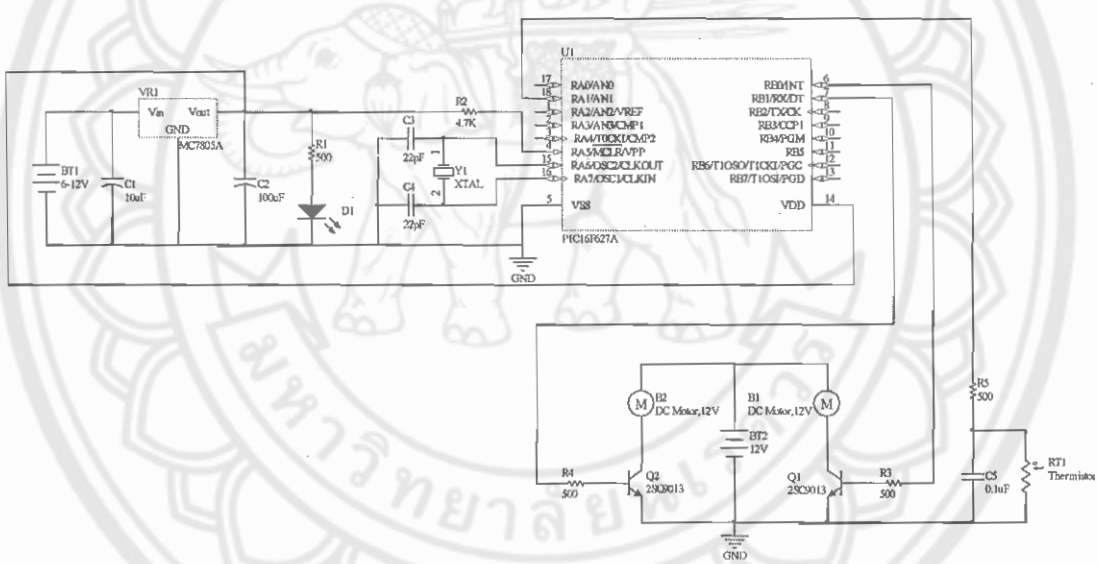
บทที่ 3

การออกแบบวงจรและการเขียนโปรแกรมภาษาซี

3.1 การออกแบบวงจรสำหรับแผงวงจรควบคุม

สำหรับส่วนของชิ้นงานที่จะทำในโครงงานนี้คือ แผงวงจรควบคุม ที่ใช่ยึดติดกับตัว DC motor ตัวใดตัวหนึ่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DC motor ทั้งสองตัวให้มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้นถึงจุดๆหนึ่งตามที่เราได้ตั้งค่าไว้ แผงวงจรควบคุมจะทำการควบคุมให้ DC motor ทั้ง 2 ตัวทำงานหรือหมุนเพื่อทำการระบายความร้อนออกไป และ เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงจุดๆหนึ่งตามที่เราได้ตั้งค่าไว้ แผงวงจรควบคุมจะทำการควบคุมให้ DC motor ทั้ง 2 ตัวหยุดทำงานหรือหยุดหมุน สำหรับรูปแบบวงจรที่ได้ออกแบบสำหรับแผงวงจรควบคุมจะแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรสำหรับแผงวงจรควบคุม

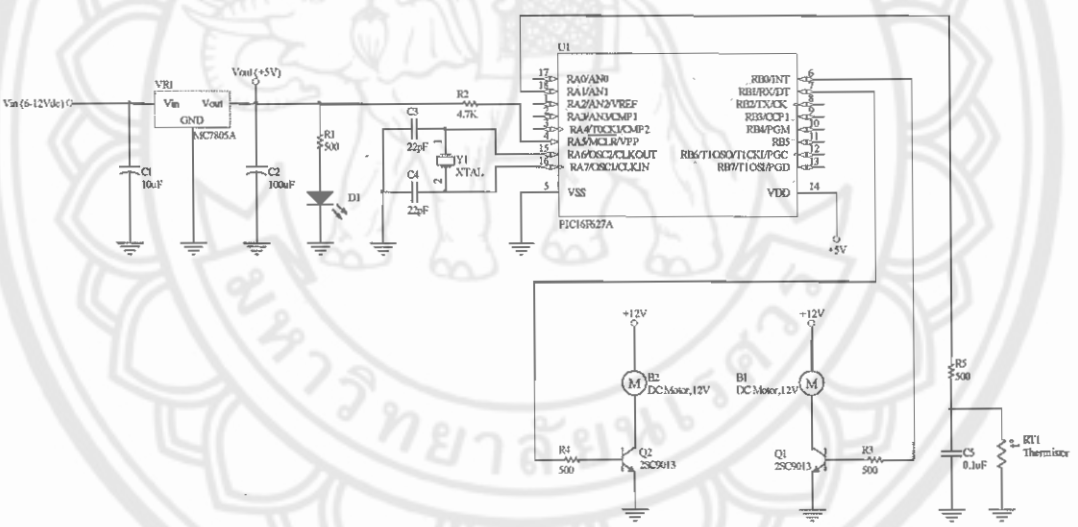
จากวงจรดังรูปที่ 3.1 จะพบว่ามีอุปกรณ์ย่อยในวงจรทั้งสิ้น 21 จำนวน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ PIC16F627A จำนวน 1 ตัว (U_1)
- ไอซีเร็กกูเลเดอร์ (IC Regulator) จำนวน 1 ตัว (VR_1)
- ตัวต้านทาน ขนาด 500 Ω จำนวน 4 ตัว (R_1, R_3, R_4, R_5)
- ตัวต้านทาน ขนาด 4.7 kΩ จำนวน 1 ตัว (R_2)
- ตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว ขนาด 10 μF จำนวน 1 ดัว (C_1)
- ตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว ขนาด 100 μF จำนวน 1 ตัว (C_2)

