สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรระยะไกล

นายภาคภูมิ สุวรรณศรี
นางสาวศิริกุล ภูดงน้ำ
นายวีรปัฐน์ วิบูลสวัสดิ์วัฒนา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....76211
วัน,เดือน,ปี.....20 พ.ย. 2550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MACHINE REMOTE INFORMATION

MR. PHARKPHOOM SUWANNASRI
MS. SIRIKUN PUKONGNAM
MR. VEERAPAT VIBOOLSAWASWATANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรระยะไกล

MACHINE REMOTE INFORMATION

นักศึกษา

นาย ภาคภูมิ	สุวรรณศรี	เลขประจำตัวนักศึกษา	44010791
น.ส. ศิริกุล	ภูคงน้ำ	เลขประจำตัวนักศึกษา	44010841
นาย วีรปัฐน์	วิบูลสวัสดิ์วัฒนา	เลขประจำตัวนักศึกษา	44010835

หลักสูตร วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

_____

(อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรระยะไกล
นักศึกษา	นาย ภาคภูมิ สุวรรณศรี
	น.ส. ศิริกุล ภูคงน้ำ
	นาย วีรปัฐน์ วิบูลสวัสดิ์วัฒนา
หลักสูตร	วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญกับชีวิตมากขึ้น และในงานอุตสาหกรรมบางประเภทมีข้อจำกัดในเรื่องของสภาพแวดล้อมในการทำงาน ดังนั้นการใช้งานเครื่องจักรและระบบอัตโนมัติเพื่อที่จะทำงานแทนมนุษย์ในงานที่อันตรายหรือมีสภาวะอันตรายอยู่ได้รวมทั้งการทำให้เกิดความสะดวกสบายขึ้น โครงงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องส่งสัญญาณข้อมูลของเครื่องจักรในระยะไกล โดยใช้อุปกรณ์สี่ชนิดคือ วงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ตัวประมวลผลสัญญาไมโครคอนโทรลเลอร์(MCS-51) ตัวแปลงสัญญาณ RS232 และหม้อแปลงกระแส (Current Transformer; CT) เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรระยะไกลมีรูปแบบการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆคือ ส่วนแรกเป็นการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากเครื่องจักรแล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล ส่วนที่สองเป็นการส่งสัญญาณ ข้อมูลของเครื่องจักรมายังคอมพิวเตอร์และ ส่วนที่สามเป็นส่วนที่นำข้อมูลมาแสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลมีความสำคัญทางด้านการแสดงสถานะ การรวบรวมสถิติการใช้งานและสามารถบอกได้ถึงแผนการการซ่อมบำรุงแบบป้องกัน (Preventive Maintenance; PM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Machine Remote Information
Student	Mr. Phakphoom Suwannasri
	Ms. Sirikun Pukongnam
	Mr. Veerapat Vibunsawatwattana
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2004
Thesis Advisor	Mr.Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

Nowadays, Computer is more necessary for life and industrial work especially in non circumstance permitted or dangerous area. Computer is used to replace human for hold down a risk and increase a convince.

Therefore, this research is to study about design and to invent machine remote information with 4 instruments namely Analog to digital circuit, Micro-controller MCS-51, Max-232 and Current transformer. The principle of progress is dividing in 3 parts. First, measuring electric current form machine and converting to digital signal. Second, giving a digital signal to computers and finally display and record data by computer which represent actual condition and point to preventive maintenance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลของเครื่องจักรระยะไกล สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล อาร์ย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้าน ตลอดเวลาที่ผ่านมา

รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตตน์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่ ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านและทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์เชาวลิต หามนตรี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือจนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วง และคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นาย ภาคภูมิ สุวรรณศรี
น.ส. ศิริกุล ภูคงน้ำ
นาย วีรปัฐน์ วิบูลสวัสดิ์วัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 2

2.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล 8

2.3 การส่งผ่านข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรม 17

2.4 หม้อแปลงกระแส 20

บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 30

3.2 การออกแบบส่วนประกอบ 31

3.3 การออกแบบส่วนของการแสดงผล 35

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ส่วนของการแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ 38

4.2 ส่วนของการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า 45

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง 46

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นรวมถึงขีดจำกัด 46

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

,หน้า

5.4 ข้อเสนอแนะและการพัฒนาต่อไป 47

หนังสืออ้างอิง **48**

ภาคผนวก ก ..... **ผก 1**

ภาคผนวก ข ..... **ผข 1**

ภาคผนวก ค ..... **ผค 1**

ภาคผนวก ง ..... **ผง 1**

ภาคผนวก จ ..... **ผจ 1**

ภาคผนวก ฉ ..... **ผฉ 1**

ภาคผนวก ช ..... **ผช 1**

ภาคผนวก ซ ..... **ผซ 1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 Serial Port Control Register 5

ตารางที่ 2.2 โหมดต่างๆ ของการรับข้อมูลแบบอนุกรม 5

ตารางที่ 2.3 ค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับไทม์เมอร์ 0 6

ตารางที่ 2.4 ค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับเคาร์เตอร์ 0 6

ตารางที่ 2.5 ค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับไทม์เมอร์ 1 6

ตารางที่ 2.6 ค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับเคาร์เตอร์ 1 7

ตารางที่ 2.7 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต 7

ตารางที่ 2.8 หน้าที่การทำงานของขาสัญญาณ ADC 0804 9

ตารางที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ และ Span Voltage (V) 12

ตารางที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$, Span Voltage (v), $V_{in(-)}$, Step Size (mV) 12

ตารางที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$, Span Voltage (v), $V_{in(-)}$, Step Size (mV) 13

ตารางที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$, Span Voltage (V), $V_{in(-)}$, Step Size (mV) 17

ตารางที่ 2.13 จำนวน 35 ในฐานสอง 24

ตารางที่ 2.14 Secondary terminal voltage standard burden และ Rate burden 24

ตารางที่ 2.15 Standard burdens สำหรับ Current transformer ที่กำหนดเป็นมาตรฐาน 25

ตารางที่ 2.16 Standard burdens สำหรับ Current transformer ที่กำหนดเป็นมาตรฐาน 25

ตารางที่ 2.17 Standard Acuracy Classes and Limits of TCF (Transformer Correction Factor) for Current Transformer 25

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกลึงที่ความเร็วรอบต่างๆ 45

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกัดที่ความเร็วรอบต่างๆ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 3
รูปที่ 2.2 รายละเอียดและการจัดวางขาของ ADC 0804 8
รูปที่ 2.3 ผังโครงสร้างภายในของ ADC 0804 9
รูปที่ 2.4 ผังเวลาการสตาร์ท A/D 10
รูปที่ 2.5 ผังเวลาการอ่านข้อมูลไปเก็บ 10
รูปที่ 2.6 การทดสอบ A/D 11
รูปที่ 2.7 การต่อเมื่อต้องการรับอินพุท V_{in} จาก 0 ถึง 3 V โดยป้อนและถ้าป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right) = 1.5V$ 13
รูปที่ 2.8 การต่อเมื่อต้องการรับอินพุท V_{in} จาก 2 ถึง 5 V โดยป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right) = 1.5V$ และ $V_{in(-)} = 0.5V$ 14
รูปที่ 2.9 ช่วงกว้าง Span = 3 โดยรับอินพุทจาก 0.5 V ถึง 3.5 โดยป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right) = 1.5V$ และ $V_{in(-)} = 0.5V$ 14
รูปที่ 2.10 การต่อ ADC 0804 เข้ากับ MCS-51 15
รูปที่ 2.11 การต่อวงจร A/D แบบ Memory Map 16
รูปที่ 2.12 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ 19
รูปที่ 2.13 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 20
รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นฟลักซ์ และ Magnetizing Ampere-turn 22
รูปที่ 2.15 รูปร่างของฟลักซ์ที่มี Flat-topped Shap 28
รูปที่ 3.1 แสดงผลการดำเนินงาน 30
รูปที่ 3.2 การใช้งาน Current Transformer 31
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงสัญญาณกระแสสลับให้เป็นสัญญาณกระแสตรง 31
รูปที่ 3.4 การต่อสัญญาณเข้า และสัญญาณออกของวงจร Analog to Digital 32
รูปที่ 3.5 การต่อรับข้อมูลจากวงจร Analog to Digital เข้าสู่พอร์ตต่างๆของ MCS-51 32
รูปที่ 3.6 การออกแบบวงจร Controller MCS89C51 33
รูปที่ 3.7 การออกแบบวงจร SN75176 34
รูปที่ 3.8 การออกแบบวงจร RS 232 34
รูปที่ 3.9 แผนภูมิการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 35
รูปที่ 3.10 แผนภูมิการทำงานของการจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล 36
รูปที่ 3.11 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมแสดงผลข้อมูลย้อนหลังในช่วง 50 วินาที 37
รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน 39
รูปที่ 4.2 ภาพนิ่งของกราฟปริมาณกระแสไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน 40
รูปที่ 4.3 หน้าจอกำหนดวันและเวลาของเครื่องจักรที่ต้องการข้อมูลย้อนหลัง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 หน้าจอข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึงที่ 1 42
รูปที่ 4.5 หน้าจอข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึงที่ 2 43
รูปที่ 4.6 หน้าจอข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกัด 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันข้อมูลข่าวสารต่างๆได้มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมต้องการความรวดเร็ว และความถูกต้องในการรับรู้ข้อมูลที่จำเป็นต่อกระบวนการผลิต การที่สามารถรับรู้ข้อมูลจากที่ที่หนึ่งได้อย่างรวดเร็วจึงเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้การส่งข้อมูลในระยะไกล และการควบคุมระยะไกลก็มีบทบาทสำคัญเพราะไม่จำเป็นที่ผู้ใช้งานต้องทำงานในสถานที่หรือบริเวณที่เครื่องจักรตั้งอยู่ ซึ่งถ้าเราสามารถนำคุณสมบัติของระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลมาใช้ จะทำให้เราสามารถลดเวลาในการส่งข้อมูลและช่วยให้การได้มาซึ่งข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ในสภาวะที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์นำไปสู่การทำงานที่มีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรในระยะไกล
2. ออกแบบ และสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการส่งสัญญาณข้อมูล
3. ออกแบบ และสร้างฐานข้อมูลของเครื่องจักร
4. สร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมการส่งข้อมูล และแสดงผลของข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ข้อมูลในการทดลองใช้กับเครื่องกลึงจำนวน 2 เครื่อง และเครื่องกัดจำนวน 1 เครื่อง
2. สามารถส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจักรกับคอมพิวเตอร์ระยะทางไกลที่สุด 1 กิโลเมตร
3. สามารถควบคุมการแสดงผลการส่งข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1. สามารถใช้เป็นระบบต้นแบบในการตรวจสอบข้อมูลอื่นๆ ของเครื่องจักร
2. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการตรวจสอบ และการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบอัตโนมัติ
3. เป็นพื้นฐานในระบบการส่งถ่ายข้อมูล (Information System)
4. สามารถลดความล่าช้าในการส่งข้อมูลระหว่างแหล่งข้อมูลกับผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานเครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรระยะไกลได้ใช้ทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง กับวงจรไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่และได้เขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซี ขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ผ่านไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 โดยทฤษฎีที่ใช้ในโครงงานมีดังนี้

