

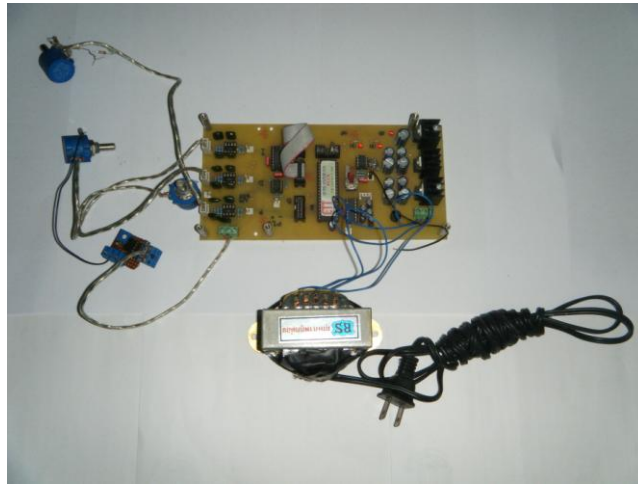
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

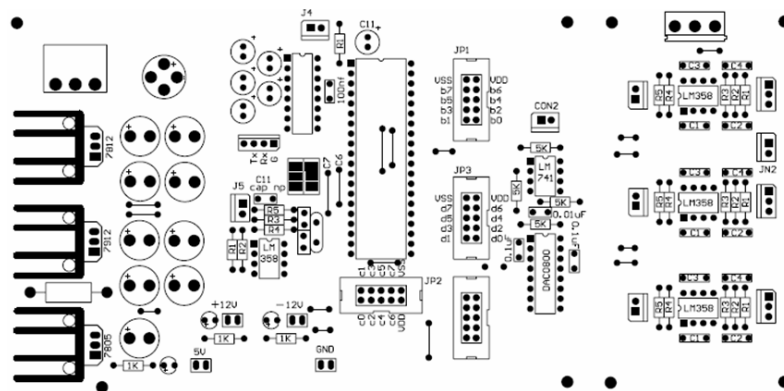
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมของการเคลื่อนที่ลูกสูบไฮดรอลิกส์ และศึกษาเปรียบเทียบผลของการกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมของการเคลื่อนที่ลูกสูบไฮดรอลิกส์ ระหว่างการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Matlab Simulation และการวิเคราะห์ข้อมูลของการเคลื่อนที่ลูกสูบไฮดรอลิกส์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลข้อมูลตามขั้นตอน 2 ขั้นตอน และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการสร้างชุดควบคุมระบบไฮดรอลิกส์ เพื่อควบคุมตำแหน่งและความเร็วของลูกสูบไฮดรอลิกส์

การออกแบบและการสร้างชุดควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกส์แบบไฮบริด ผู้วิจัยได้ออกแบบให้สามารถควบคุมตำแหน่งและความเร็วของลูกสูบด้วย ระบบเปิด (Open Loop System) และระบบปิด (Closed Loop System) ระบบควบคุมการทำงานจะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลปิก (PIC18F458) แบบ 40 ขา ขนาด 8 บิต ความถี่สัญญาณนาฬิกา 20 MHz โดยจะรับสัญญาณอนาล็อกจากอนาล็อกเซ็นเซอร์ (Linear Potentiometer) มาเข้าช่องสัญญาณรับอนาล็อกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Signal) จะส่งสัญญาณดิจิทัลไปยังชุดแปลงสัญญาณ (Amplifier) และส่งสัญญาณต่อไปที่เซอร์วอมอเตอร์เพื่อกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่และความเร็วของลูกสูบ สำหรับลูกสูบไฮดรอลิกส์จะเคลื่อนที่แบบลิเนียร์ (Linear) โดยมีน้ำหนักที่ปลายลูกสูบ 9 กิโลกรัม โดยในการเคลื่อนที่แต่ละครั้ง จะแสดงผลที่จอแสดงผลแอลซีดี (LCD)



