của bơm vuốt phải được ổn định và đủ lớn. Lưu lượng của bơm vuốt khác nhau ứng với từng giai đoạn xử lý của khoang ly tâm và từng loại thể tích bình chứa máu trong khoang ly tâm khác nhau.

Bảng 3.2 – Thông số lưu lượng của bơm vuốt cách ly

Trạng thái	Loại 70ml	Loại 125ml	Loại 225ml
FILL	125 ml/phút	300 ml/phút	600 ml/phút
WASH	100 ml/phút	300 ml/phút	500 ml/phút
EMPTY	100 ml/phút	100-75 ml/phút	300-250 ml/phút



Hình 3.23 – Mô-đun điều khiển bơm vuốt trong hệ thống CellSaver

CHƯƠNG 4: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Trong quá trình nghiên cứu, phân tích hệ thống truyền máu hoàn hồi. Nhóm tập trung thiết kế mô-đun điều khiển ly tâm. Động cơ sử dụng trong thiết kế là động cơ một chiều không chổi than. Động cơ đáp ứng được những yêu cầu của thiết kế hệ thống truyền máu hoàn hồi như: tuổi thọ cao, tiếng ồn nhỏ, khả năng tăng tốc và phanh nhanh...

4.1 Động cơ điện một chiều không chổi than – Brushless DC motor

Động cơ BLDC là “động cơ một chiều không chổi than” nhưng nó thuộc nhóm động cơ động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu chứ không phải động cơ một chiều. Động cơ nam châm vĩnh cửu là động cơ xoay chiều đồng bộ có phần cảm là nam châm vĩnh cửu.

Cho đến nay động cơ điện một chiều vẫn chiếm một vị trí quan trọng trong hệ điều chỉnh tự động truyền động điện, nó được sử dụng rộng trong hệ thống đòi hỏi có độ chính xác cao vùng điều chỉnh rộng và qui luật điều chỉnh phức tạp. Động cơ một chiều được sử dụng với một số lượng lớn trong kĩ thuật thiết kế bởi vì những đặc trưng tốc độ quay (tốc độ xoắn) khả thi với những cấu hình điện khác nhau. Tốc độ động cơ một chiều có thể kiểm soát một cách êm ái và trong đa số các trường hợp có thể đảo ngược chiều quay. Động cơ điện nói chung và động cơ điện một chiều nói riêng là thiết bị điện từ quay, làm việc theo nguyên lý điện từ, khi đặt vào trong từ trường một dây dẫn và cho dòng điện chạy qua dây dẫn thì trường sẽ tác dụng một lực từ vào dòng điện (vào dây dẫn) và làm dây dẫn chuyển động. Động cơ điện biến đổi điện năng thành cơ năng.

Do tính ưu việt của hệ thống điện xoay chiều: dễ sản xuất, dễ truyền tải..., cả máy phát và động cơ điện xoay chiều đều có cấu tạo đơn giản và công suất lớn, dễ vận hành mà máy điện (động cơ điện) xoay chiều ngày càng được sử dụng rộng rãi và phổ biến. Tuy nhiên động cơ điện một chiều vẫn giữ một vị trí nhất định như trong công nghiệp giao thông vận tải, và nói chung ở các thiết bị cần điều khiển tốc độ quay liên tục trong phạm vi rộng (như trong máy cán thép, máy công cụ lớn, đầu máy điện...). Mặc dù so

với động cơ không đồng bộ để chế tạo động cơ điện một chiều cùng cỡ thì giá thành đắt hơn do sử dụng nhiều kim loại màu hơn, chế tạo bảo quản cồng kềnh phức tạp hơn ... nhưng do những ưu điểm của nó mà máy điện một chiều vẫn không thể thiếu trong nền sản xuất hiện đại.

Ưu điểm của động cơ điện một chiều là có thể dùng làm động cơ điện hay máy phát điện trong những điều kiện làm việc khác nhau. Song ưu điểm lớn nhất của động cơ điện một chiều là điều chỉnh tốc độ và khả năng quá tải. Nếu như bản thân động cơ không đồng bộ không thể đáp ứng được hoặc nếu đáp ứng được thì phải chi phí các thiết bị biến đổi đi kèm (như bộ biến tần...) rất đắt tiền thì động cơ điện một chiều không những có thể điều chỉnh rộng và chính xác mà cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển đơn giản hơn đồng thời lại đạt chất lượng cao.

Ngày nay hiệu suất của động cơ điện một chiều công suất nhỏ khoảng 75% ÷ 85%, ở động cơ điện công suất trung bình và lớn khoảng 85% ÷ 94% . Công suất lớn nhất của động cơ điện một chiều vào khoảng 100000kw điện áp vào khoảng vài trăm cho đến 1000v. Hướng phát triển là cải tiến tính năng vật liệu, nâng cao chỉ tiêu kinh tế của động cơ và chế tạo những máy công suất lớn hơn đó là cả một vấn đề rộng lớn và phức tạp vì vậy với vốn kiến thức còn hạn hẹp của mình trong phạm vi đề tài này em không thể đề cập nhiều vấn đề lớn mà chỉ đề cập tới vấn đề thiết kế bộ điều chỉnh tốc độ có đảo chiều của động cơ một chiều kích từ độc lập. Phương pháp được chọn là bộ băm xung ... đây có thể chưa là phương pháp mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất nhưng nó được sử dụng rộng rãi bởi những tính năng và đặc điểm mà ta sẽ phân tích và đề cập sau này.

Tầm quan trọng của động cơ điện một chiều

Trong nền sản xuất hiện đại, động cơ một chiều vẫn được coi là một loại máy quan trọng mặc dù ngày nay có rất nhiều loại máy móc hiện đại sử dụng nguồn điện xoay chiều thông dụng .

Do động cơ điện một chiều có nhiều ưu điểm như khả năng điều chỉnh tốc độ rất tốt, khả năng mở máy lớn và đặc biệt là khả năng quá tải. Chính vì vậy mà động cơ một

chiều được dùng nhiều trong các ngành công nghiệp có yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ như cán thép, hầm mỏ, giao thông vận tải ...mà điều quan trọng là các ngành công nghiệp hay đòi hỏi dùng nguồn điện một chiều .

Bên cạnh đó, động cơ điện một chiều cũng có những nhược điểm nhất định của nó như so với máy điện xoay chiều thì giá thành đắt hơn chế tạo và bảo quản cỗ góp điện phức tạp hơn (dễ phát sinh tia lửa điện)... nhưng do những ưu điểm của nó nên động cơ điện một chiều vẫn còn có một tầm quan trọng nhất định trong sản xuất.

Công suất lớn nhất của động cơ điện một chiều hiện nay vào khoảng 10000 KW, điện áp vào khoảng vài trăm cho đến 1000 V. Hướng phát triển hiện nay là cải tiến tính năng của vật liệu, nâng cao chỉ tiêu kinh tế của động cơ và chế tạo những động cơ có công suất lớn hơn.

Động cơ điện một chiều thông thường có hiệu suất cao và các đặc tính của chúng thích hợp với truyền động servo. Tuy nhiên, hạn chế duy nhất là trong cấu tạo của chúng cần có cỗ góp và chổi than, những thứ dễ bị mòn và yêu cầu bảo trì, bảo dưỡng thường xuyên. Để khắc phục nhược điểm này người ta chế tạo loại động cơ không cần bảo dưỡng bằng cách thay thế chức năng của cỗ góp và chổi than bởi chuyển mạch sử dụng thiết bị bán dẫn (chẳng hạn như biến tần sử dụng transistor công suất chuyển mạch theo vị trí rotor). Những động cơ này được biết đến như động cơ đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh cửu hay còn gọi là động cơ một chiều không chổi than (BLDC). Do không có cỗ góp và chổi than nên động cơ này khắc phục được hầu hết các nhược điểm của động cơ có vành góp thông thường. Mặc dù người ta nói rằng đặc tính của động cơ một chiều không chổi than và động cơ một chiều thông thường giống nhau, thực tế chúng có những khác biệt đáng kể ở một vài khía cạnh. Khi so sánh hai loại động cơ này về mặt công nghệ hiện tại, ta thường đề cập tới sự khác nhau hơn là giống nhau giữa chúng. Khi nói về chức năng của động cơ điện, không được quên ý nghĩa dây quấn và sự đổi chiều. Đổi chiều là quá trình biến đổi dòng điện một chiều ở đầu vào thành dòng xoay chiều và phân bố một cách chính xác dòng điện này tới mỗi dây quấn ở phần ứng động cơ. Ở động cơ một chiều thông thường, sự đổi chiều được thực hiện bởi cỗ góp và chổi than, ngược lại ở động cơ điện một chiều

không chổi than thì việc đổi chiều được thực hiện bằng cách sử dụng các thiết bị bán dẫn như transistor, MOSFET, GTO, IGBT.

Bảng so sánh động cơ điện một chiều thông thường với động cơ một chiều không chổi than:

Bảng 4.1 – So sánh động cơ một chiều thông thường và động cơ một chiều không chổi than

Nội dung	Động cơ một chiều thông thường	Động cơ một chiều không chổi than
Cấu trúc cơ khí	Mạch kích từ nằm trên stator	Mạch kích từ nằm trên rotor
Tính năng đặc biệt	Đáp ứng nhanh và dễ điều khiển	Đáp ứng chậm hơn khi khởi động nhưng nhanh hơn khi đã đạt tốc độ ổn định. Dễ bảo dưỡng
Sơ đồ nối dây	Nối vòng tròn. Đơn giản nhất là nối Δ	Ba pha nối Y hoặc Δ . Bình thường nối dây 3 pha nối Y có điểm trung tính nối đất hoặc nối 4 pha. Đơn giản nhất là nối 2 pha.
Phương pháp chuyển mạch	Tiếp xúc cơ khí giữa chổi than và cổ góp	Chuyển mạch điện tử sử dụng các bán dẫn: MOSFET, transistor, IGBT...
Phương pháp xác định vị trí rotor	Tự động xác định bằng chổi than	Sử dụng cảm biến vị trí: Cảm biến từ trường Hall, cảm biến quang học (Encoder)
Phương pháp đảo chiều	Đảo chiều điện áp nguồn (cấp cho phần ứng hoặc mạch kích từ)	Sắp xếp lại thứ tự của các tín hiệu logic

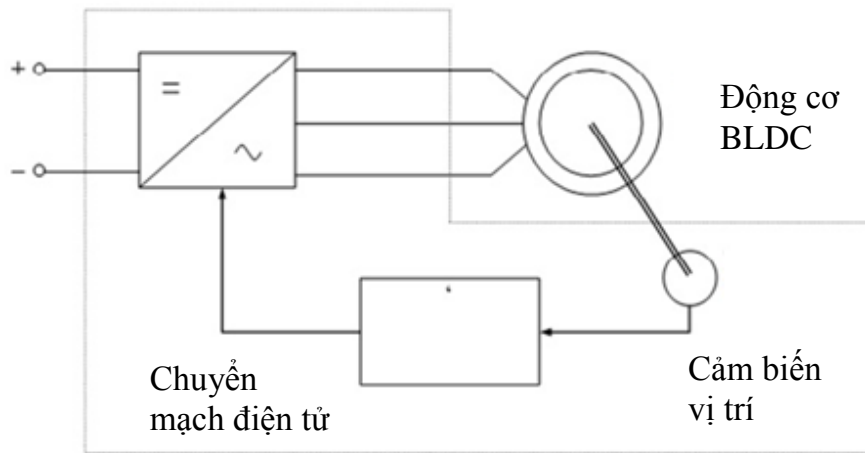
4.2 Cấu tạo BLDC

Dựa vào dạng sóng của sức phản điện động trên cuộn dây stator do sự phân bố từ trường phân cảm và dây quấn phản ứng, người ta chia động cơ làm 2 loại:

- Động cơ (sóng) hình sin có cấu tạo dây quấn và cực từ phức tạp
- Động cơ (sóng) hình thang có cấu tạo dây quấn và cực từ đơn giản

Dạng sóng của sức phản điện động này phụ thuộc vào cách bố trí và quấn dây stator. Động cơ BLDC là loại động cơ sóng hình thang.

Động cơ điện một chiều có thể phân thành hai phần chính : phần tĩnh và phần động. minh họa cấu tạo động cơ một chiều ba pha không chổi than điển hình:



Hình 4.1 – Sơ đồ khối điều khiển động cơ BLDC

Ta thấy, BLDC là sự kết hợp của động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích vĩnh cửu và bộ đổi chiều điện tử chuyển mạch theo vị trí rotor. Việc xác định vị trí rotor được thực hiện thông qua cảm biến vị trí, hầu hết các cảm biến vị trí rotor (Cực từ) là phần tử Hall. Như vậy, BLDC có 3 phần chính đó là: Stator, Rotor và bộ phận đổi chiều. ngoài ra còn có cảm biến vị trí để xác định vị trí rotor so với pha dòng điện, bộ mã hóa so lệch (encoder) để đo tốc độ rotor của động cơ.

4.2.1 Phần tĩnh - stator

Đây là đứng yên của máy , bao gồm các bộ phận chính sau:

a) Cực từ chính:

Là bộ phận sinh ra từ trường gồm có lõi sắt cực từ (các lá thép kỹ thuật điện ghép cách điện với nhau) và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ. Lõi sắt cực từ làm bằng những lá thép kỹ thuật điện hay thép cacbon dày 0,5 đến 1mm ép lại và tán chặt. Trong động cơ điện nhỏ có thể dùng thép khối. Cực từ được gắn chặt vào vỏ máy nhờ các bulông. Dây quấn kích từ được quấn bằng dây đồng bọc cách điện và mỗi cuộn dây đều được bọc cách điện kỹ thành một khối tản sơn cách điện trước khi đặt trên các cực từ. Các cuộn dây kích từ được đặt trên các cực từ này được nối tiếp với nhau.

b) Cực từ phụ:

Cực từ phụ được đặt trên các cực từ chính và dùng để cải thiện đổi chiều. Lõi thép của cực từ phụ thường làm bằng thép khối và trên thân cực từ phụ có đặt dây quấn mà cấu tạo giống như dây quấn cực từ chính. Cực từ phụ được gắn vào vỏ máy nhờ những bulông.

c) Gông từ :

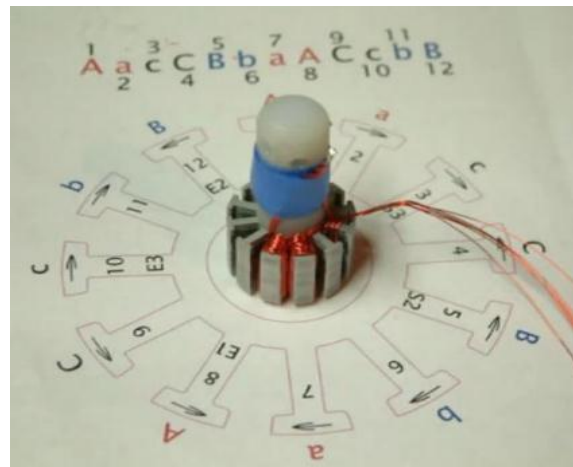
Gông từ dùng làm mạch từ nối liền các cực từ, đồng thời làm vỏ máy. Trong động cơ điện nhỏ và vừa thường dùng thép dày uốn và hàn lại. Trong máy điện lớn thường dùng thép đúc. Có khi trong động cơ điện nhỏ dùng gang làm vỏ máy.

d) Các bộ phận khác:

- Nắp máy : Để bảo vệ máy khỏi những vật ngoài rơi vào làm hư hỏng dây quấn và an toàn cho người khỏi chạm vào điện. Trong máy điện nhỏ và vừa nắp máy còn có tác dụng làm giá đỡ ổ bi. Trong trường hợp này nắp máy thường làm bằng gang.



Hình 4.2 – Các lá thép của stator được ghép cách điện với nhau



Hình 4.3 – Cách quấn dây trên stator của động BLDC



Hình 4.4 – Stator sau khi quấn dây xong

4.2.2 Phần quay - rotor.

Bao gồm những bộ phận chính sau :

a) Lõi sắt phản ứng :

Dùng để dẫn từ. Thường dùng những tấm thép kỹ thuật điện dày 0,5mm phủ cách điện mỏng ở hai mặt rồi ép chặt lại để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên. Trên lá thép có dập hình dạng rãnh để sau khi ép lại thì đặt dây quấn vào.

Trong những động cơ trung bình trở lên người ta còn dập những lỗ thông gió để khi ép lại thành lõi sắt có thể tạo được những lỗ thông gió dọc trục.

Trong những động cơ điện lớn hơn thì lõi sắt thường chia thành những đoạn nhỏ, giữa những đoạn ấy có để một khe hở gọi là khe hở thông gió. Khi máy làm việc gió thổi qua các khe hở làm nguội dây quấn và lõi sắt.

Trong động cơ điện một chiều nhỏ, lõi sắt phản ứng được ép trực tiếp vào trục. Trong động cơ điện lớn, giữa trục và lõi sắt có đặt giá rôto. Dùng giá rôto có thể tiết kiệm thép kỹ thuật điện và giảm nhẹ trọng lượng rôto.

b) Dây quấn phản ứng.

Dây quấn phản ứng là phần phát sinh ra suất điện động và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phản ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ có công suất dưới vài kW thường dùng dây có tiết diện tròn. Trong máy điện vừa và lớn thường dùng dây tiết diện chữ nhật. Dây quấn được cách điện cẩn thận với rãnh của lõi thép.

Để tránh khi quay bị văng ra do lực li tâm, ở miệng rãnh có dùng nệm để đè chặt hoặc đai chặt dây quấn. Nệm có làm bằng tre, gỗ hay bakelit.

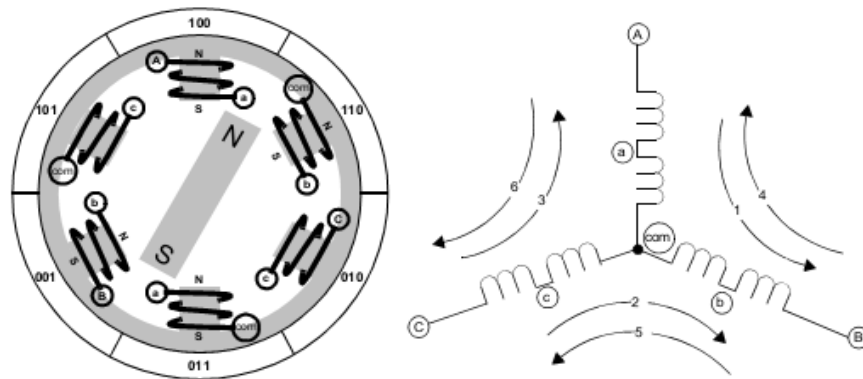
c) Các bộ phận khác.

- Cánh quạt: Dùng để quạt gió làm nguội máy. Máy điện một chiều thường chế tạo theo kiểu bảo vệ, ở hai đầu nắp máy có lỗ thông gió. Cánh quạt lắp trên trục máy, khi động cơ quay cánh quạt hút gió từ ngoài vào động cơ. Gió đi qua vành góp, cực từ lõi sắt và dây quấn rồi qua quạt gió ra ngoài làm nguội máy.

- Trục máy: Trên đó đặt lõi sắt phân ứng, cổ góp, cánh quạt và ổ bi. Trục máy thường làm bằng thép cacbon tốt.



Hình 4.5 – Rotor và trục động cơ

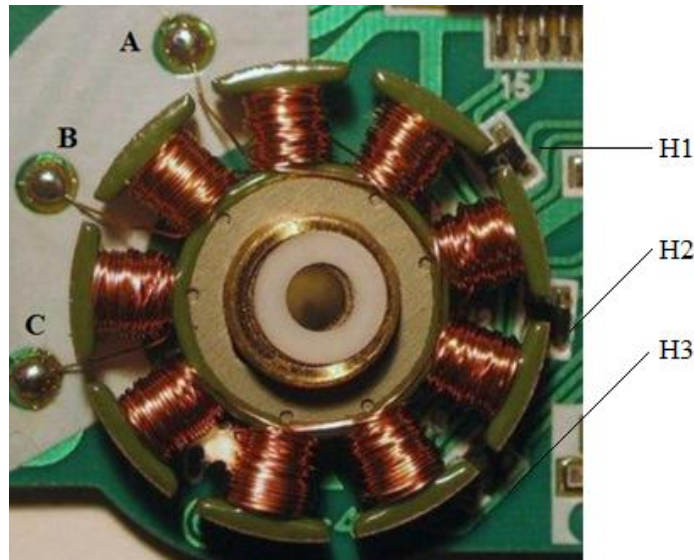


Hình 4.6 – Sơ đồ cấu tạo bên trong của động cơ BLDC

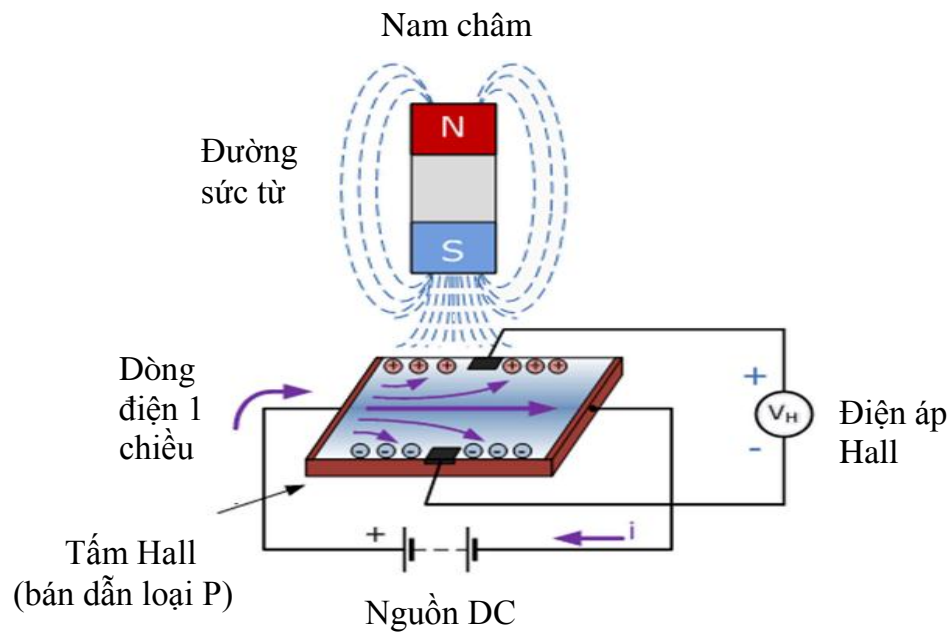
4.2.3 Cảm biến Hall:

Không giống như động cơ một chiều dùng chổi than, chuyển mạch của động cơ một chiều không chổi than được điều khiển bằng điện tử. Tức là các cuộn dây của stato sẽ được cấp điện nhờ sự chuyển mạch của các van bán dẫn công suất. Để động cơ làm việc, cuộn dây của stato được cấp điện theo thứ tự. Tức là tại một thời điểm thì không ngẫu nhiên cấp điện cho cuộn dây nào cả mà phụ thuộc vào vị trí của rotor động cơ ở đâu để cấp điện cho chúng. Vì vậy, điều quan trọng là cần phải biết vị trí của rotor để

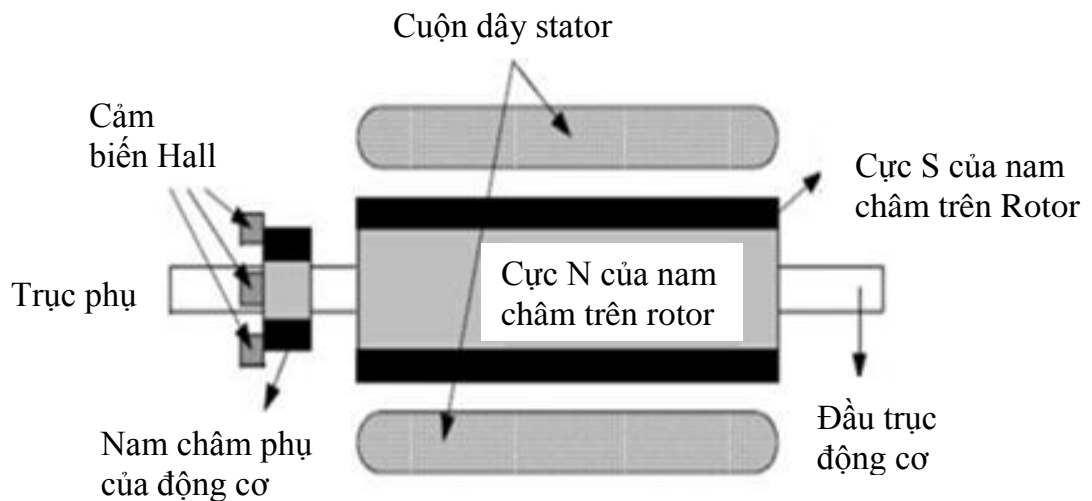
tiến tới biết được cuộn dây stato tiếp theo nào sẽ được cấp điện theo thứ tự cấp điện, vị trí của roto được đo bằng các cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall được đặt ẩn trong stato. Hầu hết tất cả các động cơ một chiều ba pha không chổi than đều có 3 cảm biến hall đặt ẩn trong stato, ở phần đuôi trục của động cơ. Mỗi khi các cực nam châm của roto đi qua khu vực gần các cảm biến Hall, các cảm biến này sẽ gửi ra tín hiệu cao hoặc thấp ứng với khi cực Bắc hoặc Nam đi qua cảm biến. Dựa vào tổ hợp của các tín hiệu từ 3 cảm biến Hall, thứ tự chuyển mạch chính xác được xác định. Tín hiệu mà các cảm biến Hall nhận được sẽ dựa trên hiệu ứng Hall. Đó là khi có một dòng điện chạy trong một vật dẫn được đặt trong một từ trường, từ trường sẽ tạo ra một lực nằm ngang lên các điện tích di chuyển trong vật dẫn theo hướng đẩy chúng về một phía của vật dẫn. Số lượng các điện tích bị đẩy về một phía sẽ cân bằng với mức độ ảnh hưởng của từ trường. Điều này dẫn đến xuất hiện một hiệu điện thế giữa 2 mặt của vật dẫn. Sự xuất hiện của hiệu điện thế có khả năng đo được này được gọi là hiệu ứng Hall, lấy tên người tìm ra nó năm 1879.



Hình 4.7 – Ba cảm biến H1, H2, H3 giúp xác định vị trí của roto



Hình 4.8 - Một dòng điện i đi qua tấm kim loại dày d và vuông góc với từ trường B sẽ xuất hiện điện áp chênh lệch ở 2 mặt bên của tấm Hall do sự phân bố điện tích trái dấu giữa 2 mặt bên. Điện áp Hall sẽ thay đổi khi từ trường tác dụng lên tấm Hall thay đổi.



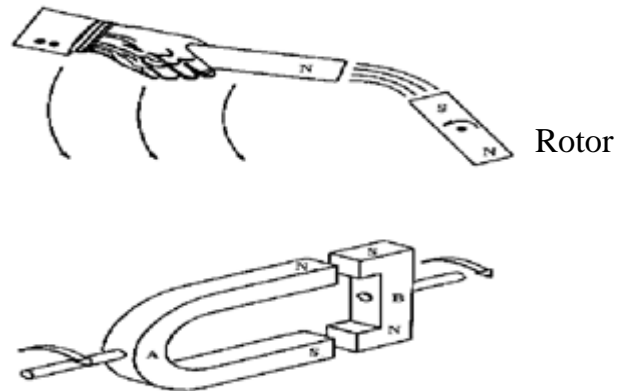
Hình 4.9 – Cấu trúc nằm ngang của động cơ BLDC

Dựa vào vị trí vật lý của cảm biến Hall, có 2 cách đặt cảm biến. các cảm biến Hall có thể được đặt dịch pha nhau các góc 60^0 và 120^0 tùy vào số đôi cực. dựa vào điều này, các nhà sản xuất động cơ định nghĩa các chu trình chuyển mạch mà cần thực hiện trong quá trình điều khiển động cơ.

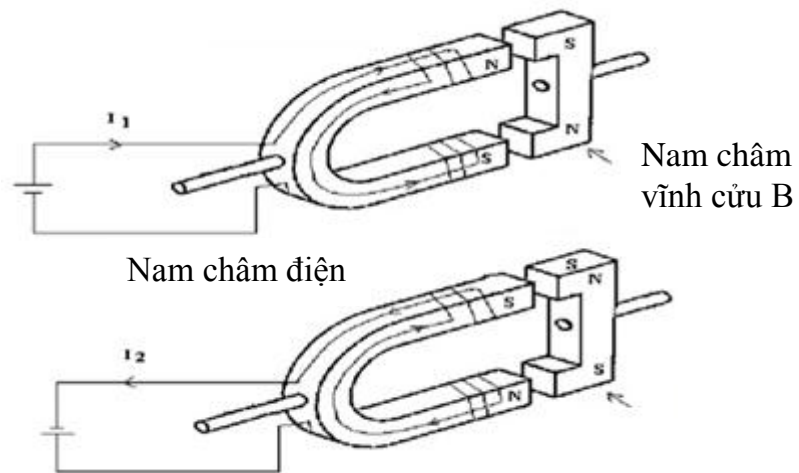
Các cảm biến Hall cần được cấp nguồn. Điện áp 4-24V, dòng 5-15mA. Khi thiết kế bộ điều khiển, cần để ý đến đặc điểm kỹ thuật tương ứng của từng loại động cơ để biết được chính xác điện áp và dòng của các cảm biến Hall được dùng.

