สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้วิธีการ 3σ ในการประมวลผลสัญญาณ

3σ APPLICATION FOR SIGNAL PROCESSING

นางสาวปรวัน เดิมสมบูรณ์

วศ.
ป/๑๑๓
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83177
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2551

b 11962161
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3σ APPLICATION FOR SIGNAL PROCESSING

PORAWAN DERMSOMBOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การประยุกต์ใช้วิธีการ 3σ ในการประมวลผลสัญญาณ

3σ APPLICATION FOR SIGNAL PROCESSING

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวปรวัน เดิมสมบูรณ์ **รหัสนักศึกษา** 47010420

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์	

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การประยุกต์ใช้วิธีการ 3σ ในการประมวลผลสัญญาณ

3σ APPLICATION FOR SIGNAL PROCESSING

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวปรวัน เดิมสมบูรณ์ รหัสนักศึกษา 47010420

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ในการประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ นั้น หากข้อมูลที่ได้รับมามีความไม่แน่นอน เช่น อาจแกว่งอยู่ตลอดเวลา ทำให้ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าค่าที่แท้จริงของข้อมูลที่ได้รับมาคืออะไร ก็อาจส่งผลให้การตัดสินใจในการดำเนินการกับสิ่งที่เกี่ยวข้องผิดพลาดได้ โดยในปริญญานิพนธ์นี้ได้ใช้หลักการทางสถิติเข้ามาช่วยในการพิจารณาหาว่าค่าที่แท้จริงของข้อมูลที่ได้รับมานั้นคืออะไร โดยใช้หลักการ 3σ เข้าช่วยในการตัดสินใจซึ่งดีกว่าการนำค่าเฉลี่ยของข้อมูลมาใช้คือวิธีการนี้จะทำการตัดข้อมูลที่มีการกระจายมากกว่า 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานออกไป ก่อนจะนำค่าที่มีการกระจายที่ไม่มากเกินไปมาคิดคำนวณหาค่าที่เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	3σ Application for Signal Processing
Author	Miss. Porawan Dermsomboon
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Prapart Ukakimapurn
Year	2007

ABSTRACT

In processing of data, if received data is not stable. For example, it may be damping, is cause to can't be decided for next process. In this project, we use statistics for helping your decided that what's the real data that are received, by 3σ method. This method is better than average data, because we can be reject data that distribution more than 3 times of deviation. After that we can use data that distribute less than 3 times of deviation for find a number that used for predict what's the real data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจาก รองศาสตราจารย์ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์ อาจารย์กฤษณ์ เสมอพิทักษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

2.1 สถิติ.....3

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ.....3

2.1.2 ประชากร.....3

2.1.3 ตัวอย่าง.....4

2.1.4 แนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง.....5

2.1.5 การกระจายของข้อมูล.....5

2.1.6 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (แผนภูมิควบคุม).....7

2.1.6.1 ขีดจำกัดควบคุม.....8

2.1.6.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย ($\bar{x}$ and R Chart).....9

2.1.6.2.1 แผนภูมิควบคุมพิสัย.....9

2.1.6.2.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย.....11

2.1.7 การวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.1.7.1 OC Curve สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย.....12

2.1.7.2 OC Curve สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย.....14

2.1.8 การประมาณค่าต่าง ๆ จากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย.....15

2.1.9 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย.....16

2.1.10 แผนภูมิควบคุมและการกระจายของข้อมูล.....16

2.1.11 การนำมาประยุกต์ใช้กับปริญญานิพนธ์.....19

บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์.....21

3.1 กล่าวนำ.....21

3.2 เกี่ยวกับ dsPIC.....21

3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ dsPIC.....21

3.2.2 การออกแบบโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์.....22

3.2.3 ขั้นตอนการประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์.....23

3.2.4 การแสดงผลออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์.....24

3.3 เกี่ยวกับ Visual Basic.....24

3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของ Visual Basic.....24

3.3.2 การออกแบบโปรแกรมใน Visual Basic.....25

บทที่ 4 การทดลอง.....27

4.1 ออกแบบการทดลอง.....27

4.2 โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์.....28

4.2.1 เอาท์พุตที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์.....29

4.3 ผลการทดลองที่แสดงใน Visual Basic.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....32

5.1 สรุปผลการทดลอง.....32

5.2 ปัญหา.....32

5.3 ข้อเสนอแนะ.....32

บรรณานุกรม.....33

ภาคผนวก.....34

ภาคผนวก ก.....35

ภาคผนวก ข.....36

ภาคผนวก ค.....37

ภาคผนวก ง.....48

ภาคผนวก จ.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิควบคุม....8

2.2 OC curves สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่มีขีดจำกัดควบคุมอยู่ที่ $\pm 3\sigma$ 13

2.3 ARLs สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่มีขีดจำกัดควบคุมอยู่ที่ $\pm 3\sigma$ 14

2.4 OC curves สำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัยที่มีขีดจำกัดควบคุมอยู่ที่ $\pm 3\sigma$ 15

2.5 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย....16

2.6 รูปร่างของชุดข้อมูลที่มีการกระจายที่แตกต่างกัน....17

2.7 รูปร่างของข้อมูลที่มีการกระจายมาก....17

2.8 รูปร่างของข้อมูลที่มีการกระจายน้อย....17

2.9 เปรียบเทียบข้อมูลที่มีการกระจายที่ไม่เท่ากันเทียบกับแผนภูมิควบคุม....18

2.10 การเลื่อนไปของค่าเฉลี่ยกับขีดจำกัดที่ตายตัว....18

2.11 ตัวอย่างการกระจายของข้อมูล ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ 19

3.1 ขั้นตอนของกระบวนการโดยย่อ....21

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011....22

3.3 แผนภาพโดยรวมของการเขียนโปรแกรม....23

3.4 แผนภาพการรับและระบุตำแหน่งข้อมูลจากชุดข้อมูลที่เขียนใน Visual Basic....26

4.1 บอร์ดที่ใช้ทดลอง....27

4.2 โครงสร้างของโปรแกรมที่เขียนในไมโครคอนโทรลเลอร์....28

4.3 เอาท์พุตที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์....29

4.4 ลักษณะสัญญาณเมื่ออยู่ในสภาวะปกติ....30

4.5 สภาวะที่มีโหลดมากระทำระยะเวลาหนึ่ง....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ในระบบทั่วไปนั้น สิ่งที่ขาดไม่ได้เลยก็คือการที่จำเป็นต้องมีสิ่งที่รับเข้ามาหรือที่เรียกกันว่าอินพุต จากนั้นก็เอามาประมวลผลต่อให้เป็นสิ่งที่ต้องการหรือที่เรียกกันว่าเอาท์พุต โดยอินพุตที่รับมาในกระบวนการใด ๆ นั้น อาจเป็นเอาท์พุตของกระบวนการอื่นที่ออกมาและถูกส่งต่อออกมาประมวลผลต่อว่าในกระบวนการก่อนหน้านั้นได้มีขั้นตอนเช่นไรแล้ว หลังจากนั้นในระบบต่อมาจะต้องทำอะไรต่อจากกระบวนการก่อนหน้า เช่น เมื่อมีเซนเซอร์ตรวจจับระดับน้ำ หากระดับน้ำถึงจุดต่ำกว่าที่กำหนดก็ให้เติมน้ำเข้ามาหรือถ้าถึงจุดที่กำหนดก็ให้หยุดทุกกระบวนการและถ้าระดับน้ำมากกว่าที่กำหนดก็ให้ปล่อยน้ำออก เป็นต้น ดังนั้นสิ่งที่สำคัญในการที่จะควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้นั้นจึงจำเป็นจะต้องได้รับอินพุตที่ถูกต้องจากเอาท์พุตของตัวตรวจจับนั่นเอง

แต่อย่างไรก็ตามด้วยเหตุผลทางด้านต่าง ๆ เราไม่สามารถทำให้เอาท์พุตของระบบใด ๆ ไปต่อเข้ากับอินพุตของอีกระบบได้โดยทันที ดังนั้นสิ่งที่ตามมาก็คือการส่งเอาท์พุตของระบบใด ๆ ไปเข้าเป็นอินพุตของอีกระบบหนึ่งซึ่งอาจส่งไปเป็นแบบไฟฟ้าหรือเชิงกล แต่สิ่งที่เราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้จากการส่งข้อมูลคือการมีสัญญาณรบกวนระหว่างการส่ง ซึ่งสิ่งที่ตามมาหลังจากนั้นคือหากมีสัญญาณรบกวนในการส่งเกิดขึ้น เช่น อาจทำให้ข้อมูลแกว่งอยู่ตลอดทำให้ระบบต่อไปไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าข้อมูลที่แท้จริงคืออะไร สิ่งที่ต้องทำต่อจากนั้นคืออะไร ก็อาจทำให้ระบบต่อไปทำงานผิดพลาดได้เนื่องจากไม่ทราบข้อมูลที่แท้จริงของระบบก่อนหน้า ซึ่งก็อาจก่อให้เกิดความเสียหายมาให้ระบบต่าง ๆ ที่ต่อเนื่องกันได้

และเนื่องจากเราไม่สามารถทำให้ไม่มีการส่งเกิดขึ้นได้ และเราก็ไม่สามารถที่จะกำจัดสิ่งที่รบกวนข้อมูลในระหว่างการส่งออกได้ทั้งหมด ดังนั้นการนำวิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหานี้โดยการนำอินพุตที่รับเข้ามานั้น นำมาประมวลผลเพื่อให้ค่าของข้อมูลอินพุตที่แกว่งอยู่หรือไม่คงที่มีความคงที่มากยิ่งขึ้น โดยนำข้อมูลที่ได้มาหาตัวแทนของข้อมูลเหล่านั้น โดยค่าที่เป็นตัวแทนของข้อมูลนั้นจะต้องมีความน่าเชื่อถือ เพื่อให้มีความคงที่ของระบบที่มากขึ้นและเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาและออกแบบการประมวลผลสัญญาณที่รับเข้ามา ในกรณีที่เกิดภาวะไม่ปกติ เช่น เกิดสัญญาณรบกวนทำให้เอาท์พุตที่ออกมามีการแกว่ง เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นควรจะเป็นเท่าใด ซึ่งในโครงงานนี้ได้ออกแบบกระบวนการหาค่าที่เป็นตัวแทนของค่าที่รับมา เพื่อเป็นการตัดสินใจว่าข้อมูลที่รับมานั้นควรจะมีค่าอยู่ที่เท่าใด

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

สัญญาณที่รับเข้ามาประมวลผลจะอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ โดยการประมวลผลจะเกิดขึ้นภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 และจะมีเอาท์พุตออกมาอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์เช่นกัน

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

เริ่มต้นจากการศึกษาเกี่ยวกับวิธีทางสถิติ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของข้อมูล จากนั้นจึงศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ในส่วนที่จำเป็นต้องใช้ จากนั้นจึงศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 จากนั้นจึงศึกษาการสร้างกราฟแบบ real time โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สถิติ

ในปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงเฉพาะในส่วนที่นำมาประยุกต์ใช้เท่านั้น โดยจะแบ่งเป็นหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ

สถิติ คือ ศาสตร์ของการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากตัวอย่างที่ใช้เสมือนเป็นตัวแทนของประชากร โดยคำนึงถึงความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ซึ่งการศึกษาสถิติสามารถทำได้ 2 วิธีคือการศึกษาโดยการสังเกตและการศึกษาโดยการทดลอง โดยการศึกษาโดยการสังเกตคือการเก็บข้อมูลจากกระบวนการที่ต้องการศึกษาโดยไม่มีการแปรค่าปัจจัยใด ๆ ส่วนการศึกษาโดยการทดลองคือการเก็บข้อมูลจากกระบวนการที่ต้องการศึกษาโดยมีการแปรค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้การศึกษาสถิติยังสามารถแบ่งตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาได้อีกเป็น 2 ประเภทซึ่งก็คือการศึกษาเพื่อการอธิบายและการศึกษาเพื่อการวิเคราะห์โดยการศึกษาเพื่อการอธิบายคือการศึกษาที่มีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการศึกษาอย่างชัดเจน บทวิเคราะห์และผลสรุปสามารถใช้ได้กับกลุ่มเป้าหมายเท่านั้น ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ส่วนการศึกษาเพื่อการวิเคราะห์คือการศึกษาเพื่อนำบทวิเคราะห์และผลสรุปไปประยุกต์ใช้ในโอกาสต่อไปหรือประยุกต์ใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่ต้องการศึกษา โดยที่จะต้องมีคุณสมบัติและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เหมือนกัน ซึ่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำส่วนของการศึกษาเพื่อการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์

2.1.2 ประชากร (Population)

ประชากรคือกลุ่มทั้งหมดที่ต้องการศึกษา ค่ากึ่งกลางของประชากรทั้งหมดเรียกว่าค่าเฉลี่ย (Mean, μ) สามารถหาได้จากผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดหารด้วยจำนวนประชากร

กำหนดให้ N เป็นจำนวนประชากรทั้งหมด

x_i เป็นค่าสังเกตของประชากรที่ i

ค่าเฉลี่ยสามารถหาได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \tag{2.1}$$

การกระจายของค่าสังเกตรอบ ๆ ค่าเฉลี่ย เรียกว่า ความแปรปรวน (Variance, σ^2) สามารถหาได้จาก ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยหารด้วยจำนวนประชากร ความแปรปรวน

กำหนดให้ N เป็นจำนวนประชากรทั้งหมด

x_i เป็นค่าสังเกตของประชากรที่ i

ความแปรปรวนสามารถหาได้ ดังนี้

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \mu)^2}{N} \tag{2.2}$$

หน่วยของความแปรปรวน คือ กำลังสองของหน่วยเดิม ซึ่งก่อให้เกิดความสับสนและไม่สะดวกในการสรุปผล จึงสามารถใช้รากที่สองของความแปรปรวนหรือที่เรียกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยมีหน่วยเป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยของข้อมูล โดยสามารถหาได้จาก

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \mu)^2}{N}} \tag{2.3}$$

2.1.3 ตัวอย่าง (Sample)

ตัวอย่างคือกลุ่มย่อยหรือสับเซตของประชากร การสุ่มตัวอย่าง(Sampling)คือการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างที่ใช้เสมือนเป็นตัวแทนของประชากร เนื่องจากการเก็บข้อมูลจากสมาชิกทั้งหมดของประชากรในบางครั้งไม่สามารถทำได้ด้วยสาเหตุต่าง ๆ เช่น ประชากรมีขนาดใหญ่มากทำให้การเก็บตัวอย่างต้องใช้เวลานานมาก เป็นต้น

ข้อมูลที่เก็บได้จากการสุ่มตัวอย่างคือเซตของค่าสังเกต ซึ่งมักจะอยู่ในรูปของตัวเลขจำนวนมากมายที่มีค่าต่าง ๆ กันไปอันเนื่องมาจากความแปรปรวน ตัวเลขเหล่านี้ยากต่อการอธิบายหรือซับซ้อนเกินกว่าจะเข้าใจ การดูข้อมูลเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้สิ่งที่เราสนใจไม่ใช่ค่าของข้อมูลแต่ละค่าแต่เป็นรูปแบบการกระจายหรือการแจกแจงของข้อมูลทั้งหมด

2.1.4 แนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง

แนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง สามารถนำเสนอได้ 3 ลักษณะ คือ

- ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Sample Average, $\bar{x}$) เป็นค่ากึ่งกลางของค่าสังเกตทั้งหมดโดยหาได้จากผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดหารด้วยขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

กำหนดให้ n เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดหรือขนาดตัวอย่าง

x_i เป็นค่าสังเกตที่ i

ค่าเฉลี่ยตัวอย่างสามารถหาได้ ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{2.4}$$

- ค่าฐานนิยม (Mode, MOD) เป็นค่าสังเกตที่มีความถี่สูงสุดจากข้อมูลทั้งหมด
- ค่ามัธยฐาน (Median, MED) เป็นค่าสังเกตที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางของข้อมูลทั้งหมดที่ถูกเรียงลำดับจากน้อยไปมากหรือจากมากไปน้อย นั่นคือ 50% ของข้อมูลทั้งหมดมีค่ามากกว่ามัธยฐาน และอีก 50% น้อยกว่ามัธยฐาน