รูปที่ 4.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458

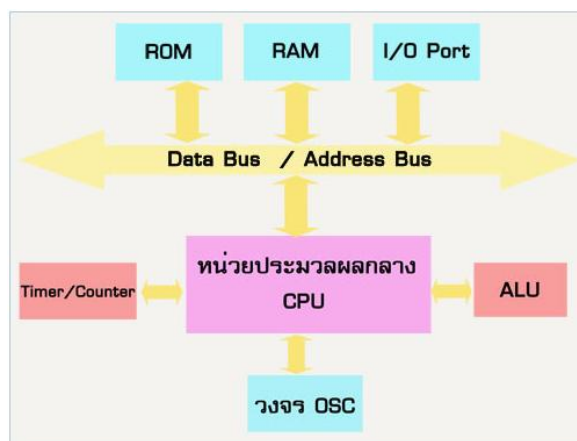


รูปที่ 4.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458 ออกแบบด้วย Protel Program



รูปที่ 4.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ซึ่งในการวิจัยทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 แบบมัดติโปรเซสเซอร์ แบบซ็อกเก็ต 40 ขา หรือที่มีตัวถัง DIP 40 โดย PIC18F458 มีหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) หน่วยประมวลผลกลางจะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ หลากหลาย ที่จำเป็นสำหรับประมวลผล และการคำนวณ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง , วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา, วงจรควบคุมการทำงาน, วงจรตั้งเวลา และรวมทั้งหน่วยคำนวณทางลอจิกและคณิตศาสตร์ (ALU) เป็นต้น



รูปที่ 4.4 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

1. หน่วยความจำ (Memory Unit) ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องคำนึงถึงขนาดของหน่วยความจำของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย เพราะหากเขียนให้โปรแกรมที่มีขนาดความจุมากกว่าขนาดของหน่วยความจำ โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็ไม่สามารถบรรจุโปรแกรมลงได้ครบสมบูรณ์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบ

1.1 หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Program Memory) ถูกออกแบบให้มีความสมบัติในการโปรแกรมและการลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง และการทำงานมีความเร็วสูงเหมาะใช้ในการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่ หน่วยความจำนี้มีขนาด 1 KB – 32 KB

1.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) หน่วยความจำนี้เป็นหน่วยความจำชั่วคราว ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผล เมื่อหยุดจ่ายไฟเลี้ยง ข้อมูลก็หายไป มีความจุตั้งแต่ 64 – 1536 Bytes

1.3 หน่วยความจำข้อมูล อีอีพรอม (EEPROM Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมได้ด้วยกระแสไฟฟ้าในหน่วยความจำรอม มีความจุขนาดถึง 256 Bytes

2. พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต (I/O Port) ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตัวต้องมีขาต่อใช้งาน และสามารถเป็นได้ทั้งขาสัญญาณออกและขาสัญญาณเข้า จึงจะสามารถ ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือนำไปใช้งานอื่นได้ เช่น จอแสดงผล , ปุ่มกด , เซ็นเซอร์ เป็นต้น ในการใช้งาน จะแบ่งพอร์ตออกเป็น พอร์ตละกี่บิตก็แล้วแต่ ส่วนใหญ่ตามมาตรฐานพอร์ตหนึ่งจะมี 8 บิต (ขาต่อใช้งาน 8 ขา) ส่วนจะมีกี่พอร์ตก็ตามแต่เบอร์ใช้งานที่ถูกออกแบบมา เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC 16F877 ก็จะมีพอร์ตใช้งานอยู่ 5 พอร์ต คือ