4.3 Nguyên lý hoạt động của động cơ điện một chiều không chổi than BLDC

Khi đặt 1 nam châm lên trục để nó có thể quay được, sau đó di chuyển nam châm thứ 2 vòng quanh nam châm 1. Nam châm 1 sẽ bị kéo theo nam châm 2 bởi vì có lực tương tác từ tồn tại giữa 2 nam châm, kết quả là nam châm 1 quay đồng bộ với nam châm 2. Minh họa ở hình dưới:



Hình 4.10 – Nguyên lý quay đồng bộ của 2 nam châm vĩnh cửu.

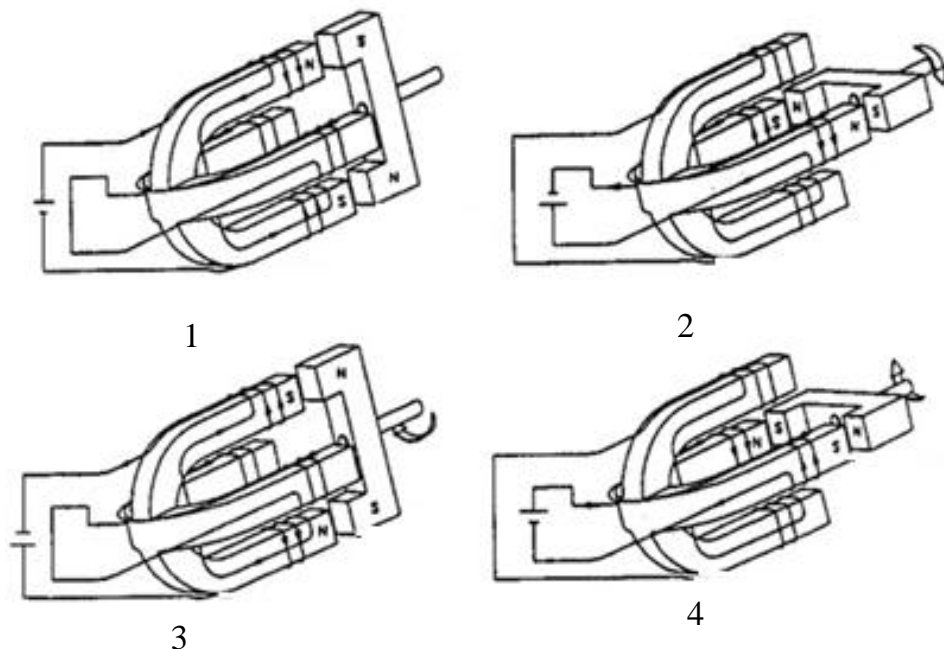


Hình 4.11 - Nguyên lý quay đồng bộ của một nam châm điện và một nam châm vĩnh cửu

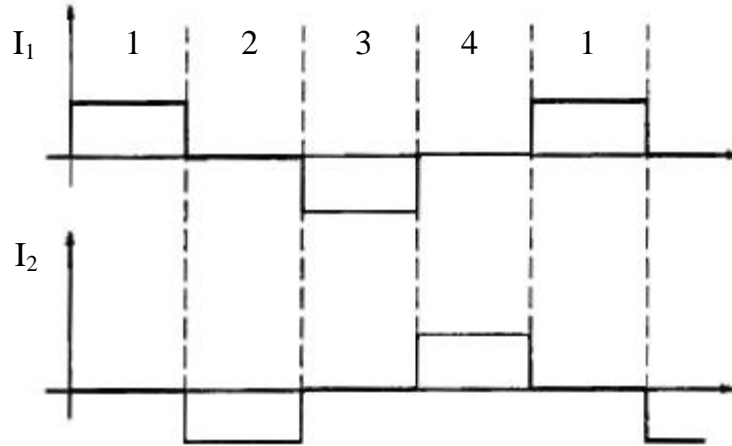
Trong hình 4.10 minh họa cách tạo ra nam châm A bằng việc cho dòng điện đi qua cuộn dây quấn quanh một lõi thép, lúc này nam châm A là một nam châm điện. Hai đầu cuộn dây được nối với nguồn điện DC để tạo ra dòng điện chạy trong cuộn dây và sản sinh ra các cực từ Nam và Bắc.

Khi nam châm điện A quay, nam châm B quay theo. Cách sắp xếp này xem như không thuận lợi bởi vì đối tượng thứ nhất (nam châm điện) vẫn phải quay để kéo đối tượng thứ 2 (nam châm vĩnh cửu B). Hơn nữa, để ngăn chặn các dây nối từ nguồn DC khỏi bị xoắn, nguồn điện phải quay cùng tốc độ với nam châm điện, điều này gây ra nhiều bất lợi.

Tuy nhiên nếu cực tính của nguồn DC thay đổi như hình 4.11, vị trí của cực nam và cực bắc trên nam châm điện A thay đổi và nam châm B quay được 1/2 vòng. Do đó, cách sắp xếp này cho phép nam châm B quay nhưng không cần phải quay nam châm A. Bằng cách nối ghép 2 nam châm điện, 2 nguồn điện DC và thay đổi cực tính của nguồn điện, điều này cho phép nam châm B quay mà không cần phải quay bất kỳ phần tử khác.



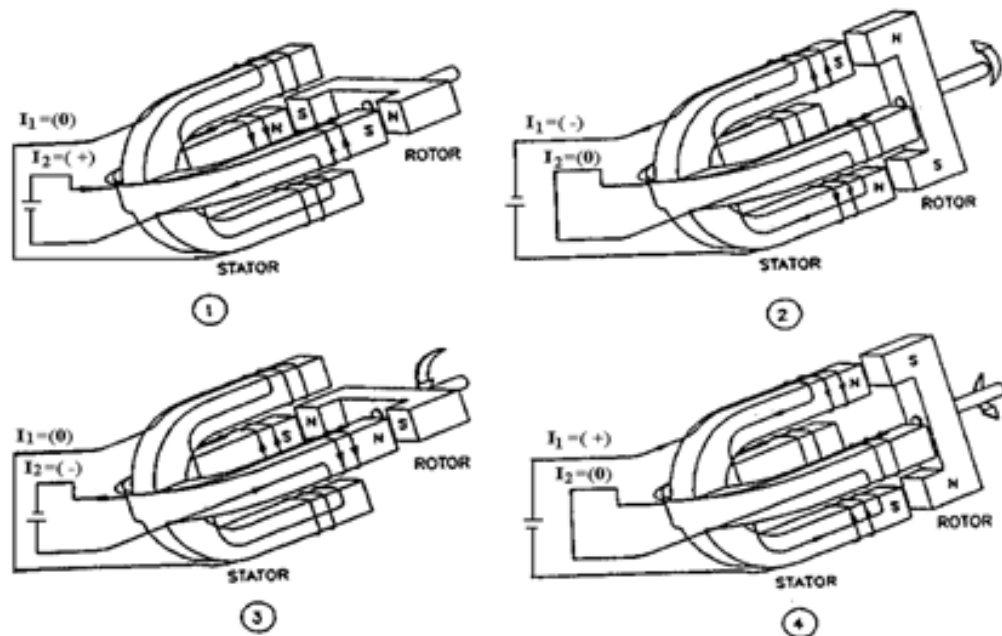
Hình 4.12 - Nguyên lý quay đồng bộ của một nam châm vĩnh cửu và hai nam châm điện. Nam châm vĩnh cửu là phần quay, nam châm điện là phần đứng yên



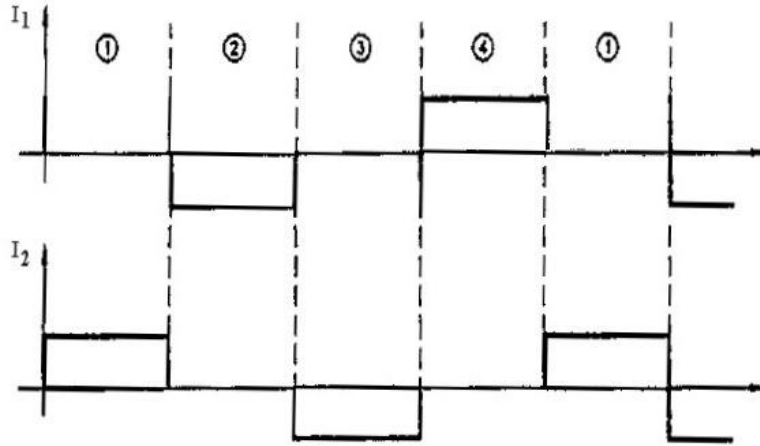
Hình 4.13 – Pha dòng điện điều khiển động cơ

Khi dòng điện được cung cấp vào 2 nam châm điện theo thứ tự như hình 4.13, sẽ tạo ra 1 nam châm điện quay A, kết quả là nam châm B quay theo. Đó chính là nguyên lý cơ bản của tất cả các loại động cơ điện quay.

Để thay đổi chiều quay của nam châm B ta phải cung cấp dòng điện vào các cuộn dây nam châm như hình 4.15:



Hình 4.14 - Đổi chiều dòng điện để đổi chiều động cơ



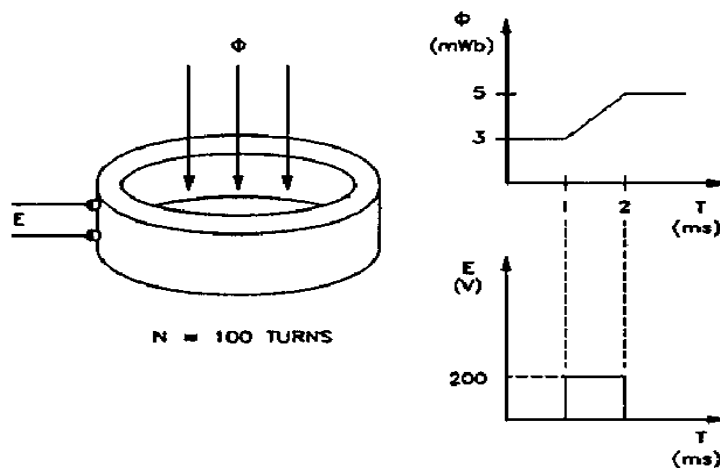
Hình 4.15 - Dòng điện điều khiển động cơ DC khi đổi chiều

Các động cơ điện nói chung và DCMCKCT nói riêng hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ của Faraday như sau:

- Một sức điện động cảm ứng E xuất hiện giữa hai đầu cuộn dây, nếu từ thông móc vòng qua cuộn dây là hàm số của thời gian
- Giá trị của sức điện động cảm ứng tỉ lệ thuận với tốc độ biến thiên của từ thông

Sức điện động cảm ứng được tính như sau:

$$E = N \times \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$



Hình 4.16 – Nguyên lý cảm ứng điện từ

Nếu nam châm quay như *hình 4.13* và *hình 4.15* các đường sức từ của nó sẽ gây ra một sức điện động cảm ứng trong cuộn dây của nam châm điện, nó được gọi là cuộn dây stator vì nó không bao giờ quay. Điều này sẽ gây ra dòng điện chạy trong cuộn dây stator khi 2 đầu cuộn dây được nối ngắn mạch, do đó sản sinh ra một từ trường khác. Sự tương tác giữa từ trường stator và từ trường nam châm quay sẽ tạo ra lực cản chuyển động quay của nam châm. Đây là nguyên lý cơ bản của Dynamometer để tạo momen cản.

Công cơ khí được tạo ra bất kỳ khi nào có lực F tác động làm di chuyển một vật qua một khoảng cách d , và công được định nghĩa bởi công thức sau:

$$W = F \times d \text{ (Nm)}$$

Tương tự rằng vật thể di chuyển xung quanh một trục có bán kính r do một lực F gây ra. Lúc này momen T tác động lên vật được xác định theo công thức:

$$M = F \times r \text{ (Nm)}$$

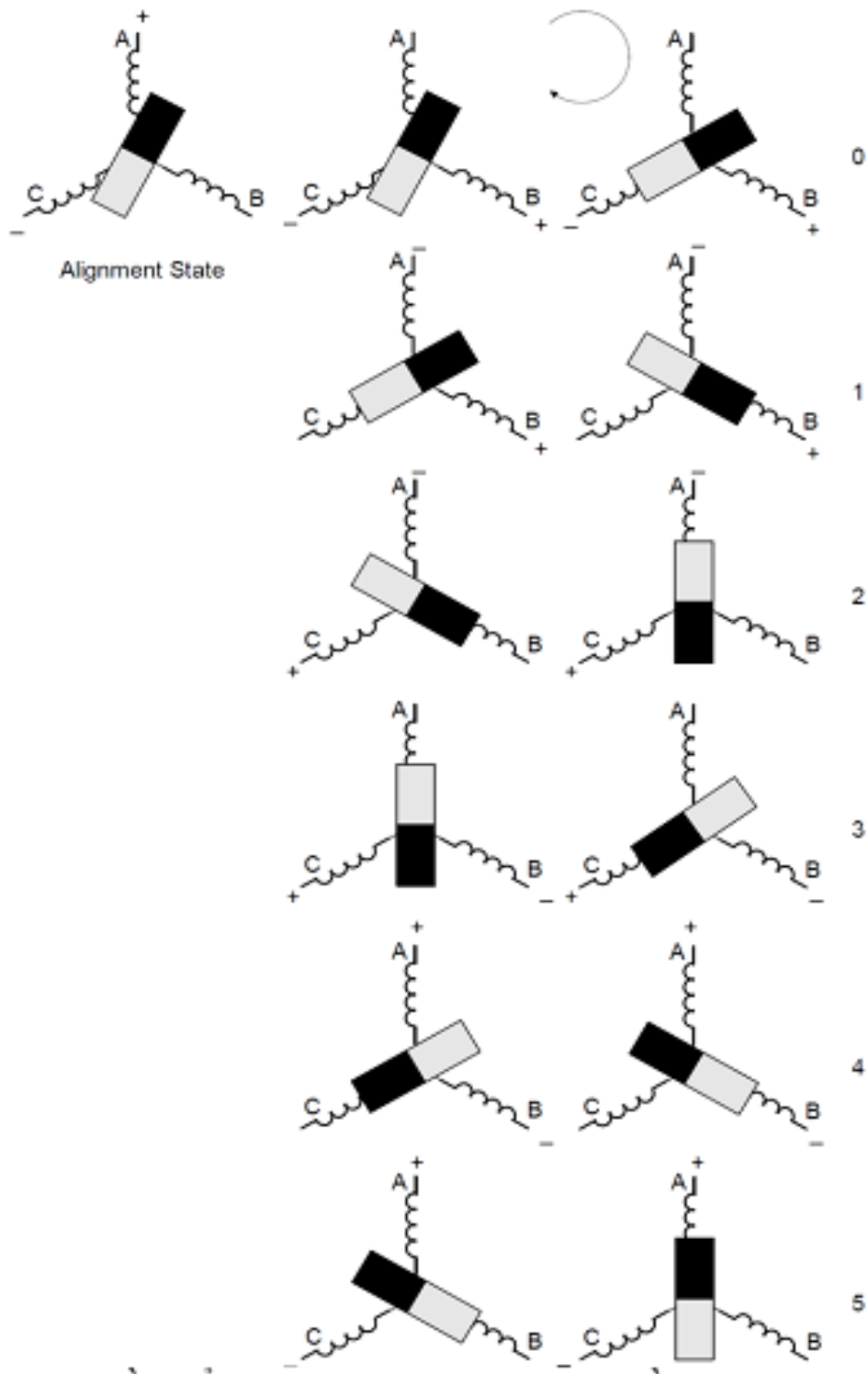
Nếu vật thể quay với tốc độ n (vòng/phút), thì công cơ học sẽ là:

$$P = M \times 2\pi n/60 = (M \times n) / 9.55 \text{ (W)}$$

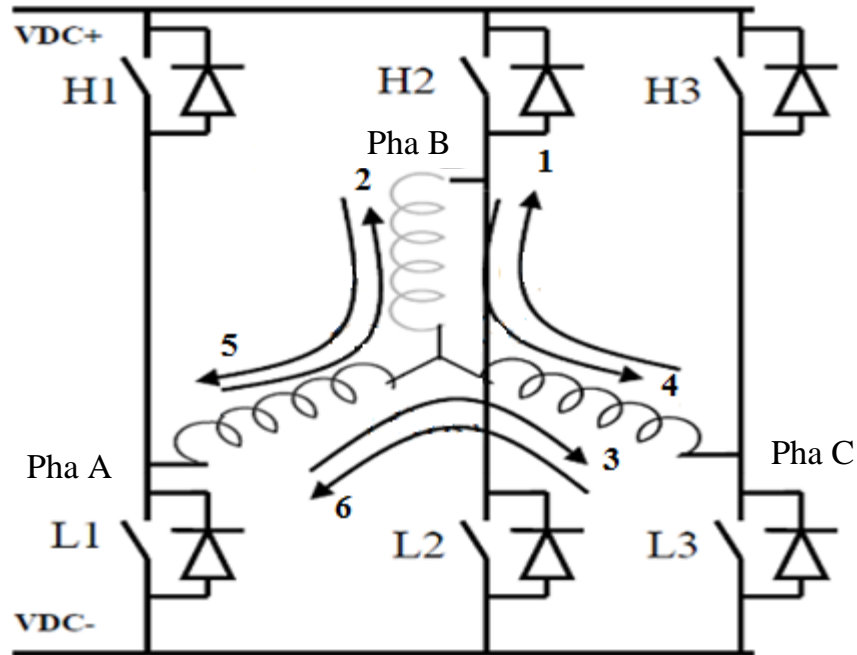
4.4 Điều khiển động cơ điện một chiều bằng phương pháp điều chế độ rộng xung - PWM

Vì có sức điện động hình thang nên ĐCMCKCT trong các phương pháp điều khiển truyền thống tại mỗi thời điểm chỉ hai pha được cấp điện đồng thời và điều chỉnh tốc độ được thực hiện bằng cách điều chỉnh điện áp cấp cho các pha. Trong điều kiện đó mômen và tốc độ của động cơ đập mạch mạnh đáng kể, nhất là ở vùng tốc độ thấp.

Nguyên lý điều khiển động cơ BLDC là đảo pha ở 3 đầu dây động cơ theo 6 trạng thái đảo pha. Tốc độ động cơ phụ thuộc vào tốc độ đảo pha này. Ta dùng phương pháp điều chế độ rộng xung để điều khiển tốc độ động cơ BLDC.



Hình 4.17 - Sơ đồ thể hiện sự đảo pha ở ba đầu dây động cơ



Hình 4.18 - Chiều của 6 trạng thái đảo pha của BLDC

Dạng đơn giản nhất của điều khiển động cơ là điều khiển mạch hở, mà đơn giản là điều khiển giá trị điện áp và những đặc trưng của động cơ và xác định tải để điều khiển vận tốc và momen. Nhưng hầu hết vấn đề quan tâm phụ thuộc loại điều khiển tự động nào đó nơi điện áp tự động được thay đổi để sinh ra chuyển động mong muốn. Đây được gọi là mạch kín hoặc mạch điều khiển phản hồi và nó phụ thuộc vào vận tốc đầu ra / hoặc momen cảm biến tới những giá trị đầu ra phản hồi để liên tục so sánh đầu ra thực tế tới một giá trị mong muốn gọi là điểm tập hợp. Khi đó bộ điều chỉnh thay đổi đầu ra của động cơ dịch chuyển sát tới điểm tập hợp. Bộ điều chỉnh vận tốc điện tử có hai kiểu: bộ khuếch đại tuyến tính và bộ biến đổi độ rộng xung. Mặc dầu cả hai hệ thống có thể được thiết kế cho một chức năng tốt hơn, các bộ điều chỉnh biến đổi độ rộng xung có cải tiến mà chúng điều khiển các tranzitor công suất lưỡng cực nhanh chóng giữa các giới hạn và sự cân bằng nơi thao tác rất hiệu quả (tổn thất công suất là tối thiểu) hoặc bật và tắt FET. Bộ khuếch đại phụ khuếch đại công suất tuyến tính làm thỏa mãn nhưng phụ thuộc tổn thất nhiệt từ đó nó hoạt động trong vùng tuyến tính của thao tác tranzitor. Ta sẽ tìm những bộ điều khiển phụ kinh tế, sử dụng những bộ khuếch đại tuyến tính, nhưng bởi vì yêu cầu công suất thấp, dễ chế tạo, kích thước nhỏ,

và giá thành thấp, chúng ta sẽ tập trung thiết kế bộ khuếch đại, đó gọi là bộ khuếch đại biên đổi chiều rộng xung.

Như đã đề cập ở trên, tốc độ động cơ phụ thuộc vào điện áp qua nó. Do đó, với phương pháp điều chế độ rộng xung PWM, bằng cách thay đổi độ rộng xung tức là thay đổi thời gian “đầy xung” (“on”) thì điện áp trung bình thay đổi do đó điện áp qua động cơ (hay công suất trung bình cấp cho motor) thay đổi, dẫn đến tốc độ thay đổi. Mạch điều khiển mô tơ bằng phương pháp PWM hoạt động dựa theo nguyên tắc cấp nguồn cho mô tơ bằng chuỗi xung đóng mở với tốc độ nhanh. Nguồn DC được chuyển đổi thành tín hiệu xung vuông (chỉ gồm hai mức 0 volt và xấp xỉ điện áp hoạt động). Tín hiệu xung vuông này được cấp cho mô tơ. Nếu tần số chuyển mạch đủ lớn mô tơ sẽ chạy với một tốc độ đều đặn phụ thuộc vào mô men của trục quay.

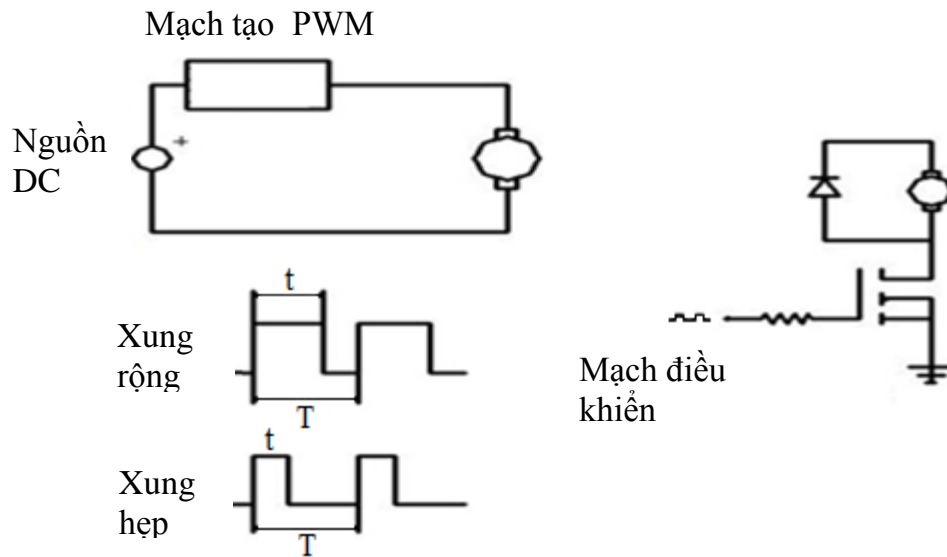
Nguyên lý hoạt động của máy khuếch đại PWM được biểu diễn ở hình 4.19. Một điện áp một chiều cung cấp công suất nhanh chóng được chuyển thành một tần số f cố định giữa hai giá trị (ví dụ “Bật” và “Tắt”). Tần số này thường lớn hơn 1 KHz. Giá trị cao được giữ trong thời gian một xung t trong thời gian chu kỳ T cố định

$$T = \frac{1}{f}$$

Sóng được tạo ra có một chu kì công suất, được định nghĩa như tỷ số giữa thời gian ON và chu kì sóng, thông thường được tính theo phần trăm:

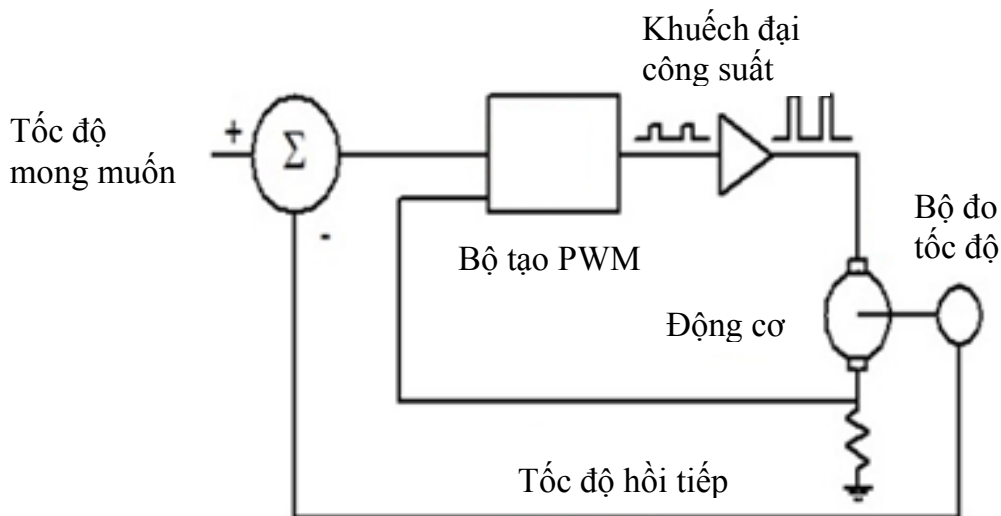
$$\text{Chu kì công suất} = \frac{t}{T} \times 100\%$$

Trong khi chu kì công suất được thay đổi bởi bộ điều chỉnh, dòng điện trung bình chạy qua động cơ sẽ thay đổi, gây ra những sự thay đổi về vận tốc và momen ở đầu ra. Nó chủ yếu thay đổi về chu kì công suất chứ không phải là giá trị của điện áp cung cấp công suất mà xác định những đặc trưng đầu ra của động cơ.



Hình 4.19 - Bộ biến đổi bề rộng xung của động cơ điện một chiều

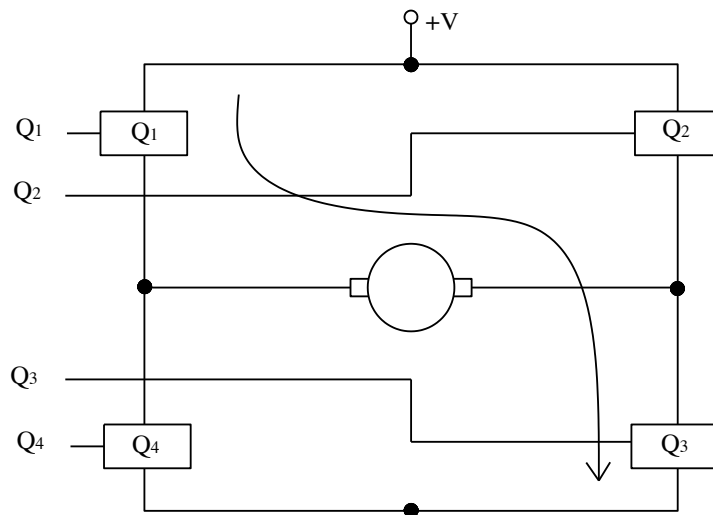
Sơ đồ khối của một mạch điều khiển phản hồi tốc độ PWM cho động cơ một chiều được thể hiện ở hình 4.20. Một áp kế phát sinh một tín hiệu ra tuyến tính liên hệ đến tốc độ của động cơ. Nó được so sánh với tốc độ mong muốn đã đặt trước (một điện áp khác có thể điều khiển bằng tay hoặc điều khiển bằng máy tính). Sự cố và dòng điện của động cơ được cảm nhận bởi một máy điều chỉnh ến chiều rộng xung mà phát sinh độ rộng một xung vuông đã điều chỉnh như một tín hiệu ra. Tín hiệu này được khuếch đại tới một mức thích hợp cho điện áp điều khiển cho động cơ.