- ตัวเก็บประจุแบบไม่มีขั้ว ขนาด 22 pF จำนวน 2 ตัว (C_3, C_4)
- ตัวเก็บประจุแบบไม่มีขั้ว ขนาด 0.1 μF จำนวน 1 ตัว (C_5)
- คริสตอล (X-TAL) จำนวน 1 ตัว (Y_1)
- เทอร์มิสเตอร์แบบ NTC จำนวน 1 ตัว (RT_1)
- แอลอีดี (LED) จำนวน 1 ตัว (D_1)
- ทรานซิสเตอร์แบบ NPN จำนวน 2 ตัว (Q_1, Q_2)
- เทอร์มินอลบล็อก (Terminal block) จำนวน 4 ตัว (BT_1, BT_2, B_1, B_2)

หมายเหตุ : สำหรับแบตเตอร์รี่ (BT_1, BT_2) และ DC motor (B_1, B_2) นั้น จะเป็นอุปกรณ์จากภายนอกที่ใช้เชื่อมต่อกับแผงวงจรควบคุมเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ ดังนั้นสำหรับอุปกรณ์ทั้ง 4 ตัวนี้ เราจะใช้แทนด้วยเทอร์มินอลบล็อก เพื่อให้มันทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้ง 4 ตัวนั้นกับแผงวงจรควบคุม

สำหรับการทำงานของวงจร เราอาจจะเปลี่ยนรูปแบบวงจรจากรูปที่ 3.1 มาเป็นวงจรดังรูปที่ 3.2 ได้ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจมากขึ้น ดังนี้



รูปที่ 3.2 วงจรสำหรับการทำงานของระบบ

จากวงจรดังรูปที่ 3.2 การทำงานของส่วนต่างๆในวงจรจะอธิบายได้ดังนี้

จากวงจรจะมีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงหรือไฟเลี้ยงอยู่ 2 แหล่งคือ แหล่งจ่ายแรก BT_1 จะเป็นแหล่งจ่ายสำหรับใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ PIC ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายที่ต่ออยู่กับไอซีเร็กกูเลเตอร์ (VR_1) ไอซีเร็กกูเลเตอร์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์ (Voltage Regulator: VR) มีหน้าที่ลดและปรับระดับแรงดันลงให้มาอยู่ที่ค่าๆหนึ่ง ในที่นี้จะใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ที่ปรับระดับแรงดันให้อยู่ที่ระดับ 5 V โดยที่แรงดันอินพุตสามารถที่จะจ่ายได้ในระดับแรงดันในช่วง