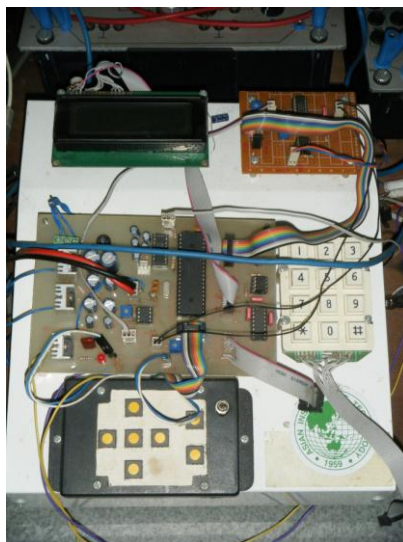
2.1 PORT A พอร์ต A 6 pins

2.2 PORT B พอร์ต B 8 pins

2.3 PORT C พอร์ต C 8 pins

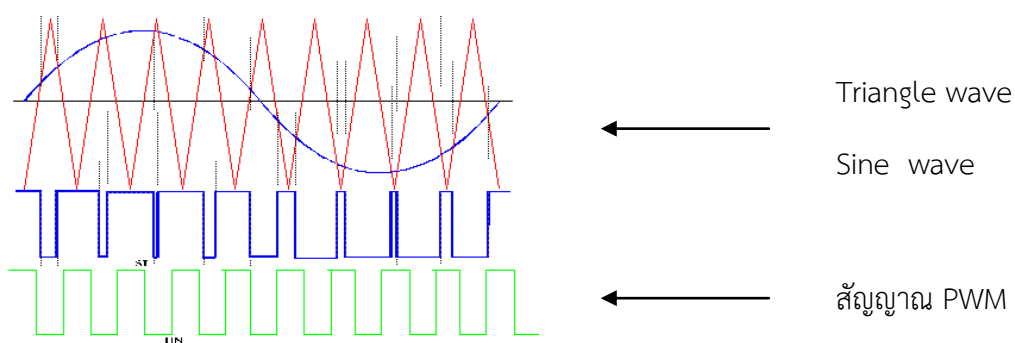
2.4 PORT D พอร์ต D 8 pins

2.5 PORT E พอร์ต E 3 pins



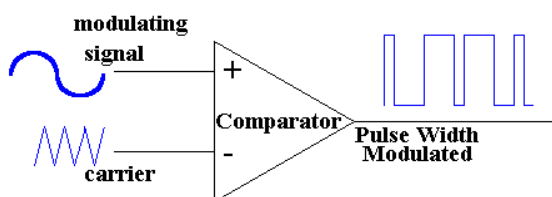
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองแสดงที่จอแสดงผลแอลซีดี (LCD)

การสร้างชุดยกลูกถ้วยเครื่องนี้ใช้สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) เป็นสัญญาณที่เกิดจากการผสมกันระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม (Triangle wave) กับระดับแรงเคลื่อนสัญญาณไฟดีซีหรือสัญญาณอื่น ๆ ที่มีระดับไฟดีซีเป็นตัวรองรับ ผลที่ได้จากการผสมสัญญาณดังกล่าวจะได้รูปคลื่นสัญญาณพัลส์ที่มี 2 สถานะ คือ ON กับ OFF เมื่อนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปขับอุปกรณ์กำลัง เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ดีซี เราจะได้ผลการควบคุม คือเมื่อสัญญาณพัลส์มีสถานะ ON หลอดไฟจะติดสว่างเต็มที่ ถ้า OFF ไฟจะดับ



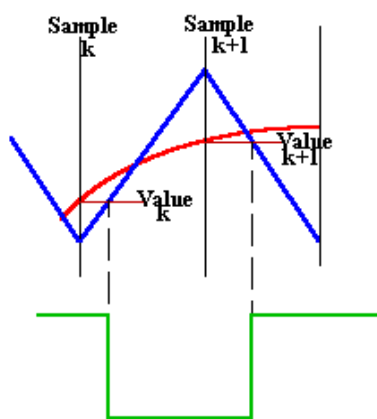
รูปที่ 4.6 การเกิดสัญญาณ PWM จากการผสมระหว่างสัญญาณรูปสามเหลี่ยมและรูปไซน์

ในการออกแบบวงจรผสมสัญญาณ จะใช้วงจรไอซี Linear comparator หรือ Analog comparator ตามวงจรรูปที่ 4.7