2.1.5 การกระจายของข้อมูล

การกระจายของข้อมูล สามารถนำเสนอได้ 3 ลักษณะ คือ

- พิสัย (Range, R) เป็นค่าแตกต่างระหว่างค่าสังเกตสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลชุดหนึ่ง ๆ

กำหนดให้ x_{max} เป็นค่าสังเกตสูงสุด

x_{min} เป็นค่าสังเกตต่ำสุด

พิสัยสามารถหาได้ ดังนี้

$$R = x_{max} - x_{min} \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแปรปรวนตัวอย่าง (Sample Variance, S^2) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลในตัวอย่างรอบ ๆ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างโดยสามารถหาได้จากผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่าในตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างหารด้วยขนาดตัวอย่างลบหนึ่ง ความแปรปรวนตัวอย่างยิ่งมากการกระจายของข้อมูลในตัวอย่างก็ยิ่งมาก

กำหนดให้ n เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดหรือขนาดตัวอย่าง

x_i เป็นค่าสังเกตที่ i

ความแปรปรวนตัวอย่างสามารถหาได้ ดังนี้

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1} \tag{2.6}$$

หรือ

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}{n-1} \tag{2.7}$$

หน่วยของความแปรปรวนตัวอย่าง คือ กำลังสองของหน่วยเดิม

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง (S) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลในตัวอย่าง สามารถหาได้จากรากที่สองของความแปรปรวนตัวอย่าง ดังนั้นหน่วยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างจึงเป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยของข้อมูล

กำหนดให้ n เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดหรือขนาดตัวอย่าง

x_i เป็นค่าสังเกตที่ i

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างสามารถหาได้ ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^2}{n}}{n-1}} \tag{2.9}$$

2.1.6 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (แผนภูมิควบคุม)

แผนภูมิควบคุมถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1924 โดย Dr. Walter A. Shewhart เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าติดตามผลของกระบวนการว่าอยู่ในการควบคุมหรือไม่ โดยการพลอตค่าของตัวสถิติที่เกี่ยวเนื่องกับคุณลักษณะที่สนใจในการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง แผนภูมิควบคุมเป็นหนึ่งในเทคนิคการควบคุมกระบวนการตามสาย (On-Line Process Control) สามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการและหาสมรรถนะของกระบวนการผลิตได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการที่อยู่ในการควบคุม นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมยังสามารถช่วยลดความผันแปรของกระบวนการได้อีกด้วย

แผนภูมิควบคุมคือแผนภูมิวิ่งชนิดหนึ่งที่เพิ่มเส้นค่ากลาง (Center Line, CL) ขีดจำกัดควบคุมสูง (Upper Control Limit, UCL) และขีดจำกัดควบคุมต่ำ (Lower Control Limit, LCL) โดยสามารถกำหนดได้ ดังนี้

กำหนดให้ w เป็นตัวสถิติที่มีการแจกแจงด้วยค่าเฉลี่ย μ_w และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_w จะได้ว่า

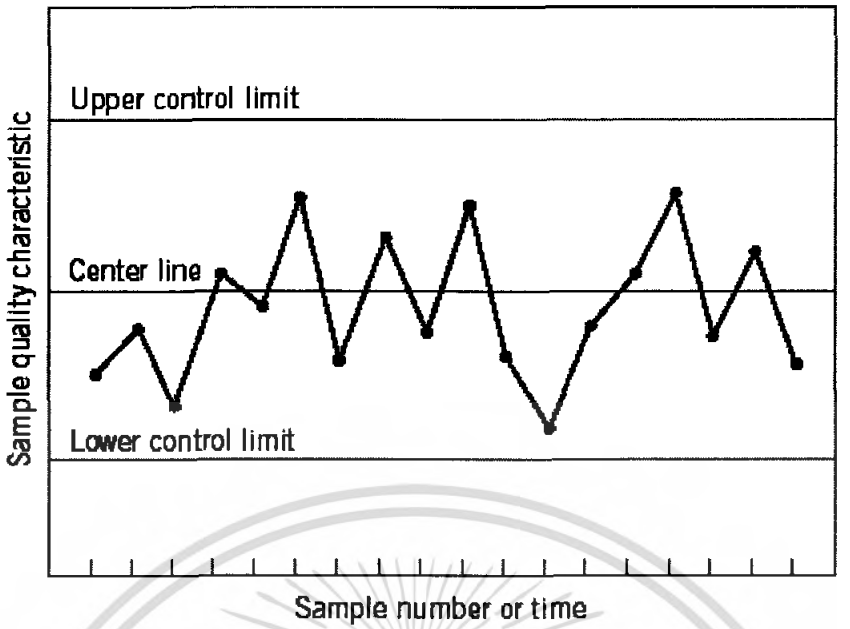
$$UCL=\mu_w+k\sigma_w \tag{2.10}$$

$$CL=\mu_w \tag{2.11}$$

$$LCL=\mu_w-k\sigma_w \tag{2.12}$$

เมื่อ k เป็นระยะห่างระหว่างขีดจำกัดควบคุม (บนและล่าง) กับเส้นค่ากลางเป็นจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยทั่วไป $k=3$ นั่นคือขีดจำกัดควบคุมบนจะอยู่ห่างจากเส้นค่ากลางเป็นระยะ $+3\sigma$ และขีดจำกัดควบคุมล่างจะอยู่ห่างจากเส้นกลางเป็นระยะ -3σ หรือที่เรียกกันว่าแผนภูมิควบคุมชนิด 3 ซิกม่า (3-Sigma Control Chart) ตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมแสดงในภาพที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิควบคุม

ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุมคือ ช่วยในการเฝ้าติดตามผลของกระบวนการว่ายังอยู่ในการควบคุมหรือไม่ โดยการสังเกตว่ามีข้อมูลตกอยู่เหนือขีดจำกัดควบคุมสูงหรือใต้ขีดจำกัดควบคุมต่ำหรือไม่ ถ้ามีจุดใดจุดหนึ่งตกอยู่เหนือขีดจำกัดควบคุมสูงหรือใต้ขีดจำกัดควบคุมต่ำให้ตรวจหาสาเหตุของจุด ๆ นั้น ถ้าสาเหตุที่พบเป็นสาเหตุที่ระบุได้ ให้ตัดข้อมูลของจุดนั้น ๆ ออกแล้วสร้างแผนภูมิควบคุมใหม่ แสดงว่าในขณะนั้นกระบวนการไม่อยู่ในการควบคุม เช่น อาจมีการรบกวนสัญญาณของข้อมูลที่ถูกส่งมา หรือสภาวะในช่วงเวลานั้น ๆ เป็นสภาวะที่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น (เช่น เกิดการสั่นของตัวตรวจจับสัญญาณ) เป็นต้น

2.1.6.1 ขีดจำกัดควบคุม

จากที่กล่าวข้างต้น แผนภูมิควบคุมประกอบด้วยเส้นค่ากลาง ขีดจำกัดควบคุมสูงและขีดจำกัดควบคุมต่ำ การกำหนดขีดจำกัดควบคุมสูงและขีดจำกัดควบคุมต่ำเป็นสิ่งที่สำคัญในการออกแบบแผนภูมิควบคุม ถ้าขีดจำกัดควบคุมสูงและขีดจำกัดควบคุมต่ำอยู่ห่างจากเส้นค่ากลางมาก ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 (α) จะน้อยแต่ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 (β) จะมาก กล่าวคือข้อมูลที่มีการกระจายมากเกินไปอาจถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของข้อมูลที่นำมาใช้จะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้ไม่ดีพอ ในทางตรงกันข้ามถ้าขีดจำกัดควบคุมสูงและขีดจำกัดควบคุมต่ำอยู่ใกล้กับเส้นค่ากลางมาก ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 (α) จะมากแต่ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 (β) จะน้อย กล่าวคือข้อมูลที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายที่ไม่มากเกินไปอาจถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของข้อมูลที่ไม่นำมาใช้หรือถูกตัดออก จะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้ไม่ดีพอเช่นเดียวกัน

การกำหนดขีดจำกัดควบคุมสูงและขีดจำกัดควบคุมต่ำสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- การกำหนดในรูปแบบของระยะห่างจากเส้นค่ากลาง (CL) โดยระบุเป็นจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยทั่วไปค่าที่ใช้คือ $k = 3$ โดยค่าของจำนวนเท่าที่กำหนดนี้สามารถนำไปหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จากตารางในภาคผนวก ก เช่น ถ้า $k = 3$ จากตารางในภาคผนวก ก เมื่อ $z = 3.00$ จะได้ว่า $\alpha = 2 \times (1 - 0.99865) = 0.0027$

- การกำหนดในรูปของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 (α) แล้วเปิดตารางในภาคผนวก ก เพื่อหาระยะห่างจากเส้นค่ากลางที่ระบุเป็นจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เช่น ถ้ากำหนด $\alpha = 0.002$ จากตารางในภาคผนวก ก เมื่อ $\alpha = 0.002 \div 2 = 0.001$ จะได้ว่า $z = 3.09$ นั่นคือ $k = 3.09$

โดยในปริญญานิพนธ์นี้ได้ใช้แบบแรกคือ 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน กล่าวคือหากข้อมูลที่รับมานั้นมีการกระจายไม่เกิน 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลนั้นก็จะยังคงเก็บไว้คำนวณในขั้นถัดไป แต่หากข้อมูลนั้นมีการกระจายมากกว่า 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลนั้นก็จะถูกตัดออกไม่นำมาใช้

2.1.6.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย ($\bar{x}$ and R Chart)

เนื่องจากเราใช้จำนวนของข้อมูลในกลุ่มน้อย ดังนั้นค่าของพิสัยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะไม่ต่างกันมากนักจนเสมือนว่าเป็นค่าเดียวกันได้ดังนั้นจึงเลือกใช้พิสัย เนื่องจากมีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนเท่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.1.6.2.1 แผนภูมิควบคุมพิสัย

สมมุติว่าคุณลักษณะทางคุณภาพที่สนใจ มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 กำหนดให้ $x_{11}, x_{12}, ..., x_{1n}, x_{21}, ..., x_{2n}, ..., x_{m1}, ..., x_{mn}$ เป็นค่าที่วัดได้จากการสุ่มตัวอย่างขนาด n จำนวน m ตัวอย่าง โดย $R_1, R_2, ..., R_m$ เป็นพิสัยของตัวอย่างที่ $1,2,...,m$ ตามลำดับ จะได้ว่า

$$R_i = Max(x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{in}) - Min(x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{in}) \qquad (2.13)$$

ตัวประมาณค่าของ R ที่ดีที่สุด คือ พิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\overline{R} = \frac{R_1 + R_2 + ... + R_m}{m} \tag{2.14}$$

ตัวประมาณค่าของ σ_R ที่ดีที่สุดสามารถหาได้ ดังนี้

$$R = W\sigma \tag{2.15}$$

$$\sigma_R = d_3\sigma \tag{2.16}$$

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\overline{R}}{d_2} \tag{2.17}$$

ขีดจำกัดควบคุมที่ $\pm 3\sigma$ สำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัย สามารถกำหนดได้ ดังนี้

$$UCL = \overline{R} + 3\hat{\sigma}_R = \overline{R} + 3d_3 \frac{\overline{R}}{d_2} \tag{2.18}$$

$$CL = \overline{R} \tag{2.19}$$

$$LCL = \overline{R} - 3\hat{\sigma}_R = \overline{R} - 3d_3 \frac{\overline{R}}{d_2} \tag{2.20}$$

เมื่อกำหนดให้

$$D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2} \tag{2.21}$$

และ

$$D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2} \tag{2.22}$$

ซึ่งเป็นค่าที่สามารถเปิดจากตารางในภาคผนวก ข จะได้ว่า

$$UCL = D_4\overline{R} \tag{2.23}$$

$$CL = \overline{R} \tag{2.24}$$

$$LCL = D_3\overline{R} \tag{2.25}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.2.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

กำหนดให้ $\bar{x}_1, \bar{x}_2, ..., \bar{x}_m$ เป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + ... + x_{in}}{n} \tag{2.26}$$

จากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางจะได้ว่า $\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$ ตัวประมาณค่าของ μ ที่ดีที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนได้ ดังนี้

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + ... + \bar{x}_m}{m} \tag{2.27}$$

เนื่องจากค่าของ σ ใกล้เคียงกับค่าของพิสัย ดังนั้นจึงใช้ค่าพิสัยเป็นตัวประมาณค่าของ σ จาก $W = \frac{R}{\sigma}$ จะได้ว่า

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \tag{2.28}$$

ขีดจำกัดควบคุมที่ $\pm 3\sigma$ สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยสามารถกำหนดได้ ดังนี้

$$UCL = \bar{\bar{x}} + \frac{3}{\sqrt{n}}\frac{\bar{R}}{d_2} \tag{2.29}$$

$$CL = \bar{\bar{x}} \tag{2.30}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - \frac{3}{\sqrt{n}}\frac{\bar{R}}{d_2} \tag{2.31}$$

เมื่อกำหนดให้

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \tag{2.32}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นค่าที่สามารถเปิดจากตารางในภาคผนวก ข จะได้ว่า

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \tag{2.33}$$

$$CL = \bar{\bar{x}} \tag{2.34}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \tag{2.35}$$

2.1.7 การวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย

จากขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยจะเห็นว่าเส้นค่ากลางของแผนภูมิควบคุมพิสัย ($CL = \sigma$ หรือ $\bar{R}$) มีผลต่อขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ดังนั้นในการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยจะต้องเริ่มด้วยการสร้างแผนภูมิควบคุมพิสัยก่อนเสมอ เมื่อได้แผนภูมิควบคุมพิสัยที่อยู่ในการควบคุมแล้ว (ไม่มีค่าใดตกอยู่ในการกระจายที่มากเกินกว่า 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้ว) จึงสามารถใช้ค่าของเส้นค่ากลางจากแผนภูมิควบคุมพิสัยเพื่อทำการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยต่อไป

2.1.7.1 OC Curve สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

กำหนดให้ μ_0 เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่อยู่ในการควบคุม และ $\mu_1 = \mu_0 + k\sigma$ เป็นค่าเฉลี่ยใหม่ของกระบวนการ เมื่อ σ เป็นค่าที่กำหนดให้และมีค่าคงที่ ความน่าจะเป็นของการที่ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการในทันทีที่สุ่มตัวอย่างที่ 1 คือ

$$\beta = P\left\{LCL \le \bar{x} \le UCL \middle| \mu = \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right\} \tag{2.36}$$

เนื่องจาก $\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$ และขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยคือ $\mu_0 \pm 3\sigma\sqrt{n}$ ดังนั้น

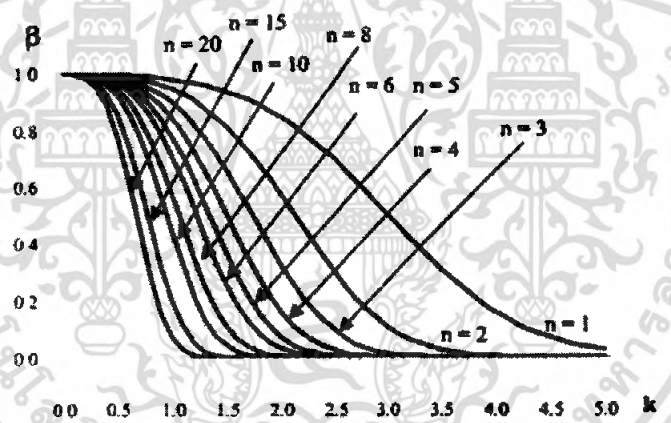
$$\beta = \phi\left[\frac{UCL - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right] - \phi\left[\frac{LCL - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right] \tag{2.37}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\beta = \phi\left[\frac{\left(\mu_0 + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right) - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right] - \phi\left[\frac{\left(\mu_0 - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}\right) - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right] \tag{2.38}$$

$$\beta = \phi\left[3 - k\sqrt{n}\right] - \phi\left[-3 - k\sqrt{n}\right] \tag{2.39}$$

เนื่องจาก β คือความน่าจะเป็นของการไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการเมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 1 และ $1-\beta$ คือความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรืออำนาจในการทดสอบ (Power of Test) เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 1 จะได้ว่าความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการจากการสุ่มตัวอย่างที่ 2 คือ $\beta(1-\beta)$ และความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการเมื่อสุ่มตัวอย่างที่ k คือ $\beta^{k-1}(1-\beta)$



ภาพที่ 2.2 OC curves สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่มีขีดจำกัดควบคุมอยู่ที่ $\pm 3\sigma$

OC Curves สำหรับแผนภูมิค่าเฉลี่ย แสดงดังภาพที่ 2.2 จากภาพจะพบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4, 5 และ 6 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยของค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เมื่อ $n = 5$ และ $k = 1$ จะได้ว่า

- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 1 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ 0.225
- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 2 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ 0.173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 3 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ 0.1345

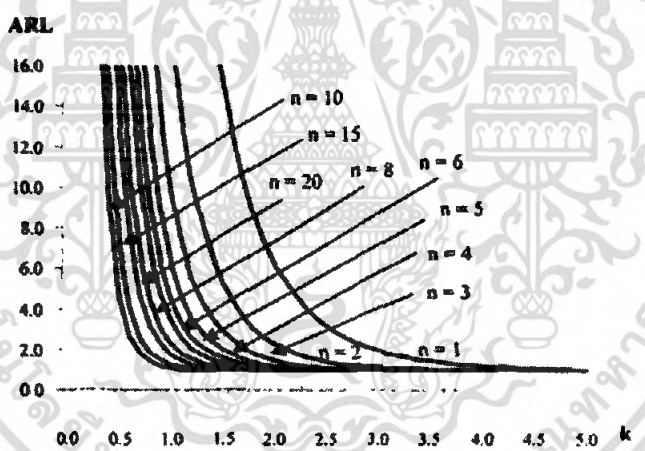
- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 4 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ 0.1046

- ...