Hình 4.20 - Sơ đồ khối của bộ điều khiển phản hồi tốc độ PWM cho động cơ DC

Trong điều khiển động cơ PWM điện thế đổi chiều nhanh qua phản ứng, và dòng điện qua động cơ bị tác động bởi tính tự cảm và kháng trở của động cơ. Mặc dù có thể thiết kế và tạo ra một đĩa quay cho một động cơ phụ điều khiển riêng và các thành phần năng lượng, nhưng có một vài thiết kế mạch tích hợp có khả năng tiết kiệm được nhiều thời gian và tiền bạc trong thiết kế máy. Xét về vấn đề cơ bản của việc điều khiển động cơ một chiều. Mục đích cuối cùng của bạn có thể là để điều khiển tốc độ chiều quay, góc, và (hoặc) momen quay.

Với yêu cầu điều khiển tốc độ của động cơ một chiều, chúng ta có thể phải thay đổi dòng cung cấp cho động cơ. Để điều khiển hướng quay thì chiều của dòng điện cung cấp cho động cơ phải đổi chiều. Điều đó đòi hỏi một bộ khuếch đại dòng điện và một vài thiết bị để chuyển hướng dòng điện. Để giải quyết yêu cầu này, người ta đưa ra khái niệm mạch cầu H (H-bridge). Người ta sử dụng 4 transistors xếp theo hình H xung quanh động cơ một chiều (như hình vẽ dưới) và lần lượt kích hoạt từng cặp tại mỗi thời điểm cho hướng mong muốn của động cơ.



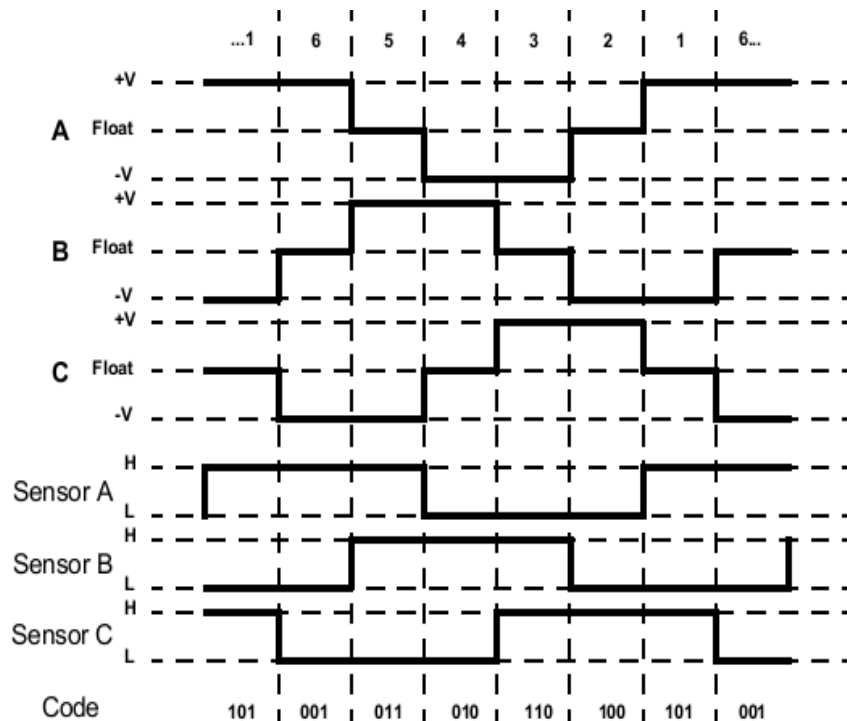
Hình 4.21 – Chế độ quay thuận

Nếu transistor Q1 và Q3 kích hoạt, Q2 và Q4 tắt thì dòng điện sẽ truyền qua động cơ theo hướng như hình vẽ và động cơ sẽ quay theo 1 hướng. Tiếp đến, khi Q2, Q4 kích hoạt còn Q1, Q3 tắt thì động cơ sẽ quay theo hướng ngược lại. Người ta có thể tạo ra một H-bridge với nguồn BJTs hoặc MOSFET. Do đó ta sẽ thực hiện một giải pháp

sử dụng đường truyền của khắp chất bán dẫn cho các IC điều khiển chuyển động, giải pháp này có thể được tương thích cho việc điều khiển động cơ một chiều.

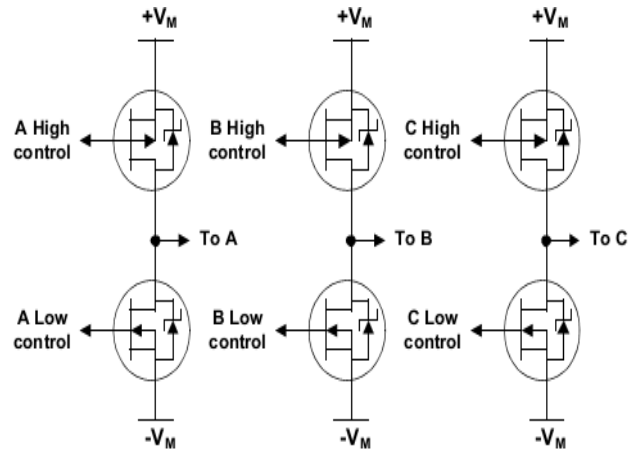
Động cơ không đồng bộ là động cơ điện mà tốc độ quay của rotor chậm hơn tốc độ quay của từ trường quay stator. Ví dụ động cơ lồng sóc. Stator được quấn các cuộn dây lệch nhau về không gian (thường là 3 cuộn dây lệch nhau góc 120°). Khi cấp điện áp 3 pha vào dây quấn, trong lòng Stator xuất hiện từ trường F_s quay tròn với tần số $S=60*f/p$, với p là số cặp cực của dây quấn Stator, f là tần số.

Từ trường này móc vòng qua Rotor và gây điện áp cảm ứng trên các thanh dẫn lồng sóc của rotor. Điện áp này gây dòng điện ngắn mạch chạy trong các thanh dẫn. Trong miền từ trường do Stator tạo ra, thanh dẫn mang dòng I sẽ chịu tác động của lực Bio-Savart-Laplace lồi đi. Có thể nói cách khác: dòng điện I gây ra một từ trường F_r (từ trường cảm ứng của Rotor), tương tác giữa F_r và F_s gây ra momen kéo Rotor chuyển động theo từ trường quay F_s của Stato.



Hình 4.22 – Sơ đồ định thời điều khiển động cơ BLDC sử dụng Hall sensor (6 trạng thái của Hall sensor và 3 dây pha của BLDC)

Ta dùng mạch cầu H để đảo pha 3 đầu dây động cơ:



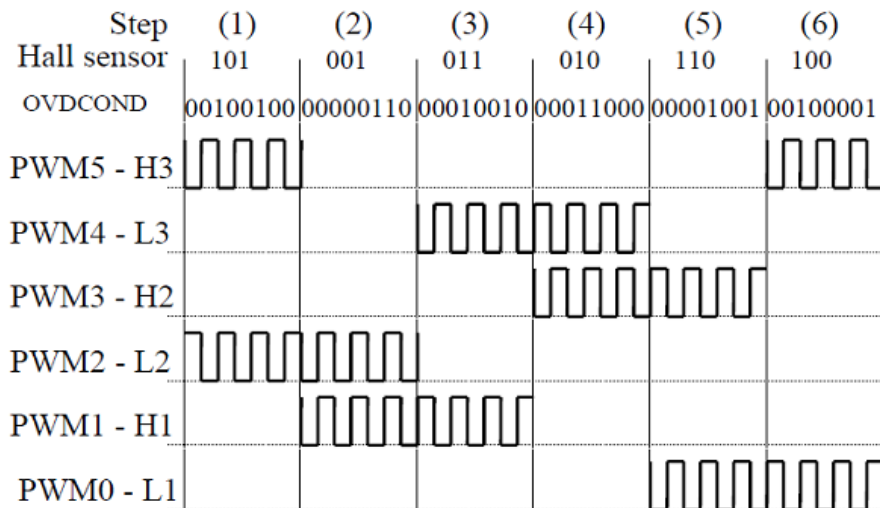
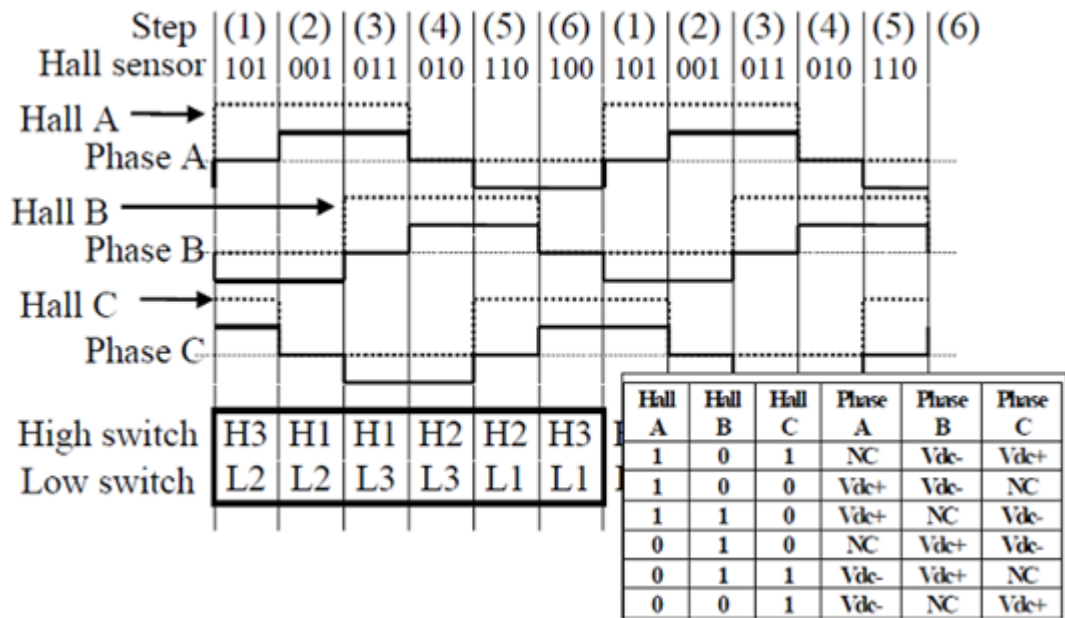
Hình 4.23 - Mạch điều khiển - van đóng mở dòng qua các cuộn dây stator

Mỗi pha điều khiển bao gồm một mức cao điều khiển điểm cuối động cơ, một mức thấp điều khiển điểm cuối động cơ, một điều khiển left floating. Mỗi thành phần này điều khiển mức cao, mức thấp và điều khiển floating ở mỗi điểm cuối của động cơ. Chú ý rằng điều khiển mức cao và thấp không được kích hoạt cùng một lúc, và nên dùng điện trở đẩy kéo trước mỗi đầu vào điều khiển nhằm đảm bảo rằng các chức năng điều khiển này sẽ tắt ngay lập tức khi RESET bộ điều khiển khi các đầu ra bộ điều khiển được cấu hình như các đầu vào trở kháng cao.

Một chú ý nữa đó là điều khiển thời gian chết – khoảng thời gian khi dịch chuyển các đầu ra từ mức cao sang mức thấp và ngược lại, khoảng thời gian để tắt điều khiển mức cao phải được bỏ qua trước khi kích hoạt điều khiển mức thấp. Thường thì các bộ điều khiển có thời gian tắt lớn hơn thời gian bật.

Ta sẽ điều khiển các trạng thái đóng mở van MOSFET theo bảng sau:

Bảng 4.2 - Bảng trạng thái của bộ 3 cảm biến Hall

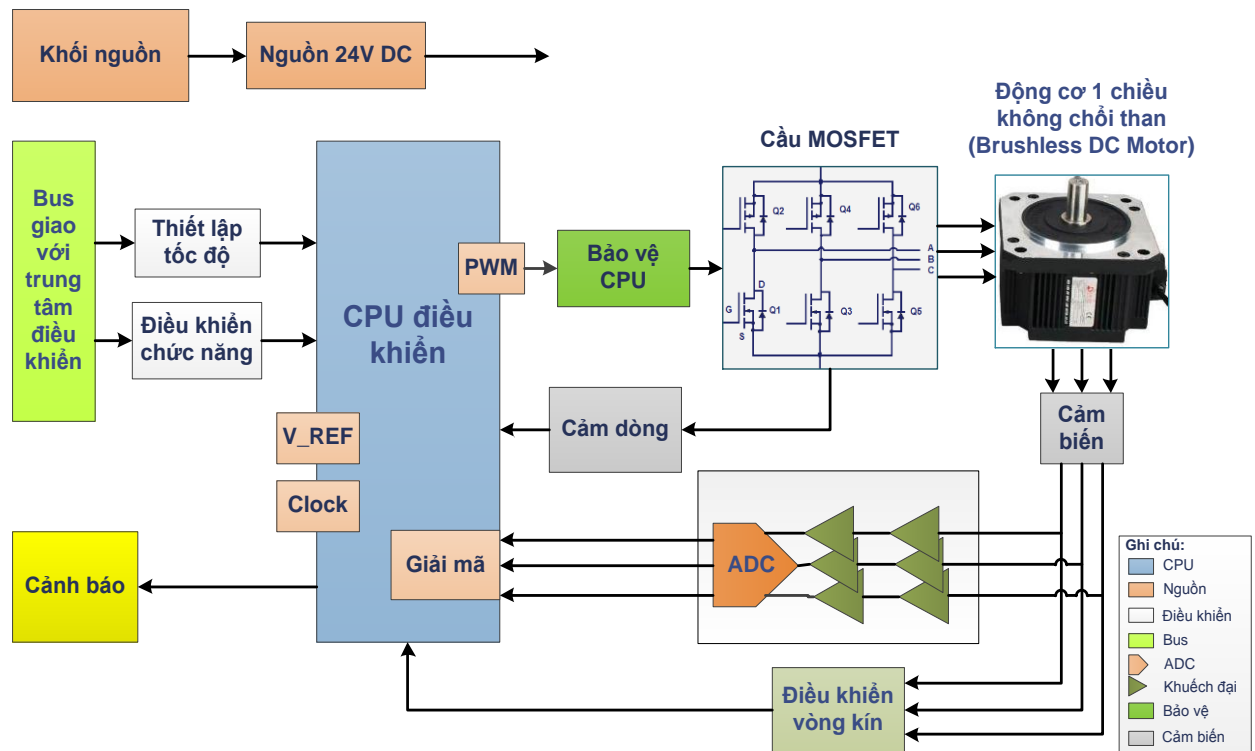


Hình 4.24 - Trạng thái phát xung PWM trong 6 bước

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ MÔ-ĐUN ĐIỀU KHIỂN LY TÂM

Xuất phát từ yêu cầu trong thiết kế hệ thống truyền máu hoàn hồi, nhóm nghiên cứu đã xây dựng được sơ khối, sơ đồ chi tiết của mô-đun điều khiển ly tâm. Kết quả thử nghiệm đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra và hoàn toàn có thể áp dụng cho hệ thống truyền máu hoàn hồi.

5.1 Sơ đồ khối mô-đun điều khiển ly tâm



Hình 5.1 – Sơ đồ khối mô-đun điều khiển động cơ ly tâm

5.2 Xây dựng mạch điều khiển vòng kín

Khó khăn chính của điều khiển động cơ BLDC là giải mã dữ liệu từ các cảm biến Hall và thực hiện một số tính năng quan trọng như lựa chọn chiều quay, ngắt khi quá dòng, khóa mạch khi điện áp thấp, ngắt quá nhiệt. Ta có thể sử dụng các phần tử rời rạc để thực hiện các chức năng này nhưng như vậy chiếm quá nhiều diện tích mạch, đặc biệt là đối với động cơ có mạch điều khiển nằm bên trong. Một vấn đề khác là các transistor công suất hiện nay không đủ công suất cho những động cơ lớn. Transistor

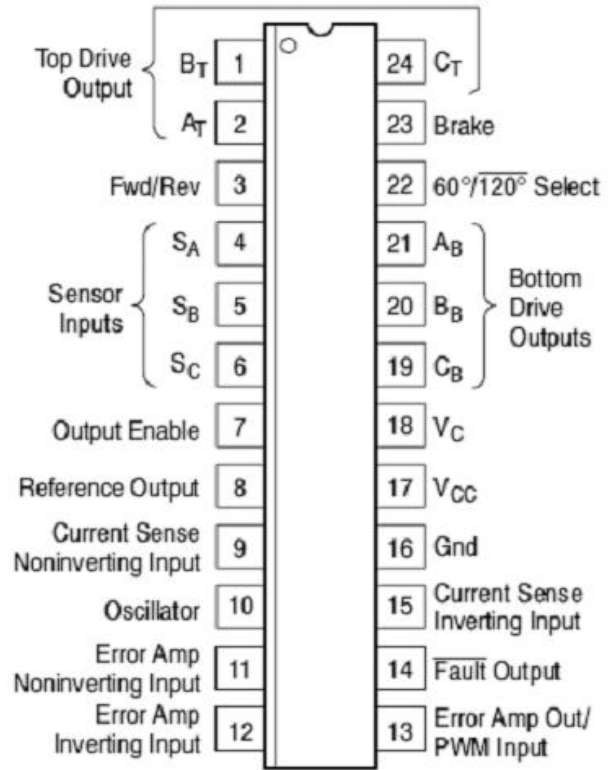
công suất lưỡng cực không được ưa chuộng nữa bởi chúng không thể được điều khiển trực tiếp từ một IC điều khiển và hiện nay những MOSFET công suất có thể là lựa chọn tốt nhất vì chúng dễ dàng được điều khiển, hiệu quả cao và giá rẻ.

Mạch điều khiển ba thành phần chính. MC33035 là IC trung tâm và được coi như bộ não của mạch, nó kiểm soát tất cả các hoạt động. MC33039 là IC điều khiển tốc độ vòng kín (coi như tachometer điện tử). Nó đưa thông tin tốc độ của động cơ. Cuối cùng là MPM3003 là một cầu ba pha chuyển đổi điện cho động cơ và nó được tạo ra để điều khiển động cơ đơn giản hơn.

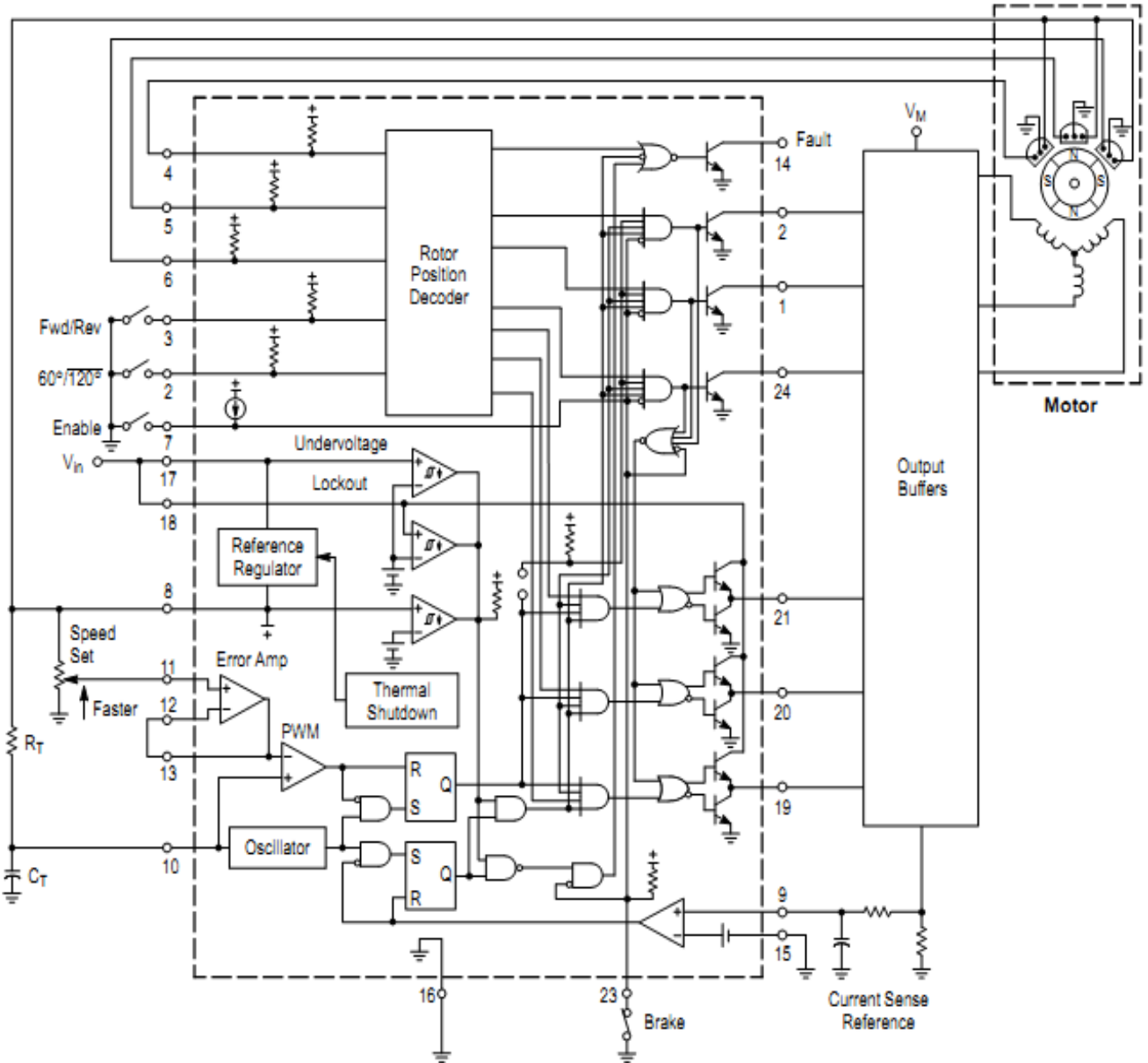
5.2.1.1 CPU điều khiển trung tâm - IC MC33035

MC33035 là IC điều khiển động cơ BLDC. Nó có đủ các tính năng nêu trên. IC này giải mã vị trí của rotor để điều khiển MPM3003 giúp động cơ quay. Đặc tính của IC MC33035:

- Điện áp hoạt động 10-30V
- Khóa mạch khi điện áp thấp
- Tạo điện áp chuẩn 6.25V cung cấp nguồn cho cảm biến Hall
- Điều khiển được cầu MOSFET 3 pha bên ngoài
- Mạch hạn dòng (cycle by cycle current limiting)
- Tính năng cảm biến dòng
- Ngắt khi quá nhiệt
- Lựa chọn pha cho cảm biến Hall $60^{\circ}/300^{\circ}$ hoặc $120^{\circ}/240^{\circ}$
- Có thể điều khiển động cơ chổi than 1 chiều hiệu quả với mạch cầu H MOSFET bên ngoài.



Hình 5.2 - Sơ đồ chân của MC33035



Hình 5.3 - Sơ đồ khối bên trong của MC33035 cùng một số bộ phận điều khiển động cơ BLDC

Bảng 5.1 - Bảng mô tả chức năng chân của MC33035

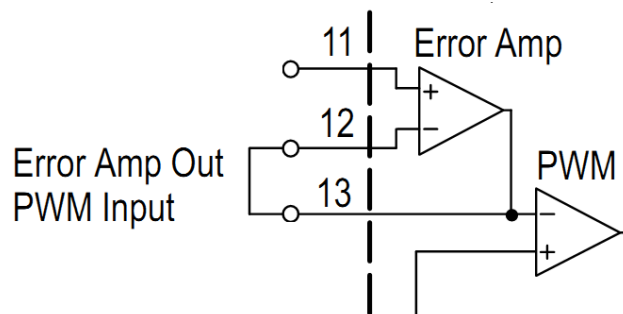
CHÂN	KÝ HIỆU	MÔ TẢ
1,2,24	B_T, A_T, C_T	Ba cổng đầu ra được thiết kế để điều khiển ba MOSFET PNP bên trên của cầu 3 pha trong MPM3003.
3	Fwd/Rev	Đầu vào này được sử dụng để thay đổi chiều quay của động cơ
4, 5, 6	S_A, S_B, S_C	Ba đầu vào của tín hiệu cảm biến Hall để điều khiển thứ tự chuyển mạch đầu ra.
7	Output Enable	Mức logic cao ở đầu vào cho phép động cơ hoạt động Mức logic thấp không cho phép động cơ hoạt động
8	Reference Output	Đầu ra này cung cấp dòng điện nạp cho tụ điện C_T của bộ dao động định thời và tham chiếu cho bộ khuếch đại lỗi. Nó còn cung cấp nguồn điện cho cảm biến Hall
9	Current Sense Noninverting input	Một tín hiệu 100mV liên quan tới chân 15, tại đầu vào này giới hạn chuyển mạch đầu ra trong một chu kỳ dao động nhất định. Chân này thường kết nối với phần trên của điện trở cảm dòng.
10	Oscillator	Tần số dao động được thiết lập bằng giá trị lựa chọn của thành phần định thời R_T, C_T .
11	Error Amp Noninverting Input	Đầu vào này thường kết nối với một chiết áp để thiết lập tốc độ.
12	Error Amp Inverting Input	Đầu vào này thường kết nối với đầu ra khuếch đại lỗi trong ứng dụng vòng mở
13	Error Amp Out/PWM Input	Chân có chức năng bù trong ứng dụng điều khiển vòng kín
14	\overline{Fault} Output	Đầu ra này sẽ ở mức logic thấp trong những trường hợp: Lỗi mã cảm biến Hall, chân Enable ở mức 0, đầu vào cảm biến dòng lớn hơn 100mV, sụt áp trong quá trình hoạt động, và quá nhiệt.
15	Current Sense Inverting Input	Chân có điện áp tham chiếu bên trong là 100mV. Chân này thường kết nối với đầu trên của điện trở cảm dòng
16	Gnd	Chân nối đất cho IC
17	V_{CC}	Chân cấp nguồn cho IC. Bộ điều khiển hoạt động trong phạm vi tối thiểu 10 - 30V
18	V_C	Trạng thái mức cao (VOH) của đầu ra các chân lái Bottom được thiết lập bởi điện áp chân này. Bộ điều khiển hoạt động trong dải V_C từ 10 -30V
19, 20, 21	C_B, B_B, A_B	3 đầu ra bottom được thiết kế để kết nối trực tiếp với các cực dưới của khối chuyển mạch công suất bên ngoài
22	60^0 120^0 Select	Mức logic của chân này thiết lập hoạt động cho mạch ở 60^0 (mức cao) hoặc 120^0 (mức thấp) đối với pha của cảm biến Hall.
23	Brake	Chân ở mức logic cao không cho phép động cơ hoạt động. Chân ở mức logic thấp cho phép động cơ hoạt động, sẽ phanh lại nhanh chóng khi động cơ đang chạy.

a) *Bộ giải mã vị trí rotor*

Nhiệm vụ chính của bộ giải mã vị trí rotor là giải mã tín hiệu từ các cảm biến hiệu ứng Hall và để cung cấp thứ tự chính xác cho việc điều khiển đầu ra **Top Drive** và **Bottom Drive**. Tại đây đầu vào tương thích TTL (Transistor – Transistor Logic), với ngưỡng đặc trưng ở 2.2V. Điều đó có nghĩa là 0.0 – 0.8 V ứng với mức logic 0 và 2.2 – 5V ứng với mức logic 1. Chi tiết bộ giải mã của động cơ sẽ nêu rõ trong phần xử lý chuyển mạch.

b) *Khuếch đại lỗi – Error Amplifier*

Bộ khuếch đại lỗi hiệu suất cao được thiết kế như một bộ theo dõi sự tăng điện áp duy nhất, nó có thể tiếp cận với cả hai đầu vào và đầu ra (Chân 11, 12, 13). Cấu trúc này cho phép kiểm soát tốc độ trong điều khiển vòng kín và vòng mở. Trong hình dưới đây, đầu ra bộ khuếch đại lỗi được kết nối với đầu vào PWM.