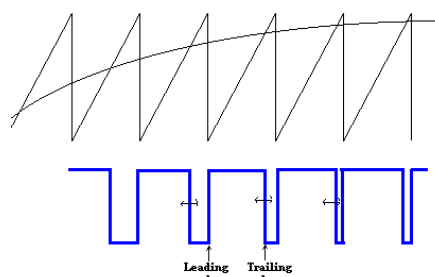


รูปที่ 4.7 วงจรการสร้างสัญญาณ PWM

สัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ใช้ในวงจร จะต้องมีความเป็นเชิงเส้น (Linearity) สูง จึงจะได้สัญญาณ PWM ที่มีความผิดเพี้ยนต่ำ สัญญาณ รูปสามเหลี่ยมที่นำมาใช้จะมี 2 แบบ คือ Triangle wave และ Saw tooth wave

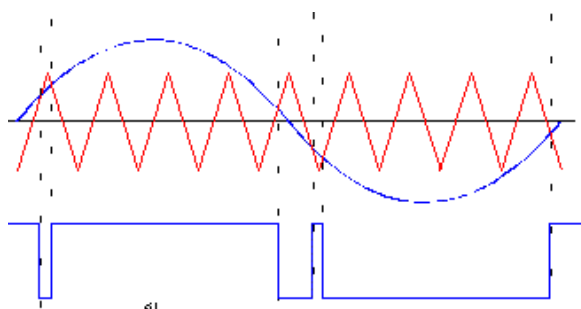


รูปที่ 4.8 การใช้คลื่นTriangle wave



รูปที่ 4.9 การใช้คลื่น Saw tooth wave

สัญญาณคลื่นที่มาผสมจะต้องมีระดับความสูง (Amplitude) อย่างมากที่สุดไม่เกินยอดความสูงของรูปคลื่นสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นรูปคลื่นพาหะ หากเกินไปกว่านั้นจะเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นกับสัญญาณ PWM เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า over modulation



รูปที่ 4.10 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ PWM เนื่องจากการเกิด over modulation

รายละเอียดของสัญญาณ PWM ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

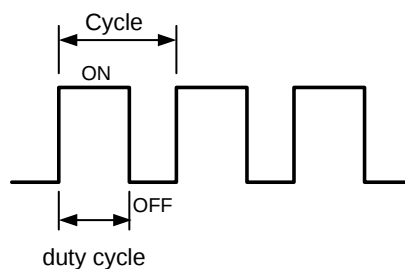
1. ความถี่ คือจำนวนรูปคลื่น ต่อวินาที (Cycle / second) ในการใช้งาน ความถี่จะต้องคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ความถี่ที่เหมาะสมในการใช้งานควบคุมอุปกรณ์กำลังต่าง ๆ คือ ตั้งแต่ 400 Hz - 10 KHz

ส่วนความถี่ที่ใช้เป็นพาหะของสัญญาณเสียง (Audio) ควรจะสูงกว่า 50 KHz - 1 MHz

2. ดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) เป็นค่าคาบเวลาช่วง ON ของไซเคิล โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Full-cycle

3. ค่าแรงเคลื่อนเอาต์พุต เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างแรงเคลื่อนช่วงเวลา ON กับ OFF คิดใน 1 ไซเคิล โดยใช้สมการ ตามรูป 4.11

$$V_{pwm} = \frac{\%duty\ cycle \times V_{power}}{100}$$



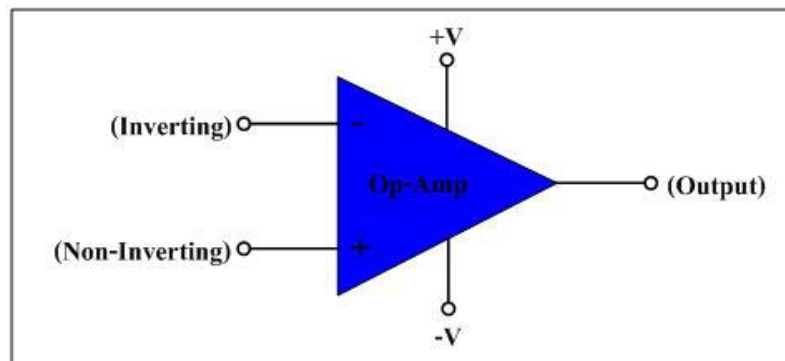
รูปที่ 4.11 องค์ประกอบของสัญญาณ PWM

ตารางที่ 4.1 การป้อนสัญญาณ EN / PWM

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

ออปแอมป์(Op-Amp)

