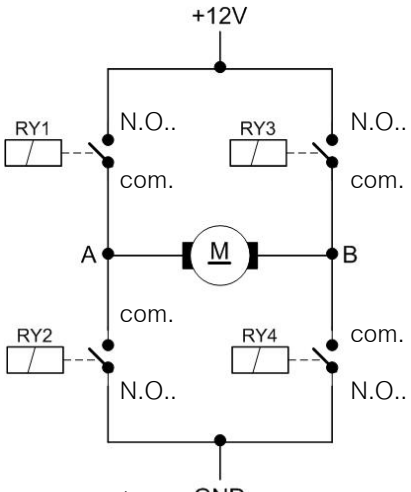
Assignment 35 DC Motor Control [1] (Continuous running control)

จุดประสงค์ เพื่อออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์แบบใช้ไฟตรง (DC Motor) ในลักษณะการหมุน – หยุดหมุน และการกลับทิศทางการหมุน แบบการทำงานต่อเนื่อง

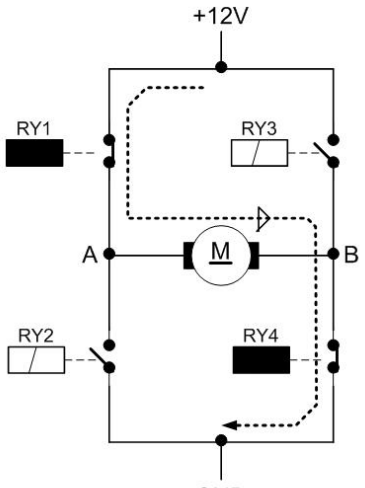
ทฤษฎีพื้นฐาน ในการควบคุมมอเตอร์ไฟตรง (DC Motor) มีการควบคุมอยู่ 3 ลักษณะคือ

1. หมุน - หยุดหมุน (ON - OFF Control)
2. ทิศทางการหมุน (Direction Control)
3. ความเร็วการหมุน (Speed Control)

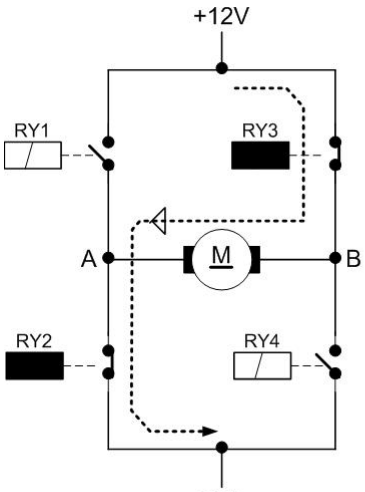
อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมที่นิยมใช้ส่วนมากได้แก่ หน้าคอนแท็คเรลย์ต่อเป็นวงจรในลักษณะ H – Bridge ที่สามารถควบคุมการหมุน – หยุดหมุน พร้อมทั้งการกลับทิศทางการหมุนได้ แต่การใช้ หน้าคอนแท็คเรลย์จะไม่สามารถควบคุมความเร็วของการหมุนได้



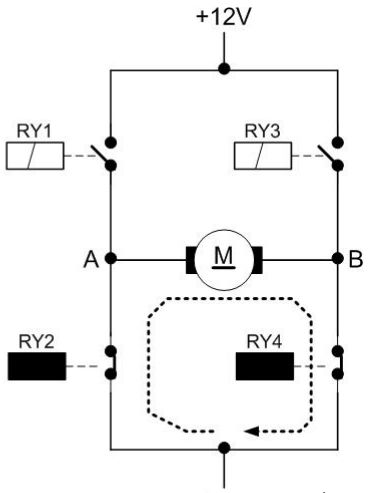
รูป ก.



รูป ข.



รูป ค.



รูป.