2.1 ไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 [1:2]

ตัวควบคุม (Controller) คือ ตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือขบวนการต่างๆ ซึ่งอาจทำขึ้นมาจากวงจรไฟฟ้า กลไก PLC ฯลฯ

ไมโครคอนโทลเลอร์ (Micro-Controller) ก็คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมันโดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขดัดแปลง

MCS-51เป็นไมโครคอนโทรเลอร์แบบชิปเดี่ยวที่มีข้อดีต่างๆดังนี้

1. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป(RAM) บรรจุไว้ภายใน 128-256 ไบต์
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
3. มีวงจรตั้งเวลาวงจรนับขนาด 16 บิต 2 ตัวอยู่ภายใน
4. มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
5. มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
6. มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต

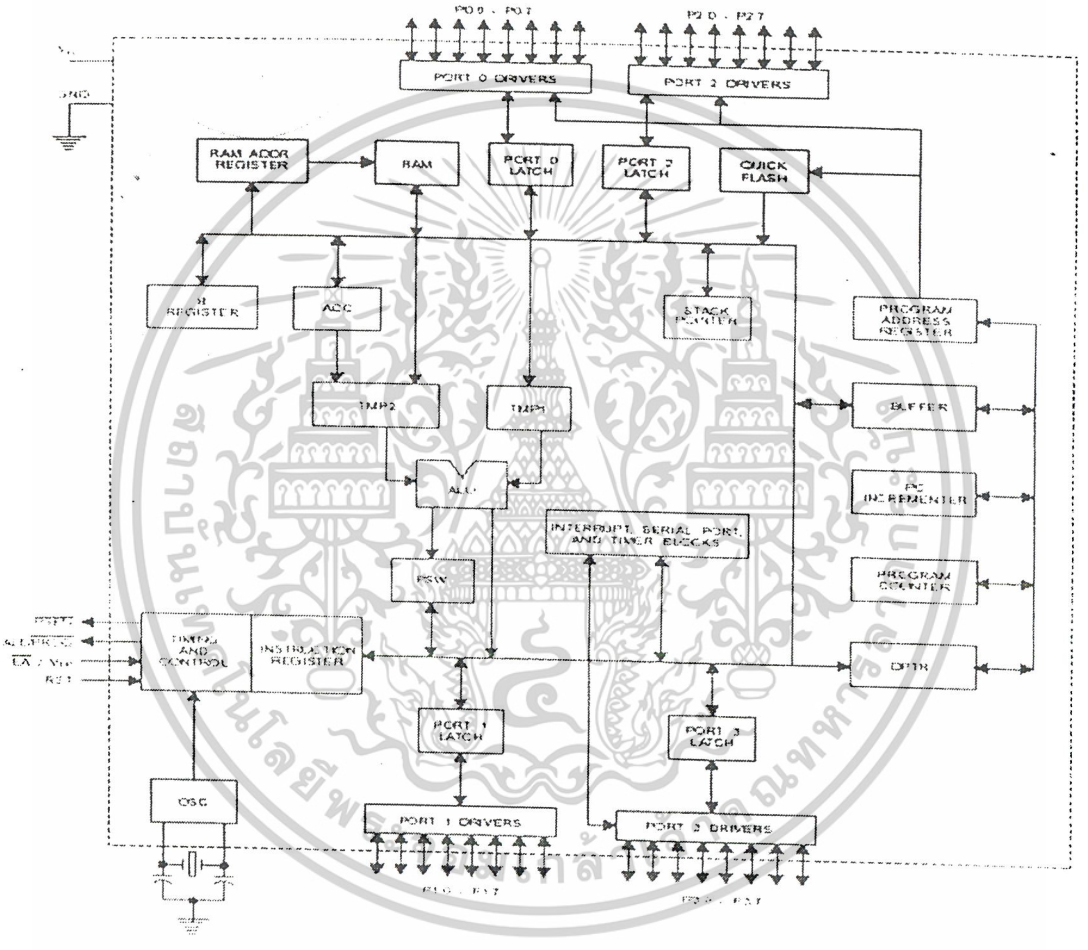
นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่นๆที่น่าสนใจคือ

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิป
3. สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิป
4. สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์
5. มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
6. จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้สองระดับ
7. รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิต ต่อวินาที
8. สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือ เคาเตอร์ เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกา ภายในชิป หรือ นับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างหรือ พัลส์วัดความกว้างของพัลส์ หรือใช้วัดช่วงเวลา
10. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

2.1.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรเลอร์



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์

ขาการใช้งานต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

1. V_{CC} ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
2. V_{CC} ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ ของแหล่งจ่ายไฟ
3. RST ขา 9 ขารีเซตนี้จะรีเซตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการรีเซตการทำงานกลับไปเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ALE ขา 30 ใช้เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำจากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก
5. PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป
6. XTALI ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิเลเตอร์
7. XTALI ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุทออกจากวงจรออสซิเลเตอร์
8. PORT 0 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลนอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่าง ดังนี้
    - ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วยโดย 8 บิตล่างถูกส่งออกไปทางพอร์ต 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกทางพอร์ต 2
    - ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
    - ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ตโดยตรง
9. PORT 1 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้
10. PORT 2 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ นอกจากจะใช้งานเหมือนกับพอร์ตอื่นๆแล้วยังใช้งานอื่นโดยใช้คำสั่งควบคุม ดังนี้
    - P3.0 (Rxd) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
    - P3.1 (Txd) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
    - P3.2(INTO) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
    - P3.3(INT1) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน
    - P3.4(T0) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์
    - 0P3.5(T1) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
    - P3.6(WR) ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก
    - P3.7(RD) ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

พอร์ต 3 ของ MCS-51 ถูกใช้เป็นพอร์ตอนุกรมจะใช้ขา TxD และ RxD ในการรับส่งข้อมูลโดยขาทั้งสองจะอนู่ในพอร์ต 3 คือ P3.1 หรือ ขา 11 เป็น TxD และ P3.0 หรือขา 10 เป็น RxD พอร์ตอนุกรม Mcs-51 สามารถทำงานเป็นแบบ Full Duplex ได้ คือสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันได้ โดยมีการรับส่งข้อมูลจะมีบัฟเฟอร์ สำหรับเก็บข้อมูลให้ใช้

รีจิสเตอร์ที่สำคัญ ในการรับส่งข้อมูลคือ SBUF และ SCON ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจิสเตอร์ Serial Prot Buffer(SBUF) จะอยู่ในตำแหน่ง 99H ถ้าเขียนข้อมูลลงไปในตำแหน่งนี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม โดยใน SBUF จะประกอบด้วย บัฟเฟอร์ 2 ตัวสำหรับส่งและรับข้อมูล

สำหรับ Serial Port Control Register (SCON) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 98H จะเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ รีจิสเตอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมและบอกสถานะต่างๆของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูล (Baud Rate) สามารถหาได้จากการหาสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดง ซีเรียล พอร์ต คอนโทรล รีจิสเตอร์ (Serial Port Control Register)