ตั้งแต่ 6-12 V ตัวเก็บประจุ C_1 มีหน้าที่ป้องกันการเกิดออสซิเลตที่ความถี่สูงจากแหล่งจ่าย ตัวเก็บประจุ C_2 มีหน้าที่ปรับแรงดันเอาต์พุตขนาด 5 V ที่ออกมาจากไอซีเรกกูเลเตอร์ให้เรียบยิ่งขึ้น แรงดันเอาต์พุตนี้จะถูกจ่ายให้กับขาที่ 4 (RA5) และขาที่ 14 (V_{DD}) ของ PIC ซึ่งขาที่ 4 (RA5) จะทำหน้าที่เป็นขารีเซตหลัก และขาที่ 14 (V_{DD}) จะทำหน้าที่เป็นขาไฟเลี้ยงให้กับ PIC ส่วนแหล่งจ่ายที่สอง BT_2จะเป็นแหล่งจ่ายสำหรับ DC motor ทั้ง 2 ตัว (B_1, B_2) แอลอีดี D_1 มีหน้าที่แสดงผลว่าไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายหรือแบตเตอร์รี่ BT_1 ยังสามารถใช้งานได้อยู่ ตัวต้านทาน R_1 มีหน้าที่จำกัดกระแสที่จะไหลผ่านแอลอีดี D_1 ตัวต้านทาน R_2 มีหน้าที่เป็นตัวต้านทานพูลอัพ (Pull-up resistor) เพื่อรักษาระดับแรงดัน 5 V ให้กับขาที่ 4 (RA5) ของ PIC ตัวเก็บประจุ C_3 และ C_4 มีหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุในวงจรออสซิลเลเตอร์ร่วมกับคริสตอล เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับ PIC ผ่านขาที่ 15 (RA6) และขาที่ 16 (RA7) ตัวต้านทาน R_3 มีหน้าที่จำกัดกระแสให้กับขาเบส (Base) ของทรานซิสเตอร์ Q_1 ตัวต้านทาน R_4 มีหน้าที่จำกัดกระแสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ทรานซิสเตอร์ Q_1 มีหน้าที่เป็นเหมือนสวิตช์ที่จะทำให้มอเตอร์ B_1 ทำงานและหยุดทำงานได้ นั่นคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 ก็จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ (Collector) ไปยังขาอิมิตเตอร์ (Emitter) ตามสมการดังนี้

$$I_C = \beta I_B \tag{3.1}$$

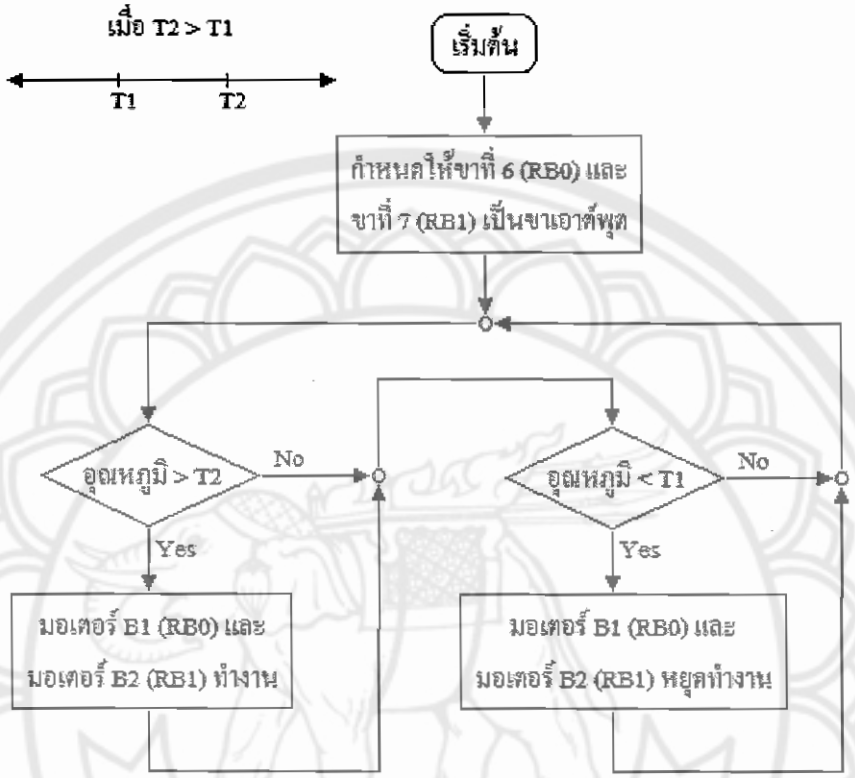
เมื่อ I_C คือ กระแสที่ไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์

I_B คือ กระแสที่ไหลผ่านขาเบสของทรานซิสเตอร์

β คือ ค่าบีตาของทรานซิสเตอร์ เป็นค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับชนิดและเบอร์ของทรานซิสเตอร์ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 แล้ว ก็จะทำให้วงจรของมอเตอร์ B_1 ครบวงจร เกิดแรงดันขนาด 12 V ตกคร่อมที่ขั้วของมอเตอร์ B_1 ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์ B_1 ทำงาน และเมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านขาเบสของทรานซิสเตอร์ หรือ I_B มีค่าเป็นศูนย์ ก็จะทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์เช่นเดียวกัน หรือ I_C จะมีค่าเป็นศูนย์ตามสมการที่ 3.1 ส่งผลให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมที่ที่ขั้วของมอเตอร์ B_1 ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์ B_1 หยุดทำงาน และสำหรับวงจรในส่วนของตัวต้านทาน R_4 ทรานซิสเตอร์ Q_2 และมอเตอร์ B_2 ก็จะมีหน้าที่และหลักการทำงานในทำนองเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากวงจรเราจะกำหนดให้ขาที่ 6 (RB0) และขาที่ 7 (RB1) ของ PIC ทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุตเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ B_1 และ B_2 ตามลำดับ ส่วนการทำงานของวงจรในส่วนของตัวต้านทาน R_5 ตัวเก็บประจุ C_5 และเทอร์มิสเตอร์ RT_1 จะมีหลักการทำงานเหมือนกับวงจรการเก็บประจุและวงจรการคายประจุของตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 2.22 และ 2.23 ตามลำดับ ซึ่งจะได้อธิบายอย่างละเอียดอีกครั้งในลำดับถัดไป