ออปแอมป์นั้นจะเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่สร้างขึ้นโดยโครงสร้างภายในนั้นจะประกอบด้วยสารกึ่งตัวอยู่หลายชนิดครับ เช่น อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ (BJT) อุปกรณ์มอสเฟต (MOSFET) อุปกรณ์ไดโอด (Diode) และยังมีตัวต้านทาน (R) โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้จะถูกประกอบและต่อรวมกันที่อยู่ในรูปของวงจรรวมนั่นเอง ที่เรารู้จักกันดีในชื่อที่เรียกว่า ไอซี (IC : Integrated Circuit) ซึ่งวงจรรวมที่ได้นี้นะครับจะมีลักษณะของวงจรเป็นวงจรขยายสัญญาณ โดยมีอัตราการขยายแรงดันที่สูงครับ หรือที่เรียกว่า (Voltage Gain) ซึ่งเราสามารถเขียนสัญลักษณ์ของออปแอมป์ ที่แสดงถึงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์(Op-Amp) ดังแสดงใน รูปที่ 4.12

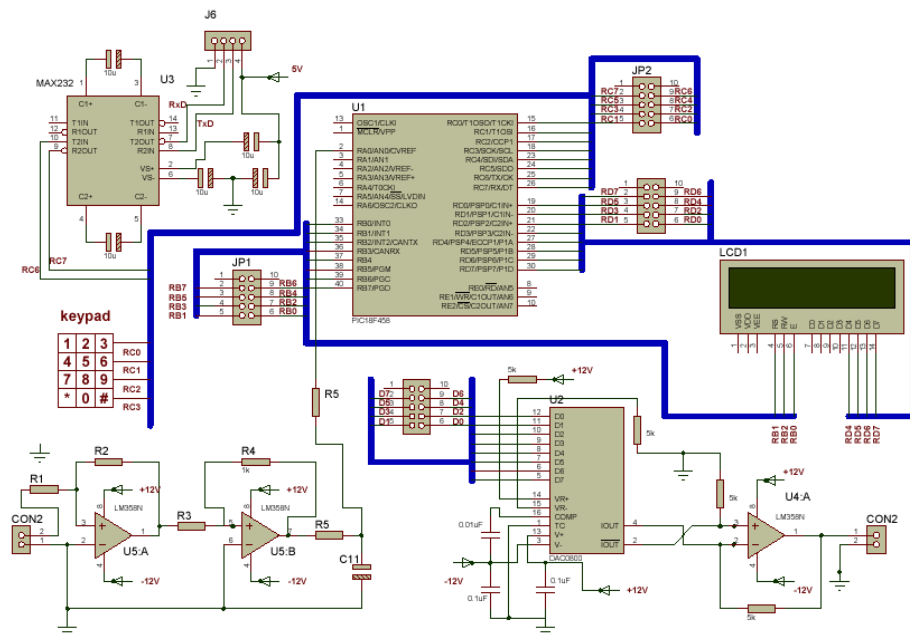


รูปที่ 4.12 โครงสร้างของออปแอมป์ (Op-Amp)

จากในรูปที่ 4.12 จะเห็นถึงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์ (Op-Amp) ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปของออปแอมป์นั้นจะมีคุณสมบัติพื้นฐานคือ อินพุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าที่สูง , เอาต์พุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าต่ำ และอัตราขยายแรงดันจะมีค่าที่สูงมาก และถ้าดูจากลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์ (Op-Amp) นั้นจะประกอบด้วยขาที่จะนำมาใช้งานดังต่อไปนี้