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลกกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 สามารถเซตและเคลียร์ได้โยซอฟท์แวร์
SCON.2	RB8	9AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา
SCON.1	TI	99H	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไป โดยจะเซตเมื่อส่งข้อมูลออกไปหมดแล้ว และสามารถเคลียร์ได้โดยซอฟท์แวร์
SCON.0	RI	98H	แฟลกแสดงการอินเทอร์รัพภายหลังการรับข้อมูลเข้ามาสามารถเคลียร์ได้โดยซอฟแวร์

ตารางที่ 2.2 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับข้อมูลแบบอนุกรม

SM0	SM1	MODE	ความหมาย	Baud Rate
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency /12)
0	1	1	8 – bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์
1	0	2	9 – bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ ได้ (Oscillator Frequency /12 หรือ /16)
1	1	3	9 – bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากไทม์เมอร์

2.1.2 ไทม์เมอร์ และ เคาร์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล มีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้งานเป็น ไทม์เมอร์ หรือ เคาร์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง รีจิสเตอร์ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว คือ

1. ไทม์เมอร์นั้นมีค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นทุกแมชชีนไซเคิล
2. เคาร์เตอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาร์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าที่ละหนึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ

2.1.2.1 <u>ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1</u>

สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาร์เตอร์ได้โดยการกำหนดค่าบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ โดยหากค่าบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์ ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นเคาร์เตอร์

นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้เป็นไทม์เมอร์ หรือ เคาร์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตเป็นตัวนับโดยมีค่าครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้รีจิสเตอร์ที่ใช้นับเพียง 13 บิต (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิต ใน THx)

โหมด 1 การทำงานเหมือนโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตนั่นเอง คือไทม์เมอร์และเคาร์เตอร์ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดรีจิสเตอร์ใช่งานในการนับเพียง 8 บิต (จากรีจิสเตอร์ TLx) ที่มีการโหลดค่าด้วยค่าในรีจิสเตอร์ THx การใช้งานโหมดนี้เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่

โหมด 3 ในโหมดนี้ในไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจิสเตอร์ TL0 ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงานในโหมด 3 มีไว้เพื่อการใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาร์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับไทม์เมอร์ 0

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit timer	00H	08H
1	16 bit timer	01H	09H
2	8 bit Auto Reload	02H	0AH
3	2 bit timer	03H	0BH

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับเคาร์เตอร์ศูนย์ (Counter 0)

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit timer	04H	0CH
1	16 bit timer	05H	0DH
2	8 bit Auto Reload	06H	0EH
3	2 bit timer	07H	0FH

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับไทม์เมอร์ 1

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit timer	00H	80H
1	16 bit timer	10H	90H
2	8 bit Auto Reload	20H	A0H
3	Does not Run	30H	B0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับเคาร์เตอร์ 1

โหมด	ฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit timer	40H	C0H
1	16 bit timer	50H	D0H
2	8 bit Auto Reload	60H	E0H
3	Not available	--	--

2.1.2.2 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51

รีจิสเตอร์ A,B และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใดๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานในรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่ม กระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0 , RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

2.1.2.3 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษใน MCS-51

ใน MCS-51 รีจิสเตอร์จะใช้หน่วยความจำ RAM ภายในชิป โดยในส่วนหนึ่งเป็นรีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register : SFR) ซึ่งมีทั้งหมด 21 ตัว โดยรีจิสเตอร์พิเศษต่างๆ จะเริ่มหน่วยความจำตั้งแต่ 80H ถึง FFH ซึ่งมีทั้งหมด 128 ตำแหน่ง แต่จะเป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษเพียง 21 ตำแหน่ง แต่ถ้าเป็น 8032 / 8051 จะใช้ 26 ตำแหน่งหรือมี SFR 26 ตัว

ตารางที่ 2.7 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
PSW.7	CY	D7H	Carry Flag
PSW.6	AC	D6H	Auxiliary Carry Flag
PSW.5	F0	D5H	Flag 0
PSW.4	RS1	D4H	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์ แบงค์ 1
PSW.3	RS0	D3H	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์ แบงค์ 0
			00 = Bank 0 ; Address 00H – 07H
			01= Bank 1 ; Address 08H – 0FH
			10 = Bank 2 ; Address 10H – 17H
			11 = Bank 3 ; Address 18H – 1FH
PSW.2	OV	D2H	Overflow Flag
PSW.1	-	D1H	Reserved
PSW.0	P	D0H	Every Parity Flag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

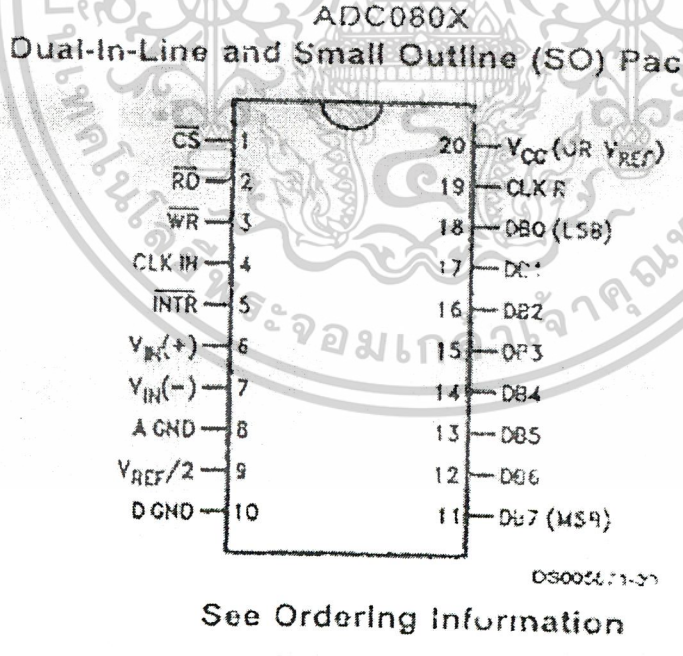
2.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล [3]

ในทางอิเล็กทรอนิกส์ ได้แบ่งลักษณะของสัญญาณออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สัญญาณแบบอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง ที่ทุก ๆ ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของระดับสัญญาณจะมีความหมาย ทำให้ถูกรบกวนให้แปลความหมายผิดพลาดได้ง่าย เช่นสัญญาณโทรศัพท์
2. สัญญาณแบบดิจิตอลประกอบขึ้นจากระดับสัญญาณเพียง 2 ค่า คือสัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกัน

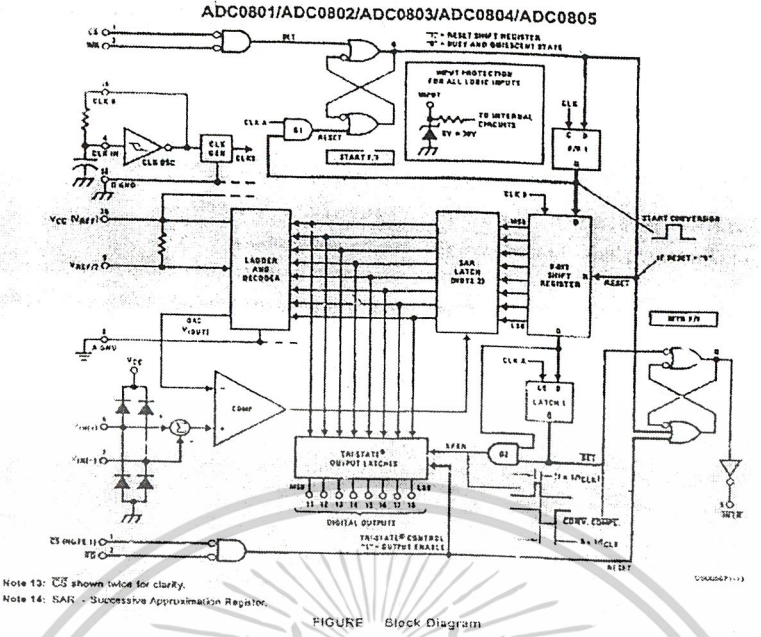
ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) หรือที่มักเรียกว่า ADC หรือ A/D ใช้สำหรับการแปลงสัญญาณอินพุทที่เป็นอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลหรือเลขฐานสอง ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของเวิร์ด เทคนิคการแปลงสัญญาณของ A/D มีหลายแบบได้แก่ การแปลงสัญญาณแบบแฟลช การแปลงสัญญาณแบบความชันเดี่ยว การแปลงสัญญาณแบบความชันคู่ การแปลงสัญญาณแบบป้อนกลับ การแปลงสัญญาณแบบประมาณค่าหลายครั้ง ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป เครื่องมือในการแปลงระหว่างสัญญาณทั้ง 2 แบบ การแปลงสัญญาณแบบ Digital ไปเป็น Analog จะเรียกว่า Modulation การแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital เรียกว่า Demodulation ตัวอย่างของเครื่องมือ ในการแปลงระหว่างสัญญาณทั้งสองก็คือ MODEM

ADC 0804 เป็น A/D ขนาด 8 บิต มีความเร็วในการแปลงสัญญาณ 100 μs (Conversion Time 100 μs) มีรายละเอียดและการจัดวางขาของ ADC 0804 ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3