3.2 การเขียนโปรแกรมภาษาซี

อันดับแรกจะอธิบายถึงการทำงานของวงจรโดยภาพรวม พิจารณาโฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจรดังรูปที่ 3.3

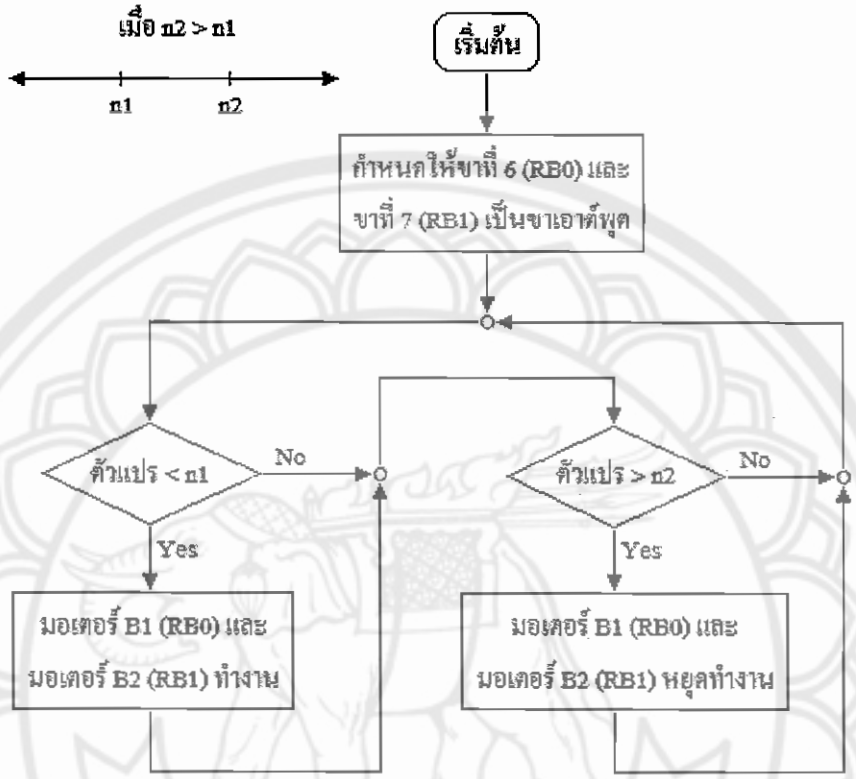


รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจร

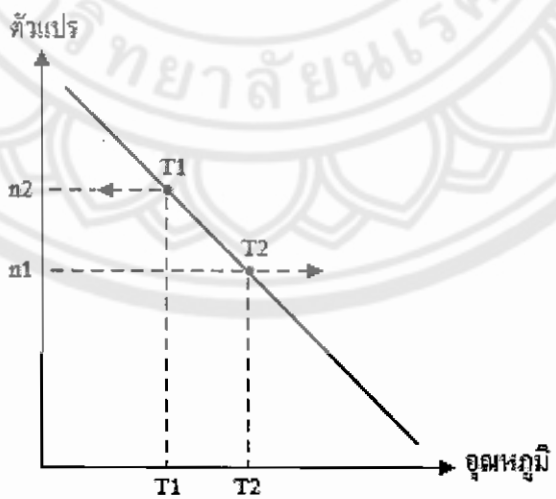
จากโฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจร จะเห็นได้ว่าการทำงานจะมีการตรวจสอบเงื่อนไขอยู่เพียง 2 กรณี ที่จะควบคุมให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานหรือหยุดทำงาน นั่นคือ ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิ T_2 มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวก็จะถูกควบคุมให้ทำงาน และถ้าอุณหภูมิแวดล้อมมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิ T_1 มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวก็จะถูกควบคุมให้หยุดทำงาน เมื่อ T_2 มีค่ามากกว่า T_1 แต่ในการทำงานจริงๆของโปรแกรมนั้น จะไม่ได้มีการตรวจจับอุณหภูมิโดยตรงว่ามีค่าสูงหรือต่ำเพียงใด ในการทำงานจริงๆนั้นจะมีการตรวจจับอุณหภูมิโดยมีการนับค่าเก็บไว้ที่ตัวแปรหนึ่งภายในโปรแกรม ซึ่งการนับค่าดังกล่าวจะมีการเริ่มนับทันทีที่ตัวเก็บประจุ (C_5) ทำการคายประจุ เมื่อทำการคายประจุจนหมด ค่าที่นับได้จะถูกเก็บไว้ที่ตัวแปรนั้นๆ ซึ่งจะได้ว่า ถ้าเวลาที่ใช้ในการเก็บประจุมีค่ามาก ตัวแปรดังกล่าวก็จะมีค่ามาก และถ้าเวลาที่ใช้ในการเก็บประจุมีค่าน้อย ตัวแปรดังกล่าวก็จะมีค่าน้อยเช่นเดียวกัน นั่นคือจะได้ความสัมพันธ์ใหม่ดังนี้