วงจรควบคุมประกอบด้วยรีเลย์ จำนวน 4 ตัว มีหน้าคอนแท็คต่อวงจรตามรูป ก. หากเราสามารถควบคุมรีเลย์ให้ทำงานได้ เราสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้ 4 โหมด คือ

1. Free Run Stop คือการสั่งให้หน้าคอนแท็คของรีเลย์เปิดทั้ง 4 ตัว ตามวงจรรูป ก. ทำให้มอเตอร์ไม่มีไฟ มอเตอร์จะหยุดไปเองเมื่อหมดแรงเฉื่อย

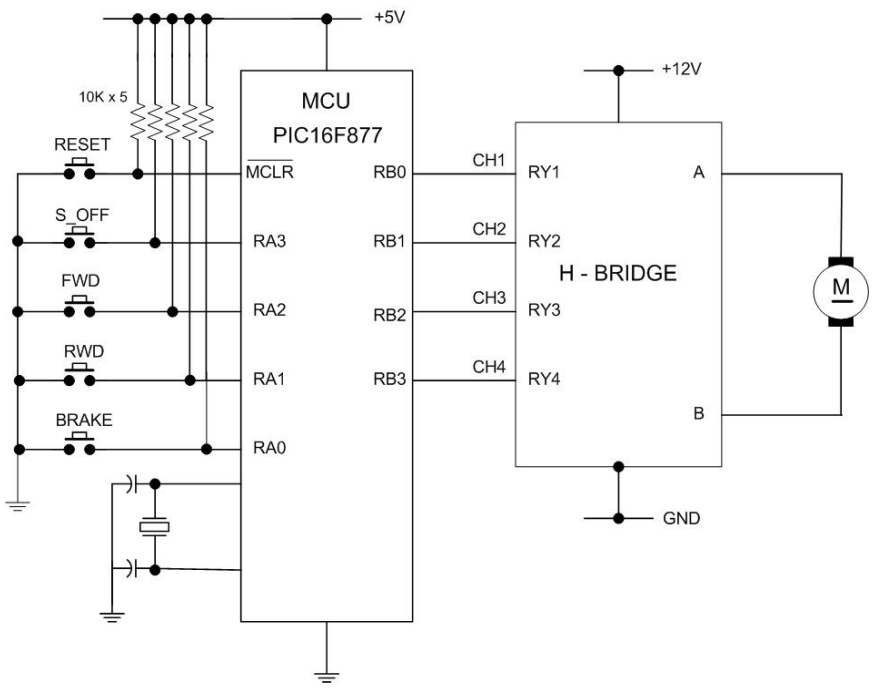
2. Forward Drive คือการสั่งให้รีเลย์ RY1 กับ RY4 ทำงานแค่ 2 ตัว ตามวงจรรูป ข. ทำให้มีกระแสไฟไหลเข้าขั้วมอเตอร์ในทิศทางจาก A ไป B เป็นทิศทางสมมติให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

3. Reward Drive คือการสั่งให้รีเลย์ RY2 กับ RY3 ทำงานแค่ 2 ตัว ตามวงจรรูป ค. ทำให้มีกระแสไฟไหลเข้าขั้วมอเตอร์ในทิศทางจาก B ไป A เป็นทิศทางสมมติให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

4. Fast Stop หรือ Brake คือการสั่งให้รีเลย์ RY2 กับ RY4 หรือ RY1 กับ RY3 ทำงานคู่ใดคู่หนึ่งเพียง 2 ตัวตามวงจรรูป ง. ในลักษณะนี้ ทำให้ขั้วมอเตอร์ลัดวงจรกัน ในขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนด้วยแรงเฉื่อยขดลวดทุ่นอาร์มเมเจอร์ที่ตัดสนามแม่เหล็กจะมีกระแสเหนี่ยวนำทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นในทิศทางต้านกับการหมุนของขดลวดทุ่นอาร์มเมเจอร์ ทำให้แกนมอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว

หากมีรีเลย์ทำงานนอกเหนือไปจากนี้จะมีผลเกิดขึ้น 2 อย่างคือ มอเตอร์ไม่หมุน กับไฟลัดวงจรทำให้หน้าคอนแท็ครีเลย์พัง ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมควบคุมรีเลย์ทั้ง 4 ตัวจำเป็นต้องมีการป้องกันผลเสียหายที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดนี้ด้วย