Hình 5.4 - Bộ khuếch đại lỗi

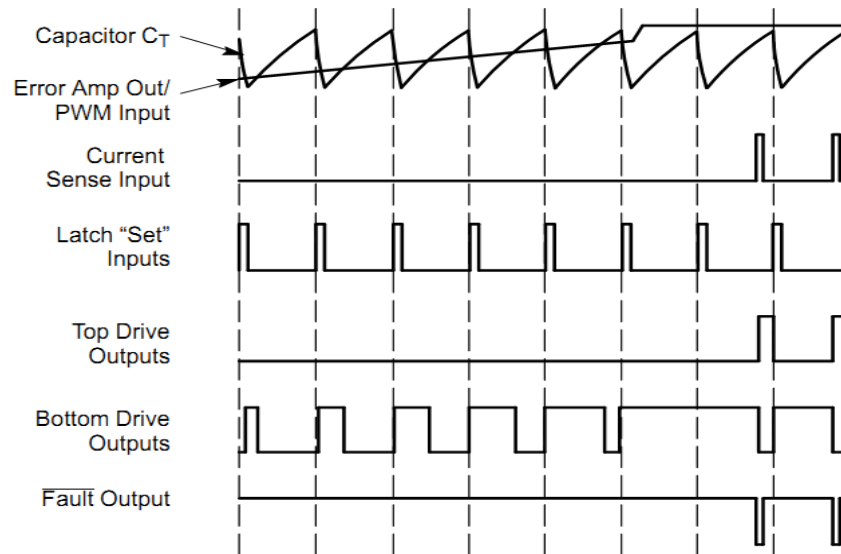
c) *Bộ dao động*

Nhiệm vụ của bộ dao động là “set” cả hai Flip flop R-S. Do đó điều khiển các đầu ra lái trên và lái dưới. Tần số của bộ dao động được thiết lập bởi thành phần định thời R_T (R_2) và C_T (C_2). Tụ C_T được nạp từ đầu ra tham chiếu của IC MC33035 (chân 8) thông qua điện trở R_T và phóng bởi một bán dẫn bên trong.

d) *Điều chế độ rộng xung – PWM*

Đây là một phương pháp có hiệu quả cao để điều khiển tốc độ động cơ bằng cách thay đổi độ rộng xung của điện áp áp dụng cho mỗi cuộn dây stator trong quá

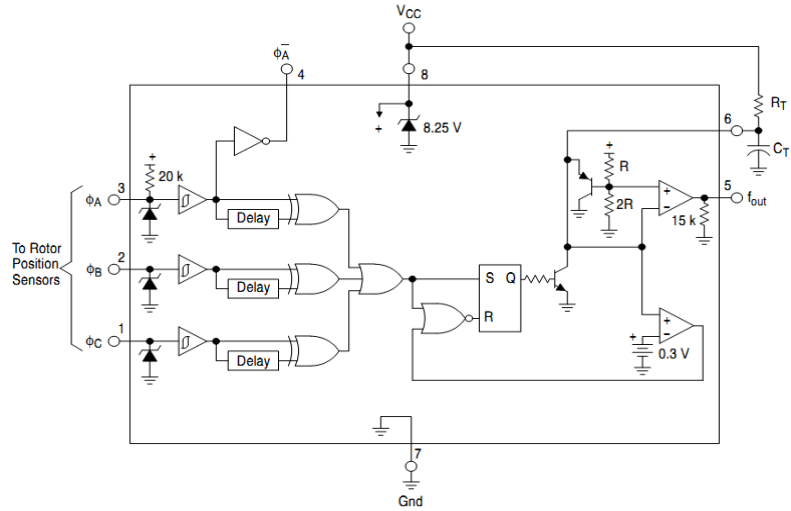
trình đảo mạch. Bởi C_T (C_2) phóng điện, dao động răng cưa điều chỉnh cả hai chốt và kiểm soát đầu ra top và bottom. Khi điện áp của C_T tăng và trở lên cao hơn đầu ra của bộ khuếch đại lỗi, bộ so sánh PWM sẽ giảm sự truyền cho đầu ra bottom bằng cách reset chốt trên. Điều chế độ rộng xung chỉ được thực hiện ở các đầu ra bottom. Sơ đồ thời gian của điều chế độ rộng xung như ở hình dưới.



Hình 5.5 - Sơ đồ thời gian của bộ điều chế độ rộng xung

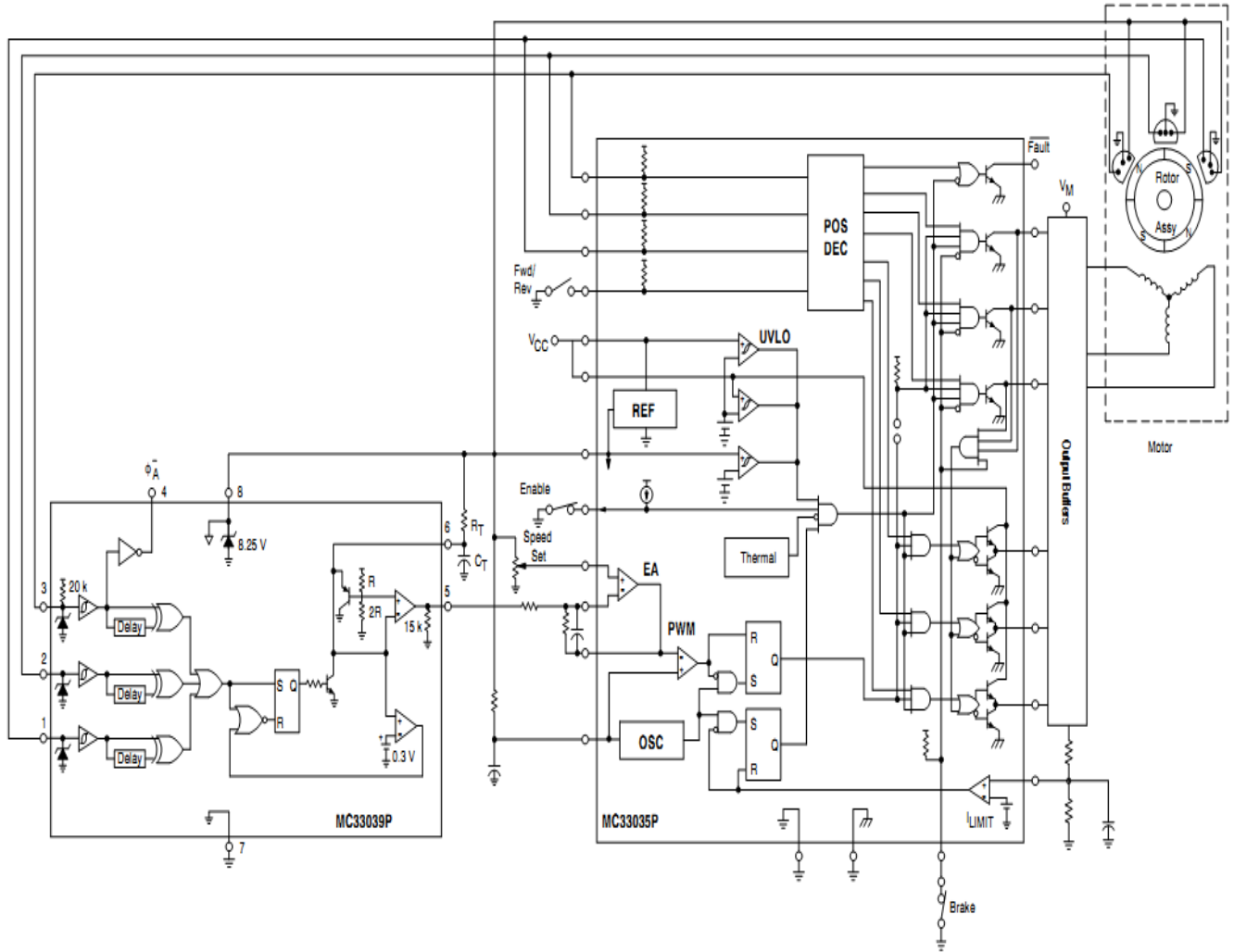
5.2.1.2 IC MC33039

IC MC33039 như một tốc độ kế điện tử có thể kiểm soát điều khiển tốc độ vòng kín của động cơ BLDC cũng với MC33035. Nó bao gồm ba bộ đệm đầu vào, ba bộ phát hiện cạnh (lên/xuống) số, một bộ ổn định đơn khả trình. IC này có thể được ứng dụng trong điều khiển tốc độ vòng kín. Sơ đồ khối của IC được minh họa ở hình 5.6.



Hình 5.6 - Sơ đồ khối của IC MC33039

Ba chân đầu vào (chân 1, 2, 3) theo dõi vị trí của rotor động cơ BLDC. Tương ứng tạo ra tín hiệu dạng xung ở f_{out} (chân 5) với một biên độ xác định và độ rộng xung được thiết lập bởi R_T và C_T ở chân 6. Điện áp trung bình của xung đầu ra sẽ tăng theo tốc độ động cơ. Khi qua một bộ lọc thông thấp hoặc một mạch tích phân thì một mức điện áp 1 chiều (DC) tỉ lệ thuận với tốc độ động cơ được tạo ra.

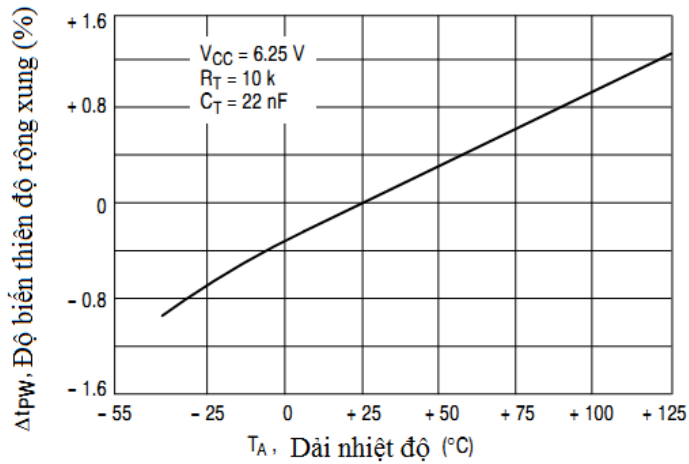


Hình 5.7 - Ứng dụng điều khiển động cơ vòng kín đặc trưng

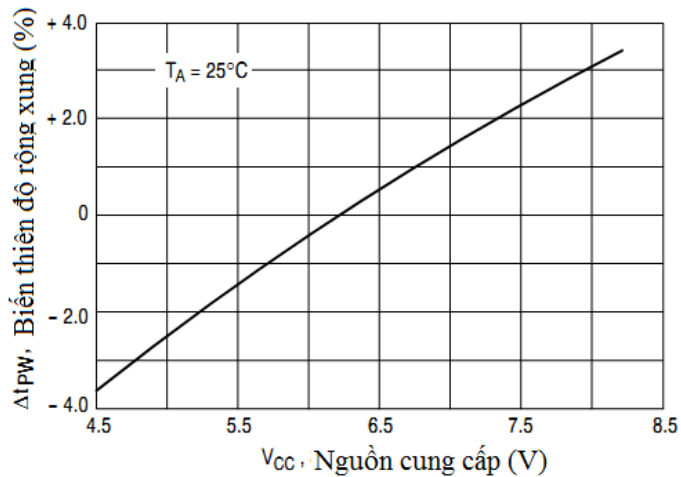
Như ở hình 5.7 minh họa các kết nối của một ứng dụng điều khiển động cơ vòng kín đặc trưng sử dụng IC điều khiển động cơ không chổi than MC33035. Với khả năng duy trì tốc độ thấp nhất là 100RPM ứng với động cơ 3 pha 4 cực nam châm.

Cổng đảo A (chân 4) được sử dụng trong những hệ thống mà bộ điều khiển và pha của cảm biến trong rotor không phù hợp (khác $60^0/300^0$ hoặc $120^0/240^0$). Biên độ xung đầu ra V_{OH} là hằng số theo nhiệt độ và được điều khiển bởi nguồn cấp V_{CC} (chân 8). Điện áp hoạt động có thể giảm xuống tới 5.5V được bảo đảm khi quá nhiệt. Đối với hệ thống không có điện áp nguồn ổn định thì điện áp 8.25V do sự phân cực ngược của diode zener bên trong IC sẽ được trở thành nguồn cho IC MC33039.

Sau đây là một số đặc tính của MC33039:



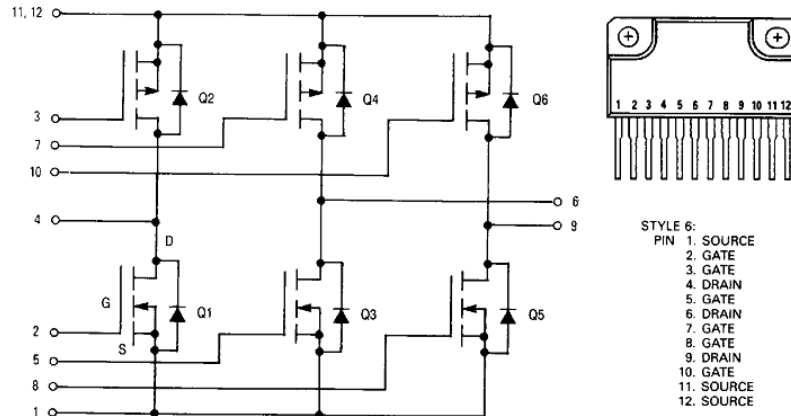
Hình 5.8 - Độ biến thiên của f_{out} theo sự thay đổi của nhiệt độ



Hình 5.9 - Độ biến thiên của f_{out} theo sự thay đổi của điện áp nguồn

5.2.1.3 Khối công suất MPM3003

MPM3003 là một cầu 3 pha công suất bao gồm 3 MOSFET kênh P cho phần bán dẫn trên và 3 MOSFET kênh N cho phần bán dẫn dưới. MPM3003 có thể được sử dụng trực tiếp với nhiều IC điều khiển động cơ không chổi than mà không cần mạch đệm. Hình dưới đây thể hiện sơ đồ mạch điện trong MPM3003.



Hình 5.10 - Sơ đồ mạch điện trong MPM3003

Đặc điểm của MPM3003

- MOSFET công suất kênh P và kênh N dễ dàng điều khiển
- Điện áp cách ly lên tới 2kV
- Khả năng chịu dòng đỉnh khá cao: 25A
- Điện áp và dòng liên tục cao : 60V,10A
- Tiết kiệm diện tích không gian
- Khả năng chịu nhiệt tốt (dải hoạt động: -40⁰C tới 150⁰C)
- Có thể được điều khiển trực tiếp bởi IC điều khiển động cơ BLDC MC33035, MC33033.

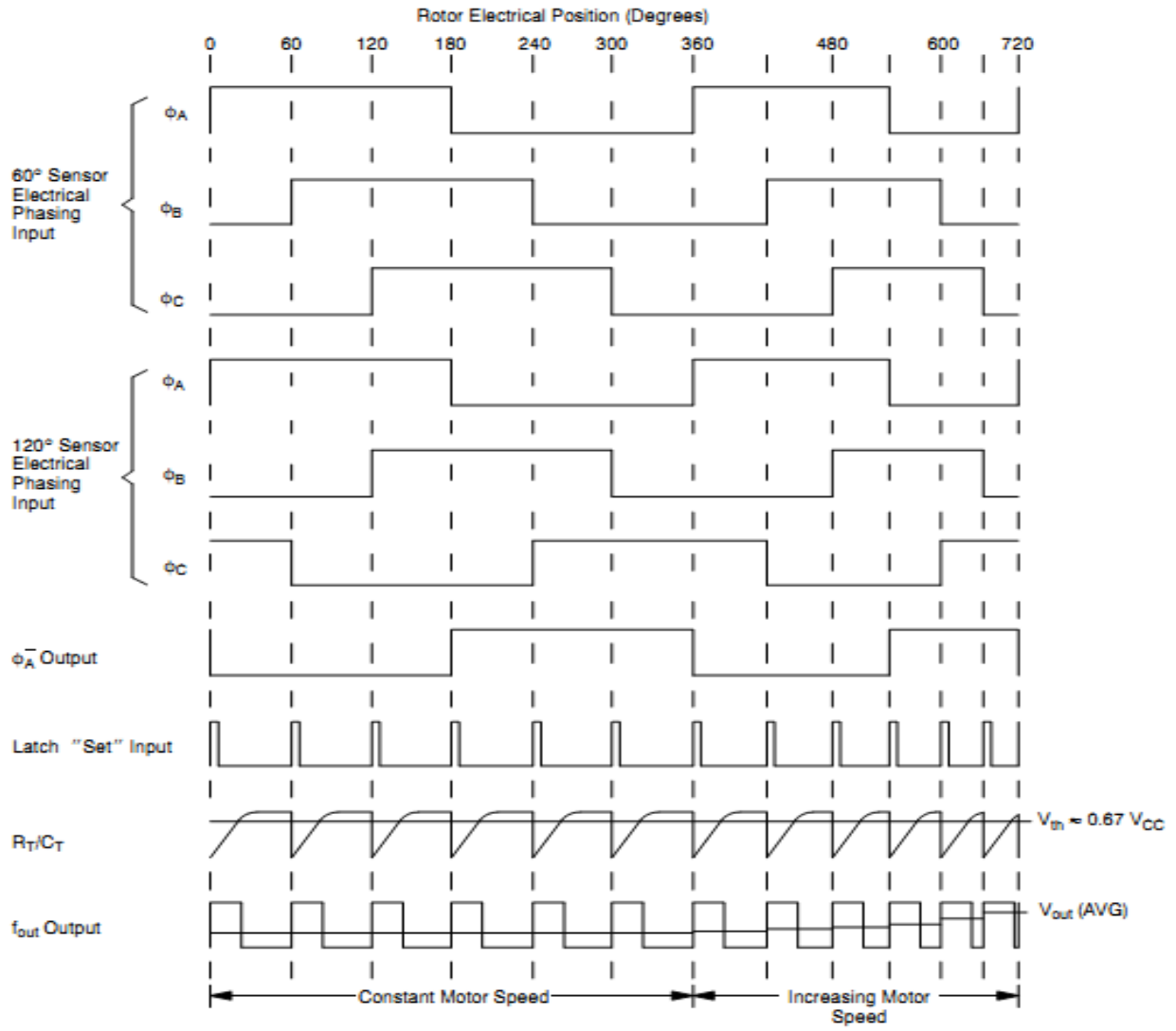
Trong mạch thiết kế không sử dụng transistor công suất lưỡng cực bởi nó không được lái trực tiếp bởi IC MC33035. Mạch Darlington thì có điện áp “Mở” thường quá cao. MOSFET công suất dương như là lựa chọn tốt bởi dễ dàng điều khiển, hiệu suất cao. Bởi vậy MPM3003 được tích hợp 6 MOSFET là một lựa chọn hợp lý. 3 MOSFET công suất kênh P có điện trở 0.28Ω và 3 MOSFET công suất kênh N có điện trở 0.15Ω. Những MOSFET trong MPM3003 có 3 thuộc tính mạnh mẽ hơn so với các thế hệ MOSFET trước đây. Đầu tiên là chúng có thể chịu được ứng suất trong suốt quá trình chuyển mạch của diode S-D trong MOSFET. Những MOSFET đời đầu thỉnh thoảng bị hỏng khi diode của chúng bị cưỡng bức khi có dòng ngược. Thứ hai, MOSFET mới ít nhạy hơn với những hư hại gây ra bởi hiện tượng quá độ giữa máng-nguồn. Cuối cùng MOSFET trong MPM3003 có chỉ số (*minimum*) từ cửa tới nguồn (gate-to-source)

khíến dải điện áp phá hỏng lên đến 40V thay vì chuẩn công nghiệp hiện nay là 20V. Giới hạn điện áp phá hỏng lớn hơn không chỉ cải thiện khả năng chịu sự phóng điện và những điện áp đột ngột của – nguồn, mà còn tăng thời gian sống cho MOSFET ở tất cả các dải điện áp hoạt động.

5.3 Tổ hợp mạch điện

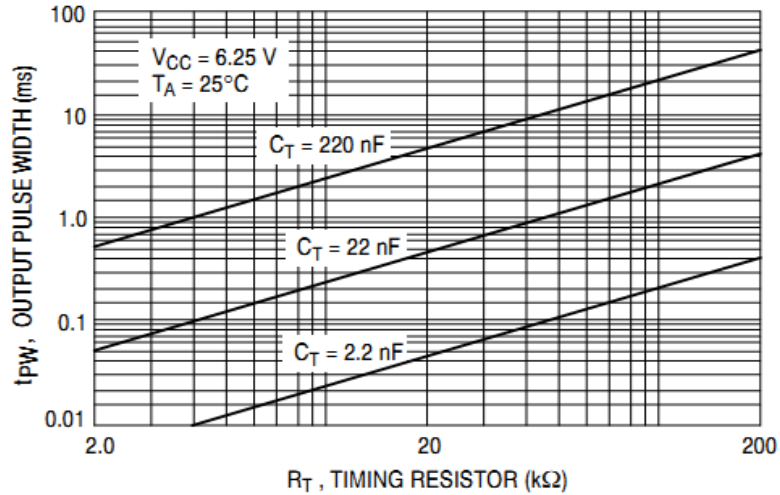
5.3.1 Thành phần định thời

Động cơ BLDC sử dụng nếu có 4 cặp cực nam châm vĩnh cửu. Do vậy 4 chu kỳ điện tương ứng với 1 vòng cơ (*hình 5.11*). Mỗi cảm biến Hall sẽ tạo ra 4 xung và 3 cảm biến Hall sẽ tạo ra 12 xung. MC33039 sinh ra 1 xung với cả sườn lên và xuống nên tổng cộng sinh ra 24 xung. Trong *hình 5.12*, R_1 và C_1 là thành phần định thời của MC33039. Giá trị của R_1 và C_1 sẽ lựa chọn giá trị độ rộng xung f_{out} (chân 5 của MC33039) và đó là giá trị lớn nhất cho tốc độ lớn nhất của động cơ. Như vậy thành phần định thời sẽ được lựa chọn tùy thuộc thiết kế tốc độ lớn nhất của động cơ.



Hình 5.11 - Sơ đồ thời gian tín hiệu cảm biến Hall của động cơ BLDC 3 pha

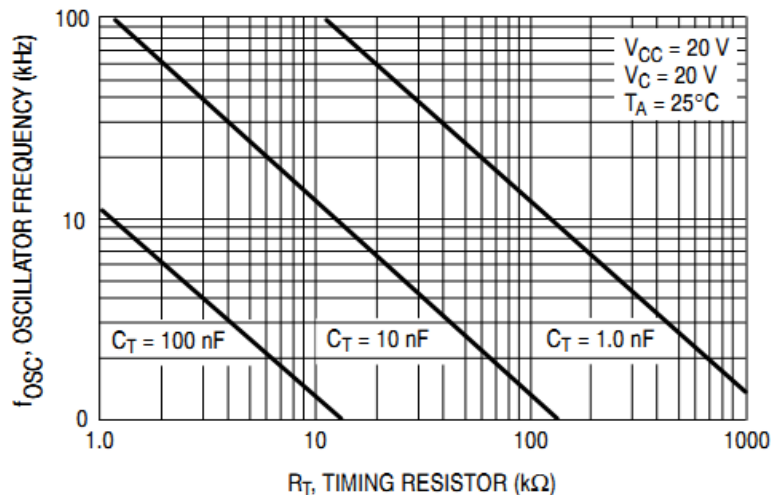
Nếu động cơ sử dụng có tốc độ định mức 6300 vòng /phút (tốc độ tối đa trong dải momen ổn định). Tương ứng với tốc độ đó là 105 vòng/giây. Như vậy MC33039 sẽ tạo ra $105 \times 24 = 2520$ xung/ giây. Tần số xung sẽ là 2.52kHz và độ rộng xung xấp xỉ 0.4ms. Vậy cần chọn giá trị R_1 và C_1 sao cho tạo ra tốc độ rộng xung nhỏ hơn 0.4 ms để hoạt động được trong trường hợp động cơ hoạt động ở tốc độ tối đa.



Hình 5.12 - Độ rộng xung f_{out} ứng với giá trị R_T và C_T của MC33039

Từ đồ thị ở hình trên ta chọn giá trị $R_1 = 10\text{k}\Omega$ và $C_1 = 22\text{nF}$. Kết quả độ rộng xung sẽ là khoảng 200us.

Tương tự như vậy, thành phần định thời của MC33035 là $R_2 = 5.1 \text{ k}\Omega$ và $C_2 = 0.01\mu\text{F}$ sẽ tạo ra tần số PWM là 24Khz .



Hình 5.13 - Đồ thị giúp lựa chọn tần số dao động của MC33035 thông qua R_T và C_T

5.3.2 Mạch điều khiển

MC33035 có 6 chân đầu ra dùng cho điều khiển. Ba chân điều khiển bên trên (chân 1, 2, 24) dùng lái MOSFET kênh P. Ba chân điều khiển bên dưới (19, 20, 21) dùng lái MOSFET kênh N. Chân điều khiển bên dưới được cấp nguồn từ V_c (chân 18)

như một nguồn độc lập của Vcc. Khi Vcc lớn hơn 20V, cực Gate của MOSFET sẽ bị hỏng nên cần một diode zener kết nối với chân 18 (Zener 1N4746).

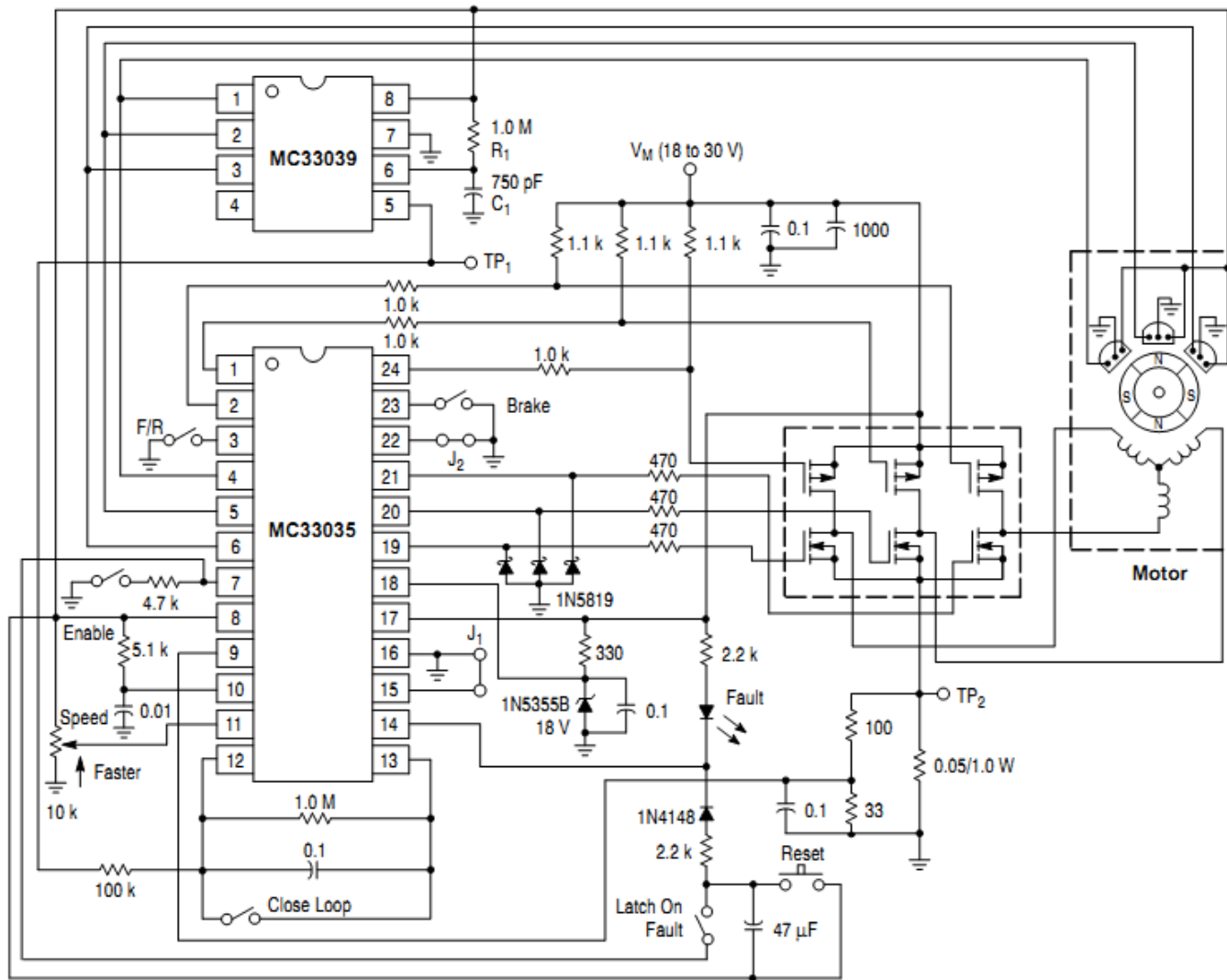
a) Mạch điều khiển MOSFET kênh N

Nếu nguồn cung cấp 24V (18 to 30V), MC33035 có thể kết nối trực tiếp với nguồn điện áp đó vì dải hoạt động của IC là 40V. Với tụ hóa C7 (1000uf), tụ lọc nhỏ C8 (0.1 uf) được đặt ngay sát IC để giảm thiểu những hài của nguồn DC.