รูปที่ 2.2 แสดงรายละเอียดและการจัดวางขาของ ADC 0804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



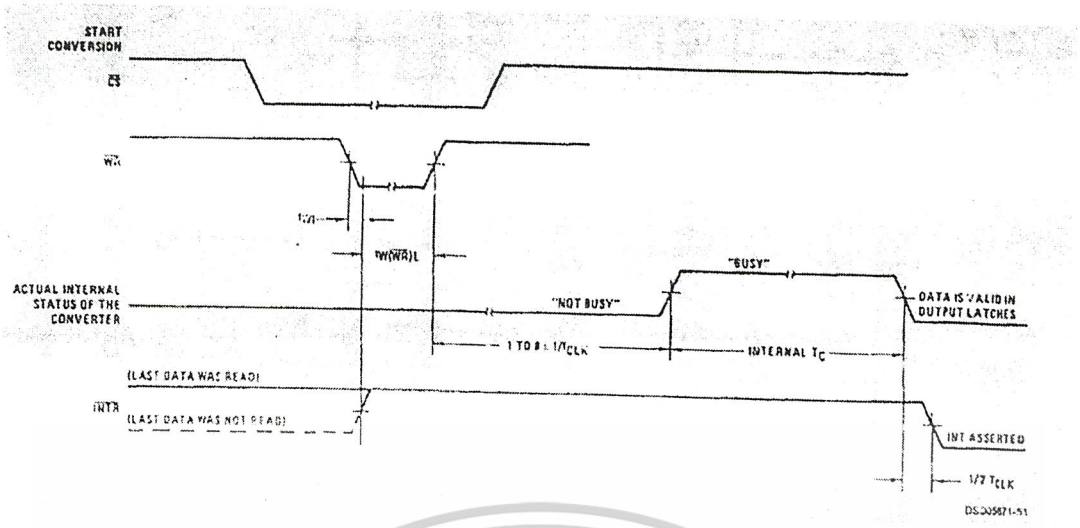
รูปที่ 2.3 ผังโครงสร้างภายในของ ADC 0804

ตารางที่ 2.8 ตารางหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณ ADC 0804

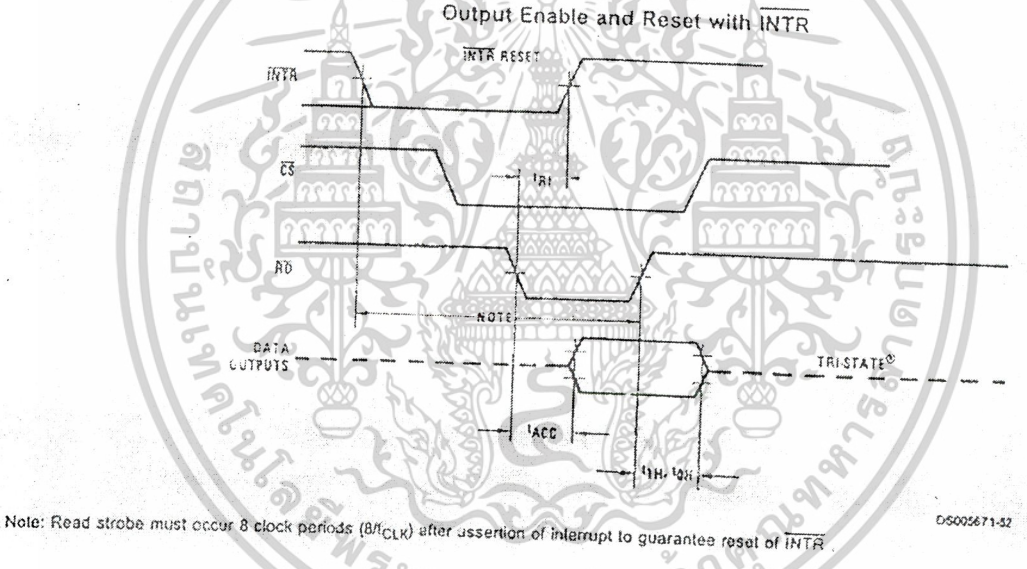
ขาต่างๆ	ความหมายและการทำงาน
D_7 --- D_0	ขาข้อมูลเอาท์พุท 8 บิต
	ขาเลือกชิพต้องป้อนด้วย Low
	ขาไฟเลี้ยง 5 V
DGND	Digital Ground
AGND	Analog Ground
$V_{in(+)}$ และ $V_{in(-)}$	2 ขานี้เป็น differential analog input โดยที่ $V_{in} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$ โดยต่อ $V_{in(-)}$ ที่ศักดาต่ำกว่า $V_{in(+)}$ หรือต่อลง Ground และต่อ $V_{in(+)}$ กับสัญญาณที่ต้องการ
CLK R และ CLK IN	2 ขานี้ต้องต่อเข้ากับ R และ C เพื่อทำให้เกิดการออสซิลเลทภายในความถี่ ซึ่งคำนวณจาก $f = \left(\frac{1}{1.1}\right)RC$ ถ้าใช้ $R = 10K\Omega$ และ $C = 150\,PF$ จะออสซิลเลทความถี่ $606\,KHz.$ ทำให้ค่า Conversion Time ได้เท่ากับ $100\,\mu s$
$\overline{WR}$	ใช้ Start A/D เพื่อเริ่มการ Conversion ขานี้ต้องกระตุ้นด้วย Low ขานี้มักจะต่อกับ $\overline{WR}$ ของ CPU เพื่อง่ายในการออกแบบ
$\overline{RD}$	ใช้อ่านข้อมูลจาก A/D ไปเก็บโดยป้อนด้วย Low ขานี้มักต่อกับ $\overline{RD}$ ของ CPU เพื่อง่ายในการออกแบบ
$\frac{V_{ref}}{2}$	ขานี้กำหนดช่วงกว้างแรงดันอินพุทที่เข้า A/D (Span ADJ) ถ้าปล่อยลอย ก็จะรับอินพุทช่วงกว้างถึง 5 V ถ้าป้อน 2 V จะรับอินพุทกว้างถึง 4 V ถ้าป้อน 1 V จะรับอินพุทกว้างถึง 2 V

หมายเหตุ : AGND และ DGND ก็คือ Analog Ground และ Digital Ground มีจุดประสงค์เพื่อแยกสัญญาณรบกวนทางอนาลอกไม่ให้ไปรบกวนสัญญาณทางดิจิตอลเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



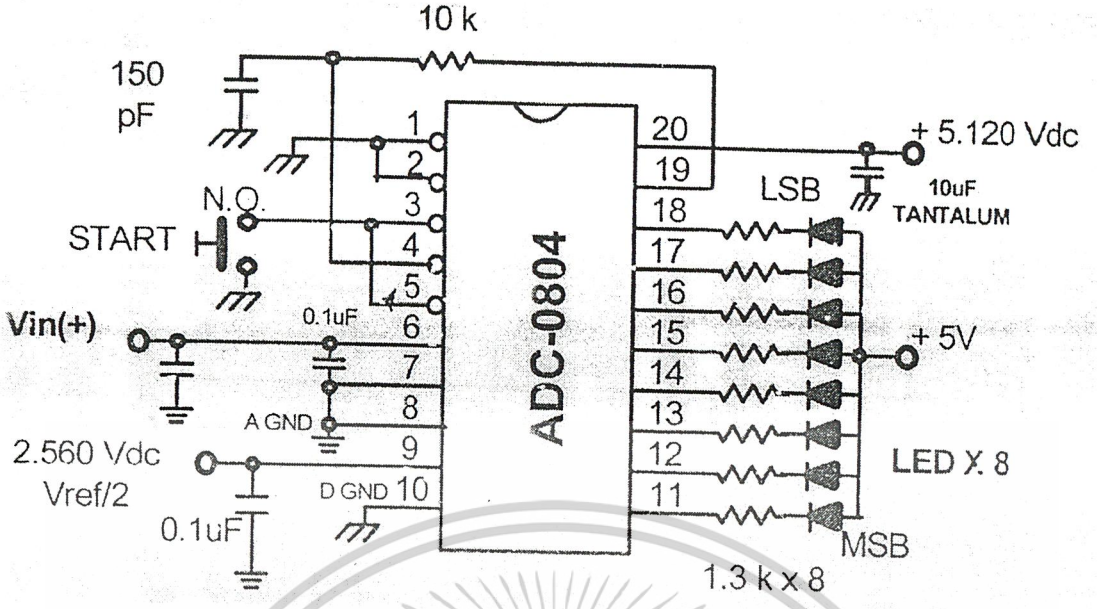
รูปที่ 2.4 ผังเวลาการสตาร์ท A/D



รูปที่ 2.5 ผังเวลาการอ่านข้อมูลไปเก็บ

วิธีสตาร์ท A/D ทำได้โดยส่งสัญญาณเข้าขา $\overline{WR}$ และ $\overline{CS}$ ด้วยศักดาต่ำ (Low) แล้วรอให้อีกประมาณ 100 µs หลังจากนั้น A/D จะส่งสัญญาณออกมาที่ขา $\overline{INTR}$ (คือสัญญาณที่บอกว่าแปลงสัญญาณเสร็จแล้ว) มีระดับเป็น Low ขานี้มักจะต่อกับขา $\overline{INT0}$, $\overline{INTI}$ ของ CPU เพื่อบอกให้ CPU ทำกระบวนการอินเตอร์รัพท์เพื่อนำข้อมูลที่แปลงแล้วไปเก็บ ในการอ่านข้อมูลไปเก็บ CPU ต้องส่งสัญญาณ $\overline{RD}$ มาเข้า $\overline{RD}$ ของ A/D (โดยขา $\overline{CS}$ ต้องเป็น Low อยู่ก่อนหน้านี้) รายละเอียด ของช่วงการ Start และอ่านข้อมูลไปเก็บ ดังแสดงในผังเวลาตามรูปที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการทดสอบ A/D