Circuit Diagram



รูปที่ 1 วงจรต่อทดลองตามใบงาน

<u>หมายเหตุ</u> วงจร H – Bridge ใช้บอร์ดรีเลย์ 8 ช่อง Model SE-RYI-8 โดยการใช้เพียง 4 ช่องโดยเดินสายต่อวงจรตามรูป ก. ใช้สายแพต่อเชื่อมกับ PortB ของบอร์ดทดลอง Model SE-PIC877 จะได้วงจรตามรูปข้างบน

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ต่อวงจรทดลองตามรูปที่ 1
2. ต่อไฟดีซี 12 โวลท์ เข้ากับวงจร H – Bridge ที่บอร์ดรีเลย์ แล้วพิมพ์โปรแกรม

โปรแกรมคำสั่ง

```
                s_off   var     portb.3
                fwd     var     portb.2
                rwd     var     portb.1
                brake   var     portb.0
                trisa   =       %111111
                trisb   =       %00000000
                adcon1  =       7
                portb   =       0
start:
        if  (s_off = 0) and (fwd = 1) and (rwd = 1) and (brake = 1)  then  portb  =  %0000
        if  (s_off = 1) and (fwd = 0) and (rwd = 1) and (brake = 1)  then  portb  =  %1001
        if  (s_off = 1) and (fwd = 1) and (rwd = 0) and (brake = 1)  then  portb  =  %0110
        if  (s_off = 1) and (fwd = 1) and (rwd = 1) and (brake = 0)  then  portb  =  %1010
        pause  50
        goto  start
        end
'---------------------------  End  of  Program  ----------------------------
```

มอบหมายงาน

เมื่อศึกษาการทำงานของโปรแกรมเข้าใจดีแล้ว ให้ปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมให้ดีขึ้นจากเดิม คือ จากเดิมหากกดสวิทช์เปลี่ยนทิศทางการหมุนมอเตอร์จะเปลี่ยนทันทีทันใดทำให้เกิดการกระชากอย่างรุนแรง หากเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่อาจเกิดความเสียหายกับวงจรควบคุม หรือตัวมอเตอร์ หรือวงจรจ่ายไฟ หรืออาจเป็นงานที่มอเตอร์ขับอยู่ก็ได้ การป้องกันคือต้องปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมเดิมนี้ ให้มอเตอร์หยุดหมุนก่อน ที่จะเปลี่ยนทิศทางการหมุน

Assignment 36 DC Motor Control [2] (Jogging control)

จุดประสงค์ เพื่อออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์แบบใช้ไฟตรง (DC Motor) ในลักษณะการหมุน – หยุดหมุน และการกลับทิศทางการหมุน แบบทำเมื่อกดสวิทช์ควบคุม (Jogging Control)

ทฤษฎีพื้นฐาน ในการควบคุมมอเตอร์ไฟตรง (DC Motor) แบบ Jogging ใช้วงจรและทฤษฎีการควบคุมเช่นเดียวกันกับ Assignment ที่ 35 แต่จะแตกต่างกันที่การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ทำงาน คือ การควบคุมแบบ Jogging มอเตอร์จะทำงานก็ต่อเมื่อมีการกดสวิทช์ค้างไว้เท่านั้น หากปล่อยมือมอเตอร์จะหยุดทันที ดังนั้นวงจรสวิทช์ควบคุมจะเหลือเพียง 2 ปุ่มคือ ปุ่มกดให้หมุนตามเข็มนาฬิกา fwd และ หมุนทวนเข็มนาฬิกา rwd