ค่าคาดหวังของจำนวนตัวอย่างก่อนจะพบว่ากระบวนการไม่อยู่ในการควบคุมคือค่า ARL สามารถเขียนได้ ดังนี้

$$ARL = \sum_{k=1}^{\infty} k\beta^{k-1}(1-\beta) = \frac{1}{1-\beta} \qquad (2.40)$$

ARL สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย แสดงดังภาพที่ 2.3



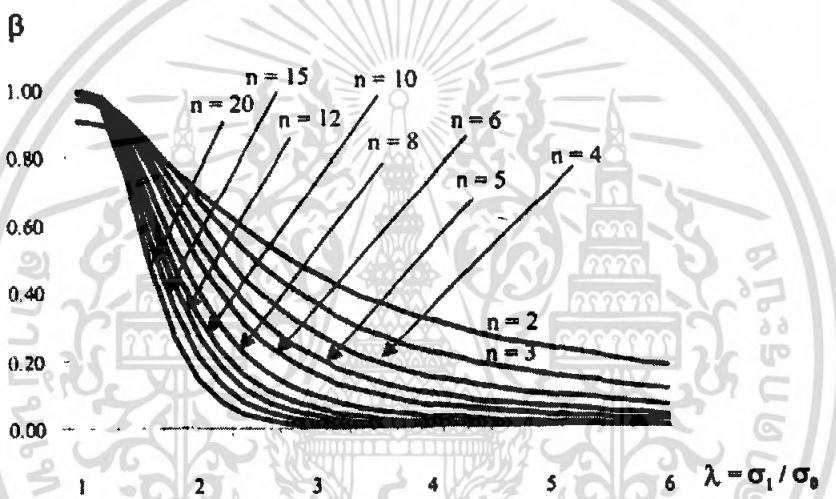
ภาพที่ 2.3 ARLs สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่มีขีดจำกัดควบคุมอยู่ที่ $\pm 3\sigma$

2.1.7.2OC Curve สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย

กำหนดให้ σ_0 เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการที่อยู่ในการควบคุมและ $\sigma_1 > \sigma_0$ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใหม่ของกระบวนการ OC Curve สำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัย สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.4 จากภาพจะพบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4, 5 และ 6 แผนภูมิควบคุมพิสัย ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เมื่อ $n = 5$ และ $\lambda = 1.4$ จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 1 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ คือ 0.0883
- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 2 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ คือ 0.0805
- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 3 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ คือ 0.0734
- เมื่อสุ่มตัวอย่างที่ 4 ความน่าจะเป็นในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ คือ 0.0669
- ...



ภาพที่ 2.4 OC curves สำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัยที่มีขีดจำกัดควบคุมอยู่ที่ $\pm 3\sigma$

2.1.8 การประมาณค่าต่าง ๆ จากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย

- ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ $(\hat{\mu})$ สามารถประมาณจากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ดังนี้

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} \tag{2.41}$$

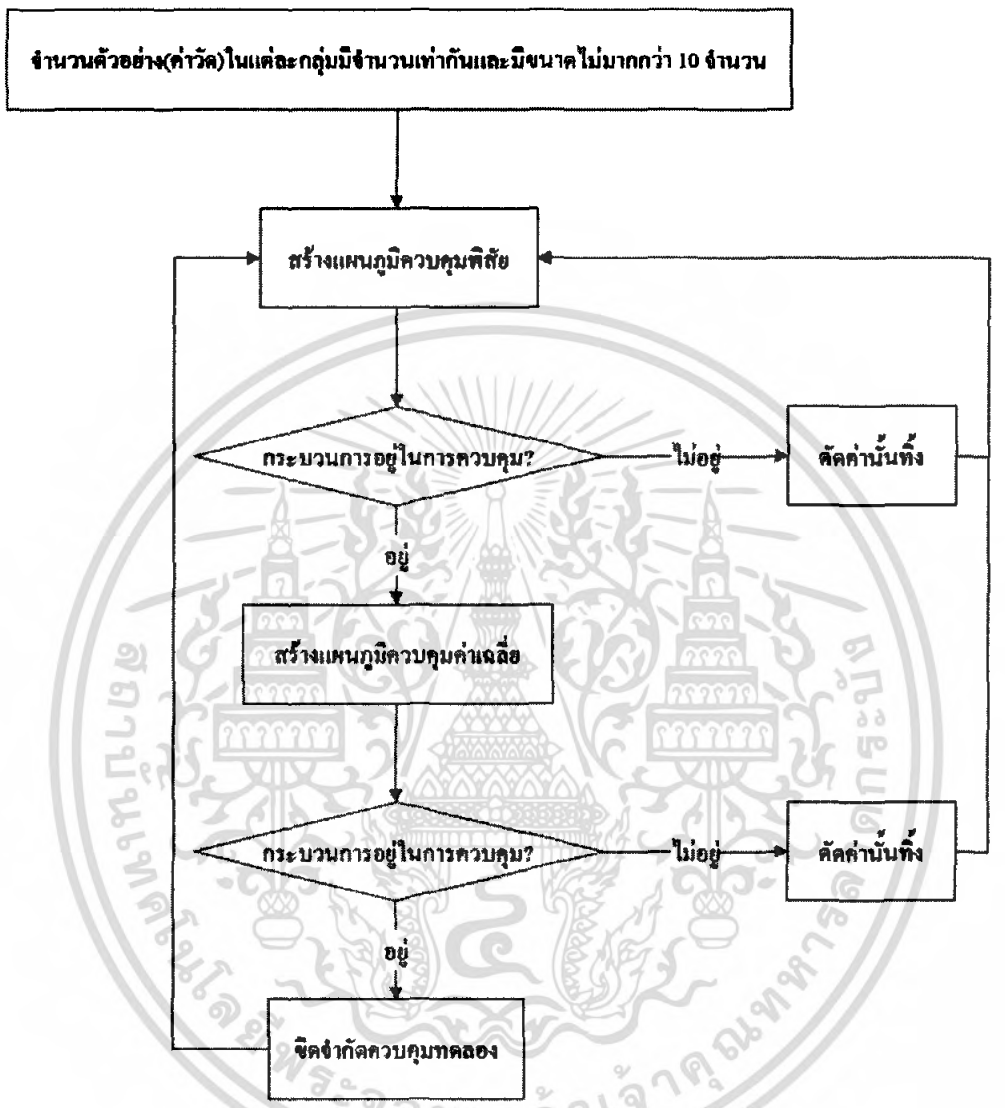
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ $(\hat{\sigma})$ สามารถประมาณจากแผนภูมิควบคุมพิสัย ดังนี้

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \tag{2.42}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย สามารถแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



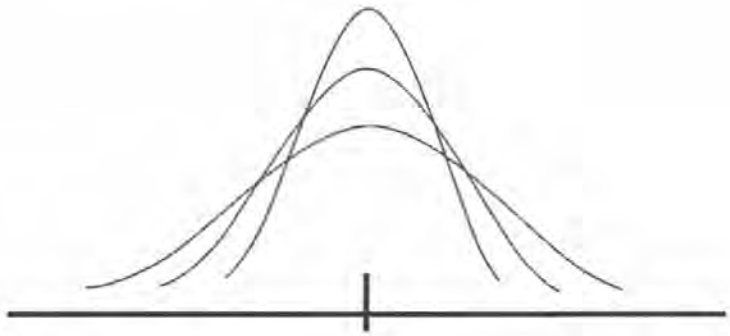
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย

2.1.10 แผนภูมิควบคุมและการกระจายของข้อมูล

ในข้อมูลต่าง ๆ นั้นหากมาจากแหล่งที่มาเดียวกันแล้วก็จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถหาแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางได้ เช่น หากข้อมูลมีการกระจายที่แตกต่างกันแต่ก็ยังเป็นการแจกแจงปกติอยู่ กราฟที่ได้จะมีลักษณะต่างกันเล็กน้อยคือข้อมูลชุดที่มีการกระจายน้อยก็จะมีฐานที่แคบและยอดที่สูง ส่วนข้อมูลชุดที่มีการกระจายมากกว่าก็จะมีฐานที่กว้างกว่าและยอดที่เตี้ยกว่า ดังภาพที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



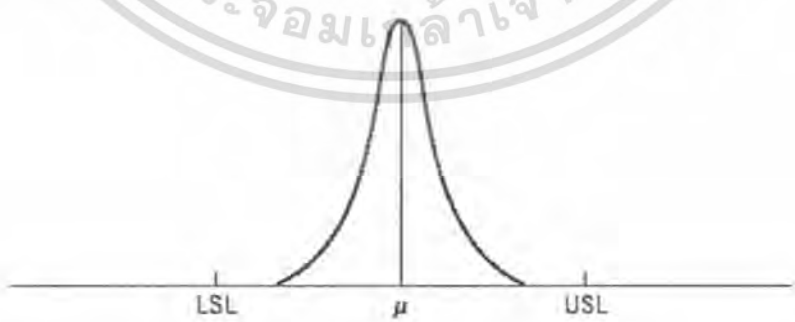
ภาพที่ 2.6 รูปร่างของชุดข้อมูลที่มีการกระจายที่แตกต่างกัน

และหากข้อมูลที่รับเข้ามานั้นมีขอบเขตที่แน่นอนในการกำหนดค่าที่จะรับเข้ามาแล้ว กลุ่มข้อมูลที่มีการกระจายมากกว่าก็อาจมีส่วนโดนตัดออกไปเป็นของเสียมากกว่า ดังภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 รูปร่างของข้อมูลที่มีการกระจายมาก

จากภาพที่ 2.7 พื้นที่ที่ถูกแรเงาคือส่วนที่ถูกปฏิเสธการใช้งานเพราะอยู่นอกเหนือขีดจำกัดตายตัวที่กำหนดไว้

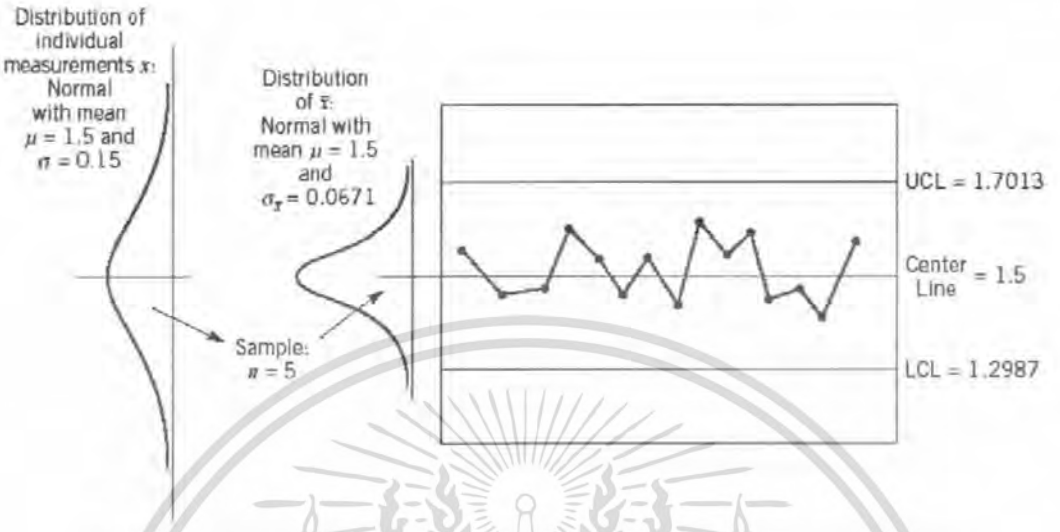
แต่ถ้าหากข้อมูลที่รับเข้ามามีการกระจายที่น้อยกว่าและมีข้อกำหนดตายตัวที่เท่ากัน อาจจะทำให้ข้อมูลที่รับเข้ามาไม่ถูกปฏิเสธคือยอมรับข้อมูลเข้ามาทุกตัว ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 รูปร่างของข้อมูลที่มีการกระจายน้อย

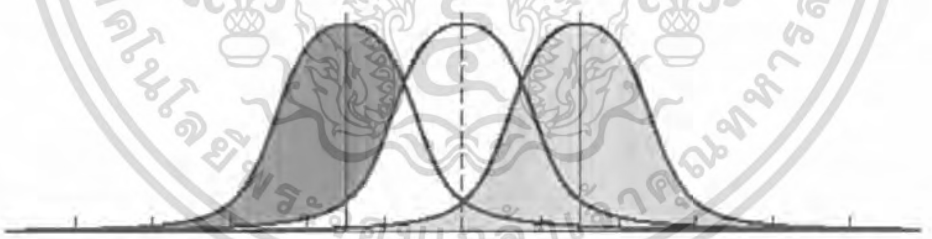
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83177

และเมื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้กับแผนภูมิควบคุม ก็จะได้ออกมาเป็นลักษณะที่แตกต่างกันเล็กน้อย ดังเช่นในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 เปรียบเทียบข้อมูลที่มีการกระจายที่ไม่เท่ากันเทียบกับแผนภูมิควบคุม

แต่สำหรับในการนำไปใช้จริงสำหรับค่าวัดหากเกิดเหตุการณ์ใดที่ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยโดยรวมและค่าวัดต่าง ๆ ในกระบวนการมีการเลื่อนเกิดขึ้น การจำกัดของเขตแบบตายตัวนี้จะไม่ส่งผลดีให้กับการประมวลผล เช่นดังภาพที่ 2.10