- ขา Inverting ซึ่งเป็นขาอินพุตของออปแอมป์ โดยมีไว้เพื่อป้อนสัญญาณ ที่เป็นได้ทั้งสัญญาณไฟกระแสดตรงและสัญญาณไฟกระแสกลับ ซึ่งสัญญาณที่ถูกป้อนเข้าไปที่ขา Inverting นี้ เรา ก็จะได้สัญญาณที่ตรงกันข้ามหรือกลับเฟสที่จะออกมาทางขาOutput
- ขา Non-Inverting ซึ่งเป็นขาอินพุตของออปแอมป์ โดยมีไว้เพื่อป้อนสัญญาณ ที่เป็นได้ทั้งสัญญาณไฟกระแสดตรงและสัญญาณไฟกระแสกลับ ซึ่งสัญญาณที่ถูกป้อนเข้าไปที่ขา Non-Inverting นี้เราก็จะได้สัญญาณที่ไม่กลับเฟสหรืออินเฟสที่จะออกมาทางขาOutput
- ขา Output ซึ่งเป็นขาเอาต์พุตของออปแอมป์ โดยมีไว้เพื่อบอกถึงสภาวะการทำงานของออปแอมป์ ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการที่เราทำการป้อนสัญญาณเข้าที่ขาอินพุตทั้งสองของออปแอมป์
- ขา +V ซึ่งเป็นขาป้อนไฟบวก โดยจะมีค่าแรงดันไฟประมาณ 9 โวลต์ ถึง 18 โวลต์ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเราจะใช้แรงดันไฟประมาณ15โวลต์
- ขา -V ซึ่งเป็นขาป้อนไฟลบ โดยจะมีค่าแรงดันไฟประมาณ -9 โวลต์ ถึง -18 โวลต์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเราจะใช้แรงดันไฟประมาณ -15 โวลต์