วงจรทดลอง ใช้วงจรทดลองตาม Assignment ที่ 35

โปรแกรมคำสั่ง

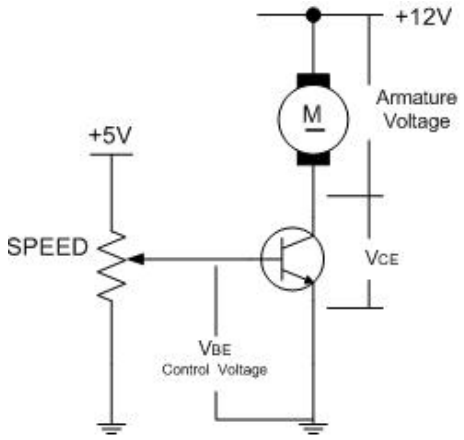
```
                fwd     var     portb.2
                rwd     var     portb.1
                trisa   =       %111111
                trisb   =       %00000000
                adcon1  =       7
                portb   =       0
start:
        if  (fwd = 1) and (rwd = 1)  then  portb  =  %1010
        if  (fwd = 0) and (rwd = 1)  then  portb  =  %1001
        if  (fwd = 1) and (rwd = 0)  then  portb  =  %0110
        pause  50
        goto  start
        end
'---------------------------  End  of  Program  ----------------------------
```

Assignment 37 DC Motor Control [3] (Speed control)

จุดประสงค์ เพื่อออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์แบบใช้ไฟตรง (DC Motor) ในลักษณะควบคุมความเร็ว (Speed Control)

ทฤษฎีพื้นฐาน ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบใช้ไฟตรง(DC Motor) มีวิธีการควบคุม 2 แบบคือ

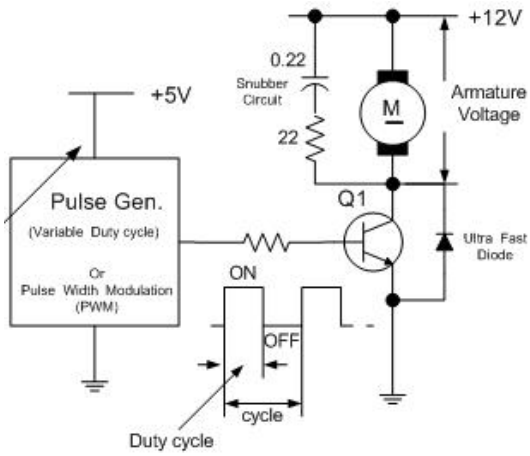
1. การควบคุมแบบลิเนียร์ (Linear DC voltage Control)



รูปที่ 1 แสดงวงจรการควบคุมแบบลิเนียร์

ตามวงจรรูปที่ 1 พบว่าความเร็วของมอเตอร์จะแปรผันไปตามแรงเคลื่อนไฟที่ตกคล่อมขดลวดอาเมเจอร์ (Armature Voltage) ดังนั้นหากเราสามารถปรับค่าแรงเคลื่อน VCE ได้ ก็จะทำให้ Armature Voltage เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ก็จะมีผลทำให้ความเร็วของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย แต่เนื่องจาก VCE จะแปรผันตาม แรงเคลื่อน VBE โดยการปรับค่าตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ดังนั้นเราสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้โดยการปรับค่าตัวต้านทาน SPEED ได้ แต่การควบคุมวิธีนี้ไม่ค่อยนิยมใช้กันโดยเฉพาะกับมอเตอร์กำลังมาก ๆ เนื่องจากจะเกิดพลังงานสูญเสียภายในตัวทรานซิสเตอร์ในรูปของความร้อนสูงมากในขณะที่ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในช่วง active

2. การควบคุมแบบสวิทชิ่ง (Switching Control) คือการป้อนไฟ VBE หรือ Control - Voltage ให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในลักษณะ Cutoff หรือหยุดทำงาน และ Saturate หรือ จุดอิ่มตัว โดยจะหลีกเลี่ยงการทำงานในช่วง Active ซึ่งจะทำให้มีการสูญเสียพลังงาน



รูปที่ 2 แสดงวงหลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซีแบบสวิทชิ่ง หรือ PWM