Để giảm thiểu nhỏ nhất sự hao hụt công suất của IC, ba đầu ra được lái với nguồn Vc (Chân 18) từ MC33035. Tụ lọc nguồn C4 (0.1uf) cung cấp dòng mở đi qua điện trở R₇ bởi MOSFET hút dòng trung bình nhỏ và dòng cao để nạp cho các tụ đầu vào của chúng. Điện áp rơi trên R₇ là 3V khi nguồn chính cung cấp thấp nhất giá trị 18V trong hệ thống 24V. 3 diode Schottky D₁, D₂, D₃ được đặt vào giữa cực Gate của MOSFET kênh N và đất để ngăn cản sự phá hỏng nếu như dòng vượt quá 50mA.

b) Mạch điều khiển MOSFET kênh P

Tối thiểu 7-8V có thể chấp nhận được để điều khiển cực G của MOSFET. R₅ và R₆ được lựa chọn để cung cấp lái cực G của MOSFET kênh P với giá trị 10V ngay cả khi điện áp cung cấp có giá trị thấp nhất (18V). R₅, R₁₂ và R₁₃ điều khiển bật tốc độ. Tương tự R₆, R₁₄, R₁₅ điều khiển ngắt tốc độ. MOSFET kênh P hoạt động ở tần số giống như tần số chuyển mạch (thấp hơn tần số PWM), không yêu cầu trở kháng thấp cho điều khiển cực cổng MOSFET kênh P.



Hình 5.14 - Sơ đồ mạch điều khiển vòng kín sử dụng MC33035, MC33039, MPM3003

5.4 Đặc tính điều khiển

MC33035 không có có tính năng điều khiển tốc độ vòng kín. IC này không theo dõi tốc độ của động cơ và tạo ra tín hiệu tỷ lệ với tốc độ động cơ. Nhưng nếu tín hiệu tốc độ của động cơ được cung cấp cho IC thì MC33035 có thể thực hiện điều khiển vòng kín.

5.4.1 Điều khiển tốc độ vòng mở

Nó không yêu cầu cần biết tốc độ của động cơ để thực hiện điều khiển vòng mở. Nó cung cấp một tín hiệu tỷ lệ thuận với tốc độ mong muốn của động cơ vào đầu vào không đảo của bộ khuếch đại lỗi (chân 11). Sau đó đầu ra của bộ khuếch đại được so

sánh với đầu ra của bộ dao động để nhận được một tín hiệu PWM tỉ lệ với tốc độ mong muốn của động cơ trừ khi điều khiển vòng này bị giới hạn bởi sự quá dòng hoặc lỗi.

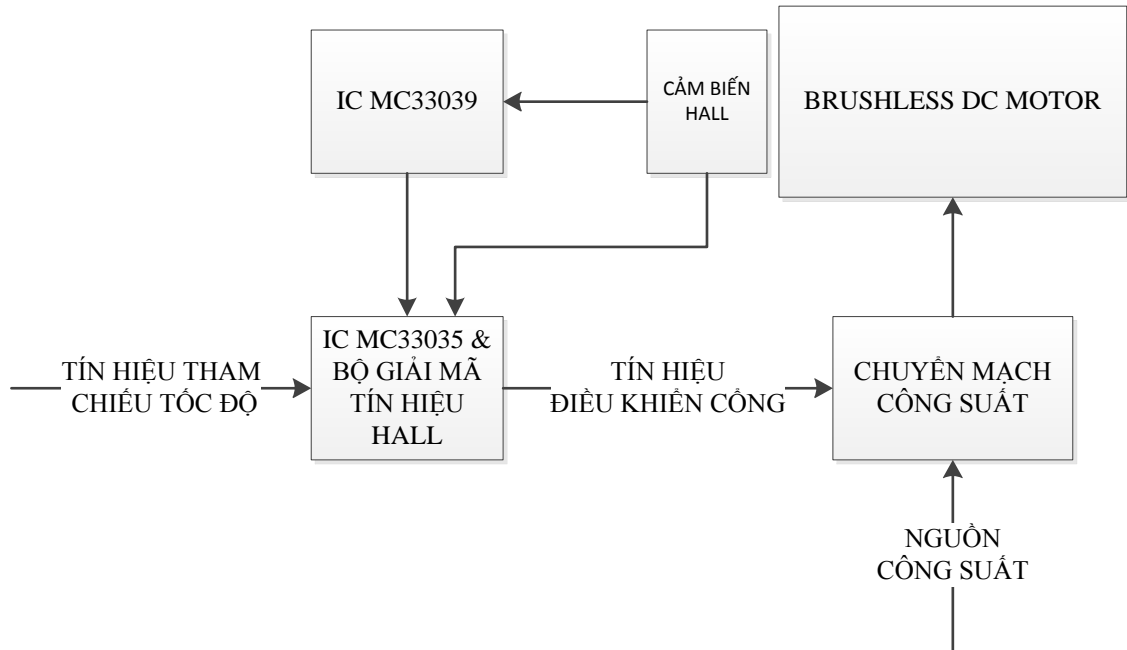
5.4.2 Điều khiển tốc độ vòng kín

Đối với điều khiển tốc độ vòng kín, MC33035 yêu cầu một điện áp đầu vào tỉ lệ thuận với tốc độ của động cơ. Điện áp đầu vào này được tạo ra bởi IC MC33039. Như trong *hình 5.14*, điện áp tham chiếu 6.25V từ MC33035 (chân 8) cung cấp nguồn cho MC33039 sử dụng tạo ra điện áp phản hồi tỉ lệ thuận với tốc độ của động cơ mà không cần đến tốc độ kế (tachometer). Cả hai IC MC33035 và MC33039 đều sử dụng tín hiệu cảm biến Hall như nhau. Mặc dù MC33035 sử dụng chúng để giải mã vị trí rotor, còn IC MC33039 sử dụng tín hiệu cảm biến Hall để nhận biết tốc độ của rotor.

Ứng với mỗi cạnh lên và xuống của tín hiệu cảm biến Hall, MC33039 tạo ra một xung với biên độ và chu kỳ được thiết lập bằng giá trị của điện trở R_1 và tụ điện C_1 . Xung đầu ra từ MC33039 (chân 5) được tích phân bởi bộ khuếch đại lỗi của MC33035 và tạo ra một điện áp DC có độ lớn tỉ lệ thuận với tốc độ động cơ.

Sau khi tạo ra tín hiệu tỉ lệ với tốc độ động cơ, tín hiệu này sẽ thiết lập tín hiệu PWM ở chân 13 của MC33035 và đóng đường nối chính của tín hiệu phản hồi, tín hiệu này được đi vào cổng đảo (chân 12) bộ so sánh của MC33035. Tại đầu ra của MC33039 là một **bộ lọc thông thấp bởi R_4, C_3** .

MC33035 mở rộng độ rộng xung tới chân điều khiển nếu tốc độ của động cơ thấp hơn tốc độ mong muốn khiến tốc độ thực tế của động cơ tăng, ngược lại giảm độ rộng xung nếu như tốc độ của động cơ lớn hơn tốc độ mong muốn. Nếu tốc độ mong muốn nhỏ hơn tốc độ động cơ quá nhiều thì độ rộng xung giảm về 0 và động cơ có thể giảm sput xuống tốc độ mong muốn.



Hình 5.15 - Sơ đồ khối của hệ thống mạch điều khiển vòng kín.

5.5 Chuyển mạch

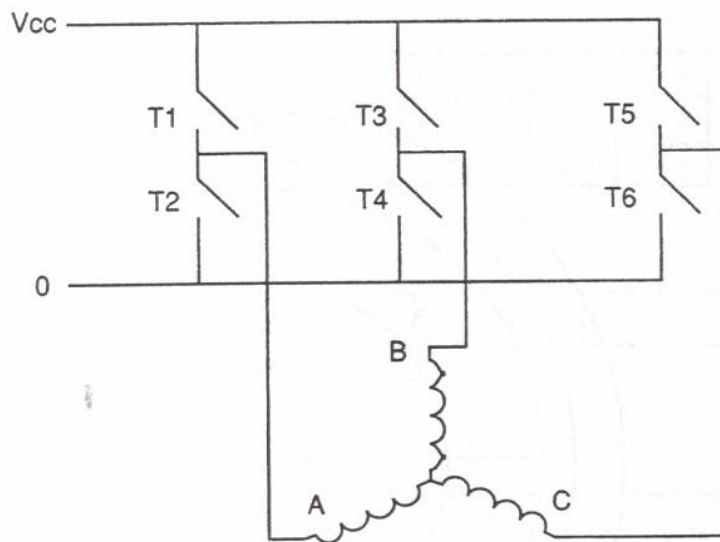
5.5.1 Giải mã vị trí rotor

Tương ứng với ba đầu vào tín hiệu cảm biến Hall, 8 (2^3) mã đầu vào có thể được kết hợp nhưng 2 mã (000 và 111) không có giá trị nên chỉ có 6 mã đầu vào. Bộ giải mã có thể xác định vị trí của rotor bằng cách sử dụng 6 mã trên. Hướng quay của động cơ có thể thay đổi bằng cách sử dụng chân số 3 (Forward/Reverse) sẽ làm đảo điện áp tới cuộn dây stator. Thứ tự chuyển mạch bị đảo khi đầu vào chân 3 thay đổi từ mức cao sang mức thấp với mã đầu vào của tín hiệu cảm biến sẽ làm hoán đổi chân điều khiển Top và Bottom. (AT tới AB, BT tới BB, CT tới CB). Thứ tự này khiến thay đổi chiều quay của động cơ. Chân Enable (chân 7) điều khiển bật/tắt động cơ. Nguồn dòng 25mA cung cấp thứ tự chân lái Top và Bottom khi chân Enable bị ngắt kết nối với đất. Khi bị nối đất, động cơ sẽ bị tắt bởi chân lái Top, ép chân lái Bottom xuống mức 0 và kích hoạt đầu ra Fault của IC. Quá trình phanh được thực hiện khi thiết lập chân Brake (chân 23) ở mức cao. Khiến cho đầu ra Top tắt và bật đầu ra Bottom là cho ngăn dòng cuộn dây động cơ và tạo ra phản sức điện động (Back EMF) làm cho động cơ bị hãm

lại ngay lập tức. Chân vào Brake luôn được ưu tiên số một so với tất cả các chân đầu vào khác.

5.5.2 Xử lý chuyển mạch

Bộ giải mã chuyển mạch của MC33035 nhận tín hiệu từ cảm biến vị trí ứng với vị trí của động cơ và dịch chúng thành các tín hiệu chuyển mạch để cung cấp cho khối công suất gồm cách chuyển mạch điện tử. Trong hệ thống lái 6 bước, 2 chuyển mạch được kích hoạt để tạo ra 2 pha của stator và trường quay được thiết lập trong khe hở bởi sự tương tác từ trường dòng điện trên 2 cuộn dây.









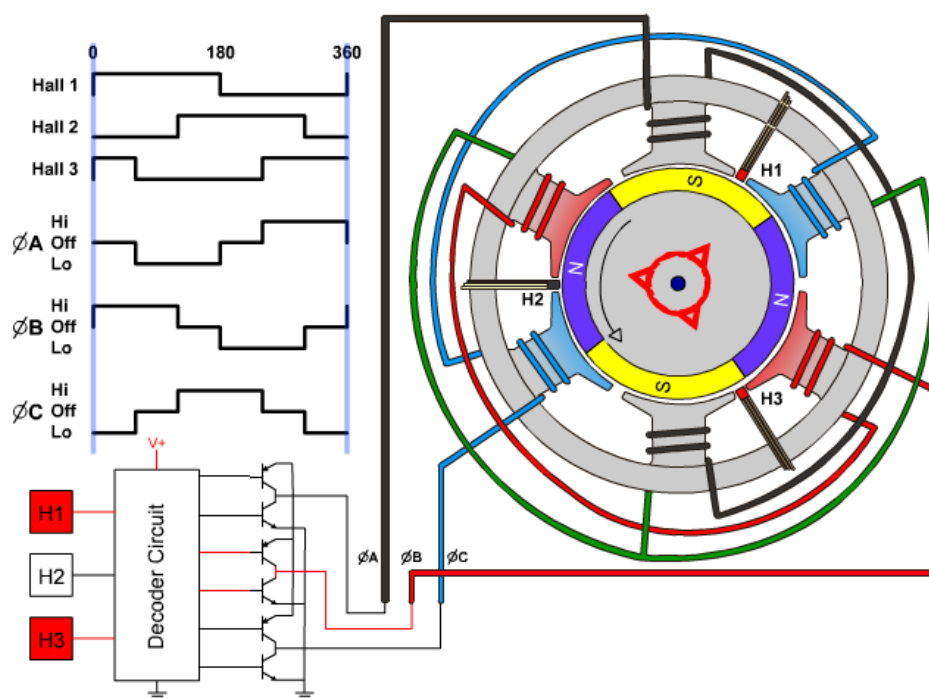
Hình 5.16 - Minh họa cho nguyên lý chuyển mạch của động cơ BLDC

Trong hình trên, khi công tắc T1 và T4, T1 và T6, T3 và T6...được bật lần lượt thì sẽ tạo ra trường quay thuận theo chiều kim đồng hồ. Thứ tự bật công tắc và hướng của trường quay sẽ được minh họa ở *bảng 5.2*. Đối với chiều đảo (ngược chiều kim đồng hồ) thì công tắc sẽ có tự đảo lại.

Nhìn chung, một bộ giải mã vào 3 ra 6 (3 to 6) cần cho một hệ thống với 3 vị trí cảm biến và 6 công tắc cầu chuyển mạch. 3 đường đầu vào được kết nối với đầu ra của cảm biến và 6 đầu ra được kết nối với khóa chuyển mạch. Những cảm biến này có thể được thiết lập lệch nhau 30° , 60° , hoặc 120° trong không gian. Bộ giải mã được thiết kế trong MC33035 cho trường hợp 60° và 120° .

Bảng 5.2 – Bảng thứ tự bật công tắc và kết quả chiều quay của động cơ

Cuộn dây được kích hoạt	A&B	A&C	B&C	B&A	C&A	C&B
Chiều của từ trường quay						
Khóa được bật	T1 & T4	T1 & T6	T3 & T6	T3 & T2	T5 & T2	T5 & T4
Góc quay	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360



Hình 5.17 - Động cơ Brushless DC Motor 4 cực nam châm vĩnh cửu với 3 cảm biến Hall đặt lệnh pha 120⁰

Hình trên minh họa cho động cơ với 2 cặp cực nam châm vĩnh cửu và các cảm biến Hall. Mỗi cảm biến tạo ra xung cao (mức logic 1) khi cực nam của nam châm đi ngang qua và ở mức thấp (mức logic 0) khi cực bắc của nam châm đi qua. Trong hình, cảm biến S1 nằm ở vị trí 0⁰, S2 nằm ở vị trí 120⁰ và S3 nằm ở vị trí 240⁰. Bảng 4.3 là bảng chân lý chuyển mạch và thể hiện mã đầu ra của cảm biến khi quay theo chiều

thuận và đảo. Với 6 chuyển mạch logic khác nhau kết hợp trên một vòng điện và mã logic cho cả 2 chiều quay là như nhau nhưng ngược nhau về thứ tự.

Thứ tự quay của cả hai chiều, mã tương ứng với chiều quay mong muốn (chân 3 - F/R) được thêm vào như một đầu vào của bộ giải mã chuyển mạch. Mã 1 và 0 được lựa chọn tương ứng cho chiều và chiều ngược (tùy chọn). Những đầu vào khác của bộ giải mã là đầu ra của các cảm biến và chân lựa chọn pha của cảm biến.

Hàm logic điều khiển các công tắc:

$$T1 = \overline{\overline{\overline{F.H1.H2}}}(R.H1.H2)$$

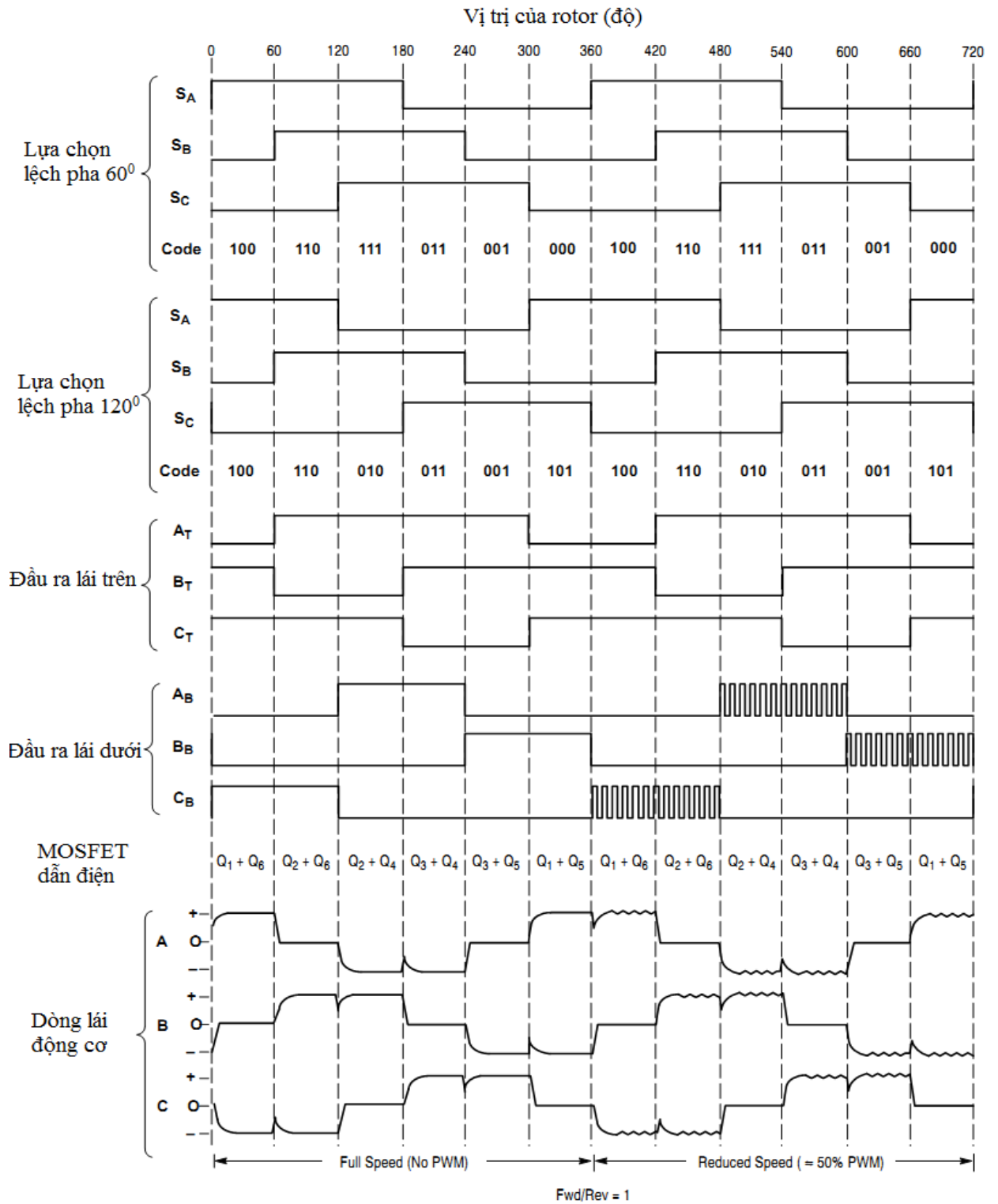
$$T2 = \overline{\overline{\overline{F.H1.H2}}}(R.H1.H2)$$

$$T3 = \overline{\overline{\overline{F.H2.H3}}}(R.H2.H3)$$

$$T4 = \overline{\overline{\overline{F.H2.H3}}}(R.H2.H3)$$

$$T5 = \overline{\overline{\overline{F.H3.H1}}}(R.H3.H1)$$

$$T6 = \overline{\overline{\overline{F.H3.H1}}}(R.H3.H1)$$



Hình 5.18 - Dạng sóng trong quá trình chuyển mạch

Bảng 5.3 – Bảng logic (tham khảo thêm datasheet MC33035)

Inputs (Note 2)										Outputs (Note 3)							
Sensor Electrical Phasing (Note 4)						F/R	Enable	Brake	Current Sense	Top Drives			Bottom Drives				
60°			120°							A _T	B _T	C _T	A _B	B _B		C _B	Fault
S _A	S _B	S _C	S _A	S _B	S _C												
1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	(Note 5) F/R = 1
1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	
1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	
0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	(Note 5) F/R = 0
1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	
1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	
0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
1	0	1	1	1	1	X	X	0	X	1	1	1	0	0	0	0	(Note 6) Brake = 0
0	1	0	0	0	0	X	X	0	X	1	1	1	0	0	0	0	
1	0	1	1	1	1	X	X	1	X	1	1	1	1	1	1	0	(Note 7) Brake = 1
0	1	0	0	0	0	X	X	1	X	1	1	1	1	1	1	0	
V	V	V	V	V	V	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	(Note 8)
V	V	V	V	V	V	X	0	1	X	1	1	1	1	1	1	0	(Note 9)
V	V	V	V	V	V	X	0	0	X	1	1	1	0	0	0	0	(Note 10)
V	V	V	V	V	V	X	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	(Note 11)

5.6 Quản lý lỗi

Nhiệm vụ của chân Fault Output (chân 14) là cảnh báo IC đang trong tình trạng lỗi hệ thống. Nó kéo chân đầu ra Fault xuống mức “thấp” (mức 0) bằng cách cung cấp dòng tối đa 16mA khi hệ thống có lỗi và có thể điều khiển đèn LED D6 sáng để cảnh báo có vấn đề lỗi. Với $R_{11} = 2.2k$ trong hệ thống nguồn 24V thì dòng qua LED là 10mA. Nhờ phát hiện lỗi mà IC không tạo xung điều khiển chuyển mạch. Có thể kết nối chân đầu ra Fault với chân Enable (chân 7). Như vậy dòng khởi động động cơ bị giới hạn hoặc bị chót tắt hệ thống. Có thể tạo ra 1 khoảng thời gian trễ để chót tắt hệ thống cho trường hợp quá dòng bằng các chèn thêm R_{10} và C_6 giữa chân đầu ra Fault (chân 14) và chân đầu vào Enable (chân 7). Chốt có thể bị trễ khi chèn C_6 (47uf). Trễ này được thiết lập bởi một hằng số thời gian của R_{10} và C_6 trước khi chót tắt hệ thống. Đầu ra Fault được thiết lập ở mức 0 khi một trong những trường hợp sau xuất hiện:

- 1) Mã đầu vào từ cảm biến không có nghĩa
- 2) Chân Enable ở mức logic 0

- 3) Đầu vào cảm biến dòng lớn hơn 100mV
- 4) Sụt áp
- 5) Quá nhiệt (170°)

5.6.1 Phát hiện quá dòng

Hiện tượng quá dòng có thể xảy ra trong khi động cơ hoạt động liên tục trong thời gian dài dẫn đến quá nhiệt và hư hỏng động cơ. Nếu độ rộng xung bị tăng một cách đột ngột làm cho động cơ bị gia tốc quá nhanh thì dòng điện chạy trong động cơ sẽ rất cao. Điều đó sẽ là nguyên nhân gây ra rung động cho động cơ và cả hệ thống cơ khí. Trường hợp xấu hơn, nó có thể vượt quá phạm vi giới hạn dòng của thiết bị công suất gây hỏng cho toàn bộ thiết bị.

5.6.1.1 Cảm biến quá dòng

Dòng tải lớn sẽ bị phát hiện bởi bộ so sánh của MC33035. Một tín hiệu liên quan với tất cả các cực nguồn của MOSFET kênh N sẽ được đưa vào bộ so sánh từ điện trở cảm dòng (R_{21}). Giới hạn bảo vệ là 100mV. Qua tín hiệu bộ so sánh sẽ đi vào Flip Flop RS và nếu quá dòng thì sẽ bị phát hiện, đầu ra điều khiển MOSFET công suất sẽ ngắt. Tại đây, điện trở cảm dòng $R_{21} = 0.05\Omega$ và có dải công suất là 1W và điện thế cảm dòng sẽ bị giảm bởi bộ chia điện áp. Bộ chia điện áp gồm điện trở $R_8 = 100\Omega$ nằm phía trên và $R_9 = 33\Omega$ nằm phía dưới sẽ thiết lập ngắt dòng tới 8A. Để bảo vệ bộ so sánh quá dòng với nhiễu hoặc dòng điện chằng hạn như phục hồi những hài ngược bằng cách sử dụng một tụ điện nhỏ C_5 . Dễ dàng thấy rằng khuếch đại 1 chiều của hệ thống được thiết lập bởi bộ chia điện trở. Hàm truyền đạt của hệ thống phân chia điện trở và tụ điện được mô tả như sau:

Trong miền tích phân s, một tụ điện C có thể được thay thế bởi một dẫn nạp sC hay 1 điện kháng $1/sC$

$$T(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R_9 // Z_{C_5}}{R_8 + (R_9 // Z_{C_5})} = \frac{\frac{R_9}{R_9 \cdot s \cdot C_5 + 1}}{R_8 + \frac{R_9}{R_9 \cdot s \cdot C_5 + 1}} = \frac{R_9}{R_8 \cdot R_9 \cdot s \cdot C_5 + R_8 + R_9}$$

$$T(t) = L^{-1}\{T(s)\} = L^{-1} \frac{R_9}{R_8 \cdot R_9 \cdot s \cdot C_5 + R_8 + R_9} = \frac{R_9}{C_5 \cdot R_8 \cdot R_9} \cdot e^{-\frac{R_8 + R_9}{C_5 \cdot R_8 \cdot R_9} \cdot t}$$

Trong đó V_i là điện áp qua điện trở cảm dòng và V_o là điện áp tại đầu vào của bộ so sánh.

5.5.1.2 Giới hạn dòng

Phạm vi giới hạn của gia tốc là chức năng của IC. Tuy nhiên, phạm vi giới hạn này không bảo vệ MOSFET dưới mức quá dòng. Sự phá hủy có thể được ngăn chặn khi sử dụng phương pháp giới hạn dòng “cycle-by-cycle”. Phương pháp giới hạn dòng Cycle-by-cycle được thực hiện bằng cách theo dõi dòng trên stator. Trong khi dòng điện được tích lũy sau mỗi lần chuyển mạch đầu ra, và trên cảm biến quá dòng, tức thời ngắt chuyển mạch và giữ nó ngắt trong suốt sườn lên của chu kỳ bộ dao động. Dòng điện stator được chuyển đổi thành điện áp bởi R_s (R_{21}). Điện áp này tỉ lệ thuận với dòng tải của động cơ, nó sẽ đi vào bộ so sánh (chân 9) của MC33035. Sau đó điện áp này được theo dõi bởi đầu vào cảm dòng (chân 9 và chân 15) và được so sánh với điện áp tham chiếu 100mV. Nếu vượt quá mức giới hạn này, bộ so sánh sẽ *reset* Flip Flop và tắt chân đầu ra điều khiển khối công suất. Chân đầu ra Fault sẽ được kích hoạt trong suốt quá trình quá dòng làm cho đèn LCD sáng. Giá trị của điện trở cảm dòng là :

$$R_s = \frac{0.1V}{I_{STATOR(MAX)}}$$

5.6.2 Khóa sụt áp

MC33035 có chức năng khóa sụt áp nếu như giới hạn dẫn của đầu ra lái MOSFET nếu như xuất hiện một trong 3 điều sau. Thứ nhất điện áp không thuộc dải hoạt động của IC. Thứ hai là điện áp lái cực Gate của MOSFET không phù hợp. Thứ ba là MC33035 không thể tạo ra điện áp tham chiếu 6.25V. Nếu bộ so sánh phát hiện sụt áp bởi một hoặc nhiều hơn các hiện tượng nói trên, chân đầu ra Fault sẽ được kích

hoạt, chân điều khiển Top sẽ ngắt và chân điều khiển Bottom sẽ được giữ ở mức thấp (mức 0).