2.2.1 การทดสอบ A/D

ทำได้โดยการป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ = 2.56 V คงที่ แล้วป้อนแรงดัน V_{in} ที่ขา $V_{in(+)}$ มีค่า 0 ถึง 5 V แล้วกดสวิตซ์ Start แล้วปล่อยให้กลับมาอยู่ในตำแหน่ง Open Circuit ก็จะเห็น LCD ติดหรือดับเปลี่ยนแปลงตามค่าอินพุทที่เข้ามา โดยที่

ป้อน $V_{in(+)}$ = 0 V จะได้ดิจิตอลเอาท์พุท = 0000 0000B

$V_{in(+)}$ = 5 V จะได้ดิจิตอลเอาท์พุท = 1111 1111B

การกำหนดค่า Zero Shift Adjust และ Span Adjust

1. Zero Shift Adjust ใช้ปรับค่าแรงดันต่ำสุดที่ป้อนเข้า A/D โดยจะต้องป้อนเข้ามาที่ขา $V_{in(-)}$
2. Span Adjust ใช้ปรับค่าช่วงกว้างแรงดันอินพุท (Span)โดยจะต้องป้อนเข้ามาที่ขา $\frac{V_{ref}}{2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ และ Span Voltage (V)

$\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$	Span Voltage	Step Size (mV)
Not connect	5	5/256 = 19.53
2.0	4	4/256 = 15.62
1.5	3	3/256 = 11.71
1.28	2.56	2.56/2.56 = 10
1	2	2/256 = 7.81
0.5	1	1/256 = 3.90

ตารางที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$, Span Voltage (v), $V_{in(-)}$, Step Size (mV)

$\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$	Span Voltage	$V_{in(-)}$	Input Range (V)	Step Size (mV)
Not con0nect	5	0	0 to 5	5/256 = 19.53
2.0	4	0	0 to 4	4/256 = 15.62
1.5	3	0	0 to 3	3/256 = 11.71
1.28	2.56	0	0 to 2.56	2.56/2.56 = 10
1	2	0	0 to 2	2/256 = 7.81
0.5	1	0	0 to 1	1/256 = 3.90

ตารางที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$, Span Voltage (v), $V_{in(-)}$, Step Size (mV)

$\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$	Span Voltage	$V_{in(-)}$	Input Range (V)	Step Size (mV)
2.0	4	0.5	0 to 4.5	4/256 = 15.62
1.5	3	0.5	0 to 3.5	3/256 = 11.71
1.28	2.56	0.5	0 to 3.06	2.56/2.56 = 10
1	2	0.5	0 to 2.5	2/256 = 7.81
0.5	1	0.5	0 to 1.5	1/256 = 3.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$, Span Voltage (V), $V_{in(-)}$, Step Size (mV)

$\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$	Span Voltage	$V_{in(-)}$	Input Range (V)	Step Size (mV)
2.0	4	1	1 to 5	4/256 = 15.62
1.5	3	1	1 to 4	3/256 = 11.71
1.28	2.56	1	1 to 3.56	2.56/2.56 = 10
1	2	1	1 to 3	2/256 = 7.81
0.5	1	1	1 to 2	1/256 = 3.90

สรุปได้ว่า ค่า $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ ใช้กำหนด Span Voltage โดยที่ Span Voltage = 2 $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$

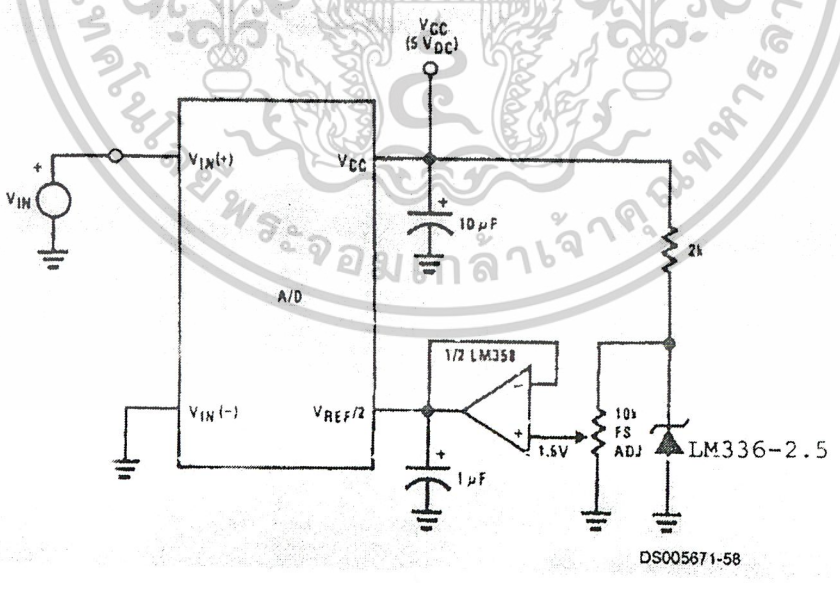
เช่น ต้องการรับอินพุทในช่วง 3 V ต้องป้อนขา $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ = 1.5 V

และถ้าป้อน $V_{in(-)}$ = 0 V จะรับแรงดันอินพุท = 0 – 3 V

และถ้าป้อน $V_{in(-)}$ = 1 V จะรับแรงดันอินพุท = 1 – 4 V

และถ้าป้อน $V_{in(-)}$ = 2 V จะรับแรงดันอินพุท = 2 – 5 V

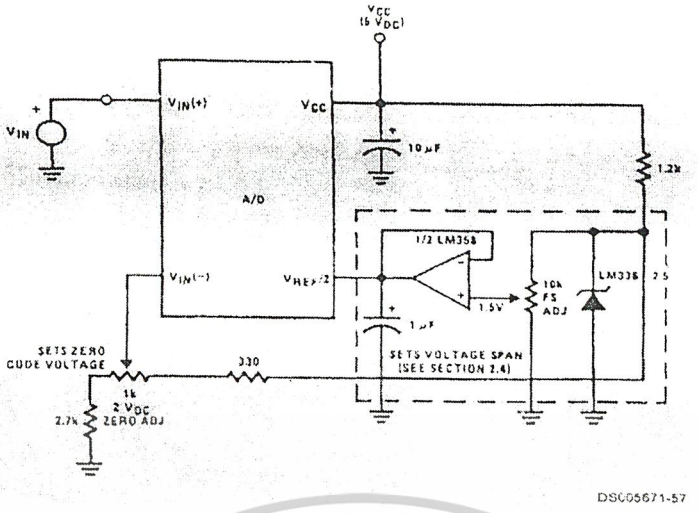
Span Adjust : $0V \leq V_{in} \leq 3V$



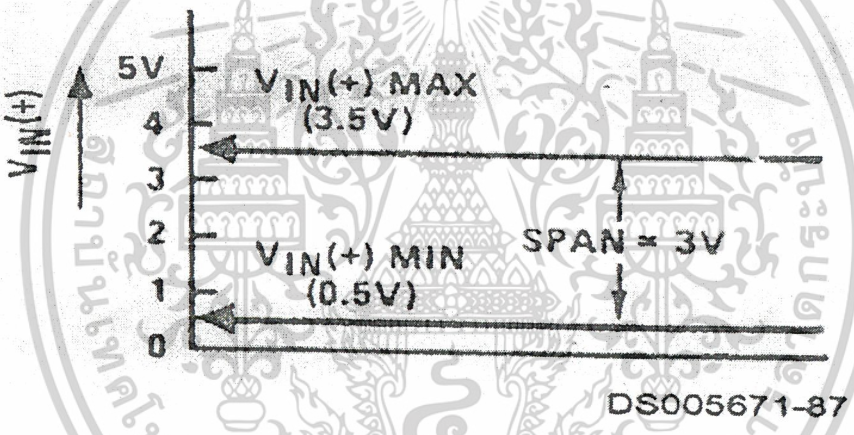
รูปที่ 2.7 รูปการต่อเมื่อต้องการรับอินพุท V_{in} จาก 0 ถึง 3 V โดยป้อนและถ้าป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ = 1.5V

ดูตาราง 19.1Zero Shift And Span Adjust: $2V \leq V_{in} \leq 5V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 รูปการต่อเมื่อต้องการรับอินพุท V_{in} จาก 2 ถึง 5 V โดยป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ = 1.5V และ $V_{in(-)}$