ค่าตัวแปร $\propto$ เวลาที่ใช้ในการคายประจุ $\propto$ ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ $\propto$ 1/อุณหภูมิ

ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะใช้อธิบายในส่วนของวงจรการคายประจุของตัวเก็บประจุเหมือนดังรูปที่ 2.23 โดยที่ตัวต้าน R_2 จะกำหนดให้เป็นเทอร์มิสเตอร์ ดังนั้น จากความสัมพันธ์จะได้โฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจรอีกรูปแบบหนึ่ง ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจรในรูปแบบการใช้ตัวแปรในการนับค่า



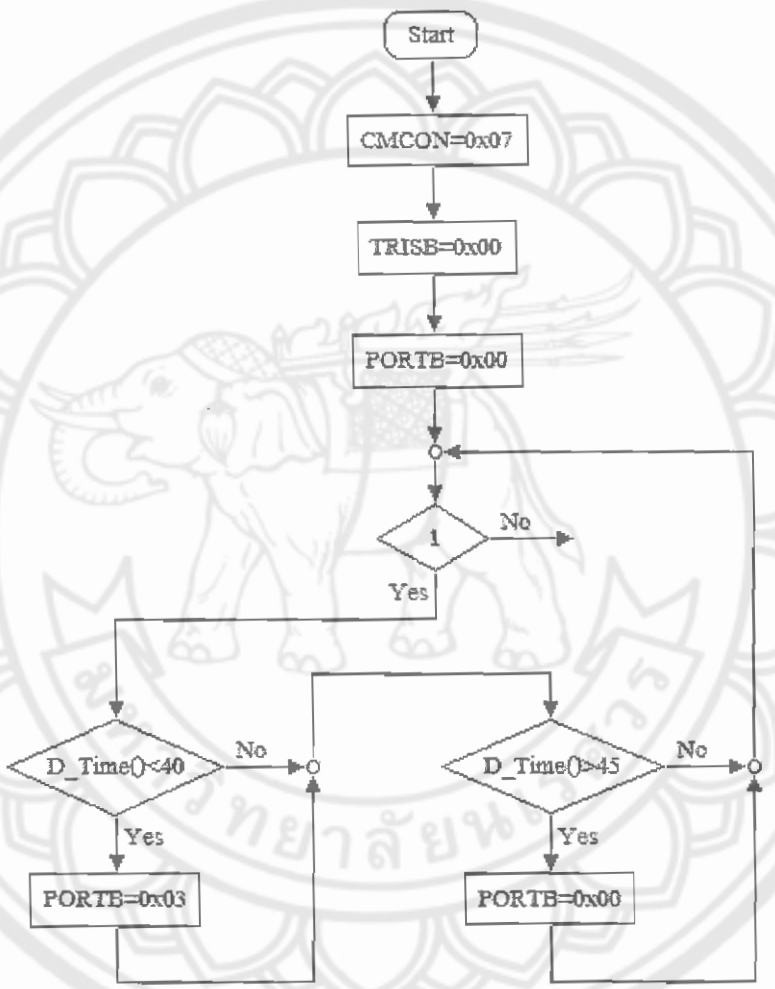
รูปที่ 3.5 รูปแบบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรที่นับได้กับอุณหภูมิ

จากโฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจรดังรูปที่ 3.4 จะอธิบายได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรที่นับได้กับอุณหภูมิดังรูปที่ 3.5 ซึ่งไม่ได้เป็นกราฟที่สามารถใช้อธิบายได้อย่างละเอียด แต่จะสามารถอธิบายได้ว่า ณ อุณหภูมิ 2 ค่าที่แตกต่างกัน จะทำให้ตัวแปรที่นับค่าได้มีค่าต่างกันด้วย นั่นคือ จากความสัมพันธ์ที่ว่า ค่าตัวแปรจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ค่านี้เป็นฟังก์ชันลด ดังนั้นจะสรุปได้ว่า ในกรณีที่ทำให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานนั้น อุณหภูมิจะต้องมีค่ามากกว่า T_2 ซึ่งจากกราฟดังรูปที่ 3.5 จะพบว่า ในช่วงอุณหภูมิที่มากกว่า T_2 ค่าตัวแปรจะอยู่ในช่วงที่มีค่าน้อยกว่า n_1 และในกรณีที่ทำให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวหยุดทำงานนั้น อุณหภูมิจะต้องมีค่าน้อยกว่า T_1 ซึ่งจากกราฟดังรูปที่ 3.5 จะพบว่า ในช่วงอุณหภูมิที่น้อยกว่า T_1 ค่าตัวแปรจะอยู่ในช่วงที่มีค่ามากกว่า n_2 ดังนั้นการทำงานของวงจรจึงอธิบายได้ตามโฟลว์ชาร์ตการทำงานอย่างง่ายของวงจรดังรูปที่ 3.4

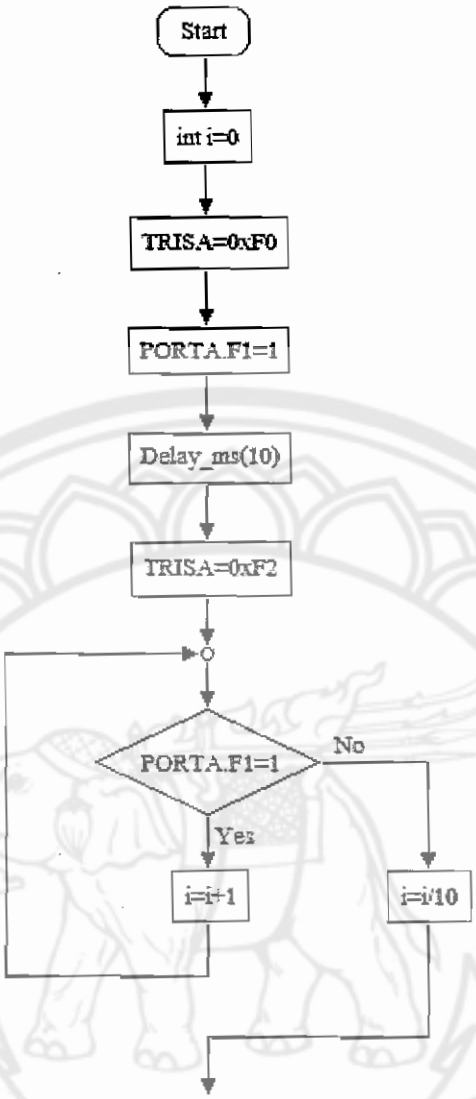
สำหรับโค้ดโปรแกรมภาษาซีสำหรับการทำงานของ PIC จะมีอยู่ทั้งหมด 33 บรรทัด ดังต่อไปนี้

```
1   int D_Time(void);
2   void main()
3   {
4     CMCON=0x07;
5     TRISB=0x00;
6     PORTB=0x00;
7     while(1)
8     {
9       if(D_Time()<40)
10      {
11        PORTB=0x03;
12      }
13      if(D_Time()>45)
14      {
15        PORTB=0x00;
16      }
17    }
18  }
19  int D_Time(void)
20  {
21    int i;
22    i=0;
23    TRISA=0xF0;
24    PORTA.F1=1;
25    Delay_ms(10);
26    TRISA=0xF2;
27    while(PORTA.F1==1)
28    {
29      i++;
30    }
31    i=i/10;
32    return i;
33  }
```

จากโปรแกรมภาษาซี จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วยฟังก์ชันหลักและฟังก์ชันย่อย ฟังก์ชันหลักนั้นคือ void main() ซึ่งจะอยู่ในช่วงบรรทัดที่ 2-18 ส่วนฟังก์ชันย่อยนั้นคือ int D_Time(void) ซึ่งจะอยู่ในช่วงบรรทัดที่ 19-33 และบรรทัดที่ 1 นั้นจะเป็นการอ้างถึงฟังก์ชันย่อยก่อนเท่านั้น ฟังก์ชันย่อยจะมีการคืนค่าให้กับภายในฟังก์ชันหลักในรูปของจำนวนเต็ม โดยที่ฟังก์ชันย่อยจะไม่มีการรับค่าใดๆจากโปรแกรม สำหรับโฟลว์ชาร์ตการทำงานของฟังก์ชันหลักและฟังชันย่อยจะแสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ



รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมในส่วนของฟังก์ชันหลัก



รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมในส่วนของฟังก์ชันย่อย

จากโค้ดโปรแกรมภาษาซี จะอธิบายการทำงานได้ดังนี้

บรรทัดที่ 1 เป็นการอ้างหรือประกาศว่ามีการใช้ฟังก์ชันย่อย int D_Time(void) ในฟังก์ชันหลัก void main()

บรรทัดที่ 2 เป็นการประกาศฟังก์ชันหลัก void main()

บรรทัดที่ 3 เริ่มต้นการทำงานของฟังก์ชันหลัก

บรรทัดที่ 4 กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ CMCON ในหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM เพื่อให้ PORTA ทำงานได้กับสัญญาณดิจิตอลเท่านั้น ไม่ทำงานกับสัญญาณอนาลอก

บรรทัดที่ 5 กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ TRISB ในหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM เพื่อให้ขาที่ 6 (RB0) และขาที่ 7 (RB1) ของ PORTB ทำหน้าที่เป็นขาส่งสัญญาณเอาต์พุต

บรรทัดที่ 6 กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ PORTB ในหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM เพื่อทำการส่งสัญญาณแรงดันขนาด 0 V หรือลอจิก "0" ให้ออกไปที่ขาที่ 6 (RB0) และขาที่ 7 (RB1) ของ PORTB หรือเป็นการทำให้แน่ใจว่าไม่มีสัญญาณเอาต์พุตออกไปที่ขาที่ 6 (RB0) และขาที่ 7 (RB1)

บรรทัดที่ 7 ใช้คำสั่ง while ในการทำงานแบบวนรอบ โดยที่จะกำหนดเงื่อนไข "1" นั่นคือ while(1) หมายความว่าโปรแกรมจะทำงานภายในลูป while นี้ไปเรื่อยๆ ไม่มีสิ้นสุด เนื่องจากเงื่อนไขของคำสั่ง while จะเป็นจริงอยู่เสมอตลอดเวลา

บรรทัดที่ 8 เริ่มต้นการทำงานของลูป while

บรรทัดที่ 9 ใช้คำสั่ง if ในการทำงานแบบวนรอบ โดยที่จะกำหนดเงื่อนไขว่า ค่า D_Time ที่มีการส่งค่ามาจากฟังก์ชันย่อยมีค่าน้อยกว่า 40

บรรทัดที่ 10 เริ่มต้นการทำงานของลูป if

บรรทัดที่ 11 ถ้าเงื่อนไขของคำสั่ง if จากบรรทัดที่ 9 เป็นจริง โปรแกรมก็จะทำคำสั่งในบรรทัดนี้ นั่นคือ ทำการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ PORTB เพื่อทำการส่งสัญญาณแรงดันขนาด 5 V หรือลอจิก "1" ให้ออกไปที่ขาที่ 6 (RB0) และขาที่ 7 (RB1) ส่งผลให้มอเตอร์ B_1 และ B_2 ทำงาน เนื่องจากการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับ หรือถ้าเงื่อนไขดังกล่าวไม่เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โปรแกรมก็จะออกจากการทำงานภายในลูป if จากบรรทัดที่ 9 ทันที

บรรทัดที่ 12 สิ้นสุดการทำงานของลูป if จากบรรทัดที่ 9

บรรทัดที่ 13 ใช้คำสั่ง if ในการทำงานแบบวนรอบ โดยที่จะกำหนดเงื่อนไขว่า ค่า D_Time ที่มีการส่งค่ามาจากฟังก์ชันย่อยมีค่ามากกว่า 45

บรรทัดที่ 14 เริ่มต้นการทำงานของลูป if

บรรทัดที่ 15 ถ้าเงื่อนไขของคำสั่ง if จากบรรทัดที่ 13 เป็นจริง โปรแกรมก็จะทำคำสั่งในบรรทัดนี้ นั่นคือ ทำการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ PORTB เพื่อทำการส่งสัญญาณแรงดันขนาด 0 V หรือลอจิก "0" ให้ออกไปที่ขาที่ 6 (RB0) และขาที่ 7 (RB1) ส่งผลให้มอเตอร์ B_1 และ B_2 หยุดทำงาน เนื่องจากการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับ หรือถ้าเงื่อนไขดังกล่าวไม่เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โปรแกรมก็จะออกจากการทำงานภายในลูป if จากบรรทัดที่ 13 ทันที

บรรทัดที่ 16 สิ้นสุดการทำงานของลูป if จากบรรทัดที่ 13

บรรทัดที่ 17 สิ้นสุดการทำงานของลูป while จากบรรทัดที่ 7

บรรทัดที่ 18 สิ้นสุดการทำงานของฟังก์ชันหลักจากบรรทัดที่ 2

บรรทัดที่ 19 เป็นการประกาศฟังก์ชันย่อย int D_Time(void)