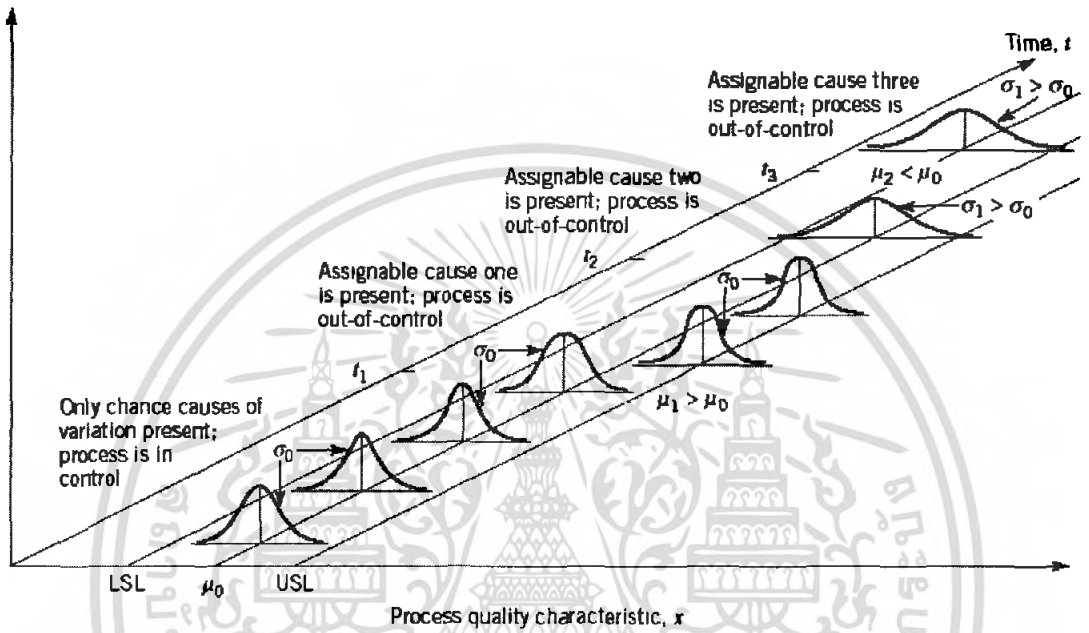


ภาพที่ 2.10 การเลื่อนไปของค่าเฉลี่ยกับขีดจำกัดที่ตายตัว

จากภาพที่ 2.10 จะเห็นว่าเส้นกราฟตรงกลางจะมีขีดจำกัดที่ตายตัวอยู่ 2 ข้างคือขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง แต่หากมีการเลื่อนไปของค่าเฉลี่ยเกิดขึ้นและยังใช้ขีดจำกัดตายตัวอันเดิมอยู่ก็จะทำให้ข้อมูลที่มีการกระจายไม่มากเกินไปซึ่งควรจะยอมรับข้อมูลนั้นถูกปฏิเสธ เช่น กราฟทางขวาข้อมูลเพียงครึ่งเดียวที่น้อยกว่าขีดจำกัดบนจะถูกยอมรับทั้ง ๆ ที่มีส่วนที่มีการกระจายมากเกินไปอยู่และอีกครึ่งหนึ่งที่มีค่ามากกว่าขอบเขตบนถูกปฏิเสธทั้ง ๆ ที่มีข้อมูลที่มีการกระจายที่ใช้ได้อยู่ แต่สาเหตุเป็นเพราะเกิดการเลื่อนของค่าเฉลี่ยของกระบวนการไป ทำให้การยอมรับข้อมูลต่าง ๆ ไม่ดีพอ และในทำนองเดียวกันกับกราฟเส้นโค้งปกติทางซ้ายคือข้อมูลเพียงครึ่งเดียวที่มากกว่าขีดจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่างจะถูกยอมรับทั้ง ๆ ที่มีส่วนที่มีการกระจายมากเกินไปอยู่และอีกครึ่งหนึ่งที่มีค่าน้อยกว่าขอบเขตล่างถูกปฏิเสธทั้ง ๆ ที่มีข้อมูลที่มีการกระจายที่ใช้ได้อยู่เหมือนกัน ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาต่อจากนั้นคือการที่ควรให้ขีดจำกัดการยอมรับข้อมูลมีค่า ณ ช่วงเวลานั้น เช่นให้เป็น 3 เท่าของความแปรปรวนของข้อมูลในข้อมูลชุดนั้น ซึ่งอาจแบ่งเป็นช่วงเวลาและในแต่ละช่วงเวลาก็อาจมีความแปรปรวนของข้อมูลและค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างการกระจายของข้อมูล ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

จากภาพที่ 2.11 จะแสดงให้เห็นถึงค่าที่ยอมรับได้และค่าที่ถูกปฏิเสธในกรณีต่าง ๆ สำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น ข้อมูลมีการกระจายมากเกินไป เป็นต้น

2.1.11 การนำมาประยุกต์ใช้กับปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้นำส่วนของขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง แผนภูมิควบคุมพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยมาใช้ โดยเมื่อรับค่าข้อมูลเข้ามาแล้วจะเริ่มหาพิสัยจากกลุ่มของข้อมูลนั้นและหาขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างของพิสัยและนำข้อมูลแต่ละตัวมาเทียบ หากมีข้อมูลพิสัยของกลุ่มข้อมูลตัวใดที่มีค่ามากกว่าขีดจำกัดควบคุมบนของขีดจำกัดควบคุมพิสัยหรือมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดควบคุมล่างของขีดจำกัดควบคุมพิสัย ก็จะทำการตัดข้อมูลนั้นออกแล้วเริ่มคำนวณหาขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างของพิสัยใหม่และวนไปจนไม่มีกลุ่มข้อมูลใดอยู่นอกขอบเขตของขีดจำกัดควบคุมพิสัยเลย จากนั้นจึงนำข้อมูลที่เหลืออยู่มาหาค่าเฉลี่ยและหาขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย จากนั้นจึงนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

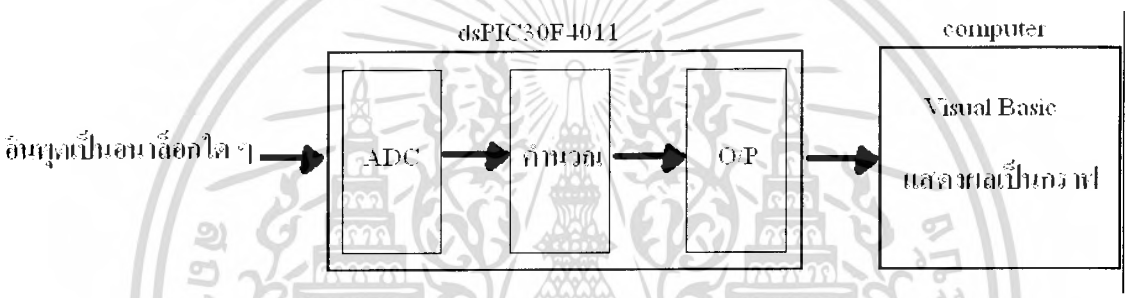
กลุ่มข้อมูลมาเทียบกับขีดจำกัดควบคุม หากมีกลุ่มข้อมูลใดที่มีค่ามากกว่าขีดจำกัดควบคุมบนหรือมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดควบคุมล่างก็ให้ตัดข้อมูลกลุ่มนั้นทิ้งไปและเริ่มคำนวณใหม่ เริ่มตั้งแต่หาขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมพิสัยต่อลงมาเรื่อย ๆ จนไม่มีข้อมูลชุดใดที่อยู่นอกขอบเขตของแผนภูมิทั้ง 2 อันและจากนั้นจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าของเส้นค่ากลางซึ่งมีหน่วยเป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยเดิมของข้อมูลซึ่งค่าที่ได้ออกมานั้นถือว่าเป็นตัวแทนของข้อมูลที่สุ่มมาทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบการทดลอง

3.1 กล่าวนำ

การทดลองจะเริ่มจากศึกษาวิธีการทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของกลุ่มข้อมูลที่รับเข้ามา จากนั้นจึงศึกษาการเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้โปรแกรม MPLAB IDE โดยสิ่งที่เขียนลงในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องเริ่มจากการที่รับค่าที่เป็นอนาล็อกเข้ามาและแปลงค่านั้นให้เป็นดิจิตอล จากนั้นก็นำค่าที่ได้นั้นมาคำนวณตามวิธีทางสถิติที่ศึกษามา จากนั้นก็นำผลที่ได้แสดงผลออกมาเป็นกราฟโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนของกระบวนการโดยย่อ

3.2 เกี่ยวกับ dsPIC

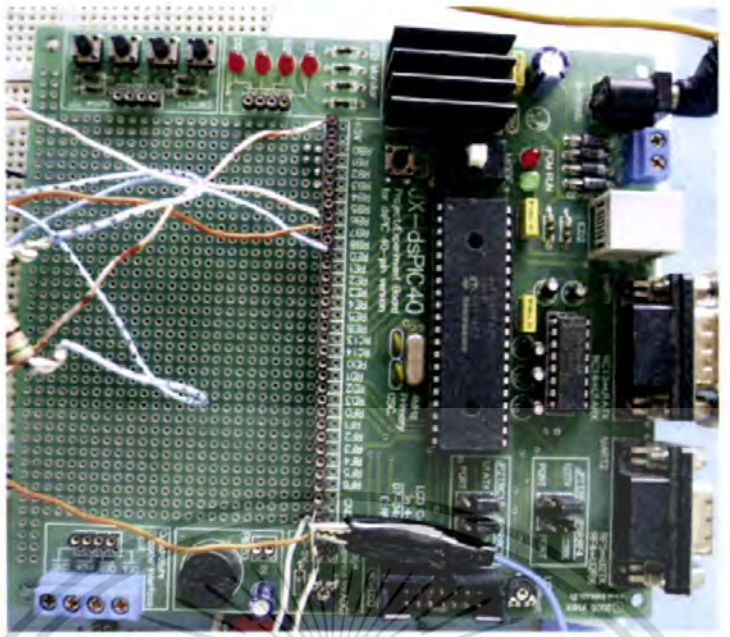
3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ dsPIC

dsPIC คือชื่อของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 16 บิต มีชื่ออย่างเป็นทางการสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมใหม่นี้ว่า Digital Signal Controller หรือ DSC นั่นหมายความว่า dsPIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่องานประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความสามารถสูง

ในการใช้งานนั้นจะเลือกรุ่น dsPIC30F4011 ในการใช้งานโดย dsPIC30F4011 นั้นเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานที่ต้องการอยู่ในตัวเอง เช่น ฟังก์ชันการแปลงสัญญาณที่รับเข้ามาจากอนาล็อกให้เป็นดิจิตอล เป็นต้น

สำหรับรูปร่างภายนอกของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 นี้นั้นเป็นดังภาพที่ 3.2 ส่วนโครงสร้างภายในและคุณสมบัติของขาแต่ละอันนั้น สามารถดูได้จากภาคผนวก ง โดยจะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่นำมาใช้งานเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

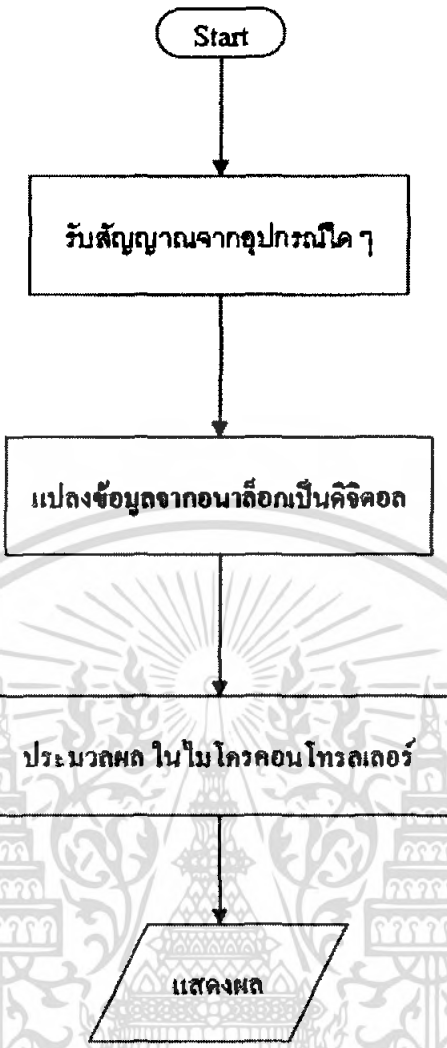


ภาพที่ 3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011

3.2.2 การออกแบบโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของการเขียนโปรแกรมนั้น จะใช้ภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการเขียนโปรแกรมและการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MPLAB IDE เป็นตัวคอมไพลเออร์ การเขียนโปรแกรมทั้งหมดนี้จะอยู่ภายใต้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษามาแล้วทั้งหมด ซึ่งการออกแบบโปรแกรมนั้นจะเริ่มตั้งแต่มีสัญญาณเข้ามาที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นก็แปลงค่าสัญญาณ (ข้อมูล) ที่ได้โดยแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นจึงคำนวณในโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เขียนโปรแกรมไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป) จนกระทั่งได้สัญญาณเอาท์พุตออกมานั่นก็คือค่าข้อมูลที่สามารถตัวแทนของค่าที่รับมานั่นเอง ซึ่งเอาท์พุตที่ออกมาหลังจากผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และผ่านการประมวลผลเรียบร้อยแล้วนั้นจะมีหน่วยเป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยของอินพุตที่รับเข้ามาคือหน่วยโวลต์นั่นเอง แต่หากเราต้องการให้เอาท์พุตที่แสดงผลทางหน้าจอเป็นหน่วยอื่นก็สามารถทำได้โดยการเทียบค่าที่ได้จากเอาท์พุตที่ออกมากับอินพุตที่นำเข้ามา เช่น สมมุติว่าเป็นเครื่องชั่งน้ำหนัก เมื่ออินพุตคือน้ำหนัก 50 กรัมได้เอาท์พุตออกมา 5 โวลต์ ที่อินพุต 40 กรัม ได้เอาท์พุต 4 โวลต์ ที่อินพุต 10 กรัม ได้เอาท์พุต 1 โวลต์ ก็ทำการเทียบข้อมูลก็จะได้ออกมาว่า ที่การเปลี่ยนไปทุก 1 โวลต์คือน้ำหนักที่เปลี่ยนไป 10 กรัม ดังนั้นค่าเอาท์พุตที่ออกมาแสดงก็ต้องคูณด้วย 10 เพื่อให้เปลี่ยนจากหน่วยโวลต์เป็นหน่วยกรัม กล่าวคือเมื่อเอาท์พุตปกติจะออกมาเป็น 1 โวลต์ แต่สิ่งที่แสดงคือ 10 กรัมเนื่องจากได้ทำการคูณค่าคงที่เพื่อทำการเปลี่ยนหน่วยเรียบร้อยแล้ว เป็นต้น โดยการทำงานในส่วนของโปรแกรมนั้นจะเป็นไปตามแผนภาพโดยรวม ดังแผนภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 แผนภาพโดยรวมของการเขียนโปรแกรม

จากแผนภาพการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเริ่มจากการที่รับสัญญาณใด ๆ ที่อยู่ในช่วง 0-5 โวลต์เข้ามาจากภายนอกและจะแปลงค่าที่รับมาได้นั้นจากอนาล็อกให้เป็นดิจิตอล จากนั้นก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปคำนวณในสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้ออกแบบไว้ในตัวโปรแกรม และเมื่อประมวลผลเสร็จก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าที่เป็นตัวแทนของข้อมูลเหล่านั้น

3.2.3 ขั้นตอนการประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของโมเดลทางคณิตศาสตร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 นั้นได้ใช้การคำนวณในรูปแบบเดียวกันกับส่วนของแผนภูมิควบคุมมาใช้ โดยจะนำข้อมูลที่รับเข้ามาแบ่งเป็นช่วงเวลาคือจัดกลุ่มข้อมูลกลุ่มละ 5 จำนวนและนำแต่ละกลุ่มมาหาค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม และเมื่อครบตามจำนวนกลุ่มที่ตั้งไว้ก็จะเข้าสู่กระบวนการสร้างขอบเขตบนและขอบเขตล่างโดยใช้ขอบเขตที่ 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มใหญ่ทั้งหมด โดยการคำนวณนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องกันไปเป็นช่วงเวลา เมื่อหาขอบเขตบนและขอบเขตล่างของแผนภูมิควบคุมพิสัยได้แล้วก็นำข้อมูลแต่ละกลุ่มมาเทียบกับขอบเขตที่ได้ หากมีข้อมูลกลุ่มใดที่ไม่อยู่ในขอบเขตคือมีค่ามากกว่าขีดจำกัดควบคุมบนหรือมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดควบคุมล่าง ก็จะต้องทำการตัดข้อมูลกลุ่มนั้นทิ้งและคำนวณหาค่าพิสัยเฉลี่ยและขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมพิสัยใหม่จากนั้นก็นำค่าข้อมูลที่เหลือ (ไม่โดนตัดทิ้ง) มาคิดเท่านั้น และทำซ้ำไปจนกว่าจะไม่มีข้อมูลใดที่อยู่นอกเหนือขีดจำกัดควบคุม จากนั้นจึงทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เหลืออยู่และกำหนดขอบเขตขีดจำกัดบนและขอบเขตขีดจำกัดล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่ระยะ 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและนำข้อมูลกลุ่มที่ยังไม่โดนตัดมาเทียบ หากมีข้อมูลกลุ่มใดที่มีค่ามากกว่าขีดจำกัดควบคุมบนหรือกลุ่มใดที่มีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดควบคุมล่างก็ให้ตัดข้อมูลกลุ่มนั้นออก และต้องเริ่มคิดใหม่ตั้งแต่ขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิพิสัย ทำซ้ำไปจนกว่าจะไม่มีข้อมูลกลุ่มใดอยู่นอกเหนือขอบเขตเลยจนกระทั่งแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่ไม่มีข้อมูลกลุ่มใดอยู่นอกเหนือขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างเลย จากนั้นจึงนำค่าจากเส้นกลางของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยอันสุดท้าย (ที่ไม่มีค่าใดอยู่นอกเหนือขอบเขตเลยแล้ว) มาแสดงผลที่หน้าจอ จากนั้นก็เอาค่าที่เก็บไว้ 5 ค่าแรกออกและชิปข้อมูลเข้ามาทีละ 5 ตัว