รูปที่ 2.9 แสดงช่วงกว้าง Span = 3 โดยรับอินพุทจาก 0.5 V ถึง 3.5 V

โดยป้อน $\left(\frac{V_{ref}}{2}\right)$ = 1.5 V และ $V_{in(-)}$ = 0.5V

2.2.2 การเชื่อมโยง ADC 0804 เข้ากับ MCS-51

การเชื่อมโยง ADC 0804 เข้ากับ MCS-51 ทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. ติดต่อแบบ I/O Port
2. ติดต่อแบบ Memory Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 การติดต่อแบบ I/O Port

สามารถติดต่อ ADC 0804 เข้ากับ MCS-51 ผ่านทาง Port 0 , Port 1, Port 2, Port 3 เราสามารถใช้พอร์ทไหนเป็น Data Port ก็ได้ส่วนพอร์ทที่เหลือเป็นสัญญาณควบคุม

การเชื่อมต่อ ADC 0804 เข้ากับ MCS-51 โดยกำหนดให้

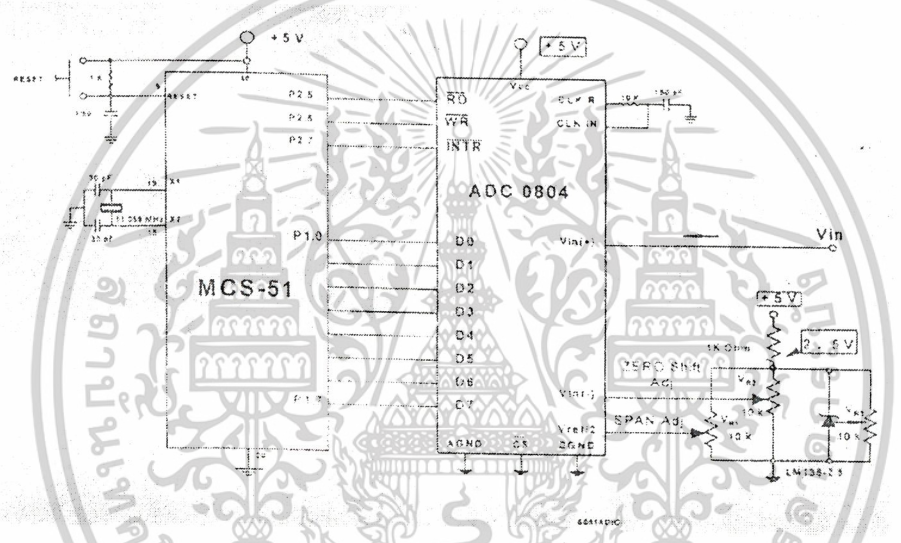
ขา Data ต่อเข้ากับขา Port 1 (P1)

ขา $\overline{RD}$ ต่อเข้ากับขา P2.5

ขา $\overline{WR}$ ต่อเข้ากับขา P2.6

ขา $\overline{INTR}$ ต่อเข้ากับขา P2.7

วิธีการต่อสามารถแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อ ADC 0804 เข้ากับ MCS-51

2.2.2.2 ติดต่อแบบ Memory Map

สามารถต่อ ADC 0804 เข้ากับ MCS-51 เหมือนการต่อ External RAM โดยมอง A/D เป็นหน่วยความจำหนึ่งตำแหน่งเมื่อทำคำสั่ง MOVX @ DPTR ,A หรือ MOVX @ DPTR ขาสัญญาณต่างๆ ของ MCS-51 จะถูกกำหนดตายตัวดังนี้

1. P0 เป็นทางผ่านของ Address BUS (A_7 , A_6 , A_5 ... A_0) และ DATA BUS (D_7, D_6 , D_5...D_0)
2. P2 เป็นขาสัญญาณ Address Bus (A_{15} , A_{14} , A_{13} ...A_8)
3. P3 เป็นขาสัญญาณต่างๆ ดังนี้

- ● P 3.0 เป็นขาสัญญาณ *RxD*
- ❑ P 3.1 เป็นขาสัญญาณ *TxD*
- ❑ P 3.2 เป็นขาสัญญาณ $\overline{INT0}$
- ❑ P 3.3 เป็นขาสัญญาณ $\overline{INT1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ❑ P 3.4 เป็นขาสัญญาณ T0
- ❑ P 3.5 เป็นขาสัญญาณ T1
- ❑ P 3.6 เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$
- ● P 3.7 เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$

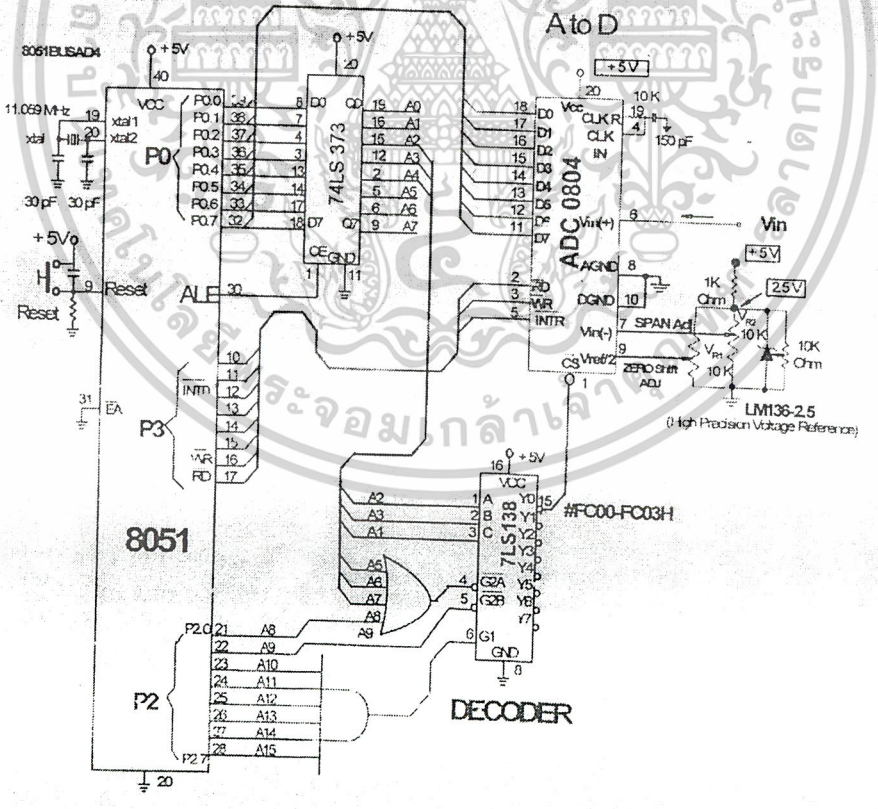
ถ้าทำคำสั่ง MOVX @ DPTR,A หมายถึงให้นำข้อมูลในรีจีสเตอร์ A ออกไปยังหน่วยความจำตำแหน่งที่ระบุโดย DPTR

1. ข้อมูลในรีจิสเตอร์ A จะออกทาง DATA BUS
2. Address Bus จะปรากฏค่าตามใน DPTR
3. ขา $\overline{WR}$ จะมี Pulse Low 1 ลูก นำไป Start A/D ได้

ถ้าทำคำสั่ง MOVX A,@ DPTR หมายถึงนำข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งที่ระบุโดย DPTR เข้าในรีจิสเตอร์ A

1. Address BUS จะปรากฏตามค่าใน DPTR
2. ข้อมูลในหน่วยความจำจะถ่ายลง DATA BUS เข้ารีจิสเตอร์ A
3. ขา $\overline{RD}$ จะมี Pulse Low 1 ลูก นำไปอ่านค่า A/D ได้

มีวิธีการต่อดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการต่อวงจร A/D แบบ Memory Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3 การส่งผ่านข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรม

2.3.1 รูปแบบข้อมูลในคอมพิวเตอร์

การที่จะทำความเข้าใจการส่งผ่านข้อมูลสิ่งแรกคือ ต้องทำความเข้าใจกับวิธีที่ข้อมูลถูกจัดเก็บไว้ภายในคอมพิวเตอร์ก่อน

2.3.1.1 บิตและไบต์

ในเลขฐานสิบมีตัวเลขอยู่สิบตัว คือ 0-9 การเพิ่ม 0 หนึ่งตัวเข้าทางท้ายเป็นการคูณจำนวนด้วย 10 ในเลขฐาน 2 มีเพียงตัวเลข 2 ตัว คือ 0 และ 1 การเพิ่ม 0 เข้าทางท้ายจำนวนเป็นการคูณด้วย 2 ตัวเลข 0 หรือ 1 ในแต่ละตัวในเลขฐาน 2 เรียกว่าบิต 8 บิตเป็น 1 ไบต์ ผลที่ตามมา 1 ไบต์จึงเป็นได้ตั้งแต่ 00000000 ถึง 11111111 หรือ 0 – 255 ในเลขฐาน 10 บิตที่อยู่ทางขวาสุดของไบต์เรียกว่า บิต 0 บิตที่อยู่ทางซ้ายสุดเรียกว่า บิต 7 บิต 0 เรียกว่าบิตมีนัยสำคัญ ต่ำสุด (Least Significant Bit) และบิต 7 เรียกว่า บิตมีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit)

ตารางที่ 2.13 แสดงจำนวน 35 ในฐานสอง

หมายเลขบิต	7	6	5	4	3	2	1	0
ค่าถ้าถูกเฮค	128	64	32	16	8	4	2	1
การเฮค	0	0	1	0	0	0	1	1
ค่าตามที่เฮค	0	0	32	0	0	0	2	1