5.6.3 Ngắt khi quá nhiệt

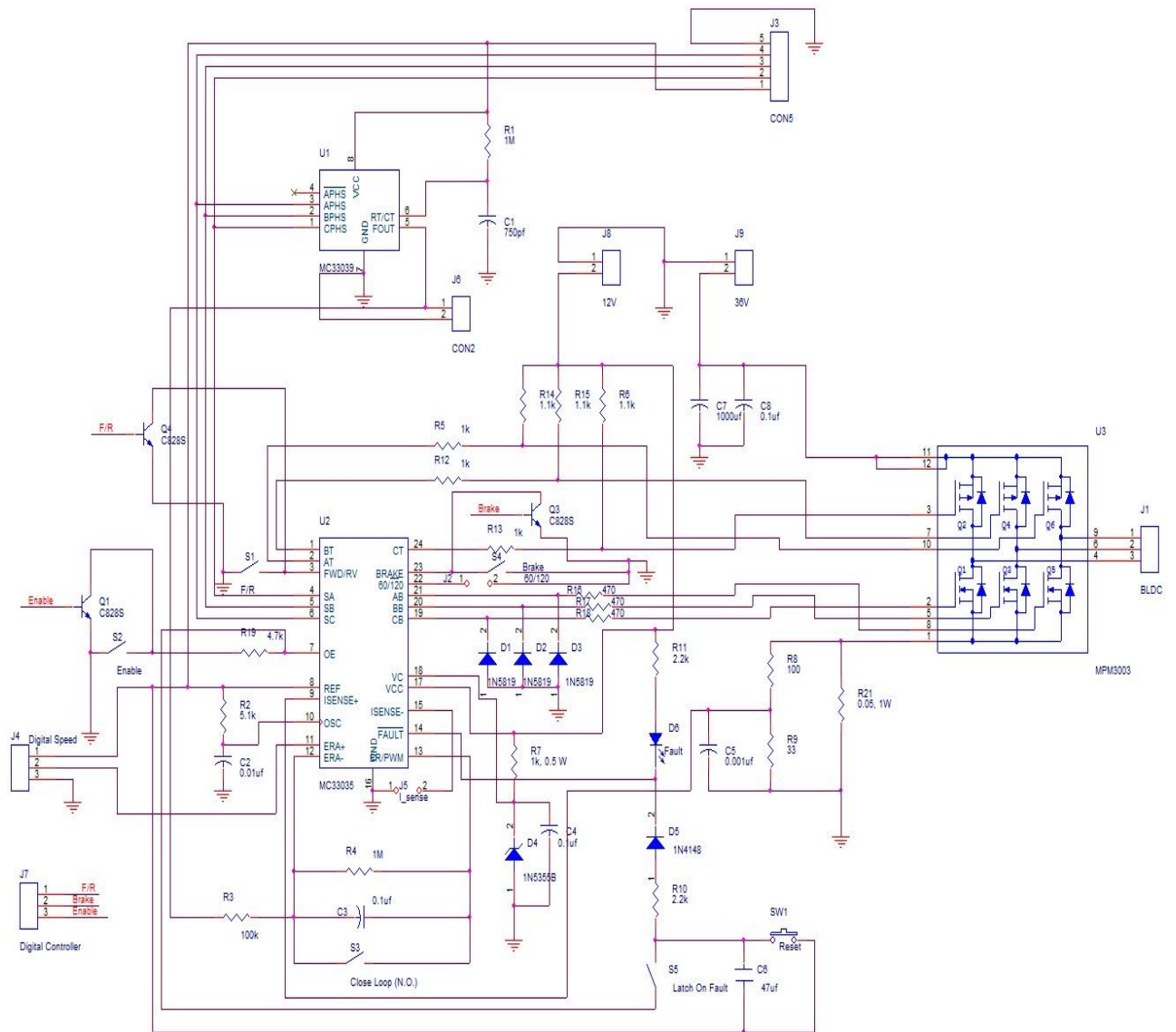
Nếu vượt qua dải nhiệt độ hoạt động (170°C), tính năng ngắt quá nhiệt bên trong IC sẽ được kích hoạt. Điều đó kéo theo mọi hoạt động của IC và động cơ bị ngắt.

5.7 Phanh điện động

Chế độ phanh là chế độ hoạt động khác của IC bởi dòng điện rất cao. Khi có tín hiệu phanh, tất cả các chân điều khiển Bottom được bật, ngăn dòng cuộn dây động cơ. Bởi dòng chỉ chạy trong các cuộn dây mặc thông qua MOSFET kênh N mà không xuất hiện trên trở cảm dòng và MC33035 không thể phát hiện ra dòng điện lớn trong chế độ phanh. Để ngăn cảm sự phá hỏng, các MOSFET phải được thiết kế để chống lại được dòng rất lớn nếu như sử dụng chế độ phanh. Tốc độ động cơ, trở kháng cuộn dây, ma sát trong quá trình hoạt động và quán tính của động cơ tác dụng khiến thời gian tồn tại dòng giảm.

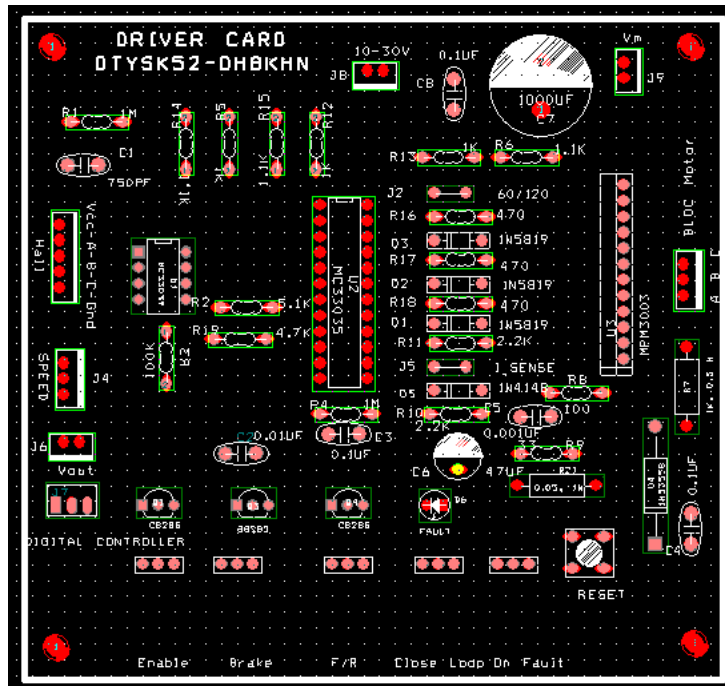
5.8 Thiết kế mạch điều khiển động cơ ly tâm

5.8.1 Xây dựng mạch trên phần mềm ORCAD

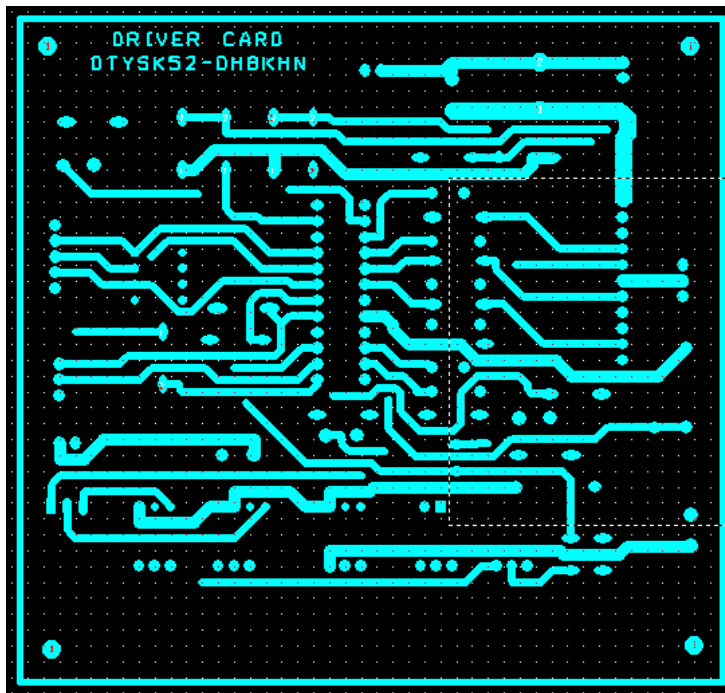


Hình 5.19 - Sơ đồ mạch vẽ trên phần mềm thiết kế mạch Orcard

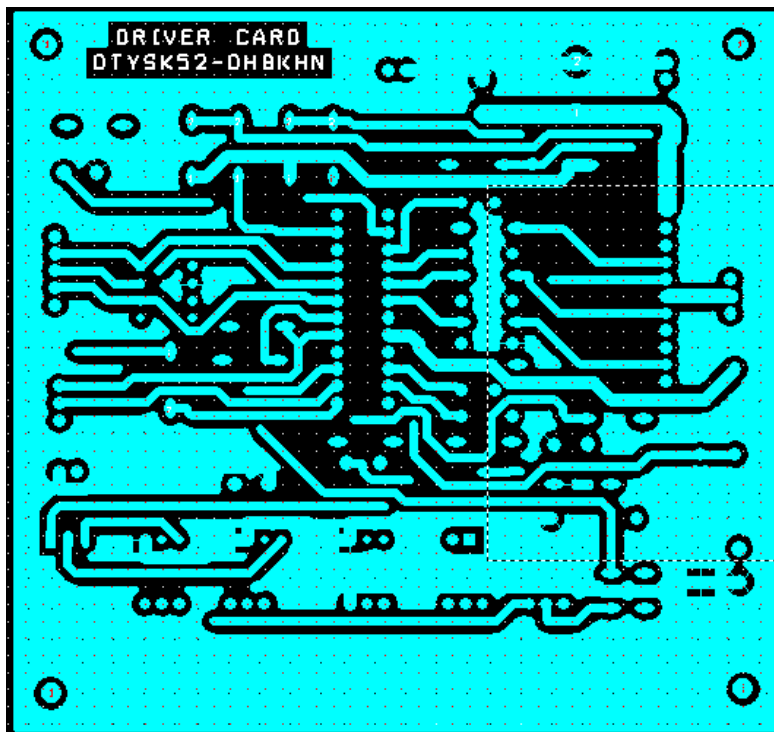
5.8.2 Tạo mạch in



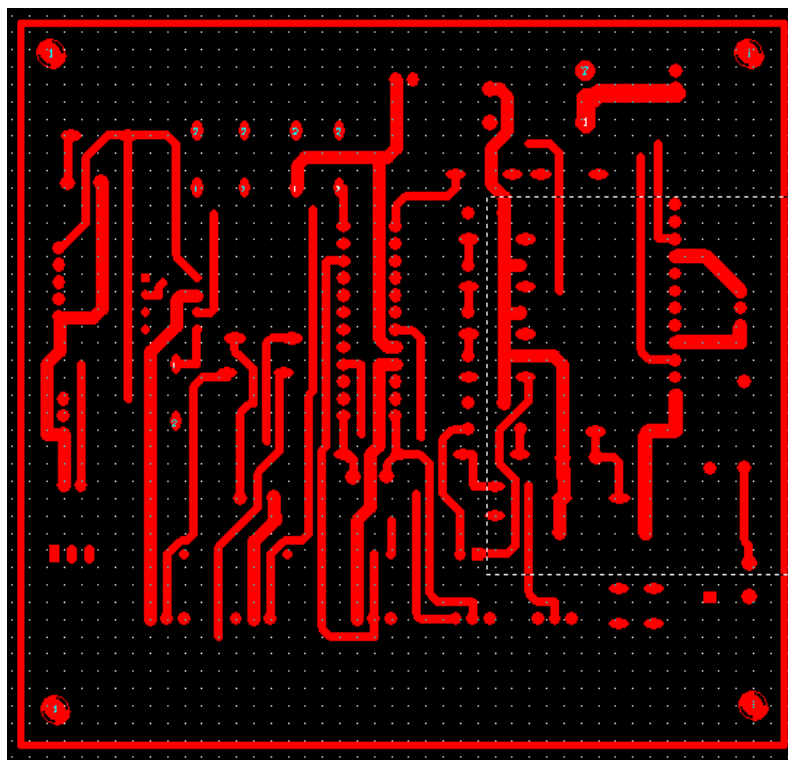
Hình 5.20 - Vị trí sắp xếp linh kiện trong mạch in



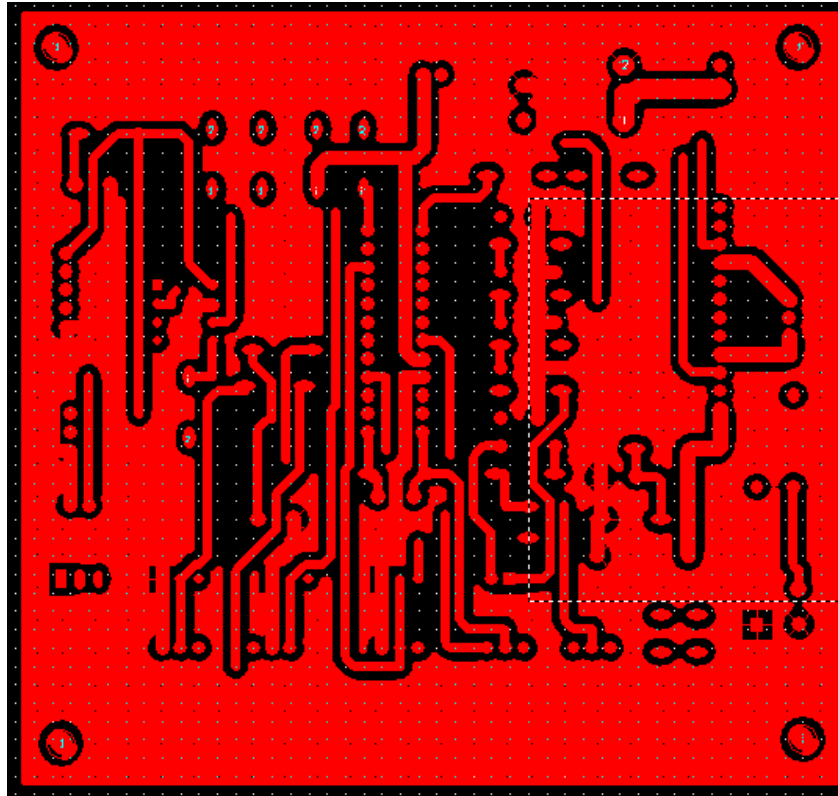
Hình 5.21 - Mạch in lớp trên



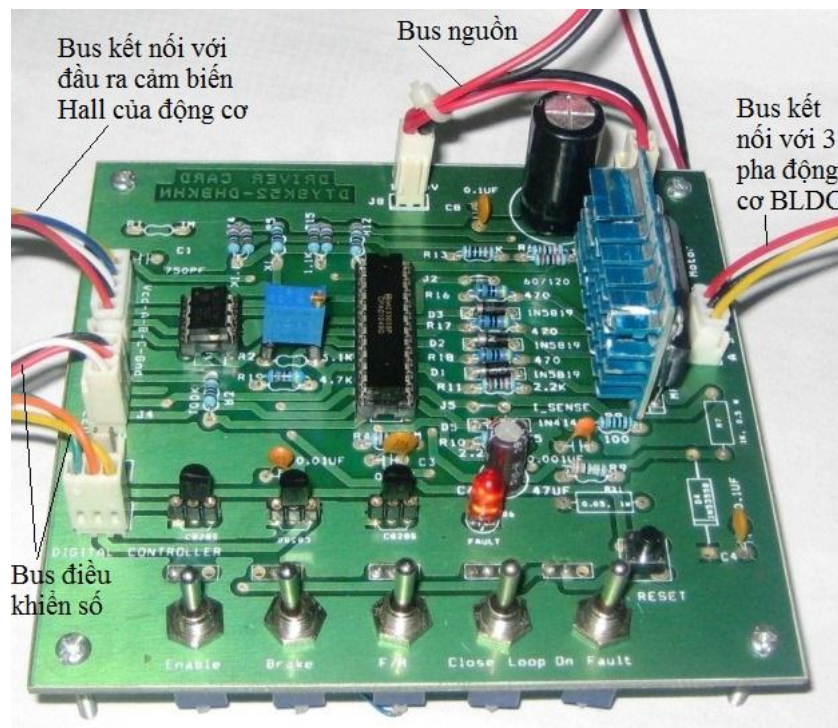
Hình 5.22 - Mặt trên sau khi phủ đồng



Hình 5.23 - Mạch in lớp dưới



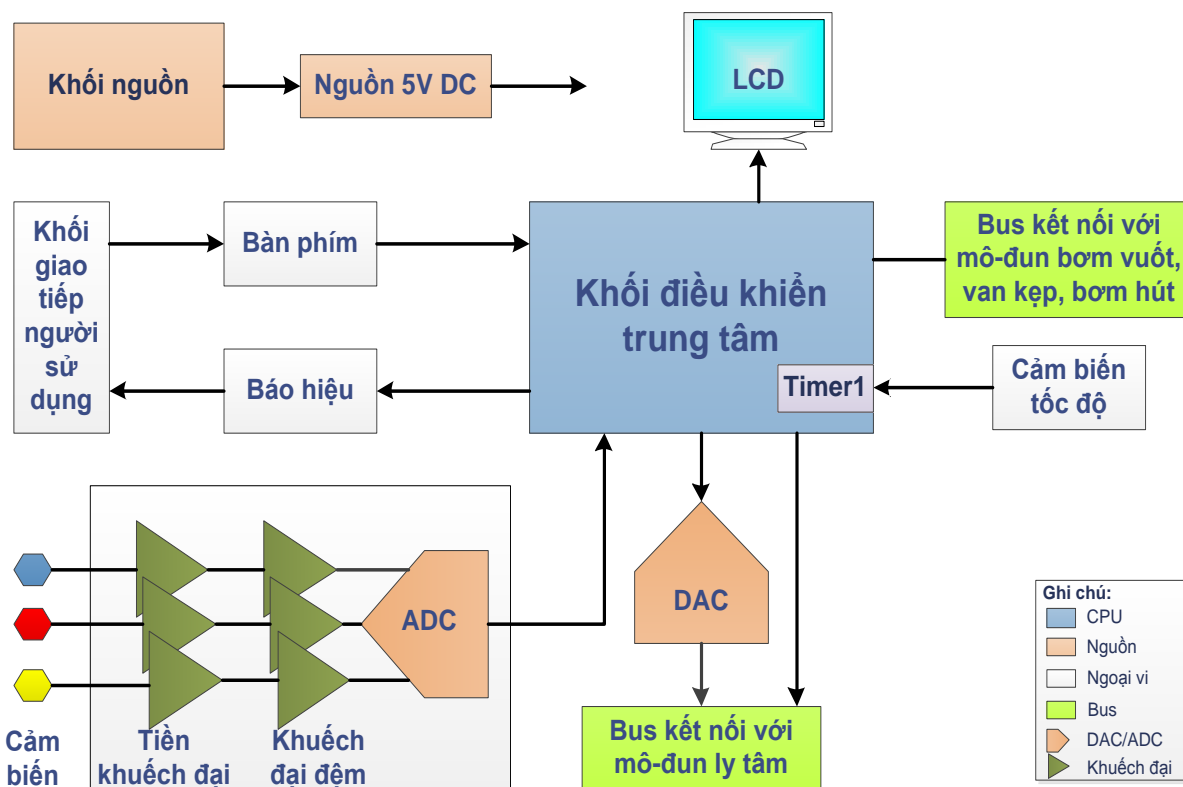
Hình 5.24 - Mặt dưới sau khi phủ đồng



Hình 5.25 - Mạch điện sau khi hoàn chỉnh

CHƯƠNG 6: THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN TRUNG TÂM

6.1 Sơ đồ khối mạch điều khiển trung tâm

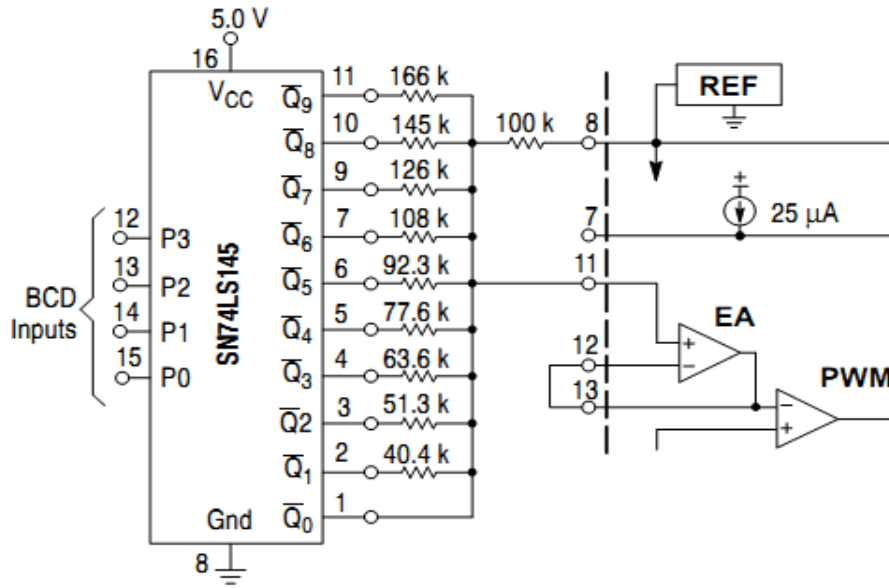


Hình 6.1 – Sơ đồ khối mạch điều khiển trung tâm

6.2 Điều khiển mô-đun ly tâm sử dụng tín hiệu số

6.2.1 Điều khiển tốc độ động cơ

Để điều khiển tốc độ động cơ của BLDC, Driver Card sử dụng chiết áp 10k giữa chân số 8 và chân 11 của IC MC33035. Chân số 8 của IC luôn có mức điện áp tham chiếu là 6.25V. Việc điều chỉnh biến trở giữa chân 8 và 11 làm thay đổi điện áp đầu vào của chân 11 từ 0V tới 6.25V, tương ứng với điều đó là tốc độ của động cơ tăng dần từ 0 đến tốc độ tối đa. Như vậy để điều khiển số cho động cơ chỉnh cần gắn thêm 1 mạch chia áp bằng các điện trở, giúp chia ra các mức điện áp tương ứng giữa 2 chân 8 và 11 làm cho việc điều khiển động cơ được dễ dàng hơn.

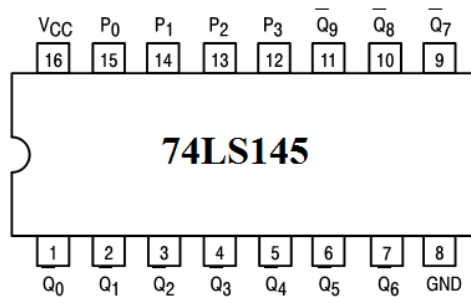


Hình 6.2 - Sơ đồ điều khiển số sử dụng SN74LS145

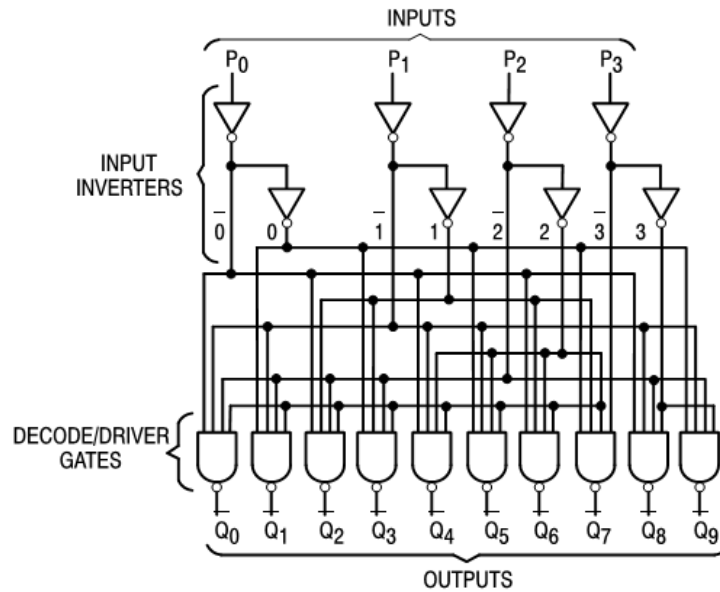
Mạch chia áp sử dụng IC 74LS145 với sơ đồ và giá trị điện trở như trên hình vẽ. Điện áp sẽ được chia tương ứng 0%, 10%, 20%.. giá trị của điện áp tham chiếu ở chân 8 của IC.

6.1.1.1 IC 74LS145

IC 74LS145 của MOTOROLA được thiết kế để nhận tín hiệu đầu vào BCD và tạo tín hiệu đầu ra để lái 10 chân của IC với các mức 0 và 1 (thường sử dụng trong quét ma trận led). Các chân đầu ra bị ngắt (mức 0) phụ thuộc tín hiệu đầu vào BCD. Mỗi khi tín hiệu đầu ra chuyển mức cao xuống mức thấp sẽ tạo ra tín hiệu dòng xung 80mA.



Hình 6.3 - Sơ đồ chân của IC 74LS145. Các chân P_0, P_1, P_2, P_3 là đầu vào BCD. Các chân $\overline{Q_0}$ tới $\overline{Q_9}$ là tín hiệu đầu ra.



Hình 6.4 - Sơ đồ logic trong IC 74LS145

Với H tương ứng với mức cao (mức 1) và L tương ứng với mức thấp (mức 0)

Bảng 6.1 – Bảng chân lý của IC 74LS145

INPUTS				OUTPUTS									
P3	P2	P1	P0	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

Kết hợp sơ đồ mạch điều khiển số với các thang điện trở và bảng chân lý ta có sơ đồ bảng mã điều khiển sau:

Bảng 6.2 – Bảng mã điều khiển

Mã thập phân	Mã BCD				Bước tăng PWM
	P ₃	P ₂	P ₁	P ₀	
0	0	0	0	0	0%
1	0	0	0	1	10%
2	0	0	1	0	20%
3	0	0	1	1	30%
4	0	1	0	0	40%
5	0	1	0	1	50%
6	0	1	1	0	60%
7	0	1	1	1	70%
8	1	0	0	0	80%
9	1	0	0	1	90%
10	1	0	1	0	100%
11	1	0	1	1	100%
12	1	1	0	0	100%
13	1	1	0	1	100%
14	1	1	1	0	100%
15	1	1	1	1	100%

Giải thích:

Với BCD =0000. Chân $\overline{Q_0}$ ở mức 0 nên chân 11 của MC33035 nối Gnd

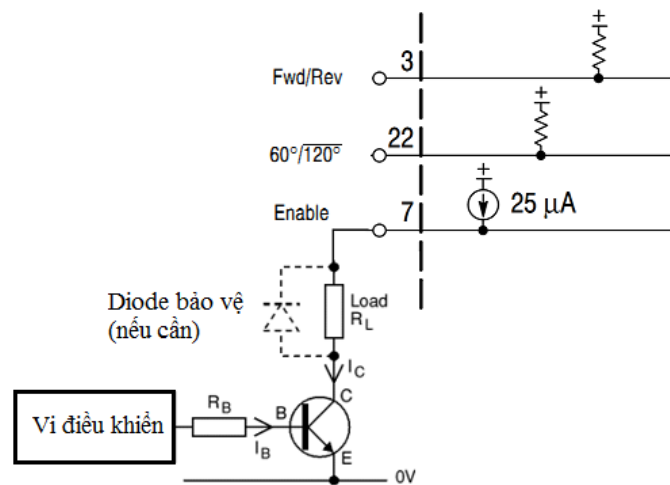
Với BCD =0001. Chân $\overline{Q_1}$ ở mức 0 nên chân 11 sẽ nằm giữa 2 điện trở 40.4k và 100k nên mức điện áp ≈ 1.798 V

Tương tự với các mã BCD tiếp theo.

6.2.2 Điều khiển các chức năng khác

a) Điều khiển chân Enable

Chân Enable (chân số 7) của MC33035 là chân điều khiển việc hoạt động của động cơ. Như đã trình bày ở phần trên, chân Enable nối Gnd thì động cơ không hoạt động, khi ngắt nối đất thì chân số 7 tự động lên mức cao bởi nguồn bên trong IC và tác động vào các chân output điều khiển xung tới các chân G của MOSFET trong MPM3003. Như vậy để điều khiển chân này chỉ cần nối chân số 7 với cực C của tranC828 (NPN), cực E của C828 được nối đất và cực B được điều khiển bởi vi xử lý PIC. Khi đó C828 hoạt động ở chế độ khóa điện tử, chân 7 sẽ nối đất khi có sự chênh lệch điện áp giữa 2 cực BC (B ở mức 1).



Hình 6.6 - Sơ đồ mạch điều khiển chân Enable của MC33035

b) Điều khiển chiều quay động cơ

Chân số 3 của MC33035 có chức năng đảo chiều quay của động cơ BLDC, khi chân không được nối Gnd thì chân tự động lên mức 1 làm động cơ quay theo chiều thuận. Khi được nối đất, chiều động cơ bị đảo ngược lại và việc điều khiển này cũng dùng trans C828 như chân Enable của MC33035.

c) Điều khiển phanh

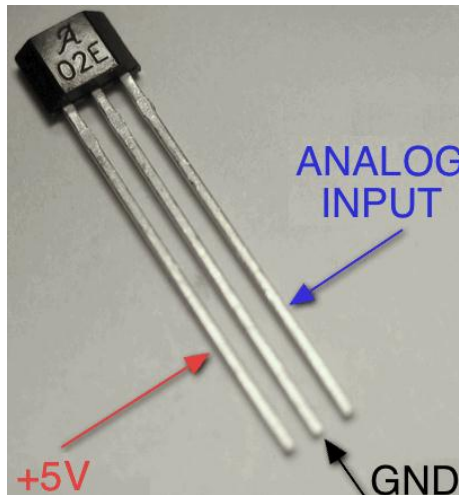
Chân số 23 của MC33035 có tác dụng phanh động lực học. Khi nó nổi đất (mức 0) động cơ sẽ quay bình thường dưới sự điều khiển của MC33035. Khi chân này không nổi đất, chân sẽ tự động chuyển lên mức cao (mức 1) tạo ra điện áp điều khiển cả 3 chân bottom khiến 3 cuộn dây trong BLDC bị ngắn mạch, tạo ra dòng điện rất lớn và sinh ra phản sức điện động ngăn cản chuyển động quay của động cơ khiến động cơ bị dừng lại nhanh chóng.