3.2.4 การแสดงผลออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากเอาท์พุตที่ออกมามีการนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรม Visual Basic 6.0 ซึ่งเขียนให้การรับข้อมูลแต่ละครั้งก็จะมีการหาจุดเริ่มต้นของการรับข้อมูลและจุดสุดท้ายของการรับของข้อมูลแต่ละชุดข้อมูล ดังนั้นการสั่งแสดงค่าจึงต้องใส่คุณลักษณะที่กำหนดนี้ให้กับข้อมูลที่ส่งไปแต่ละชุดข้อมูลด้วย

3.3 เกี่ยวกับ Visual Basic

3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของ Visual Basic

ภาษา BASIC ได้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1963 โดย Thomas Kurtz โดยเน้นความง่ายต่อการเข้าใจและการใช้งานรวมทั้งการทำงานในรูปแบบ Interpreter คือทำงานเรียงตามบรรทัด ต่อมาได้พัฒนาเป็น GW-BASIC ซึ่งเป็น Interpreter บนระบบปฏิบัติการ DOS ต่อมาในปี ค.ศ. 1982 ได้เพิ่มความสามารถในการประมวลผลโดยการตัดเลขประจำบรรทัดออกและได้มาใช้ในรูปแบบของ Sub Program User Defind แทนเรียกว่า QUICK BASIC

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องตั้งแต่ QUICK BASIC จนกระทั่งถึง PDS BASIC จากนั้น Microsoft ได้นำเอาหลักการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบภาษา BASIC จนเป็นที่มาของคำว่า Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและออกแบบมาเพื่อทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows คำว่า Visual หมายถึงวิธีการที่ใช้สร้างติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิก (GUI : Graphic User Interface) ส่วน BASIC เป็นคำที่ย่อมาจาก (Beginner All-Purpose Symbolic Instruction Code)

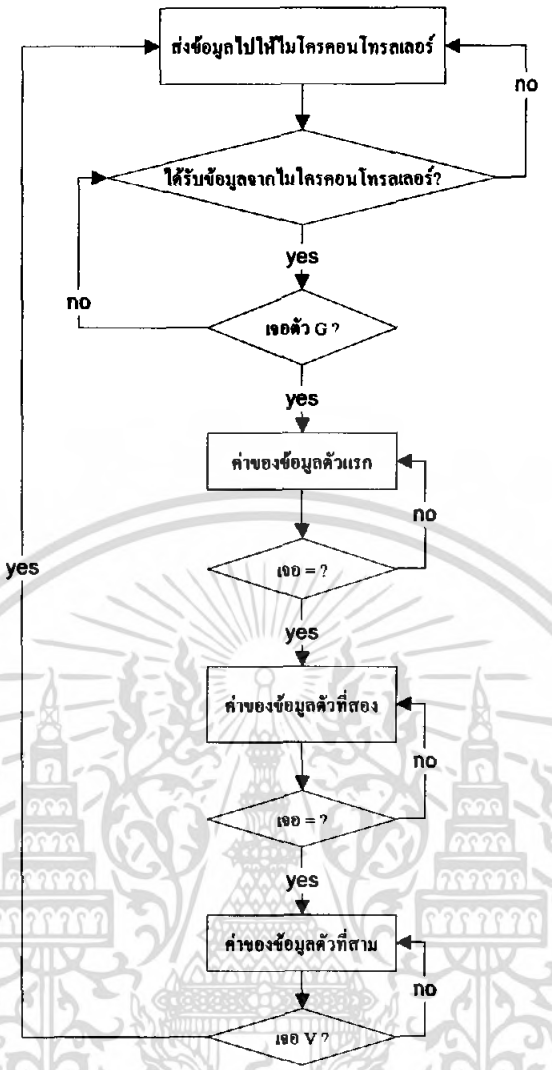
โปรแกรม Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ได้เปลี่ยนรูปแบบการเขียนโปรแกรมใหม่โดยมีชุดคำสั่งมาสนับสนุนการทำงาน มีเครื่องมือต่าง ๆ ที่เรียกกันว่าคอนโทรล(Controls) ไว้สำหรับช่วยในการออกแบบโปรแกรมโดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟฟิกหรือที่เรียกว่า Graphic User Interface (GUI) ทำให้การจัดรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่ายและในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event - Driven Programming คือโปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้น ตัวอย่างของเหตุการณ์ได้แก่ ผู้ใช้เลื่อนเมาส์ ผู้ใช้กดปุ่มบนคีย์บอร์ด ผู้ใช้กดปุ่มเมาส์ เป็นต้น เครื่องมือหรือคอนโทรลต่าง ๆ ที่ Visual Basic ได้เตรียมไว้ให้ ไม่ว่าจะเป็น Form TextBox Label ฯลฯ ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอใช้คำว่า ออบเจ็กต์) นั่นหมายความว่าไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือใด ๆ ใน Visual Basic จะเป็นออบเจ็กต์ทั้งสิ้น สามารถที่จะควบคุมการทำงานแก้ไขคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นได้โดยตรง ในทุก ๆ ออบเจ็กต์จะมีคุณสมบัติ (properties) และเมธอด (Methods) ประจำตัว ซึ่งในแต่ละออบเจ็กต์อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือนหรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของออบเจ็กต์

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่า โพรซีเดอร์ (procedure) แต่ละโพรซีเดอร์จะประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่พิมพ์เข้าไปแล้วทำให้คอนโทรลหรือออบเจ็กต์นั้น ๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่าการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming-OOP)

3.3.2 การออกแบบโปรแกรมใน Visual Basic

ในส่วนของโปรแกรมที่เขียนใน Visual Basic นั้นได้ออกแบบให้มีการส่งค่าเข้าไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงรอรับค่าที่เป็นชุดของข้อมูลทีละชุด โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะมีข้อมูลทั้งหมด 3 ค่าคือค่าของข้อมูลดิบ ค่าของค่าเฉลี่ยและค่าของข้อมูลที่ผ่านกระบวนการซึ่งในแต่ละค่านี้จะมีเครื่องหมายเท่ากับ (=) เป็นตัวบอกว่าสิ้นสุดค่าของข้อมูลตัวแรกและเริ่มค่าของข้อมูลตัวถัดไปในตำแหน่งต่อจากเครื่องหมายเท่ากับนี้ โดยมีตัว G เป็นตัวบอกว่าเป็นการเริ่มต้นของข้อมูลชุดใหม่และมีตัว V เป็นตัวบอกว่าสิ้นสุดชุดข้อมูลชุดนั้น เมื่อได้รับข้อมูลมาทุก ๆ 1 ชุดข้อมูลก็จะทำการตัดข้อมูลเพื่อที่จะได้รู้ว่าในชุดข้อมูลชุดนั้น ๆ ข้อมูลตัวใดมีค่าเท่าใด จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตลงในกราฟที่ได้ทำการออกแบบไว้ซึ่งมีสเกลของข้อมูลเป็นแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แผนภาพการรับและระบุตำแหน่งข้อมูลจากชุดข้อมูลที่เขียนใน Visual Basic

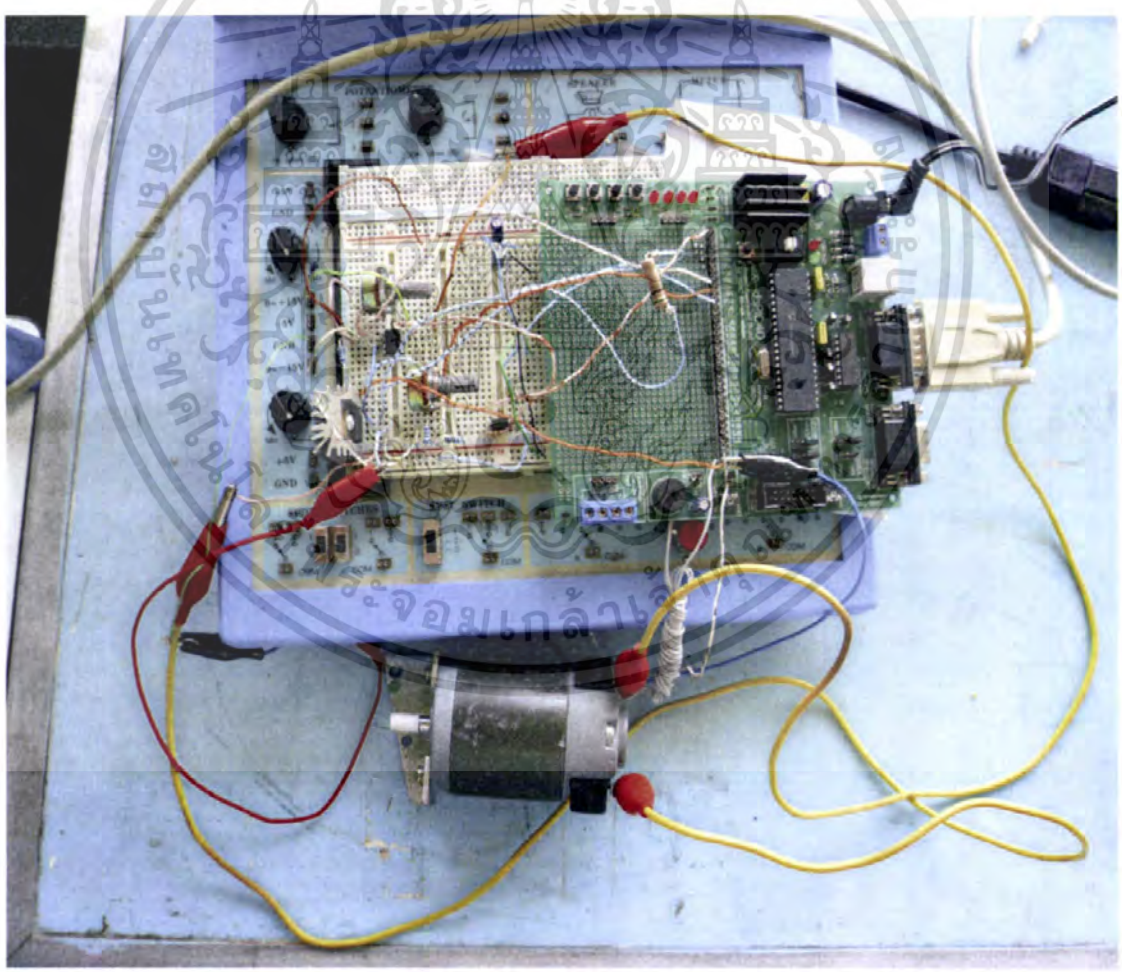
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 ออกแบบการทดลอง

เนื่องจากปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำในส่วนของการประมวลผลสัญญาณที่รับเข้ามา ดังนั้นจึงได้นำระบบของมอเตอร์ DC เข้ามาเป็น case study ซึ่งมอเตอร์แบบไฟกระแสตรงนั้นจะเปลี่ยนความเร็วรอบในการหมุนแปรผันตามกันกับกระแสไฟฟ้าที่ได้รับ และเมื่อจับแกนมอเตอร์ไม่ให้มีการหมุนก็เปรียบเสมือนมีโหลดเข้ามากระทำ จะทำให้ค่ากระแสที่วัดออกมามีค่ามากขึ้นซึ่งในส่วนของการทดลองนี้จะแสดงผลออกมาเป็นกราฟเพื่อให้เข้าใจหลักการของโครงงานนี้ได้ง่ายขึ้น โดยในส่วนของการออกแบบต่าง ๆ นั้นได้กล่าวถึงไปแล้วในบทที่ 3

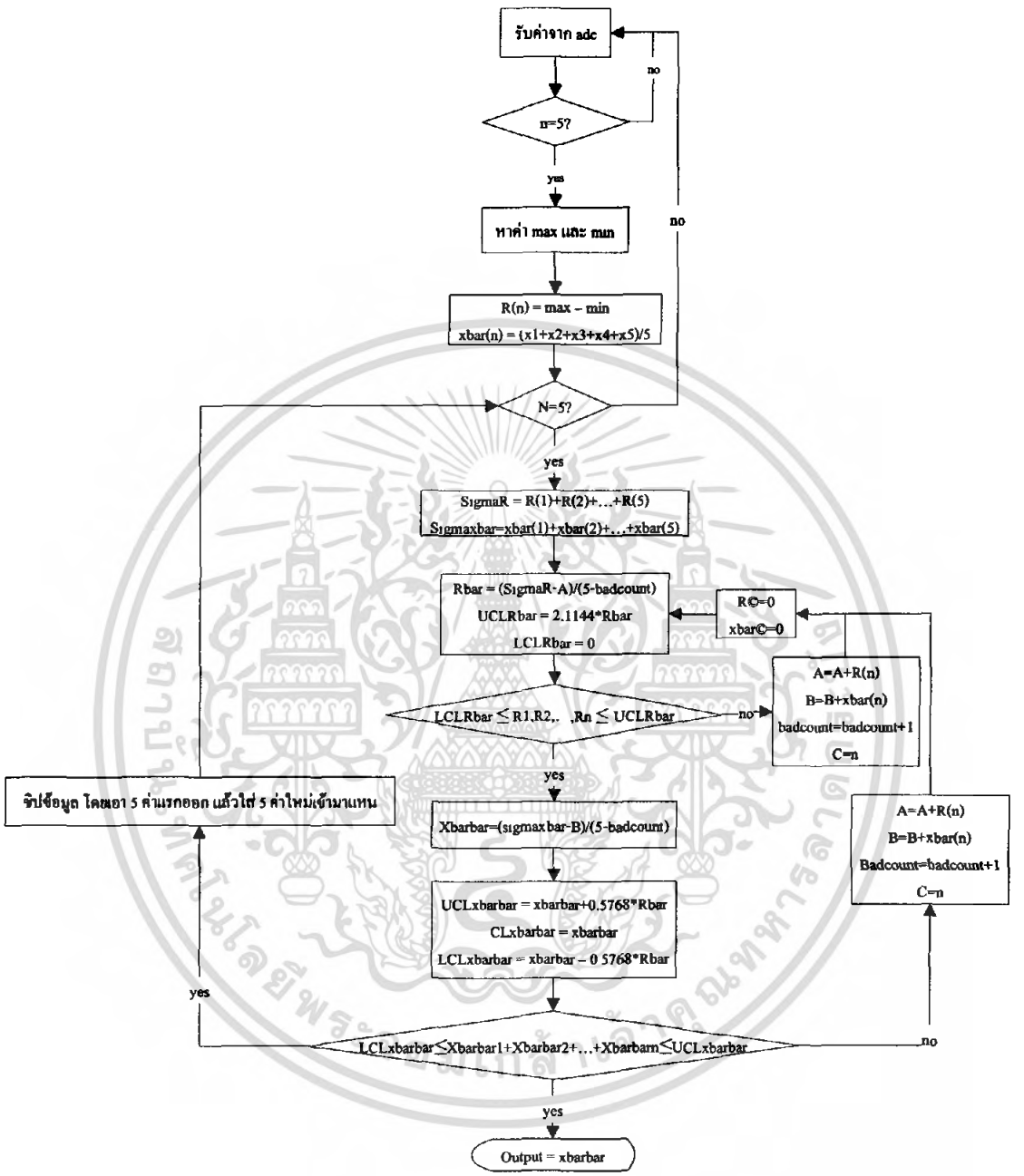


ภาพที่ 4.1 บอร์ดที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมในไมโรคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้ดังแผนภาพ