ตามวงจรในรูปที่ 2 ประกอบด้วยตัวกำเนิดสัญญาณพัลซ์ส่งไปควบคุมการทำงาน ของทรานซิสเตอร์ในลักษณะ ON และ OFF ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์หมุนเป็นช่วง ๆ ที่เป็นพัลซ์บวก เราเรียกว่า “Duty cycle” โดยที่ตัวผลิตพัลซ์ (Pulse Generator) จะต้องรักษาช่วงไซเกิลหรือความถี่ให้คงที่อยู่ค่าใดค่าหนึ่ง โดยปรกติจะเลือกค่าคงที่อยู่ระหว่าง 400 Hz - 2 KHz สำหรับงานควบคุมมอเตอร์ ดังนั้นในทุก ๆ ไซเกิลหากเราปรับเปลี่ยนค่าพัลซ์บวก หรือ ค่า duty cycle ก็จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยแรงเคลื่อนเอ้าท์พุทของทรานซิสเตอร์ที่ไปขับมอเตอร์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ทำให้ความเร็วของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ตามสมการที่ 1 ค่า

$$\% \text{ Duty cycle} = \frac{\text{Pulse width}}{\text{Cycle}} \times 100 \qquad \text{---------- 1}$$

duty cycle จะคิดเป็นเปอร์เซนต์ ของไซเกิล และค่าเฉลี่ยของแรงเคลื่อนเอ้าพุทที่ขับโหลดคำนวนได้จากสมการที่ 2 ดังต่อไปนี้

$$V_{output} = \%\text{Duty cycle} \times V_{supply} \qquad \text{---------- 2}$$

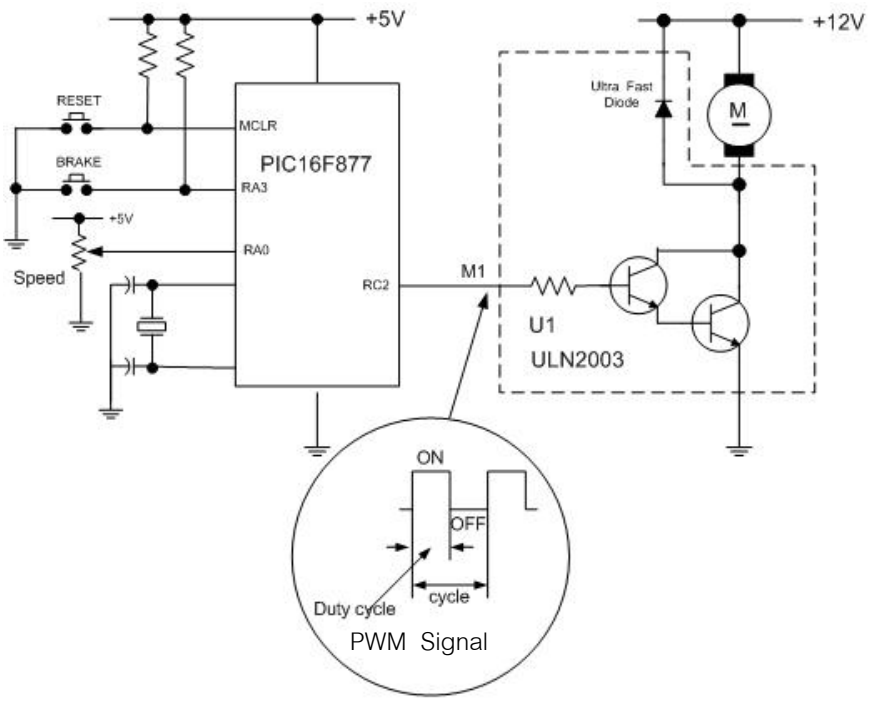
ตามสมการที่ 2 พบว่า แรงเคลื่อนเอ้าพุทที่จะออกไปขับมอเตอร์ให้หมุนที่ความเร็วเปลี่ยนไปนั้น จะแปรผันโดยตรงกับค่า %Duty- cycle หรือความกว้างของพัลซ์ หรือเราเรียกสัญญาณควบคุมแบบนี้ว่า PWM (PWM : Pulse Width Modulation) นั่นหมายความว่า หากเราสามารถเขียนโปรแกรมผลิตสัญญาณ PWM ที่เปลี่ยนค่า Pulse Width ให้ออกมาควบคุมวงจรขับมอเตอร์ได้ เราก็สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้