บรรทัดที่ 20 เริ่มต้นการทำงานของฟังก์ชันย่อย

บรรทัดที่ 21 กำหนดตัวแปร i ให้เป็นตัวแปรชนิด int หรือจำนวนเต็ม

บรรทัดที่ 22 กำหนดให้ตัวแปร i มีค่าเป็น 1

บรรทัดที่ 23 กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ TRISA ในหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM เพื่อให้

ขาที่ 18 (RA1) ของ PORTA ทำหน้าที่เป็นขาส่งสัญญาณเอาต์พุต

บรรทัดที่ 24 กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ PORTA ในหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM เพื่อทำการส่งสัญญาณแรงดันขนาด 5 V หรือลอจิก "1" ให้ออกไปที่ขาที่ 18 (RA1) ของ PORTA

บรรทัดที่ 25 ใช้คำสั่งในการหน่วงเวลาการทำงาน เป็นเวลา 10 ms

บรรทัดที่ 26 กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ TRISA เพื่อให้ขาที่ 18 (RA1) ทำหน้าที่เป็นขารับสัญญาณอินพุต

บรรทัดที่ 27 ใช้คำสั่ง while ในการทำงานแบบวนรอบ โดยที่จะกำหนดเงื่อนไขว่า ค่าที่อ่านได้ในบิต RA1 ของ PORTA มีค่าเป็นลอจิก "1"

บรรทัดที่ 28 เริ่มต้นการทำงานของลูป while

บรรทัดที่ 29 ถ้าเงื่อนไขของคำสั่ง while จากบรรทัดที่ 27 เป็นจริง โปรแกรมก็จะทำคำสั่งในบรรทัดนี้ นั่นคือ ทำการเพิ่มค่าหรือนับค่าตัวแปร i ทีละ 1 หรือถ้าเงื่อนไขดังกล่าวไม่เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โปรแกรมก็จะออกจากการทำงานภายในลูป while จากบรรทัดที่ 27 ทันที

บรรทัดที่ 30 สิ้นสุดการทำงานของลูป while จากบรรทัดที่ 27

บรรทัดที่ 31 หารค่าตัวแปร i ด้วย 10 แล้วเก็บไว้ที่ตัวแปร i ตัวเดิม

บรรทัดที่ 32 คืนค่าให้กับฟังก์ชันย่อยด้วยค่าของตัวแปร i

บรรทัดที่ 33 สิ้นสุดการทำงานของฟังก์ชันย่อยจากบรรทัดที่ 19

จากคำสั่งในบรรทัดที่ 9 และ 13 จะเห็นได้ว่า n_1 และ n_2 เรากำหนดให้มีค่าเป็น 40 และ 45 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองการทำงานของแผงวงจรควบคุม ได้มีการเขียนโปรแกรมเปลี่ยนค่าตัวแปร n_1 และ n_2 ดังกล่าวอยู่หลายครั้งด้วยกัน สุดท้ายก็จะได้ค่าที่เหมาะสมคือ 40 และ 45 โดยจะวิเคราะห์จากระดับอุณหภูมิที่ทำให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานและหยุดทำงาน เนื่องจากเมื่อทำการทดสอบให้ค่า n_1 เป็น 40 แล้วทำการตรวจวัดอุณหภูมิ T_2 จะมีค่าประมาณ 40 °C ซึ่งจากการค้นคว้าข้อมูลจะพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในตัวเครื่องของคอมพิวเตอร์จะต้องไม่ควรเกิน 40 °C และเมื่อทำการทดสอบให้ค่า n_2 เป็น 45 แล้วทำการตรวจวัดอุณหภูมิ T_1 จะมีค่าประมาณ 35 °C แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะควบคุมให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานในระดับอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ได้โดยการเปลี่ยนค่า n_1 และ n_2 ในโปรแกรมภาษาซี นั่นคือ ถ้าต้องการให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวเริ่มทำงานในระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ก็ให้ลดค่าตัวแปร n_1 หรือถ้าต้องการให้มอเดอร์ทั้ง 2 ตัวเริ่มทำงานในระดับอุณหภูมิที่ต่ำลง ก็ให้เพิ่มค่าตัวแปร n_1 และถ้าต้องการให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวหยุดทำงานในระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ก็ให้ลดค่าตัวแปร n_2 หรือถ้าต้องการให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวหยุดทำงานในระดับอุณหภูมิที่ต่ำลง ก็ให้เพิ่มค่าตัวแปร n_2 ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้จะอธิบายได้ตามกราฟดังรูปที่ 3.5