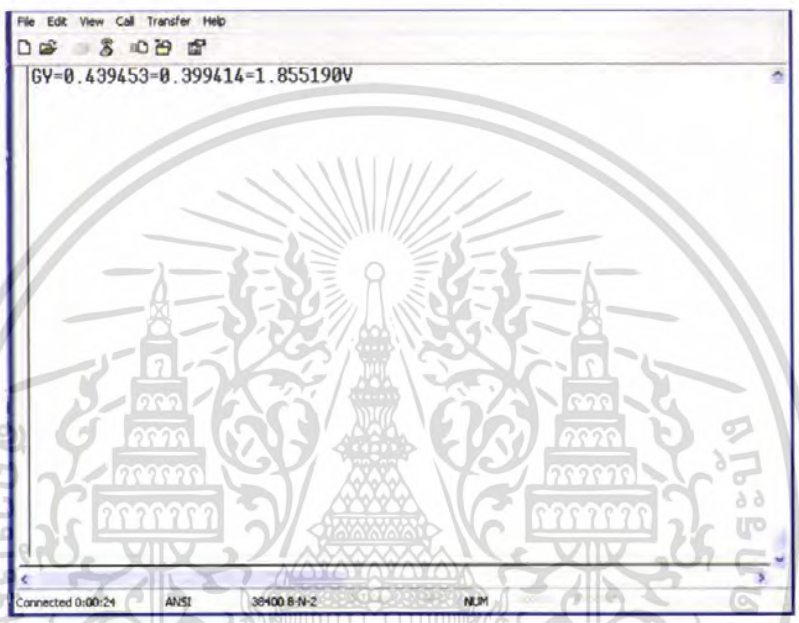
ภาพที่ 4.2 โครงสร้างของโปรแกรมที่เขียนในไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2.1 เอาท์พุตที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากมีการนำเอาท์พุตเข้าไปใช้ร่วมกับ Visual Basic ซึ่งมีลักษณะพิเศษคือจะมีการตรวจหาการเริ่มของชุดข้อมูลที่ส่งเข้ามาจากสิ่งที่ระบุ (ในที่นี้คือ G) และการระบุตำแหน่งของข้อมูลแต่ละตัว (ในที่นี้คือ =) และจุดสุดท้ายของข้อมูล (ในที่นี้คือ V) โดยเมื่อโปรแกรมใน Visual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic รับค่าเข้าไปแล้วเจอตัว G จะสั่งให้ข้อมูลหลังจากนั้นเป็นค่าของตัวแรก (ในที่นี้คือค่าของข้อมูลดิบ) จนกระทั่งเจอ = ก็จะสั่งให้ข้อมูลที่ต่อจากนั้นเป็นค่าของข้อมูลตัวที่สอง (ในที่นี้คือค่าของค่าเฉลี่ย) จนกระทั่งเจอ = อีกก็จะสั่งให้ข้อมูลหลังจากนั้นเป็นค่าของข้อมูลตัวที่สาม (ในที่นี้คือค่าของเอาท์พุตที่ออกจากกระบวนการ) จนกระทั่งเจอตัว V ก็จะรู้ว่าขอมูลนั้นสิ้นสุดแล้วและเริ่มรอข้อมูลชุดใหม่ต่อไป นั่นคือรอตัว G ตัวใหม่นั่นเอง ดังนั้นเอาท์พุตที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงให้ดูได้จาก Hyperterminal ได้ดังภาพ



ภาพที่ 4.3 เอาท์พุตที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์

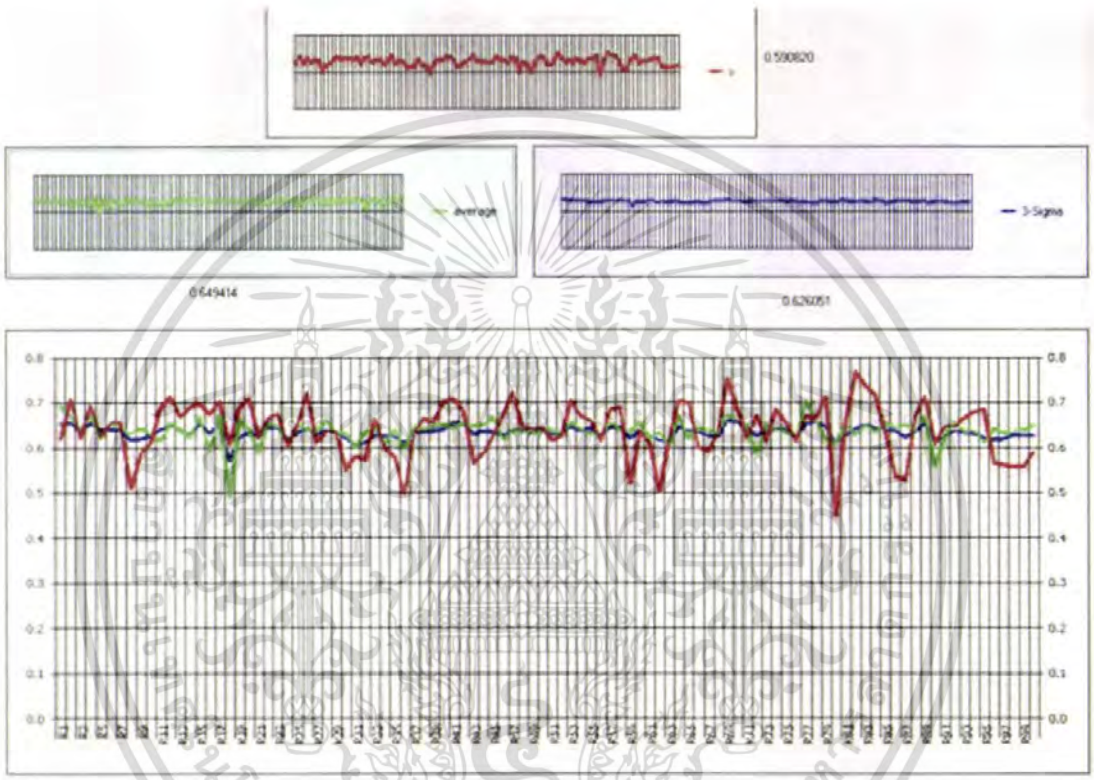
โดยผลการทดลองที่แสดงจาก Hyperterminal นั้นจะมีค่าที่เปลี่ยนไปก็ต่อเมื่อมีการกดปุ่มใด ๆ ในคีย์บอร์ดเท่านั้น เนื่องจากโปรแกรมที่เขียนในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นได้เขียนให้ส่งข้อมูลออกมาเมื่อมีการได้รับข้อมูลใด ๆ เข้าไปในไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้น โดยการได้รับข้อมูลหรือสัญญาณใด ๆ 1 ครั้งก็จะส่งข้อมูลออกมา 1 ชุดซึ่งสัมพันธ์กับโปรแกรมใน Visual Basic ที่เขียนให้มีการส่งข้อมูลออกไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และหลังจากนั้นจึงจะรอรับค่าข้อมูลที่จะนำมาประมวลผลต่อไป

4.3 ผลการทดลองที่แสดงใน Visual Basic

จากภาพที่ 4.4 พบว่า ในสภาวะปกติที่มอเตอร์ไม่มีโหลดเข้ามากระทำ ค่ากระแสที่ออกมาจากตัวมอเตอร์ก็มีความไม่แน่นอน ซึ่งก็คือหากเอามิเตอร์ธรรมดาไปจับค่าเอาท์พุต ตัวเลขในจอ LCD ของมิเตอร์ก็จะไม่อยู่นิ่งจนไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าค่าที่แท้จริงของตอนนี้เป็นเท่าใด โดย

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

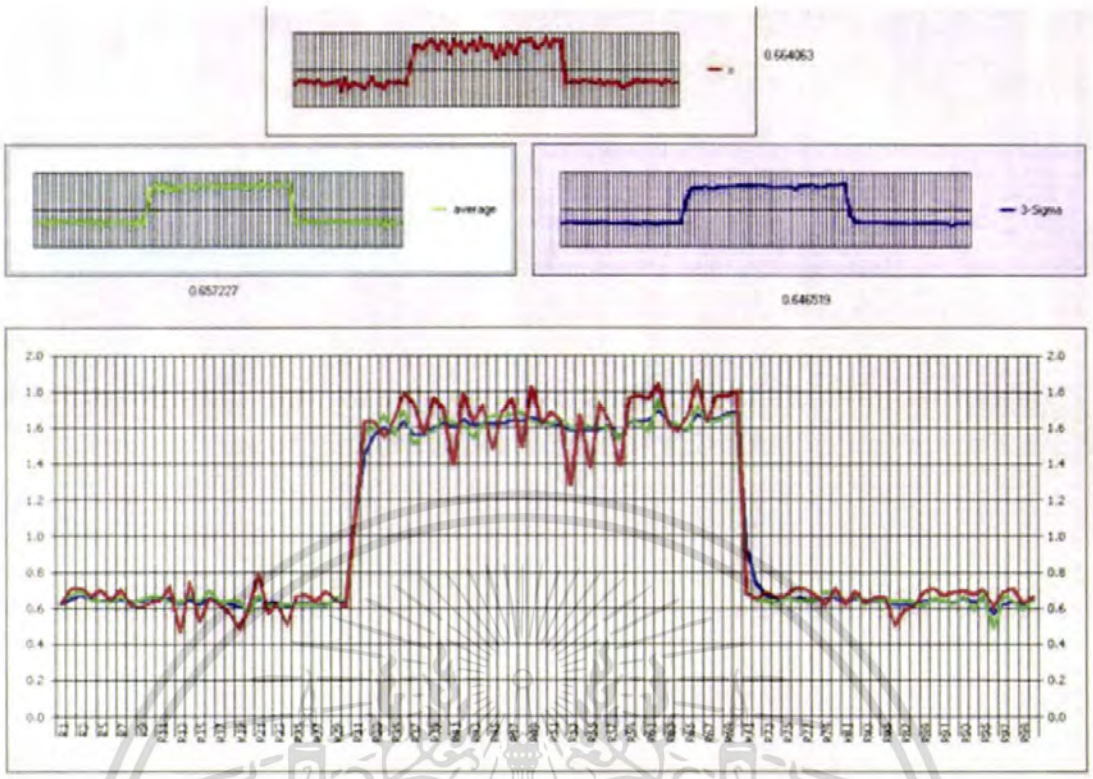
เส้นกราฟสีแดงคือค่าของข้อมูลดิบซึ่งจากกราฟพบว่ามีการแกว่งมากที่สุด ส่วนเส้นกราฟสีเขียวคือข้อมูลที่ผ่านการหาค่าเฉลี่ยออกมาแล้วจึงมีลักษณะที่ค่อนข้างนิ่งมากกว่ากราฟเส้นสีแดงซึ่งเป็นเส้นไม่ได้ผ่านการคำนวณอะไรเลย ส่วนเส้นสีน้ำเงินจะพบว่ามีการแกว่งของสัญญาณที่น้อยที่สุด นั่นคือหากเอาสัญญาณเส้นสีน้ำเงินไปใช้สำหรับการตัดสินใจของระบบต่อจากนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตัดสินใจของระบบน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.4 ลักษณะสัญญาณเมื่ออยู่ในสภาวะปกติ

จากภาพที่ 4.5 พบว่าเมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดก็จะมีค่ากระแสที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเมื่อเอาโหลดออกค่ากระแสก็จะตกลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน จากกราฟพบว่าเมื่อเส้นสีแดงพุ่งสูงขึ้นเส้นสีเขียวและสีน้ำเงินก็พุ่งสูงขึ้นไปด้วยกัน และเมื่อปล่อยโหลดออกก็พบว่าเส้นกราฟทั้งสามก็ตกลงมาในเวลาใกล้กันมาก นั่นคือโปรแกรมมีการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอยู่คือหากมีการเปลี่ยนแปลงอะไรที่รวดเร็วเมื่อผ่านโปรแกรมนี้ไปแล้วก็ยังมีความสามารถในการดูข้อมูลในเวลาจริงได้เช่นเดียวกับข้อมูลดิบ แต่ข้อมูลที่ผ่านโปรแกรมมาจะพบว่ามีความเรียบของเส้นกราฟมากที่สุดไม่ว่าอยู่ในสภาวะไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 สภาวะที่มีโหลดมากระทำระยะเวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อจับแกนมอเตอร์ไม่ให้มีการหมุนเกิดขึ้นก็เหมือนกับมีการใส่ load cell ให้กับมอเตอร์ เส้นกราฟที่เห็นก็จะพุ่งสูงขึ้นไปเนื่องจากกระแสจะเพิ่มสูงขึ้นและค่าจากข้อมูลดิบจะมีการแกว่งมากขึ้นเนื่องจากมอเตอร์พยายามจะหมุนแกน แต่จากเส้นกราฟที่ผ่านโปรแกรมออกมาจะพบว่ามีการรักษาความนิ่งเอาไว้ได้มากกว่าอีก 2 แบบและเมื่อปล่อยแกนมอเตอร์ทำให้กระแสตกลงไปอย่างรวดเร็ว กราฟที่ผ่านโปรแกรมก็สามารถวิ่งตามลงไปได้และรักษาระดับไม่ให้แกว่งมากไปได้เช่นเดียวกัน เหมือนเป็นตัว filter กรองสัญญาณรูปแบบหนึ่ง

5.2 ปัญหา

เนื่องจากโปรแกรมที่ใส่เข้าไปในไมโครคอนโทรเลอร์นั้นยาวมากเมื่อเทียบกับการใช้งานตามปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป ดังนั้นการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์อาจมี dead time ที่นานกว่าปกติ

5.3 ข้อเสนอแนะ

อาจแก้โปรแกรมใหม่ให้มีการลดการใช้สัญญาณ clock ลง เพื่อทำให้ผลมีการตอบสนองที่เร็วขึ้นและอาจแก้ไขโปรแกรมเพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มีความนิ่งมากยิ่งขึ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดของสิ่งที่ต้องการเอาไปประยุกต์ใช้ว่ามีการกำหนดขอบเขตของค่าความผิดพลาดได้ไม่เกินเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล "dsPIC microcontroller: Basic experiment in C Programming with MPLAB C30" Innovative Experiment Co.,Ltd.