การออกแบบเชื่อมต่อการควบคุมความเร็วด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องเลือกไมโคคอนโทรลเลอร์ชนิดที่มีขีดความสามารถในการสร้างสัญญาณควบคุมแบบ PWM โดยฮาร์ดแวร์ที่ผู้ผลิตสร้างมาให้ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877 ของบริษัทไมโครชิพ จะมีโมดูลที่สามารถสร้างสัญญาณควบคุมแบบ PWM โดยฮาร์ดแวร์ได้ถึง 2 ชุดที่สามารถสั่งทำงานตามลำพังได้ในขณะที่กำลังประมวลผลคำสั่งอื่นในโปรแกรมอยู่ ทำให้การผลิตสัญญาณควบคุมเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่ขาดช่วง โดยได้กำหนดขา I/O ไว้ 2 ขา คือ RC2 สำหรับ HPWM ช่อง 1 และ ขา RC1 สำหรับ HPWM ช่อง 2

รูปแบบการใช้คำสั่ง คือ

HPWM chanel, duty cycle, frequency รายละเอียดให้ศึกษาได้จากคู่มือการใช้โปรแกรม PIC BASIC PRO ทดลองตามใบงาน จะใช้ขา RC2 ซึ่งผลิตสัญญาณ PWM chanel 1 และค่า duty cycle จะใช้ค่า A/D ที่รับมาจาก RA0 นำมาใช้ปรับเปลี่ยนค่า duty cycle เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์

วงจรทดลอง



รูปที่ 3 แสดงวงจรการควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซีด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

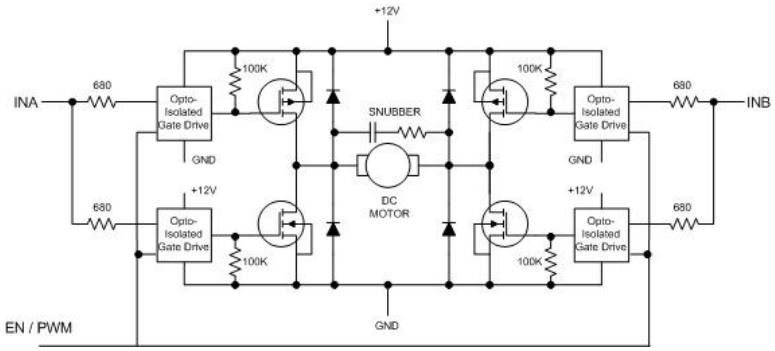
โปรแกรมคำสั่ง

```
'*************************************************
'* Name    : Speed.BAS
'* Author  : Somboon  Niamglam
'* Notice  : PIC16F877  MCU
'*         : Speed   Control
'* Date    : 15/09/2005
'* Version : 1.0
'*************************************************
     DUTY    VAR  BYTE
     SPEED   VAR  BYTE
     BRAKE   VAR  PORTA.3
     ADCON1=14
     TRISA =%111111
     TRISC =%00000000
'
START: IF (BRAKE=0) THEN
                HPWM 1,0,800
        ELSE
                ADCIN 0,SPEED
                HPWM 1, speed, 800
        ENDIF
        PAUSE 50
        GOTO   START
        END
```

Assignment 38 DC Motor Control [4] (Speed and Direction control)

จุดประสงค์ เพื่อออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์แบบใช้ไฟตรง (DC Motor) ในลักษณะควบคุมความเร็ว (Speed Control) พร้อมทั้งควบคุมทิศทางการหมุน (Direction Control)

ทฤษฎีพื้นฐาน ในการควบคุมทั้งความเร็ว และทิศทางการหมุนของมอเตอร์แบบใช้ไฟตรง (DC Motor) จำเป็นต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ H-Bridge เพื่อให้สามารถเป็นสวิทช์ตัดต่อกระแสไฟควบคุมมอเตอร์แทนหน้าคอนแทครีเลย์ที่เร็วพอที่จะใช้สัญญาณ PWM ควบคุมความเร็วไปพร้อมกับการควบคุมการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์