6.3 Đo tốc độ động cơ với cảm biến Hall

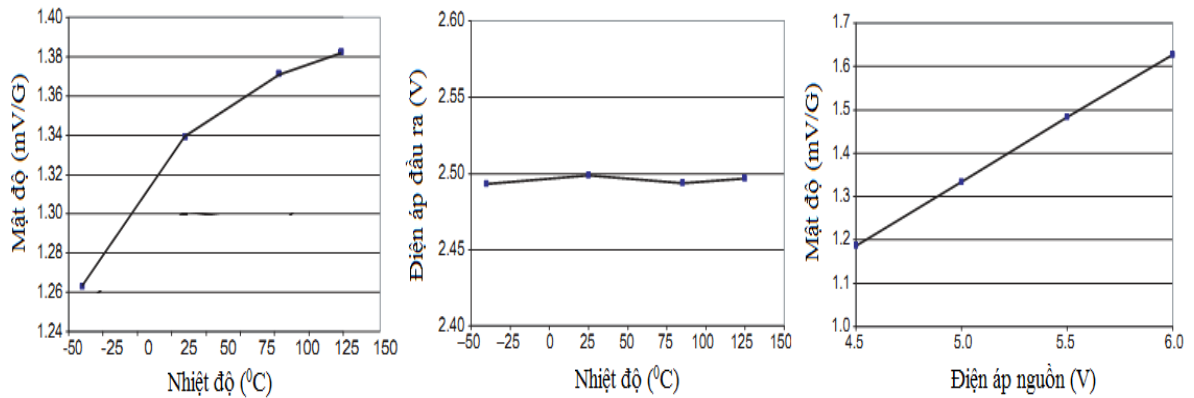
Bản chất của hiện tượng Hall đã được trình bày cụ thể ở chương trước. Việc đo tốc độ sử dụng cảm biến Hall là một lĩnh vực ứng dụng khá hay của cảm biến thay cho các encoder thông thường. Ưu điểm của sử dụng cảm biến Hall trong đo tốc độ so với encoder là không tiếp xúc với rotor của động cơ nên làm cho động cơ không phải chịu thêm tải. Đặc biệt đối với động cơ BLDC, rotor là nam châm có 3 cảm biến Hall bên trong để giải mã vị trí của rotor giúp tạo xung điều khiển. Chính vì thế thế dùng cảm biến Hall để đo tốc độ động cơ BLDC là lựa chọn tối ưu.

6.3.1 Chuyển tín hiệu Hall tương tự thành tín hiệu số

Thông thường tín hiệu Hall là có dạng tương tự, tín hiệu đầu ra của cảm biến là dạng điện áp biến thiên tỉ lệ thuận với cường độ từ trường đi vào vuông góc với mặt trước cảm biến.



Hình 6.7 - Cảm biến Hall A1302 - Allegro MicroSystems

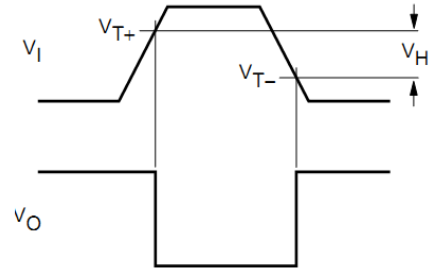


Hình 6.8 - Các đồ thị đặc tính của cảm biến Hall

Từ đồ thị đặc tính của cảm biến Hall ta thấy khi không có từ trường tác động vào cảm biến. Điện áp đầu ra là 2.5 V (ở nhiệt độ 25⁰C). Muốn chuyển tín hiệu của cảm biến Hall tương tự thành cảm biến Hall số thì ta dùng thêm IC 7414 (NOT). Tín hiệu điện áp đầu ra khi đi qua 1 lần cổng NOT thì sẽ ở mức 0 (khi không có từ trường hoặc từ trường đi vào mặt trước cảm biến Hall) và sẽ ở mức 1 (khi có từ trường đi ra ngoài mặt trước cảm biến Hall).

Bảng 6.3 – Bảng mức điện áp chuyển trạng thái của IC 7414 tại 25⁰C

Mức áp (V)	Nguồn cấp	Nhỏ nhất	Trung bình	Lớn nhất
V _{T+}	4.5	1.2	1.41	1.9
	5.5	1.4	1.59	2.1
V _{T-}	4.5	0.5	0.85	1.2
	5.5	0.6	0.99	1.4
V _H	4.5	0.4	0.56	–
	5.5	0.4	0.60	–



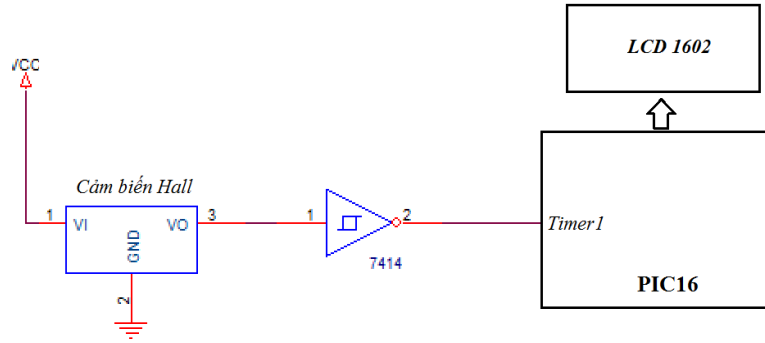
Tần số đáp ứng của cảm biến là 10kHz (nhiệt độ 25⁰C), tức là có thể nhận biết được 10000 lần biến thiên từ trường trong 1 đơn vị thời gian. Ví dụ với động cơ có 8 cặp cực thì khả năng cảm nhận biến thiên từ trường của cảm biến Hall có thể đáp ứng với tốc độ động cơ là 1250 vòng/giây.

Như vậy tín hiệu cảm biến Hall được số hóa và được đưa vào bộ định thời của cảm biến PIC16 để đếm xung rồi tính toán tốc độ động cơ tương ứng với xung và số cặp cực của động cơ.

6.3.2 Đo tần số của tín hiệu Hall với vi xử lý PIC16

Trong đồ án sử dụng PIC16F8xx, với timer1 (16 bit). Ứng dụng timer1 (chân C0) của PIC để đếm xung từ đó tính toán tần số của tín hiệu Hall. Giá trị đếm tối đa của Timer1 là 65534. Đo tốc độ động cơ đơn giản chỉ là đo tần số của tín hiệu Hall. Giả sử N là số cặp cực của động cơ thì số chu kỳ của tín hiệu Hall cũng là N khi động cơ quay được 1 vòng.

$$\text{Tốc độ động cơ} = \frac{\text{Tần số tín hiệu Hall}}{\text{Số cặp cực của động cơ}}$$

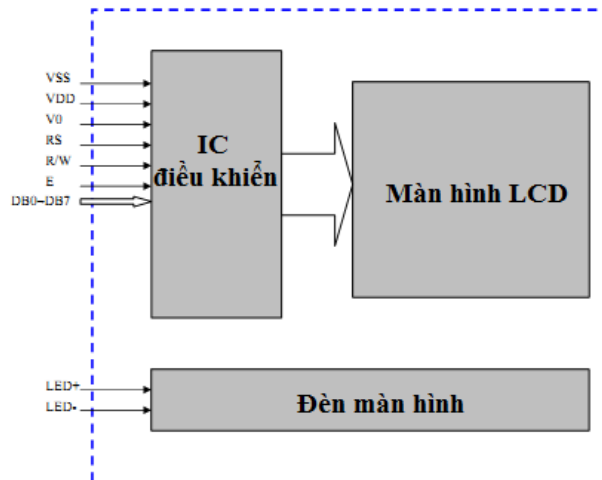


Hình 6.9 - Sơ đồ mạch đo tốc độ động cơ sử dụng cảm biến Hall

6.4 Hiện thị thông số trạng thái lên LCD

LCD là thiết bị ngoại vi cho phép việc giao tiếp giữa người sử dụng và hệ thống được dễ dàng hơn. Trong đồ án sử dụng loại LCD 16×2 (tức là 16 cột và 2 dòng).

6.4.1 Tìm hiểu sơ lược về LCD1602

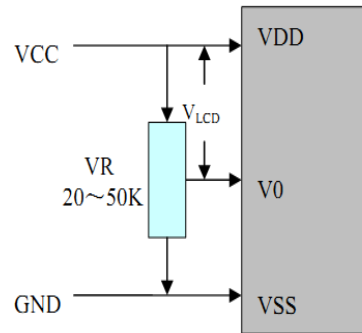


Hình 6.10 - Sơ đồ khối bên trong của LCD 1602

Bảng 6.4 – Bảng tính năng các chân của LCD

Chân	Ký hiệu	Mức điện áp	Tính năng
1	VSS	0V	Chân nối đất của LCD
2	VDD	+5.0V	Chân nguồn cho LCD
3	V0	-	Chân điều chỉnh độ tương phản màn hình
4	RS	H/L	Tín hiệu lựa chọn thanh ghi 1: Thanh ghi dữ liệu (đọc và ghi) 0: Thanh ghi cấu trúc (ghi), Địa chỉ cờ bận (đọc)
5	R/W	H/L	R/W = “H”: chế độ đọc R/W = “L”: chế độ ghi
6	E	H/L	Tín hiệu kích hoạt dữ liệu đọc hoặc ghi
7	DB0	H/L	Đường bus dữ liệu 8bit
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	LED+	+5V	Nguồn dương cho đèn màn hình
16	LED-	0V	Chân nối đất của đèn màn hình

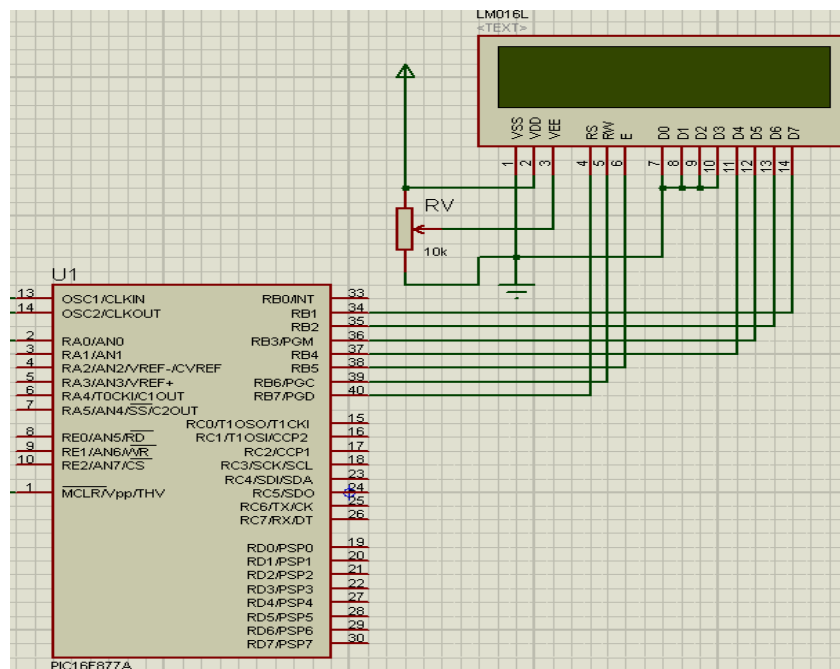
Để chỉnh độ tương phản của LCD ta mắc chân V0 của LCD như hình dưới:



Hình 6.11 - Biến trở chỉnh độ tương phản của LCD

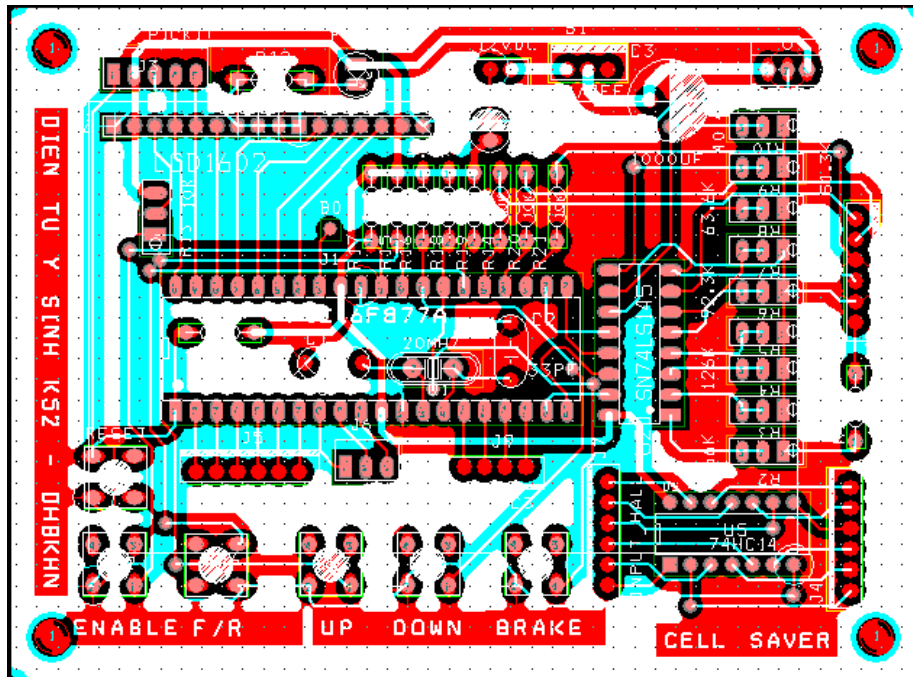
6.4.2 Giao tiếp giữa PIC16 và LCD1602

Trong đồ án sử dụng giao tiếp 4bit dữ liệu, tức là chỉ dùng 4 chân DB4 – DB7 của LCD cho đường bus dữ liệu. Như vậy giúp giảm bớt đáng kể lượng chân của vi điều khiển mà không ảnh hưởng gì đến chức năng hiển thị của LCD.

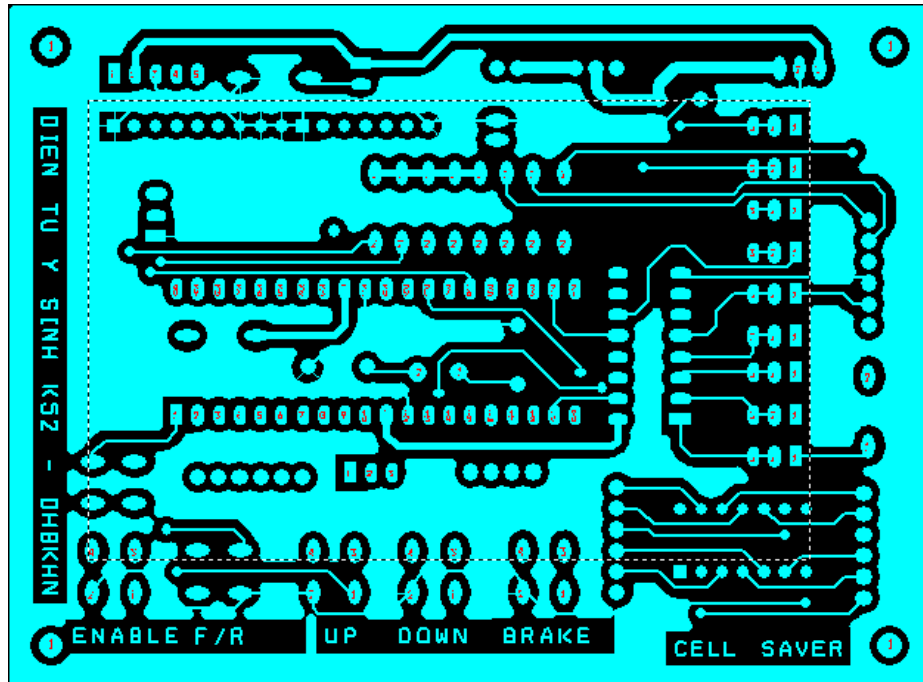


Hình 6.12 - Sơ đồ mạch giao tiếp giữa PIC và LCD 4 bit

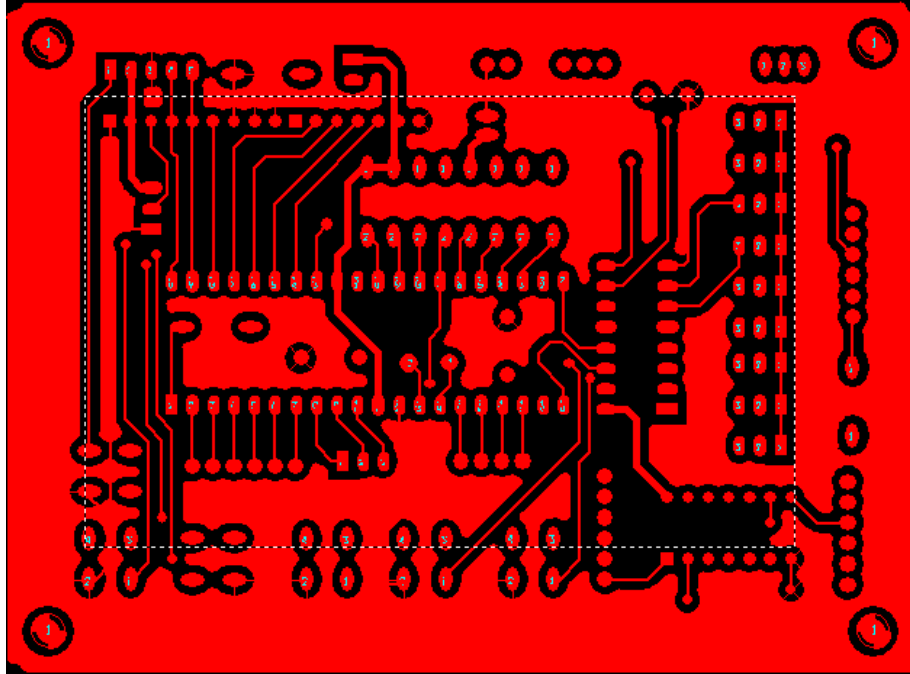
6.5.2 Thiết kế mạch in



Hình 6.14 - Sơ đồ mạch in

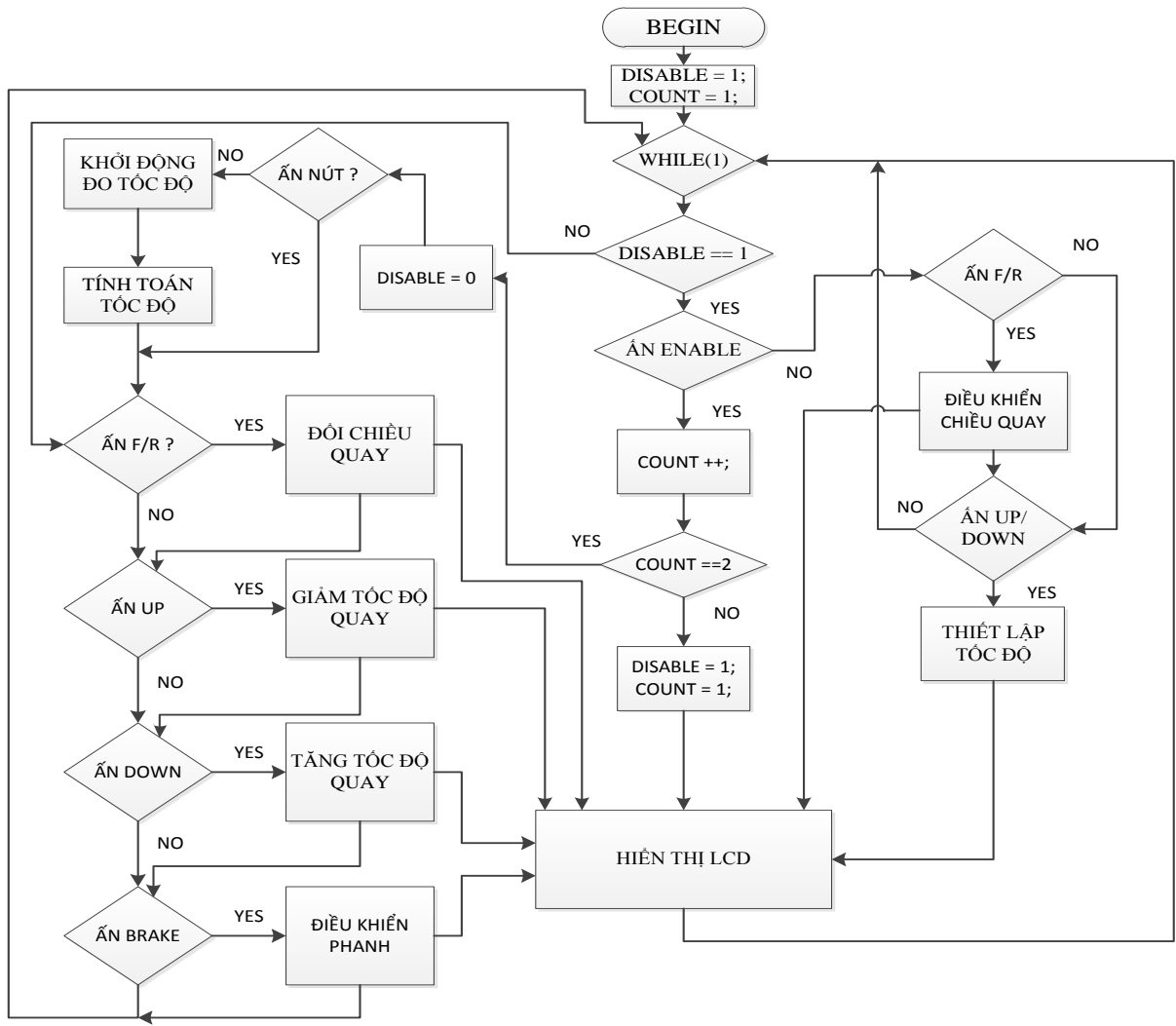


Hình 6.15 - Mạch in mặt trên của mạch điều khiển số



Hình 6.16 - Mặt dưới của mạch in điều khiển số

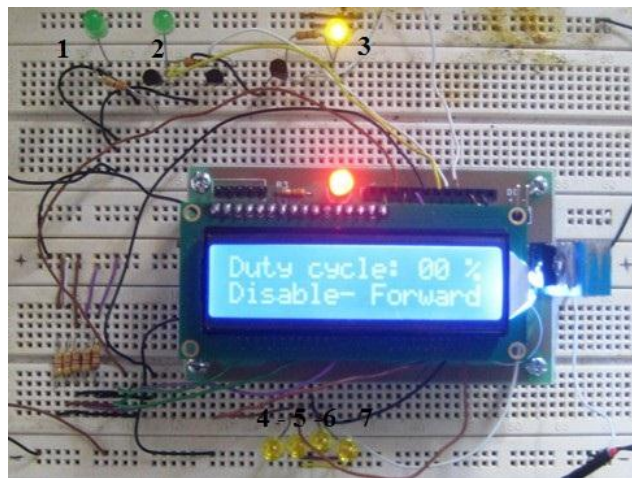
6.5.3 Sơ đồ thuật toán điều khiển số



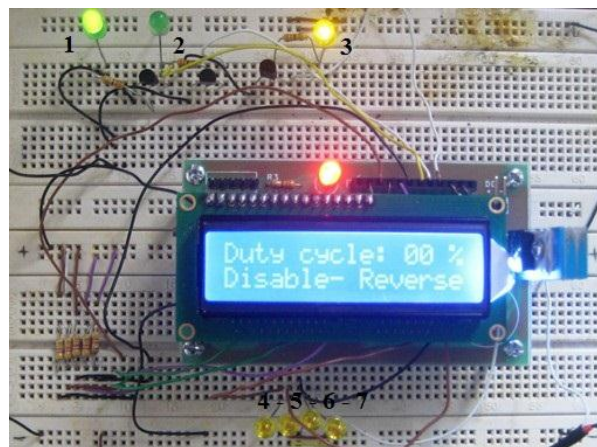
Hình 6.17 - Sơ đồ thuật toán điều khiển của mạch điều khiển số

6.5.4 Mô phỏng mạch điều khiển số

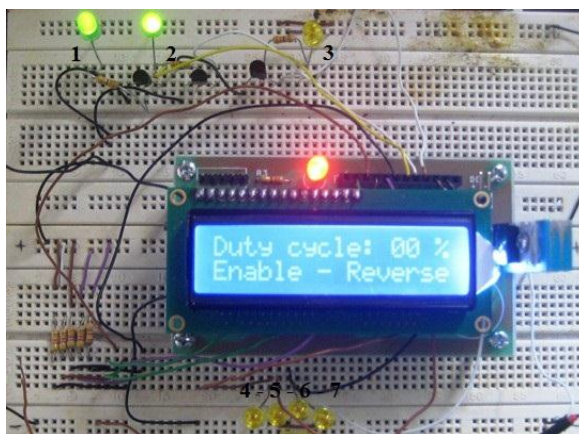
Mạch được mô phỏng với đèn 1 thể hiện chiều quay của động cơ (điều khiển chân số 3 của MC33035 với đèn sáng – quay ngược và tối – quay thuận). Đèn 2 thể hiện chế độ phanh của động cơ (điều khiển chân 23 của MC33035 với sáng: không phanh và tối – phanh). Đèn 3 thể hiện chức năng khởi động động cơ (điều khiển chân số 7 của MC33035 với sáng – động cơ khởi động và tối – động cơ được kích hoạt). Đèn 4,5,6,7 thể hiện cho điều khiển đầu vào của 74LS145.