[2] ผศ.ดร.ฤดี มาสุจันท์ "การควบคุมคุณภาพ" เอกสารประกอบการเรียนการสอน

[3] คณาจารย์ในภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย "ความน่าจะเป็นและสถิติ" สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

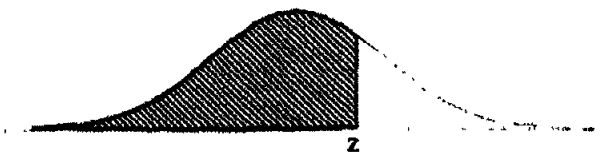
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางความน่าจะเป็นสะสมสำหรับการแจกแจงปกติมาตรฐาน



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อใช้สร้างแผนภูมิควบคุม

n	A	A_2	A_3	B_2	B_1	B_3	B_4	D_1	D_2	D_3	D_4	c_4	$1/c_4$	d_2	$1/d_2$	d_3
2	2.1213	1.8806	2.6586	0.0000	3.2664	0	2.6063	0	3.6870	0	3.2686	0.7979	1.2533	1.128	0.8865	0.853
3	1.7321	1.0231	1.9545	0.0000	2.5684	0	2.2761	0	4.3570	0	2.5735	0.8862	1.1284	1.693	0.5907	0.888
4	1.5000	0.7285	1.6281	0.0000	2.2662	0	2.0879	0	4.6990	0	2.2822	0.9213	1.0854	2.059	0.4857	0.880
5	1.3416	0.5768	1.4273	0.0000	2.0889	0	1.9635	0	4.9180	0	2.1144	0.9400	1.0638	2.326	0.4299	0.864
6	1.2247	0.4833	1.2872	0.0300	1.9700	0.0286	1.8744	0	5.0780	0	2.0039	0.9515	1.0510	2.534	0.3946	0.848
7	1.1339	0.4193	1.1819	0.1180	1.8820	0.1133	1.8055	0.2050	5.2030	0.0758	1.9242	0.9594	1.0423	2.704	0.3698	0.833
8	1.0607	0.3726	1.0991	0.1847	1.8153	0.1783	1.7517	0.3870	5.3070	0.1359	1.8641	0.9650	1.0363	2.847	0.3512	0.820
9	1.0000	0.3367	1.0317	0.2390	1.7610	0.2317	1.7069	0.5460	5.3940	0.1838	1.8162	0.9693	1.0317	2.970	0.3367	0.808
10	0.9487	0.3082	0.9753	0.2843	1.7157	0.2765	1.6689	0.6870	5.4690	0.2232	1.7768	0.9727	1.0281	3.078	0.3249	0.797
11	0.9045	0.2851	0.9273	0.3220	1.6780	0.3141	1.6367	0.8120	5.5340	0.2559	1.7441	0.9754	1.0252	3.173	0.3152	0.787
12	0.8660	0.2658	0.8859	0.3541	1.6459	0.3462	1.6090	0.9240	5.5920	0.2836	1.7164	0.9776	1.0229	3.258	0.3069	0.778
13	0.8321	0.2494	0.8496	0.3815	1.6185	0.3736	1.5852	1.0260	5.6460	0.3076	1.6924	0.9794	1.0210	3.336	0.2998	0.770
14	0.8018	0.2353	0.8173	0.4067	1.5933	0.3990	1.5630	1.1180	5.6960	0.3281	1.6719	0.9810	1.0194	3.407	0.2935	0.763
15	0.7746	0.2231	0.7886	0.4279	1.5721	0.4204	1.5442	1.2040	5.7400	0.3468	1.6532	0.9823	1.0180	3.472	0.2880	0.756
16	0.7500	0.2123	0.7626	0.4482	1.5518	0.4408	1.5262	1.2820	5.7820	0.3630	1.6370	0.9835	1.0168	3.532	0.2831	0.750
17	0.7276	0.2028	0.7391	0.4656	1.5344	0.4583	1.5107	1.3560	5.8200	0.3779	1.6221	0.9845	1.0157	3.588	0.2787	0.744
18	0.7071	0.1943	0.7176	0.4817	1.5183	0.4746	1.4962	1.4230	5.8570	0.3909	1.6091	0.9854	1.0148	3.640	0.2747	0.739
19	0.6882	0.1866	0.6979	0.4964	1.5036	0.4895	1.4829	1.4870	5.8910	0.4031	1.5969	0.9862	1.0140	3.689	0.2711	0.734
20	0.6708	0.1796	0.6797	0.5096	1.4904	0.5029	1.4709	1.5480	5.9220	0.4145	1.5855	0.9869	1.0133	3.735	0.2677	0.729
21	0.6547	0.1733	0.6629	0.5231	1.4769	0.5166	1.4586	1.6060	5.9500	0.4251	1.5749	0.9876	1.0126	3.778	0.2647	0.724
22	0.6396	0.1675	0.6472	0.5350	1.4650	0.5287	1.4477	1.6590	5.9790	0.4344	1.5656	0.9882	1.0119	3.819	0.2618	0.720
23	0.6255	0.1621	0.6327	0.5451	1.4549	0.5390	1.4384	1.7100	6.0060	0.4432	1.5568	0.9887	1.0114	3.858	0.2592	0.716
24	0.6124	0.1572	0.6191	0.5555	1.4445	0.5495	1.4289	1.7590	6.0310	0.4516	1.5484	0.9892	1.0109	3.895	0.2567	0.712
25	0.6000	0.1526	0.6063	0.5639	1.4361	0.5581	1.4211	1.8070	6.0550	0.4597	1.5403	0.9896	1.0105	3.931	0.2544	0.708

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปรแกรมที่เขียนบนไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC

```
#include <p30f4011.h>
#include <adc10.h>
#include <stdio.h>
#include <uart.h>
#include <PWM.c>
unsigned int    badcount=0
                ,status=0
                ,j=0
                ,work;

double          x[5]
                ,xbar
                ,rbar
                ,Hrbar
                ,Hrbarconst
                ,Lrbar
                ,Lrbarconst
                ,Hxbar
                ,Hxbarconst
                ,Lxbar
                ,Lxbarconst
                ,prevxbar=0
                ,prevrbar=0
                ,xb;

double          Data
                ,SAVE;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
double                  xprocess;

double                  M,r[5],X[5];

int                     k=0,h=0;

double                  tempsumx[5],tempsumr[5];

double                  tempsumx1,tempsumr1;

double                  A,a;

double                  *pr=0,*pX=0;

char Buf[10];

 void  Wait_And_Read_Data()
{
        while ( 0 != getsUART1 ( 1,Buf,6000) );
}

void uart1_init()
{
        int U1ModeValue;
        int U1StatusValue;
        unsigned BaudRateValue ;        /*38400 when PLL=8x, XTAL1=10 MHz*/
         BaudRateValue = 31;
           U1ModeValue =
                UART_EN                         &
                UART_IDLE_CON                   &
                UART_TX_ENABLE                  & /*test*/
                UART_EN_WAKE                    &
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                UART_DIS_LOOPBACK       &
                UART_DIS_ABAUD          &
                UART_2STOPBITS          &       /*test*/
                UART_NO_PAR_8BIT;

                U1StatusValue =
                UART_INT_TX_BUF_EMPTY   &
                UART_TX_PIN_NORMAL      &
                UART_TX_ENABLE          &
                UART_INT_RX_CHAR        &
                UART_ADR_DETECT_DIS     &
                UART_RX_OVERRUN_CLEAR;

        OpenUART1( U1ModeValue, U1StatusValue, BaudRateValue );

/*
        SetPriorityIntU1RX(3);
        EnableIntU1RX;
*/
}

unsigned int analog(unsigned char ch)
{
        unsigned int val1;
        ADPCFG &= (!(ch+1));  // all PORTB = Digital; RB0 = analog
        ADCON1 = 0x0000;      // SAMP bit = 0 ends sampling ...
                              // and starts converting

        ADCHS = ch;           // Connect RB0/AN0 as CH0 input ..
                              // in this example RB0/AN0 is the input
        ADCSSL = 0;
        ADCON3 = 0x0007;      //0x000A Manual Sample, Tad = internal 2 Tcy
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ADCON2 = 0;
        ADCON1bits.ADON = 1;            // turn ADC ON

        ADCON1bits.SAMP = 1;            // start sampling ...
        while (!ADCON1bits.SAMP);       // Wait for End Sampling process
    for(val1=0;val1<150;val1++);        // Loop for delay 1 millisec per unit(7.3728 MHz@
PLL4x) 816
        ADCON1bits.SAMP = 0;            // Stopt Converting
        while (!ADCON1bits.DONE);       // conversion done?
        val1 = ADCBUF0;                 // yes then get ADC value
        return(val1);
}

void getdata(void)
{
unsigned int     j=0,tempx;

double sumx=0;

        for(j=0;j<5;j++)
                {
                        tempx=analog(6);
                        x[j]=tempx*0.0048828125;
                        sumx=sumx+x[j];
                        if (j==4)
                        {
                                xb=sumx/5;
                                sumx=0;
                        }
                        M=x[j];
                        printf("GY=%f=%f=%fV\r",M,xb,xprocess);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
}

void dataproc(unsigned int xDo)
{
unsigned int      j=0;

unsigned int      J=0;

double            min=0xffffffff,max=0,*px=0,*pxbar=0,*prbar=0;
double            *pr=0,*pX=0;
double            sumx=0;
double            *ptempsumx=0,*ptempsumr=0;

px=&x[0];
pxbar=&xbar;
prbar=&rbar;

        for(J=0;J<5;J++)
                {
                for(j=0;j<5;j++)
                        {
                                if (*px<min)
                                {
                                        min=*px;
                                }
                                if (*px>max)
                                {
                                        max=*px;
                                }
                                px++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                sumx=sumx+*px;
        }

tempsumx[k]=sumx/5;
tempsumr[h]=max-min;

tempsumx1=tempsumx1+tempsumx[k];
tempsumr1=tempsumr1+tempsumr[h];

*pr=tempsumr[k];
*pX=tempsumx[h];

k++;
h++;

sumx=0;

pr++;
pX++;
}

k=0;
h=0;

if ((*pX==0)&&(xDo!=0))
{
*pxbar=((tempsumx1-a)/(5-badcount));
}
if ((*pX!=0)&&(xDo!=0))
{
*pxbar=((tempsumx1-a)/(5-badcount));
*pxbar=((prevxbar+*pxbar)/2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
                if ((*pr==0)&&(xDo=0))
                {
                *prbar=((tempsumr1-A)/(5-badcount));
                }
                if ((*pr!=0)&&(xDo=0))
                {
                *prbar=((tempsumr1-A)/(5-badcount));
                *prbar=(tempsumr1+prevrbar)/2;
                }
                prevxbar=*pxbar;
                prevrbar=*prbar;
}

void dataproc_rbar(void)
{
double *pr=0;                   /*create pointer for r value*/
unsigned int j=0,*pstate=0;     /*create loop variable and pointer for state value*/
badcount=0;                     /*set badcount=0 for count bad value for remove*/
pr=&r[0];                       /*set *pr start at r0*/

pstate=&status;
*pstate=0;
        for (j=0;j<5;j++)       /*this loop to check and remove all x value that is bad value*/

        {

                if (*pr!=0)
                {
                        if ((Lrbar>=*pr)||(*pr>=Hrbar))
                        A=A+*pr;
                        *pr=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    *pstate=1;
        /*if value of some x is bad value status was set for run this loop again*/
                    badcount++;
        /* and badcount was increased by 1 for decrease divider*/
            }
            pr++;
        }
        if (*pstate!=1)
        {
        *pstate=0;
        }

        else
        {
        *pstate=0;
        }
}

void dataproc_xbar(void)
{
double *pX;                 /*create pointer for X value*/
unsigned int j=0,*pstate=0; /*create loop variable and pointer for state value*/
badcount=0;                 /*set badcount=0 for count bad value for remove*/
pX=&X[0];                   /*set *pX start at X0*/
pstate=&status;
*pstate=0;
        for (j=0;j<5;j++)
        /*this loop to check and remove all x value that is bad value*/
        {
            if (*pX!=0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                {
                        if ((Lxbar>=*pX)||(*pX>=Hxbar))
                        {
                                a=a+*pX;
                                *pX=0;
                                *pstate=1;
                /*if value of some x is bad value status was set for run this loop again*/
                                badcount++;
                /* and badcount was increased by 1 for decrease divider*/
                        }
                }
                pX++;
        }
        if (*pstate!=1)
        {
        *pstate=0;
        }

}

void main ()
{
Hrbarconst=2.1144;              /*constance for rbar high found it on table*/
Lrbarconst=0;                   /*constance for rbar low found it on table*/
Hxbarconst=0.5768;              /*constance for xbar high found it on table*/
Lxbarconst=0.5768;              /*constance for xbar low found it on table*/
 uart1_init();
PWM_init();

        while (1)
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
getdata();
/*Recieved Value Function from ADC to array x in unsigned int type*/
do
{
        do
        {
                status=0;
        /*set status=0 for start Internal loop */
                work=0;
        /*set work=0 for run dataproc function without xbar*/
                dataproc(work);
        /*start dataproc function without xbar*/
                Hrbar=rbar*Hrbarconst;
        /*calculate for rbar high*/
                Lrbar=rbar*Lrbarconst;
        /*calculate for rbar low*/
                dataproc_rbar();
        /*start dataproc_rbar function for remove all value that
        higher than rbar high or lower than rbar low*/

                tempsumr1=0;
                A=0;
        }
        while (status);          /*do internal loop until status=0 for*/

        status=0;
/*set status=0 for start External loop */
        work=1;
/*set work=1 for run dataproc function with xbar*/
        dataproc(work);
/*start dataproc function with xbar*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Hxbar=(xbar+(Hxbarconst*rbar));
        /*calculate for xbar high*/
                Lxbar=(xbar-(Lxbarconst*rbar));
        /*calculate for xbar low*/
                dataproc_xbar();
        /*start dataproc_xbar function for remove all value that
        higher than xbar high or lower than xbar low*/

                tempsumx1=0;
                a=0;
                }
        while (status);

        if (prevxbar==xbar)
        {
                xprocess=xbar;
        }

 Wait_And_Read_Data();
PDC1=analog(7)*3;

printf("GY=%f=%f=%fV\r",M,xb,xprocess);

}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมที่เขียนใน Visual Basic 6.0

```
Dim countitem_item As Single
Dim cursor As Single

'initial'
Dim Buffer As String, tempStr() As String
   'Buffer = "30.1\80.2\55.3""
Dim X(100) As Single, Xbar(100) As Single, Process(100) As Single
Dim start As Integer
Dim senddata As String
'end initial'

Private Sub From1_Click()
Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Form_Load()
MSComm1.Settings = "38400,n,8,2"
MSComm1.CommPort = 2
MSComm1.PortOpen = True
cursor = 99
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
senddata = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSComm1.Output = senddata
countitem_item = countitem_item + 1
Label1.Caption = countitem_item

    delay
    Buffer = MSComm1.Input
    Index1 = InStr(Buffer, "G")
    Index2 = InStr(Index1, Buffer, "V")
    'If Index2 <> 0 Then'
      Inputdata = Mid(Buffer, Index1 + 3, Index2 - 3 - Index1)
     'Text1.Text = Inputdata
      tempStr = Split(Inputdata, "=")
      cursor = cursor + 1

     If cursor > 99 Then
       cursor = 0
     End If

     X(cursor) = Val(tempStr(0))
     Xbar(cursor) = Val(tempStr(1))
     Process(cursor) = Val(tempStr(2))

  Label2.Caption = tempStr(0)
  Label3.Caption = tempStr(1)
  Label4.Caption = tempStr(2)

    'End If'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'start input'
'input to Buffer'
'tempStr = Split(Buffer, "\")'
  ' X(cursor) = Buffer'
   'Xbar(cursor) = Buffer1'
   'Process(cursor) = Buffer2'
'end input'

'start output'
start = cursor + 2

If start > 100 Then
   start = start - 100
End If

For i = start To 100
   xChart.Row = i - start + 1
   xChart.Data = X(i - 1)

   averageChart.Row = i - start + 1
   averageChart.Data = Xbar(i - 1)

   MSChart1.Row = i - start + 1
   MSChart1.Data = Process(i - 1)

   MSChart4.Column = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MSChart4.Row = i - start + 1
    MSChart4.Data = X(i - 1)
    MSChart4.Column = 2
    MSChart4.Row = i - start + 1
    MSChart4.Data = Xbar(i - 1)

    MSChart4.Column = 3
    MSChart4.Row = i - start + 1
    MSChart4.Data = Process(i - 1)
Next i

number_i = 100 - start + 1

If start - 1 >= 1 Then
    For i = 1 To start - 1
        xChart.Row = i + number_i
        xChart.Data = X(i - 1)

        averageChart.Row = i + number_i
        averageChart.Data = Xbar(i - 1)

        MSChart1.Row = i + number_i
        MSChart1.Data = Process(i - 1)

        MSChart4.Column = 1
        MSChart4.Row = i + number_i
        MSChart4.Data = X(i - 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MSChart4.Column = 2
        MSChart4.Row = i + number_i
        MSChart4.Data = Xbar(i - 1)

        MSChart4.Column = 3
        MSChart4.Row = i + number_i
        MSChart4.Data = Process(i - 1)
    Next i
End If

'end output'

End Sub

Private Sub delay()
Dim i As Single
 i = Timer
 i = i + 0.5
k1:
 DoEvents

 If i > Timer Then
   GoTo k1
 End If

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

dsPIC30F4011

ข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้ที่ได้นำมาเสนอเป็นเพียงทางด้านคุณสมบัติที่สำคัญเท่านั้น จะไม่กล่าวถึงคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น สถาปัตยกรรม โครงสร้างทางโปรแกรม หน่วยประมวลผลสัญญาณดิจิตอล เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ผู้สนใจสามารถค้นคว้าหาข้อมูลได้จากเวปไซต์ของบริษัท ไมโครชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dsPIC30F4011/4012

dsPIC30F4011/4012 Enhanced Flash 16-bit Digital Signal Controller

Note: This data sheet summarizes features of this group of dsPIC30F devices and is not intended to be a complete reference source. For more information on the CPU, peripherals, register descriptions and general device functionality, refer to the *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046). For more information on the device instruction set and programming, refer to the *dsPIC30F Programmer's Reference Manual* (DS70030).