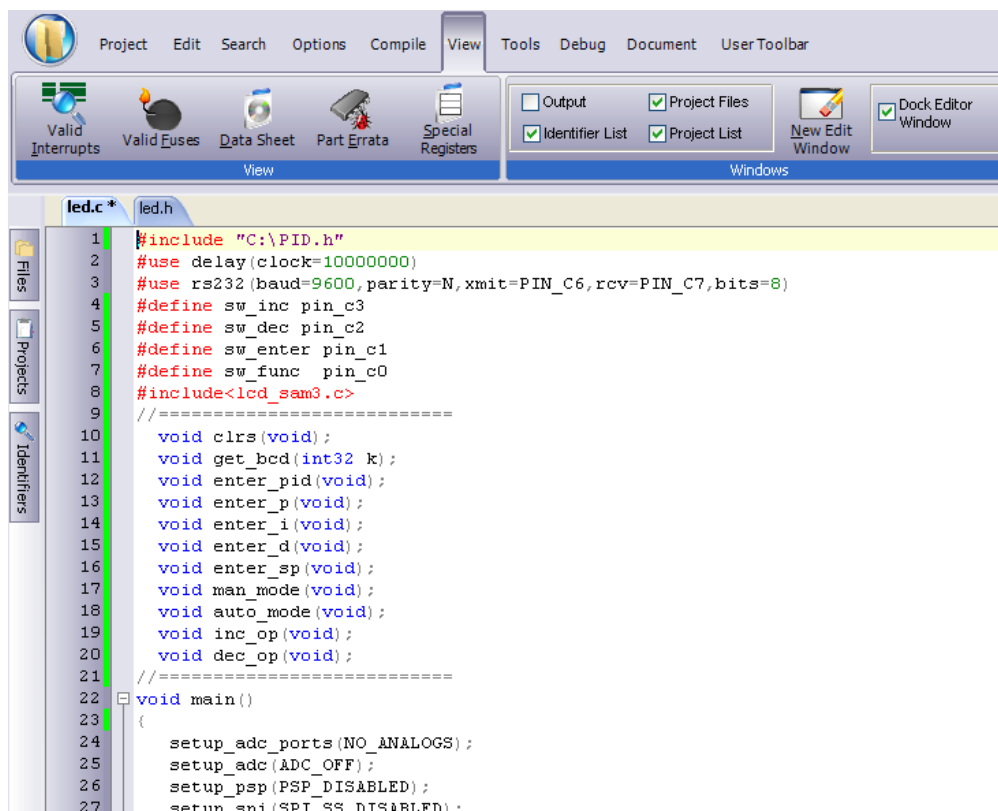
วงจรทดลอง



รูปที่ 4.13 การต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของวงจร อปแอมป์ (Op-Amp) จะรับสัญญาณอนาล็อกจาก อนาล็อกเซ็นเซอร์ (Linear Potentiometer) เพื่อขยายสัญญาณและเข้าที่ขาสัญญาณอนาล็อก (ADC) ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต A0 (Port A0) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 ซึ่งถูกเขียนด้วยซอฟต์แวร์ภาษาซี สำหรับภาษาซีจะเป็นซอร์สโค้ด (Source Code) ในลักษณะการวนลูการทำงาน ของ IF, THEN, ELSE การประกาศตัวแปรและรีจิสเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่โปรแกรมซีซีเอสซี คอมไพเลอร์ (CCS C Compiler) โดยจะมีคำสั่งในการทำงานของการควบคุมเซอร์โวไฮดรอลิกส์ ทั้งหมด หลังจากนั้นโปรแกรมจะคอมไพล์ให้เป็นเลขฐานสิบหกคือ 0 กับ 1 เพื่อดาวโหลดซอร์สโค้ด ลงไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านโปรแกรม WinPIC อีกทีหนึ่ง และไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปที่ ชุดขยายสัญญาณ (Amplifier) โดยสามารถควบคุมค่าการขยายสัญญาณเปิด ปิดเซอร์โววาล์ว ที่ประมาณ 100-600 mA และส่งสัญญาณเพื่อควบคุมการทำงานของเซอร์โววาล์ว โดยค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 100 mA สามารถสั่งให้เซอร์โววาล์ว เริ่มเปิดได้ จนถึงประมาณ 600 mA เซอร์โววาล์ว จะเปิดสูงสุด มีผลทำให้สามารถควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว ของลูกสูบไฮดรอลิกส์ได้

หลักการทำงานของระบบควบคุมเซอร์โวไฮดรอลิกส์ ผู้วิจัยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมคำสั่ง ที่ซอฟต์แวร์ CCS C Compiler ด้วยภาษาซี (C Language) ดังรูปที่ 4.14



```

1  #include "C:\PID.h"
2  #use delay(clock=1000000)
3  #use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
4  #define sw_inc pin_c3
5  #define sw_dec pin_c2
6  #define sw_enter pin_c1
7  #define sw_func pin_c0
8  #include<lcd_sam3.c>
9  //=====
10 void clrscr(void);
11 void get_bcd(int32 k);
12 void enter_pid(void);
13 void enter_p(void);
14 void enter_i(void);
15 void enter_d(void);
16 void enter_sp(void);
17 void man_mode(void);
18 void auto_mode(void);
19 void inc_op(void);
20 void dec_op(void);
21 //=====
22 void main()
23 {
24     setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
25     setup_adc(ADC_OFF);
26     setup_psp(PSP_DISABLED);
27     setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
  
```

รูปที่ 4.14 ภาษาซี (C language)

หลังจากนั้นเครื่องจะคอมไพล์เป็นภาษาเครื่องจักร (Machine Language) ให้เป็นเลขฐานสิบหก (Hexadecimal) คือ 1 หรือ 0



รูปที่ 4.17 การติดตั้งและประกอบชุดควบคุมการทำงานของเซอร์โวล์ว



รูปที่ 4.18 การทดสอบการทำงานของชุดควบคุมการทำงานของเซอร์โวล์ว