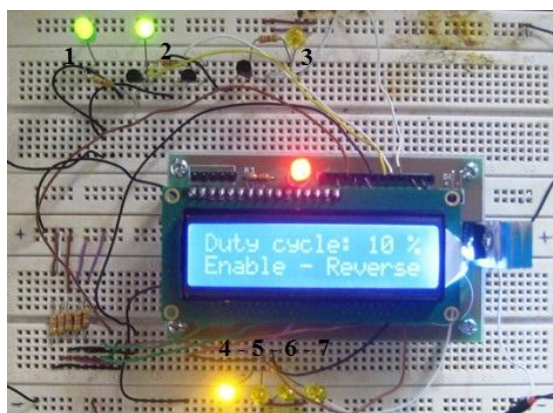
Hình 97: Bàn đầu động cơ chưa hoạt động – mặc định quay theo chiều thuận và tốc độ điều khiển 0%



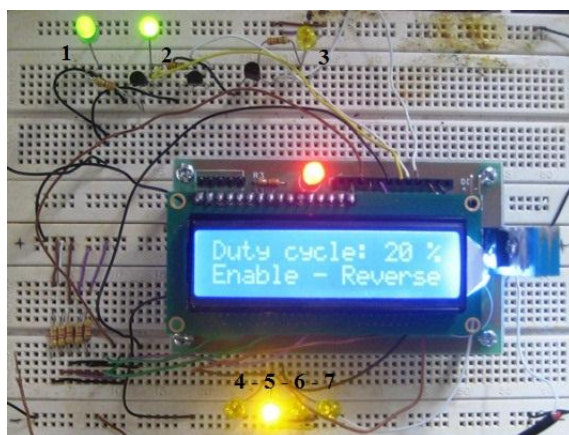
Hình 98: Có thể chọn chiều quay của động cơ khi chưa khởi động



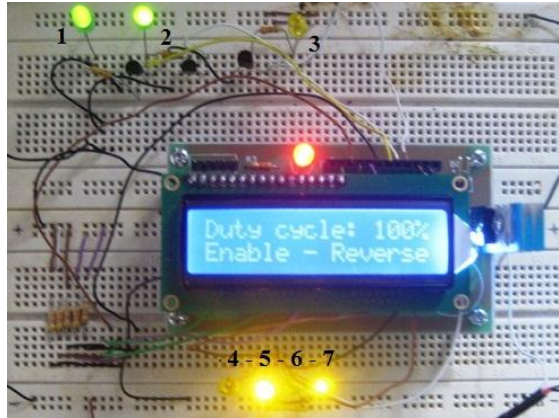
Hình 99: Khi bắt đầu khởi động – chiều quay ngược, tốc độ 0



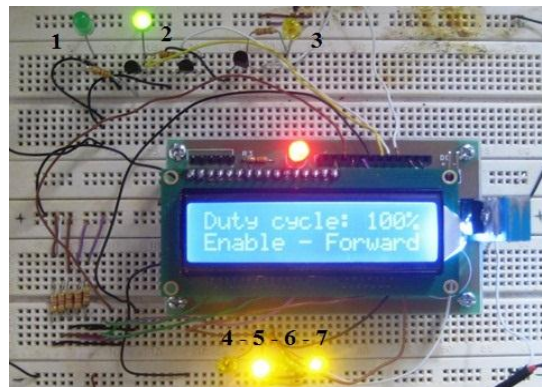
Hình 100: Tăng tốc độ lên 10% - quay ngược



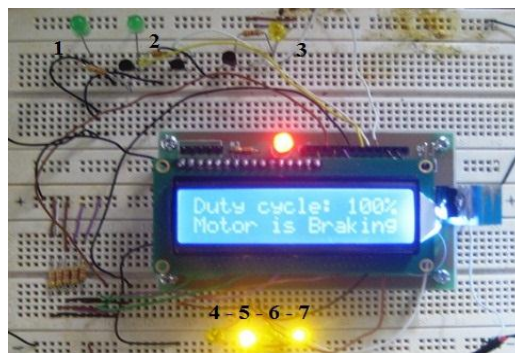
Hình 101: Tăng tốc độ lên 20%



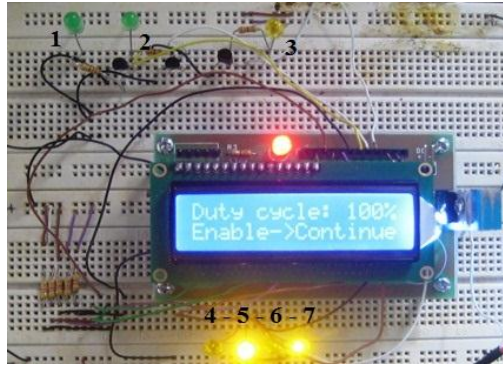
Hình 102: Tốc độ đạt tối đa



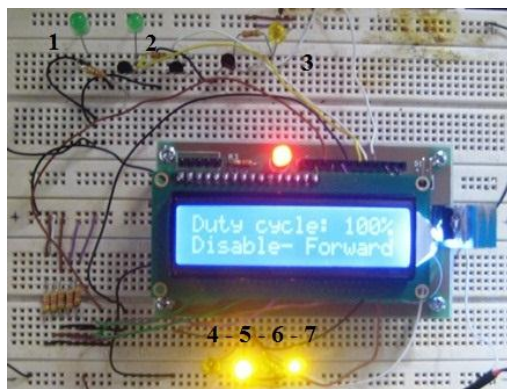
Hình 103: Thay đổi chiều quay của động cơ



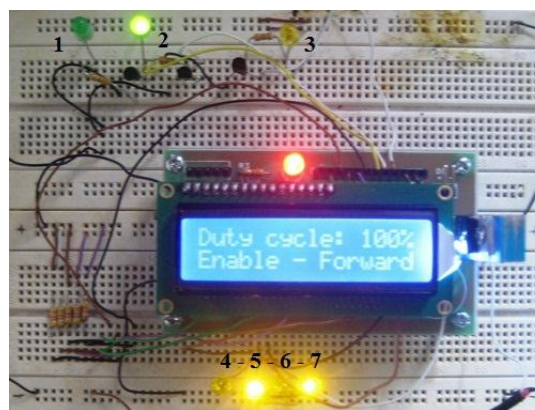
Hình 104: Phanh động cơ – ngắt nối đất chân 23 của MC33035



Hình 105: Ấn nút enable nếu muốn khởi động lại

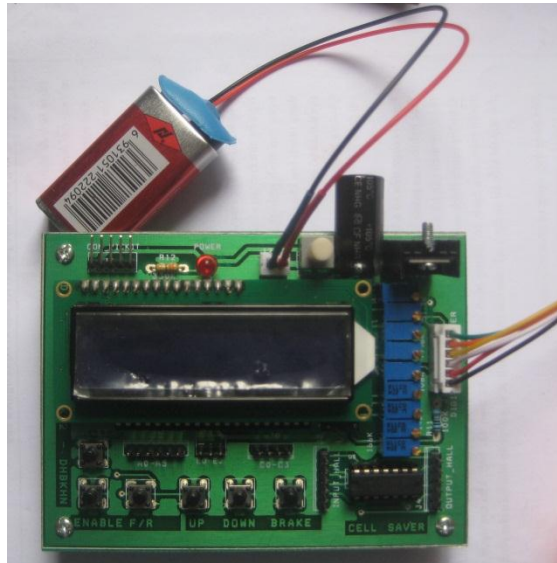


Hình 106: Nếu không tiếp tục – sẽ báo động cơ bị disable cùng với chiều quay hiện tại

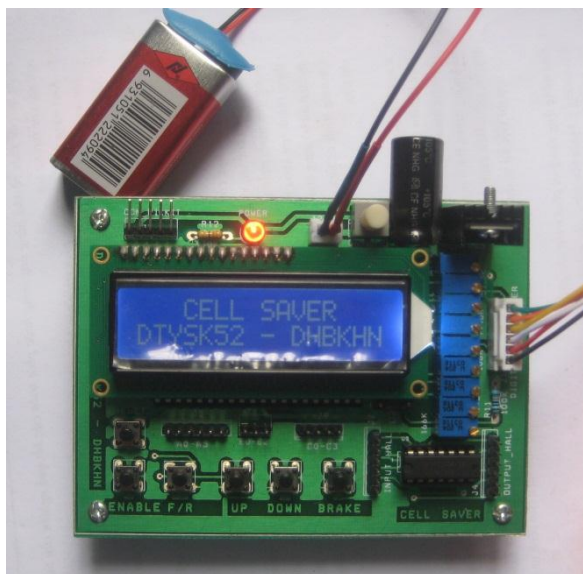


Hình 107: Khi ấn nút Enable thì động cơ được khởi động trở lại và tăng dần vận tốc lên 100% bởi chế độ thiết lập tốc độ vẫn hoạt động.

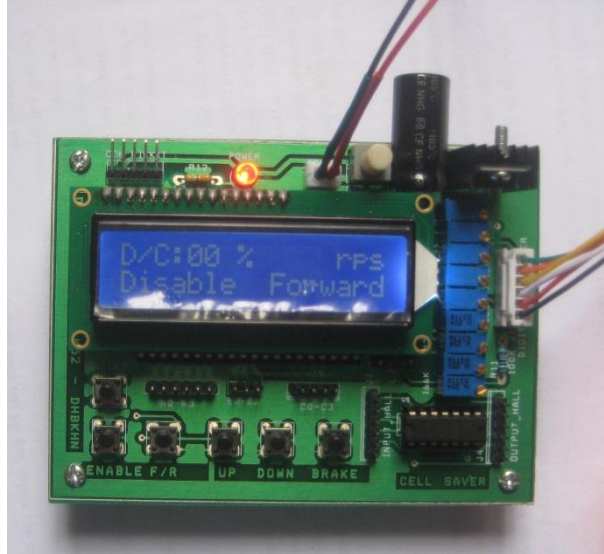
6.5.5 Mạch số và các tính năng đã lập trình



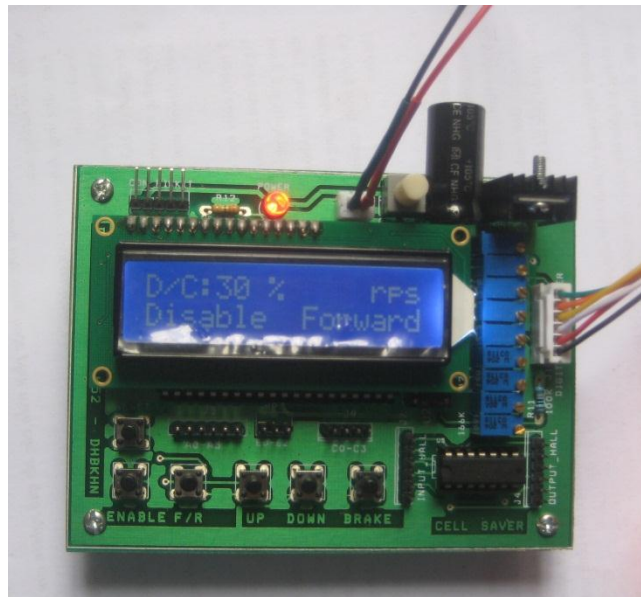
Hình 108: Mạch điều khiển số sau khi hoàn thiện



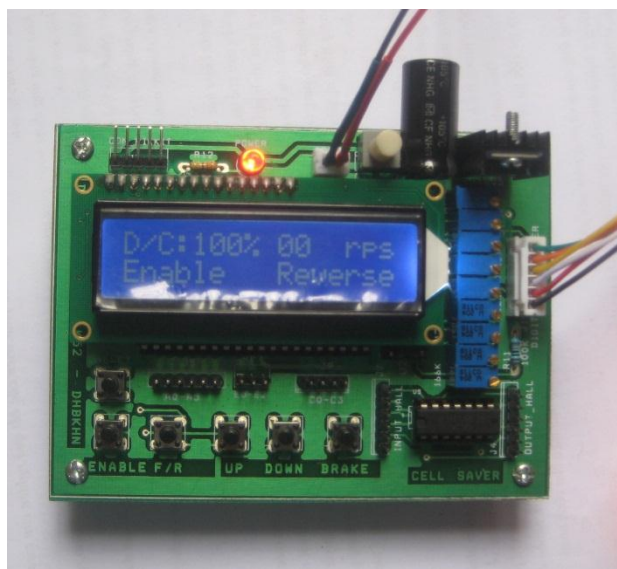
Hình 58: Khởi động hệ thống điều khiển số



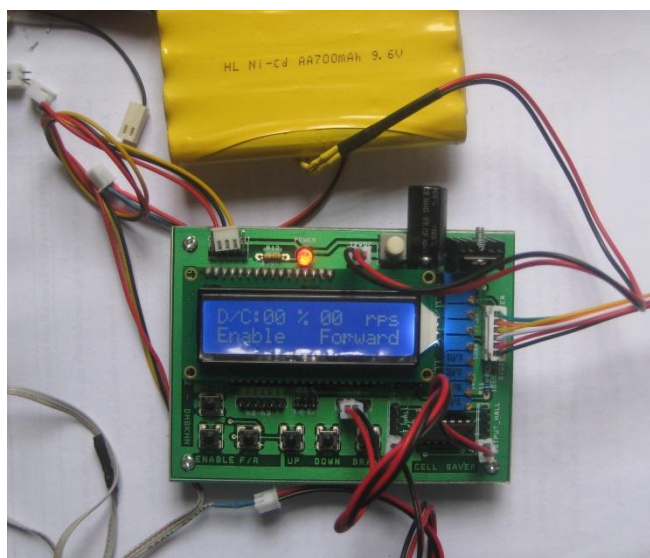
Hình 59: Giao diện của hệ thống điều khiển số. Khi khởi động mặc định ở chế độ sẵn sàng khởi động (khi ấn Enable) và quay theo chiều thuận. Chế độ đo tốc độ đang ở chế độ chờ



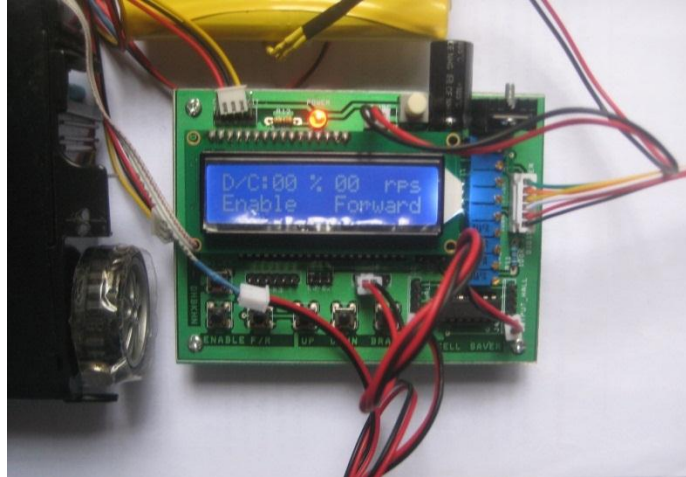
Hình 60: Có thể điều chỉnh hiệu suất PWM (%) và chiều quay mong muốn khi động cơ ở chế độ DISABLE



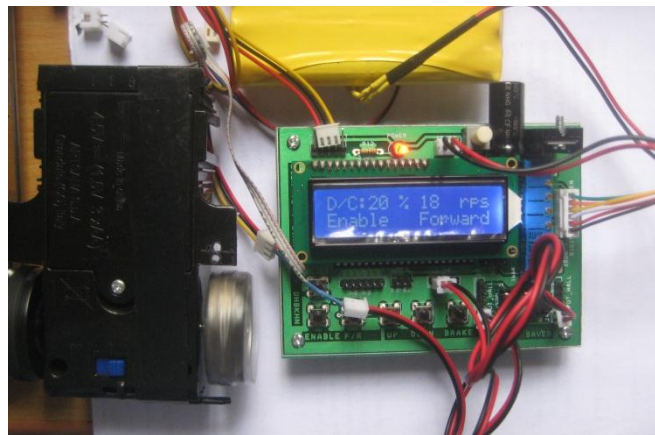
Hình 61: Khi thiết lập đã sẵn sàng thì ấn nút ENABLE để khởi động động cơ



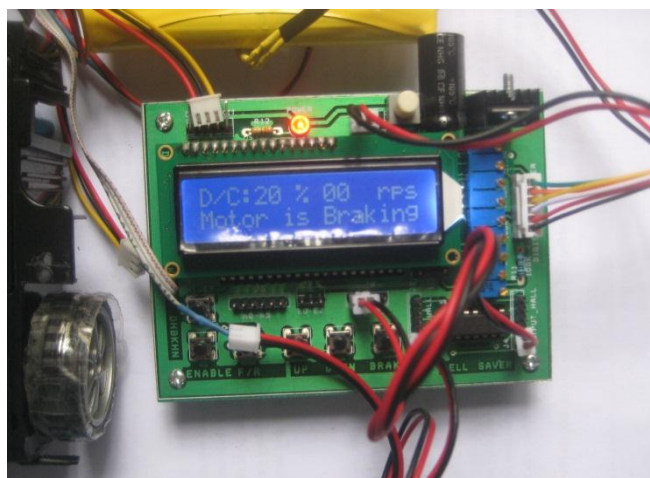
Hình 62: Thiết lập tính năng đo tốc độ của mạch trong qua trình điều khiển động cơ với cảm biến Hall A1302.



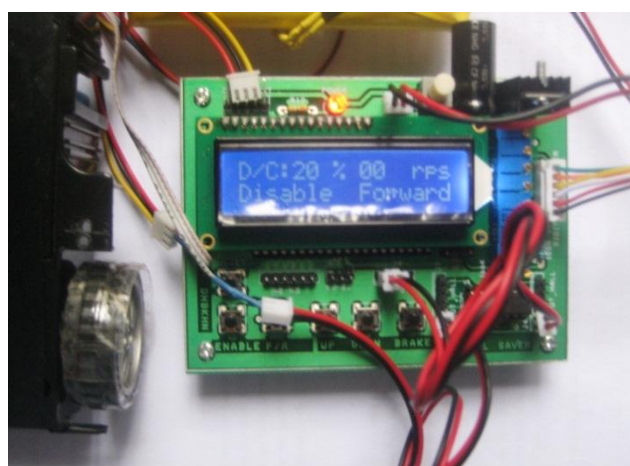
Hình 63: Thiết lập hệ thống động cơ 1 chiều có chổi than và được gắn thêm nam châm phụ để tạo ra sự biến thiên từ trường trong khi quay. Cảm biến được đặt hợp lý sao cho cảm nhận được sự biến thiên của từ trường.



Hình 64: Tốc độ đạt được của động cơ là 18rps (18 vòng/giây)



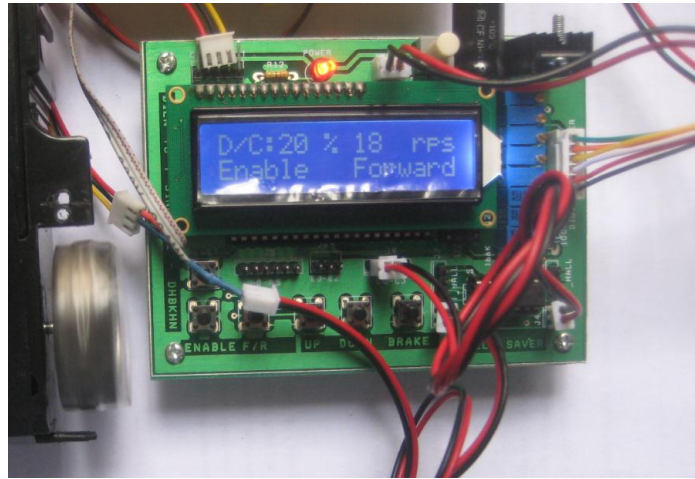
Hình 65: Động cơ bị phanh lại nếu ấn nút BRAKE khiến tốc độ giảm về 0



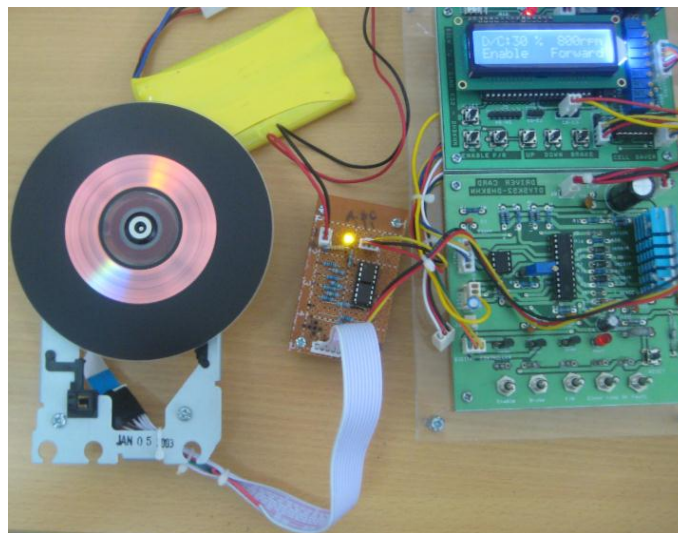
Hình 66: Sau khi phanh hệ thống trở về chế độ DISABLE. Muốn khởi động lại động cơ thì ấn nút ENABLE

CHƯƠNG 7: THỬ NGHIỆM TÍNH NĂNG THIẾT KẾ

7.1 Chức năng đo tốc độ sử dụng cảm biến Hall



Hình 7.1 – Thử nghiệm chức năng đo tốc độ bằng cảm biến Hall A1302 trên động cơ 1 chiều có chổi than và được lắp thêm 1 nam châm phụ.



Hình 7.2 – Chức năng đo tốc độ của mạch sử dụng cảm biến Hall. Tín hiệu Hall được qua một mạch so sánh sử dụng LM358 và số hóa trước khi đưa vào mạch đếm xung tính toán giá trị tốc độ.

7.2 Điều khiển động cơ BLDC công suất nhỏ

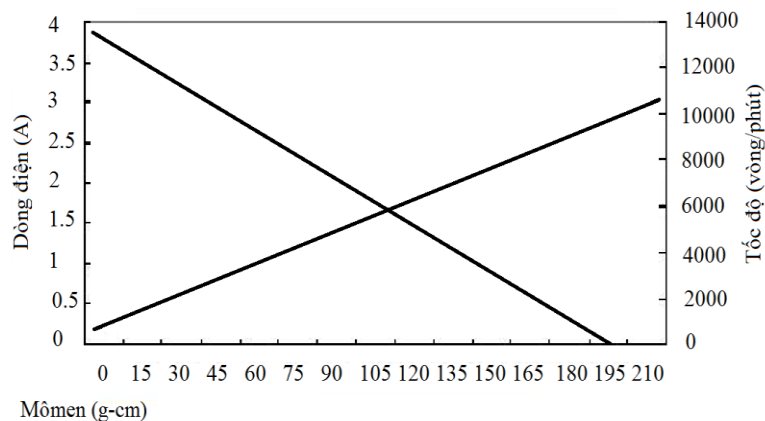
7.2.1 Động cơ sử dụng trong quá trình thử nghiệm



Hình 7.3 – Động cơ 1 chiều không chổi than

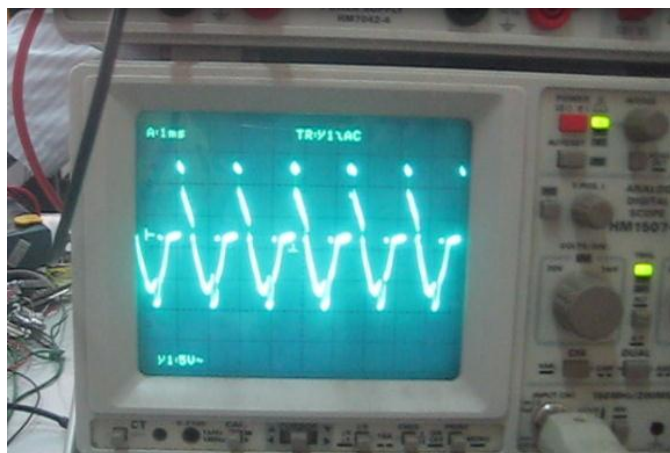
Bảng 7.1 – Bảng thông số của động cơ sử dụng trong quá trình thử nghiệm

Thông số	Giá trị
Điện áp	$V_M = 12\text{VDC}$, $V_{CC} = 5\text{V}$
Dòng điện có tải	1100 mA ($V_M = 12\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V}$, 10900 rpm)
Dòng điện không tải	350 mA ($V_M = 12\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V}$)
Dòng khởi động	3500 mA ($V_M = 12\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V}$)
Tốc độ không tải	13700 rpm ($V_M = 12\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V}$)
Mômen khởi động	185 gf-cm Min ($V_M = 12\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V}$)

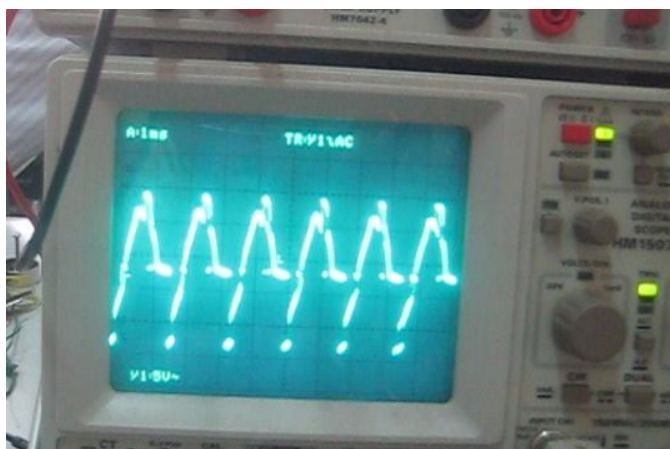


Hình 7.4 – Đồ thị đặc tính về quan hệ giữa dòng điện – mômen và tốc độ - mômen

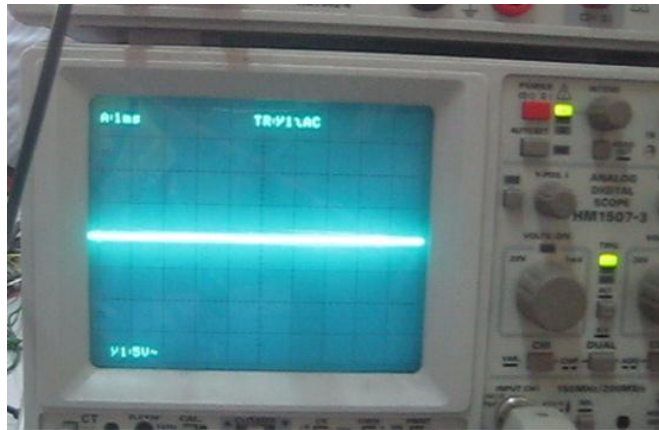
7.2.2 Một số hình ảnh trong quá trình thử nghiệm



Hình 7.5 – Dạng sóng giữa 2 pha A-B của động cơ khi quay ở tốc độ 11020 vòng/phút



Hình 7.6 – Dạng sóng giữa 2 pha A-B khi động cơ đảo ngược chiều quay ở tốc độ 11020 vòng/phút



Hình 7.7 – Quá trình phanh diễn ra rất nhanh khiến động cơ dừng trong khoảng 2 giây



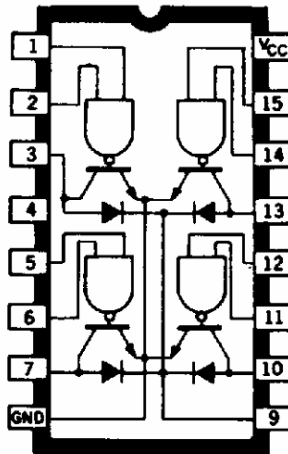
Hình 7.8 – Môđun điều khiển với động cơ ly tâm công suất nhỏ

CHƯƠNG 8: HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

8.1 Bảo vệ dòng ngược gây hại IC MC33035

Trọng tâm của thiết kế là hướng tới sự ổn định và an toàn vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến con người trong quá trình vận hành hệ thống xử lý máu của Cell Saver. Với Cell Saver, bộ phận điều khiển động cơ ly tâm là bộ não của hệ thống xử lý máu thì MC33035 lại là bộ não của hệ thống điều khiển. MC33035 quyết định việc điều khiển của động cơ. Vì vậy cần phải bảo vệ nó để tránh dòng ngược gây hại cho IC.

Trong thiết kế của đề tài, MC33035 kết nối trực tiếp với khối công suất MPM3003. Thực chất là không nguy hại đến MC33035 nhưng ta vẫn nên dùng thêm một bộ đệm giữa chân điều khiển của MC33035 với MPM3003. UDN5706 là một lựa chọn tốt với chức năng bảo vệ này.



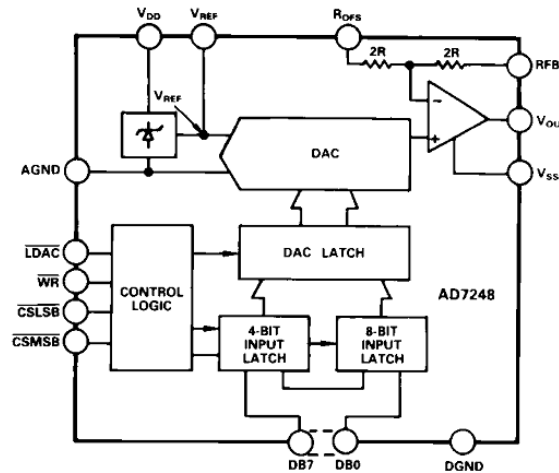
Hình: Sơ đồ bên trong của IC UDN5706

UDN5706 là IC có chức năng bảo vệ đầu ra của khối lái công suất, để tránh dòng ngược. IC có 16 chân với 4 bộ đệm dùng các cổng logic NAND.

8.2 Nâng cấp chức năng chia tốc độ với IC AD7248

Trong đề tài sử dụng bộ chia tốc độ bằng IC 74LS145 với các mức điện trở đã được tính toán. Với bộ chia này tạo ra 10 dạng PWM với hiệu suất từ 0% – 100% để điều khiển tốc độ từ nhỏ nhất tới lớn nhất. Điều đó tạo nên độ phân giải tốc độ không cao vì mỗi lần điều chỉnh hiệu suất PWM tăng 10%.

Bản chất của bộ chia tốc độ là tạo ra mức điện áp với bước tăng đủ mịn đưa vào chân 11 (IC MC33035) để thiết lập tốc độ mong muốn cho động cơ. Muốn giải quyết vấn đề cải thiện độ phân giải tốc độ thiết lập cho mạch điều khiển thì ta sử dụng IC AD7248. IC này chuyển tín hiệu số (12bit) thành tín hiệu tương tự, tức là tạo ra được 4096 mức điện áp để thiết lập tốc độ cho động cơ.



Hình: Sơ đồ bên trong của IC AD7248

8.3 Nâng cấp hệ thống điều khiển với các loại cảm biến

Cảm biến giúp kiểm soát trạng thái hoạt động của hệ thống Cell Saver. Từ đó tạo ra lệnh điều khiển động cơ li tâm cho phù hợp với từng giai đoạn xử lý máu, đảm bảo cho hệ thống hoạt động an toàn và chính xác. Cảm biến sử dụng trong hệ thống như kiểm soát nhiệt độ (LM235, LM35), kiểm soát mức độ dịch, phát hiện rò máu, phát hiện bọt khí... sẽ truyền dữ liệu qua bộ khuếch đại đệm rồi tiếp tục đưa vào vi xử lý trung tâm thông qua các cổng A và E. Nếu xảy ra những bất thường thì hệ thống sẽ điều khiển phanh và dừng động cơ để có thể kịp thời xử lý.