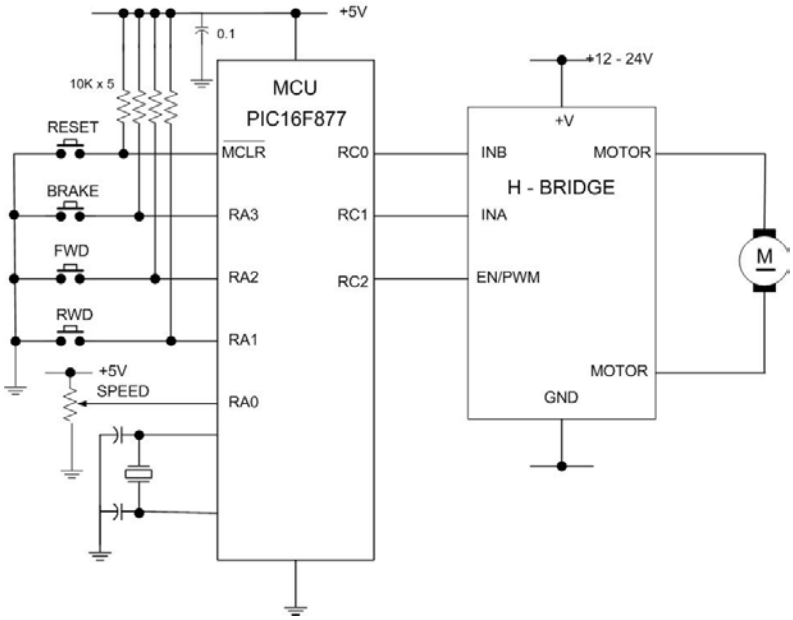
รูปที่ 1 วงจรแสดงการทำงานของ MOSFET H – Bridge ขับมอเตอร์ดีซี

การทำงานของวงจร ประกอบด้วย POWER MOSFET จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่เป็นหน้าคอนแท็คสวิทช์ จะถูกควบคุมโดยแรงดันจากวงจร Opto – Isolated Gate Drive อินพุทของวงจร Opto – Isolated Gate Drive แต่ละข้าง จะต่อรวมกันเป็น INA และ INB POWER MOSFET แต่ละข้างของ H – Bridge จะทำงานแบบ Complementary โดยที่ไม่มีโอกาสจะทำงานพร้อมกันได้เลย ได้ออกแบบให้มีขาสำหรับป้อนสัญญาณ EN / PWM เพื่อสามารถกำหนดช่วงเวลาในการเปิด – ปิด สวิทช์ของ POWER MOSFET แต่ละชุดได้ เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็ว

EN	INB	INA	Operation
1	X	X	Brake
0	0	1	Forward
0	1	0	Reward
0	1	1	Brake
0	0	0	Brake

รูปที่ 2 แสดงการทำงานของวงจร MOSFET H – Bridge รุ่น SE – HB – 60

วงจรทดลอง



รูปที่ 3 แสดงการต่อวงจรควบคุม MOSFET H-Bridge ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมคำสั่ง

```
        DUTY    VAR  BYTE
        SPEED   VAR  BYTE
        BRAKE   VAR  PORTA.3
        FWD     VAR  PORTA.2
        RWD     VAR  PORTA.1
        ADCON1 = 14
        TRISA  = %111111
        TRISC  = %00000000
        '
    START:  IF (BRAKE=0) AND (FWD=1) AND (RWD=1) THEN
                HPWM 1,255,800
            ELSE
                IF (BRAKE=1) AND (FWD=0) AND (RWD=1) THEN LOW PORTC.0:HIGH PORTC.1
                IF (BRAKE=1) AND (FWD=1) AND (RWD=0) THEN HIGH PORTC.0:LOW PORTC.1
                ADCIN  0, SPEED
                DUTY = 255 - SPEED
                HPWM 1, DUTY, 800
            ENDIF
            PAUSE  50
            GOTO  START
            END
```

การมอบหมายงาน เมื่อปฏิบัติทดลองจนเข้าใจดีแล้ว ให้พัฒนาโปรแกรมให้สามารถชลอความเร็วการหยุดเมื่อมีการเหยียบเบรค และเมื่อเปลี่ยนทิศทางการหมุนเพื่อไม่ให้มอเตอร์และวงจรขับมอเตอร์เสียหายได้ กรณีที่ต้องขับกำลังสูง ๆ