High Performance Modified RISC CPU:

- Modified Harvard architecture
- C compiler optimized instruction set architecture with flexible addressing modes
- 84 base instructions
- 24-bit wide instructions, 16-bit wide data path
- 48 Kbytes on-chip Flash program space (16K Instruction words)
- 2 Kbytes of on-chip data RAM
- 1 Kbytes of non-volatile data EEPROM
- Up to 30 MIPs operation:
  - DC to 40 MHz external clock input
  - 4 MHz-10 MHz oscillator input with PLL active (4x, 8x, 16x)
- 30 interrupt sources
  - 3 external interrupt sources
  - 8 user selectable priority levels for each interrupt source
  - 4 processor trap sources
- 16 x 16-bit working register array

DSP Engine Features:

- Dual data fetch
- Accumulator write back for DSP operations
- Modulo and Bit-Reversed Addressing modes
- Two, 40-bit wide accumulators with optional saturation logic
- 17-bit x 17-bit single cycle hardware fractional/ integer multiplier
- All DSP instructions single cycle
- ± 16-bit single cycle shift

Peripheral Features:

- High current sink/source I/O pins: 25 mA/25 mA
- Timer module with programmable prescaler:
  - Five 16-bit timers/counters; optionally pair 16-bit timers into 32-bit timer modules
- 16-bit Capture input functions
- 16-bit Compare/PWM output functions
- 3-wire SPI™ modules (supports 4 Frame modes)
- I^2C™ module supports Multi-Master/Slave mode and 7-bit/10-bit addressing
- 2 UART modules with FIFO Buffers
- 1 CAN modules, 2.0B compliant

Motor Control PWM Module Features:

- 6 PWM output channels
  - Complementary or Independent Output modes
  - Edge and Center Aligned modes
- 3 duty cycle generators
- Dedicated time base
- Programmable output polarity
- Dead-time control for Complementary mode
- Manual output control
- Trigger for A/D conversions

Quadrature Encoder Interface Module Features:

- Phase A, Phase B and Index Pulse input
- 16-bit up/down position counter
- Count direction status
- Position Measurement (x2 and x4) mode
- Programmable digital noise filters on inputs
- Alternate 16-bit Timer/Counter mode
- Interrupt on position counter rollover/underflow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Features:

- 10-bit Analog-to-Digital Converter (A/D) with 4 S/H Inputs:
  - 500 Ksps conversion rate
  - 9 input channels
  - Conversion available during Sleep and Idle
- Programmable Brown-out Detection and Reset generation

Special Microcontroller Features:

- Enhanced Flash program memory:
  - 10,000 erase/write cycle (min.) for industrial temperature range, 100K (typical)
- Data EEPROM memory:
  - 100,000 erase/write cycle (min.) for industrial temperature range, 1M (typical)
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Flexible Watchdog Timer (WDT) with on-chip low power RC oscillator for reliable operation
- Fail-Safe clock monitor operation detects clock failure and switches to on-chip low power RC oscillator
- Programmable code protection
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)
- Selectable Power Management modes
  - Sleep, Idle and Alternate Clock modes

CMOS Technology:

- Low power, high speed Flash technology
- Wide operating voltage range (2.5V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption

dsPIC30F Motor Control and Power Conversion Family*

Device	Pins	Program Mem. Bytes/ Instructions	SRAM Bytes	EEPROM Bytes	Timer 16-bit	Input Cap	Output Comp/Std PWM	Moto Control PWM	A/D 10-bit 500 Ksps	Quad Enc	UART	SPI™	I²C™	CAN
dsPIC30F2010	28	12K/4K	512	1024	3	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	-
dsPIC30F3010	28	24K/8K	1024	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	-
dsPIC30F4012	28	48K/16K	2048	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	1
dsPIC30F3011	40/44	24K/8K	1024	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	-
dsPIC30F4011	40/44	48K/16K	2048	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	1
dsPIC30F5015	64	66K/22K	2048	1024	5	4	4	8 ch	16 ch	Yes	1	2	1	1
dsPIC30F6010	80	144K/48K	8192	4096	5	8	8	8 ch	16 ch	Yes	2	2	1	2

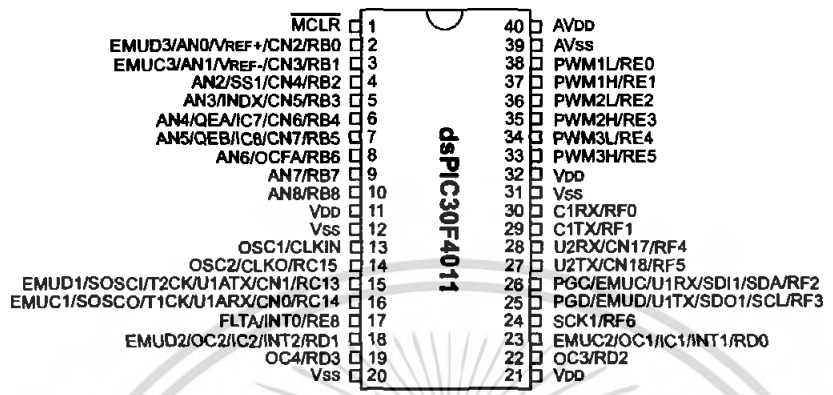
* This table provides a summary of the dsPIC30F6010 peripheral features. Other available devices in the dsPIC30F Motor Control and Power Conversion Family are shown for feature comparison.

 © 2005 Microchip Technology Inc.

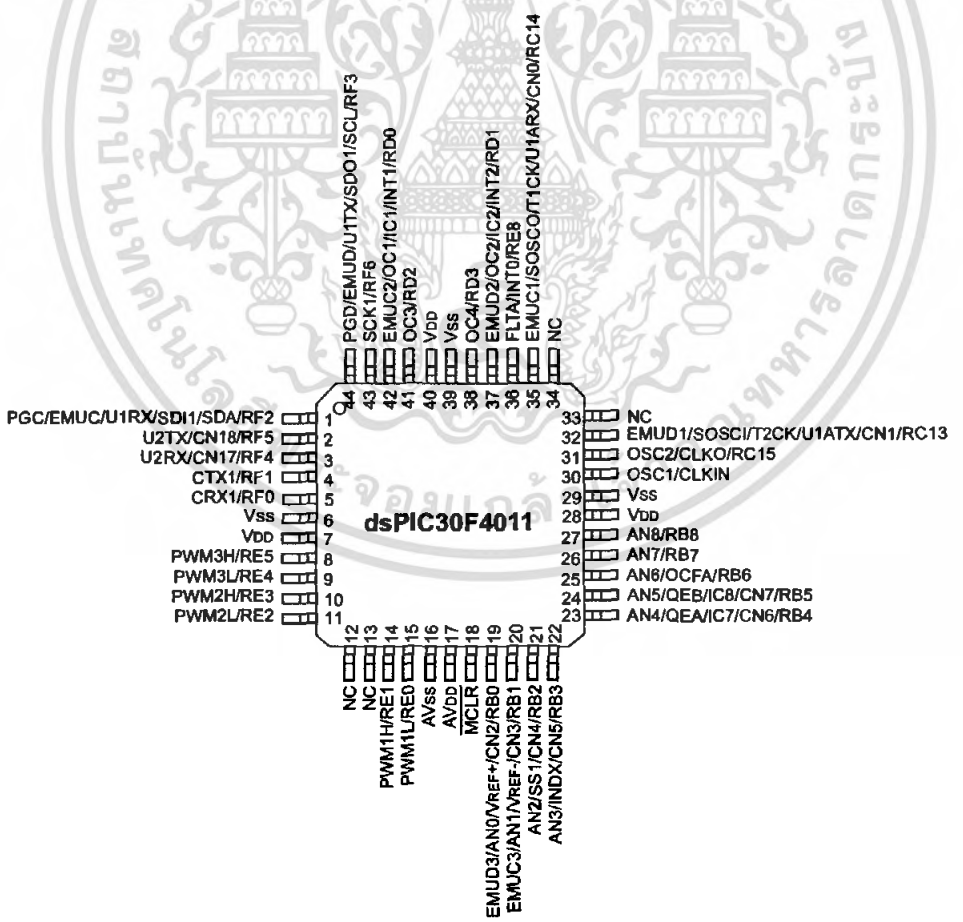
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Diagrams

40-Pin PDIP

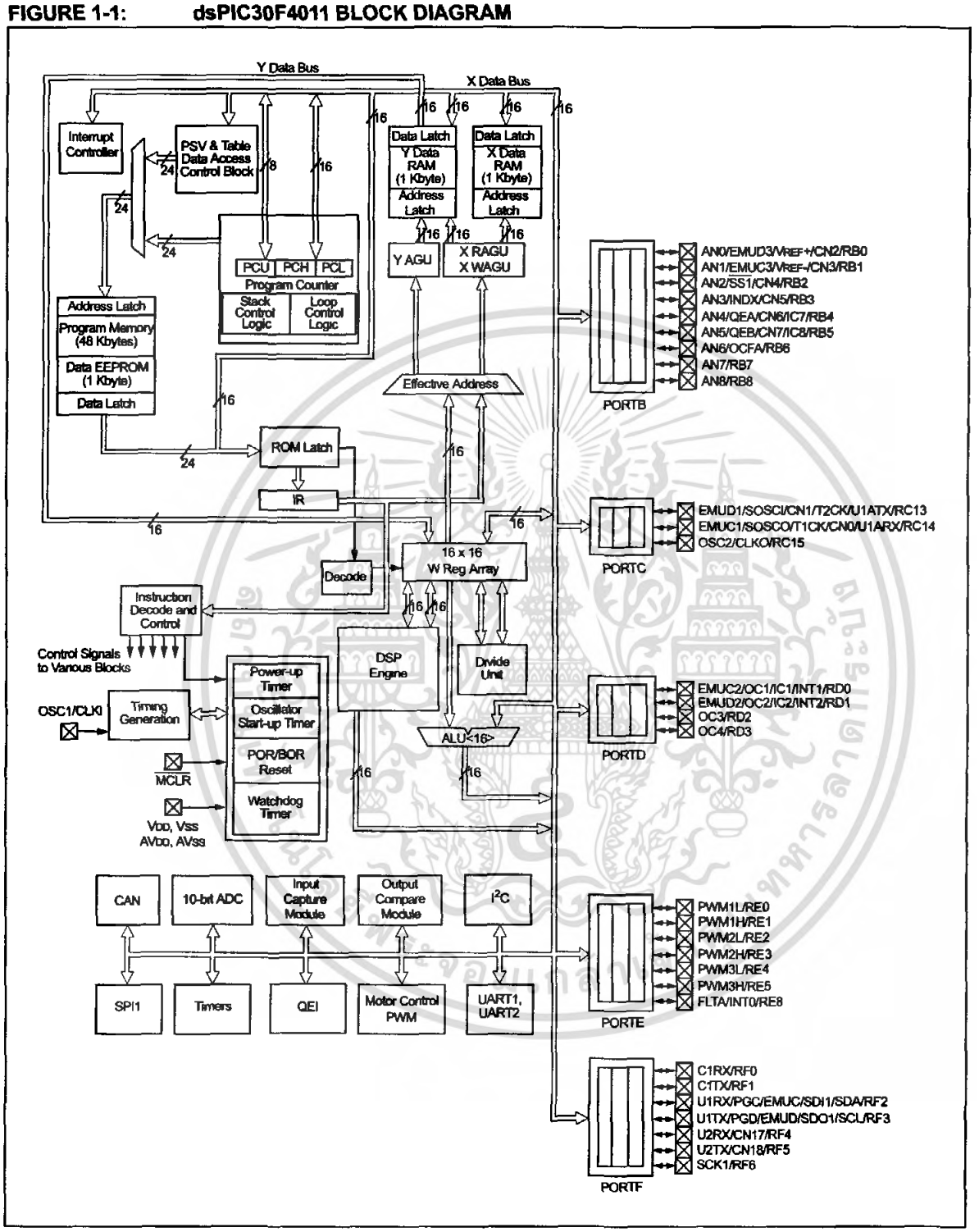


44-Pin TQFP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-1: dsPIC30F4011 BLOCK DIAGRAM



 © 2005 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1-1 provides a brief description of the device I/O pinout and the functions that are multiplexed to a port pin. Multiple functions may exist on one port pin. When multiplexing occurs, the peripheral module's functional requirements may force an override of the data direction of the port pin.

TABLE 1-1: dsPIC30F4011 I/O PIN DESCRIPTIONS

Pin Name	Pin Type	Buffer Type	Description
AN0-AN8	I	Analog	Analog input channels. AN0 and AN1 are also used for device programming data and clock inputs, respectively.
AVDD	P	P	Positive supply for analog module.
AVSS	P	P	Ground reference for analog module.
CLKI CLKO	I O	ST/CMOS —	External clock source input. Always associated with OSC1 pin function. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. Optionally functions as CLKO in RC and EC modes. Always associated with OSC2 pin function.
CN0-CN7 CN17-CN18	I	ST	Input change notification inputs. Can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs.
C1RX C1TX	I O	ST —	CAN1 bus receive pin. CAN1 bus transmit pin.
EMUD EMUC EMUD1 EMUC1 EMUD2 EMUC2 EMUD3 EMUC3	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	ST ST ST ST ST ST ST ST	ICD Primary Communication Channel data input/output pin. ICD Primary Communication Channel clock input/output pin. ICD Secondary Communication Channel data input/output pin. ICD Secondary Communication Channel clock input/output pin. ICD Tertiary Communication Channel data input/output pin. ICD Tertiary Communication Channel clock input/output pin. ICD Quaternary Communication Channel data input/output pin. ICD Quaternary Communication Channel clock input/output pin.
IC1, IC2, IC7, IC8	I	ST	Capture inputs 1, 2, 7 and 8.
INDX QEA QEB	I I I	ST ST ST	Quadrature Encoder Index Pulse input. Quadrature Encoder Phase A input in QEI mode. Auxiliary Timer External Clock/Gate input in Timer mode. Quadrature Encoder Phase A input in QEI mode. Auxiliary Timer External Clock/Gate input in Timer mode.
INT0 INT1 INT2	I I I	ST ST ST	External interrupt 0. External interrupt 1. External interrupt 2.
FLTA PWM1L PWM1H PWM2L PWM2H PWM3L PWM3H	I O O O O O O	ST — — — — — —	PWM Fault A input. PWM 1 Low output. PWM 1 High output. PWM 2 Low output. PWM 2 High output. PWM 3 Low output. PWM 3 High output.
$\overline{MCLR}$	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low Reset to the device.
OCFA OC1-OC4	I O	ST —	Compare Fault A input (for Compare channels 1, 2, 3 and 4). Compare outputs 1 through 4.

Legend: CMOS = CMOS compatible input or output; Analog = Analog input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels; O = Output
I = Input; P = Power

 © 2005 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-1: dsPIC30F4011 I/O PIN DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Type	Buffer Type	Description
OSC1 OSC2	I I/O	ST/CMOS —	Oscillator crystal input. ST buffer when configured in RC mode; CMOS otherwise. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. Optionally functions as CLKO in RC and EC modes.
PGD PGC	I/O I	ST ST	In-Circuit Serial Programming data input/output pin. In-Circuit Serial Programming clock input pin.
RB0-RB8	I/O	ST	PORTB is a bidirectional I/O port.
8RC13-RC15	8I/O	8ST	PORTC is a bidirectional I/O port.
RD0-RD3	I/O	ST	PORTD is a bidirectional I/O port.
RE0-RE5, RE8	I/O	ST	PORTE is a bidirectional I/O port.
RF0-RF6	I/O	ST	PORTF is a bidirectional I/O port.
SCK1 SDI1 SDO1 SS1	I/O I O I	ST ST — ST	Synchronous serial clock input/output for SPI™ 1. SPI 1 Data In. SPI 1 Data Out. SPI 1 Slave Synchronization.
SCL SDA	I/O I/O	ST ST	Synchronous serial clock input/output for I^2C. Synchronous serial data input/output for I^2C.
SOSCO SOSCI	O I	— ST/CMOS	32 kHz low power oscillator crystal output. 32 kHz low power oscillator crystal input. ST buffer when configured in RC mode; CMOS otherwise.
T1CK T2CK	I I	ST ST	Timer1 external clock input. Timer2 external clock input.
U1RX U1TX U1ARX U1ATX U2RX U2TX	I O I O I O	ST — ST — ST —	UART1 Receive. UART1 Transmit. UART1 Alternate Receive. UART1 Alternate Transmit. UART2 Receive. UART2 Transmit.
VDD	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
VSS	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VREF+	I	Analog	Analog Voltage Reference (High) input.
VREF-	I	Analog	Analog Voltage Reference (Low) input.

Legend: CMOS = CMOS compatible input or output Analog = Analog input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels O = Output
I = Input P = Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้