คอมพิวเตอร์เกือบทั้งหมดทำงานในระบบเลขฐานสอง เพราะว่าเป็นการง่ายที่แปลงรหัส 0 และ 1 เป็นแรงดันไฟฟ้าบวกและลบ ในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ หน่วยเล็กที่สุดของหน่วยความจำที่อ้างถึงได้โดยการแอดเดรสคือไบต์ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลถูกเก็บและจัดการในคอมพิวเตอร์ตามปกติมันจึงถูกแปลงให้เป็นไบต์ที่เรียงลำดับกัน

2.3.1.2 การเข้ารหัสข้อความ

เมื่อเข้ารหัสข้อความ (อักขระ เครื่องหมายวรรคตอน และอื่นๆ) ถูกเก็บในคอมพิวเตอร์ แต่ละตัวอักษรที่แตกต่างกันจะถูกแทนด้วยจำนวนเครื่องที่แตกต่างกัน จำนวนเหล่านี้โดยปกติมีค่าจาก 0 ถึง 127 หรือจาก 0 ถึง 255 เนื่องจากไบต์หนึ่งสามารถมีค่าจาก 0 ถึง 255 มันจึงเป็นธรรมชาติที่จะให้หนึ่งไบต์แทนตัวอักษรหรือ เครื่องหมายวรรคตอนแต่ละตัวในข้อมูลที่เป็นข้อความ

มีสองวิธีที่ต่างกันสำหรับการจับคู่ตัวอักษรหรือจำนวน คือ EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ชนิดอื่นของไอบีเอ็มยกเว้น ไอบีเอ็มพีซี และ ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ อื่นส่วนใหญ่ เราจะ เกี่ยวข้องกับ ASCII ในหนังสือเล่มนี้เท่านั้น

ตาราง ASCII อย่างเป็นทางการให้จำนวนระหว่าง 32 ถึง 126 แทนตัวเลข ตัวอักษรเครื่องหมายวรรคตอน และ สัญลักษณ์ที่ใช้กันทั่วไปอื่นๆ จำนวน 0 ถึง 31 และ 127 มีความหมายพิเศษเช่น Carriage return , Line feed และตัวอักษรที่ไม่สามารถแสดงผลได้อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
76211

ตัวอย่างเช่น ตัว A ถูกเก็บเป็นเลขฐานสิบ 65 ในฐานสอง คือ 01000001 ถูกเก็บเป็นเลขฐานสิบ 44 ซึ่งเป็น 00101100 ในฐานสอง

เนื่องจากจำนวน 127 ในเลข ฐานสองใช้เพียงเจ็ดบิต ตัวอักษรทั้งหมดถูกแทนด้วย 0 ถึง 127 สามารถถูกเก็บในหนึ่งไบต์ โดยจะเหลืออีกหนึ่งบิต เนื่องจากเราใช้บิตในไบต์ หนึ่งตั้งแต่ศูนย์ถึงเจ็ด จะเห็นได้ว่ารหัส ASCII ใช้เพียงบิตศูนย์ถึงหก บิตเจ็ดถูกสำรองไว้

คอมพิวเตอร์ใช้เต็มที่ทั้งแปดบิตสำหรับการเข้ารหัส ทำให้มีรหัสที่แตกต่างกัน 256 ตัว 128 ตัวแรกเป็นไปตาม ASCII และส่วนที่เหลือถูกใช้สำหรับอักขระต่างชาติ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อักขระ กราฟิก และอื่นๆ ตามแต่การออกแบบ โชคไม่ดีที่ไม่มีมาตรฐานสำหรับอักขระเพิ่มเติม (Extend Character) ซึ่งมักมีความหมายแตกต่างกันบนคอมพิวเตอร์ คนละชนิด

2.3.1.3 การเข้ารหัสข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อความ

แน่นอนว่าทุกอย่างที่ถูกเก็บในคอมพิวเตอร์ไม่ได้อยู่ในรูปของข้อความเสมอไป คำสั่งของโปรแกรม ข้อมูล และกราฟิกอิมเมจ เป็นตัวอย่างข้อมูลที่ไม่ได้ถูกเก็บในรูปแบบ ASCII

ข้อมูลประเภทนี้โดยปกติถูกเข้ารหัสให้ใช้ทุกค่าที่เป็นไปได้ของหนึ่งไบต์ จำนวนถูกเก็บในรูปแบบไบนารี และสามารถขยายไปเป็นหลายไบต์ คำสั่งของโปรแกรมมักจะประกอบด้วยหนึ่งหรือสองไบต์ เราเรียกข้อมูลประเภทนี้ว่า ข้อมูลไบนารี (Binary Data) แม้ว่าข้อมูลจะถูกเก็บในรูปแบบไบนารีเช่นกัน

เนื่องจากไบนารีที่เก็บข้อมูลซึ่งไม่ใช่ข้อความเป็นค่าใดๆ ก็ได้ ในเวลาที่มันตรงกับค่าที่มีความหมาย พิเศษในตาราง ASCII ทำให้เกิดความยุ่งยากในการส่งข้อมูล ถ้าอุปกรณ์ฝ่ายรับเกิดแปลไบต์ที่ไม่ใช่ข้อความว่าหมายถึงสิ้นสุดข่าวสาร ในกรณีนี้ข้อมูลไม่สามารถถูกส่งในรูปแบบข้อมูลดิบ เพราะว่าไบต์ที่อยู่กลางข่าวสารอาจตรงกับสัญลักษณ์สิ้นสุดข่าวสาร โดยบังเอิญและทำให้อุปกรณ์ข่าวสารหยุดรับส่งข้อมูล

2.3.1.4 การสื่อสารแบบอนุกรม

คอมพิวเตอร์ทั้งหมดเก็บและจัดการข้อมูลในรูปแบบขนาน หมายความว่าเมื่อไบต์หนึ่งถูกส่งจากส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนอื่นมันไม่ได้ถูกส่งไปทีละหนึ่งบิต แต่จะถูกส่งไปพร้อมกันผ่านตัวนำแบบขนาน จำนวนบิตที่ถูกส่งในครั้งหนึ่งแปรผันไปตามเครื่อง แต่โดยปกติจะเป็นแปดหรือทวีคูณของแปด เพราะฉะนั้นคอมพิวเตอร์สามารถทำงานกับหนึ่งไบต์เป็นอย่างน้อยครั้งหนึ่ง

เนื่องจากการสื่อสารจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์อื่นๆหลายชนิดเป็นแบบอนุกรม หมายความว่าข้อมูลถูกส่งไปทีละหนึ่งบิต ตัวเชื่อมต่อการสื่อสารต้องสามารถนำไบต์ที่รับมาแบบขนานส่งออกไปทีละบิตได้

จากที่กล่าวมาแล้วว่าสายข้อมูลที่ทำการสื่อสารแบบอนุกรม มีเพียงสภาวะ MARK และ SPACE ซึ่งในกรณีของการเชื่อมต่อโดยตรงเท่ากับแรงดันไฟฟ้าลบหรือบวกตามลำดับ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกส่ง ต้องถูกแปลงให้เป็นลำดับของ MARK และ SPACE ก่อน สำหรับการส่งข้อมูล MARK แทนค่าหนึ่ง และ SPACE แทนค่าศูนย์

2.3.1.5 การสื่อสารแบบซิงโครนัส และ อะซิงโครนัส

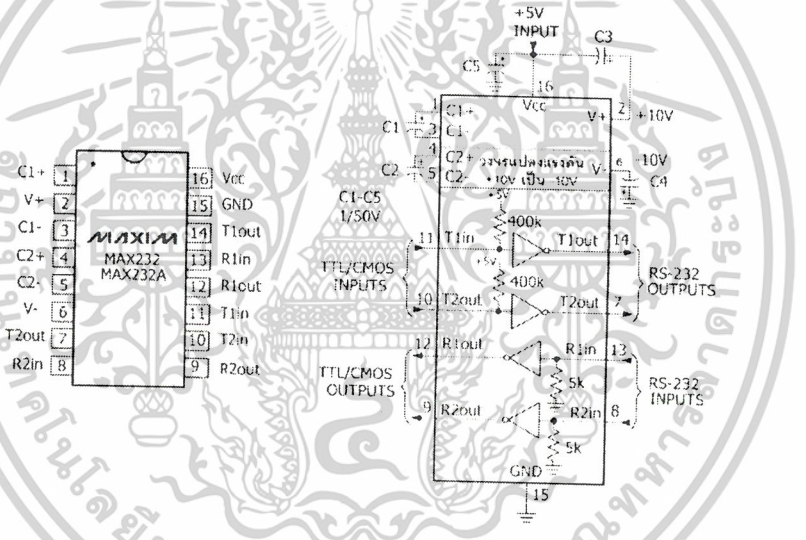
เมื่อข้อมูลถูกแปลงให้เป็นรูปแบบอนุกรมแล้ว มีวิธีในการส่งข้อมูลอยู่ 2 อย่าง คือ ซิงโครนัส (Synchronous) และ อะซิงโครนัส (Asynchronous)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อข้อมูลที่ถูกส่งมาจากการพิมพ์ที่แป้นพิมพ์ การส่งและรับจะเป็นแบบอะซิงโครนัส คือคนที่พิมพ์ไม่สามารถจะพิมพ์ได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเมื่อคอมพิวเตอร์รับตัวอักษรแต่ละตัวจะมีช่องว่างระหว่างตัวอักษรไม่สม่ำเสมอ ทำให้อุปกรณ์ฝ่ายรับไม่สามารถคาดเดาได้ว่า ตัวอักษรต่อไปจะมาถึงเมื่อใด จากการขาดความต่อเนื่อง จึงไม่จำเป็นต้องใส่บิตพิเศษก่อนหรือ หลังตัวอักษรแต่ละตัวเพื่อบ่งบอกจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด

2.3.2 การเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์

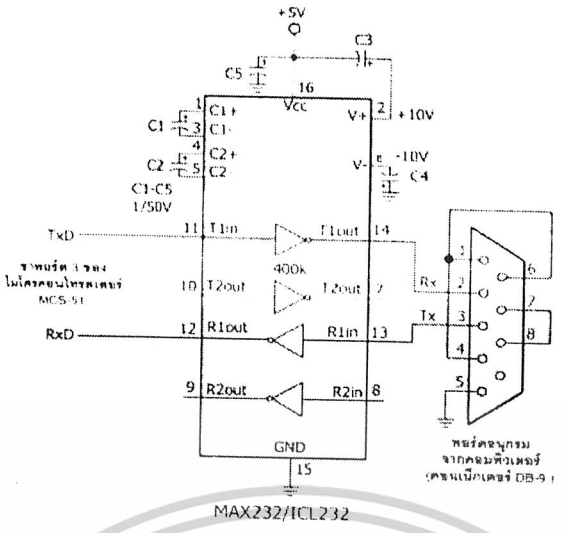
การใช้งานวงจรพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ทอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ 3 ถึง 12V ในขณะที่ระดับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อยู่ในระดับ ทีทีแอล ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีพิเศษได้แสดง ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น ในรูปที่ 2.13 แสดงการจัดขาของไอซี ICL232 ซึ่งใช้ในการแปลงสัญญาณ RS-232 ส่วนวงจรของการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.4 หม้อแปลงกระแส

หม้อแปลงกระแส (Current Transformer; CT) ไม่เหมือน หม้อแปลงไฟฟ้า (Power Transformer) ทั้งหมดแต่ใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกัน ลักษณะการใช้งานต่างกัน ในหม้อแปลงไฟฟ้า (Power Transformer) กระแสไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิจะมีความสัมพันธ์กับกระแสด้านทุติยภูมิ ซึ่งเป็น ไปตามโหลดแต่หม้อแปลงกระแสมีขดลวดปฐมภูมิต่ออนุกรม (Series) กับเส้นวงจรเพื่อวัดกระแสที่ไหลผ่าน หรือกล่าวได้ว่า กระแสในขดลวดปฐมภูมิจะไม่ขึ้นกับโหลดที่ต่ออยู่อาจแบ่งประเภทของ หม้อแปลงกระแสได้เป็นสองชนิดตามการใช้งาน

1. หม้อแปลงกระแสที่ใช้วัดกระแส โดยนำเครื่องมือวัดเช่น มิเตอร์วัดระบบ ต่างๆ คือมิเตอร์วัดพลังงาน (Energy meter) ,มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (Current indicating meter)มาต่อเข้าที่ด้านทุติภูมิเรียกว่า การวัดกระแสด้วยหม้อแปลงกระแส
2. หม้อแปลงกระแสที่ใช้กับระบบป้องกัน (Protective equipment) เช่น ทริพคอยล์ (trip coil),รีเรย์ (Relay) ซึ่งเรียกว่า หม้อแปลงกระแสระบบป้องกัน (protective current transformer)

2.4.1 หน้าที่ของหม้อแปลงกระแส

คือ แปลงกระแสสูงค่าหนึ่งเป็นกระแสอีกค่าหนึ่งที่ต่ำลง ตามมาตรฐานกำหนด อัตรากระแสของขดลวด ทุติยภูมิไว้ที่ 5 แอมป์ และ 1 แอมป์ เพื่อเป็นมาตรฐานในการผลิตอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่นำมาต่อเข้าที่ขั้วไฟฟ้าทุติยภูมิ (secondary terminal) กรณีใช้งานกับไฟแรงสูง จำเป็นต้องมีฉนวนที่สามารถทนต่อแรงดันใช้งานและแรงดันผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นในระบบ แต่หากไม่คำนึงถึงฉนวน (insulation) สิ่งสำคัญของหม้อแปลงกระแส ที่ต้องมี คือ

1. ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding)
2. แกนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic core)
3. ขดลวดทุติยภูมิ(Secondary winding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding)

เป็นขดลวดที่ต่ออนุกรม (series) กับเส้นวงจร (line) หรือวงจรทุติยภูมิ แบ่งเป็นชนิด มีรอบเดียว (single-turn primary winding) ได้แก่ แบบวงแหวน ใช้ ตัวนำแบบสาย หรือ บัสบาร์ (bus bar) คล้องหรือสวมให้ผ่านช่องของแกนเหล็ก ที่มีขดลวดทุติยภูมิพันอยู่จึงถือเป็นรอบเดียว และ ชนิดที่มีหลายรอบ (multi-turn primary winding) ขดลวดปฐมภูมิ มีหนึ่งรอบจะดีกว่าหลายรอบ กล่าวคือผลต่อแรงทางกลที่กระทำกับตัวนำไฟฟ้าของขดลวดปฐมภูมิในขณะมีกระแสลัดวงจรไหลผ่าน และความร้อน ที่เกิดขึ้นจากกระแสสูง (Dynamic and thermal stresses)

2.4.1.2 แกนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic core)

เป็นแกนเหล็กที่ให้เส้นแรงแม่เหล็กไหล คุณสมบัติของหม้อแปลงกระแส ที่สำคัญเป็นเรื่องความละเอียดถูกต้องแม่นยำ และ ความเที่ยงตรงของหม้อแปลงกระแส คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนและโครงสร้างของแกนจึงมักใช้โลหะผสมแม่เหล็ก

2.4.1.3 ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding)

เป็นขดลวดชุดที่สองที่พันบนแกนเพื่อลดกระแสให้ต่ำลง สามารถนำอุปกรณ์ต่างๆ มาต่อเพื่อวัดค่าได้ คุณสมบัติของหม้อแปลงกระแส ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นฟลักซ์ในแกนเป็นสำคัญฟลักซ์ ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานไฟฟ้าทั้งหมดในวงจรทุติยภูมิ ส่วนหนึ่งคือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดทุติยภูมิ บางกรณีจะมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์หรือภาระที่ต่อเข้า

2.4.2 หลักการทำงานของหม้อแปลงกระแส

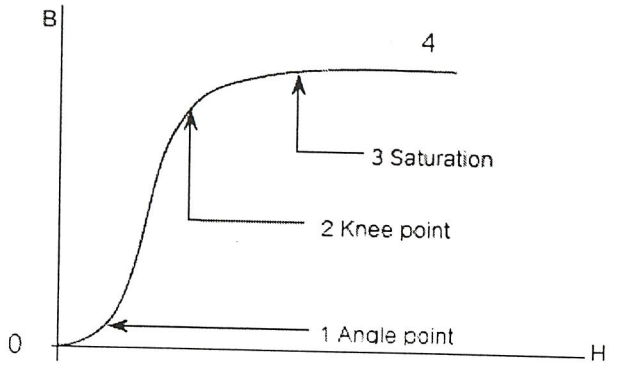
ถ้ากระแส I_s ไหลผ่านทาง ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) จะเกิด

1. induced flux : φ ในแกนเหล็ก
2. flux ในแกนเหล็กจะเหนียวนำให้เกิดแรงดันที่ secondary winding : E_s
3. E_s เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแส I_s ไหลในวงจรทุติยภูมิกระแสที่ไหลเป็นไปตามการสมดุลกระแส $N_P I_P = N_S I_S$ (เป็นหม้อแปลงในอุดมคติ) และ ส่วนของ primary transferring ampere-turn : $N_p I_p$ เมื่อกระแสที่แปลงไปที่ด้านทุติยภูมิไม่ใช่กระแส ทั้งหมด จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของกระแสขึ้น

2.4.3 โลหะที่ใช้ทำแกนเหล็ก

โลหะที่ใช้ทำแกนเหล็กต้องเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากกระแสแม่เหล็กที่ใช้ในการสร้างฟลักซ์จำเป็นต้องศึกษาเรื่องกระแสแม่เหล็กที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ฟลักซ์ และ magnetizing ampere-turn หรือ B-H curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นฟลักซ์ และ
แมคเน็ดไทซิง แอมแปร์ เทิร์น (magnetizing ampereturn)

จะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาแน่นฟลักซ์สูงขึ้น จะต้องใช้กระแสมากขึ้นในการสร้างฟลักซ์และเมื่อเลย จากจุดเปลี่ยนโค้ง กระแสจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่ฟลักซ์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือเรียกว่า โลหะมีสภาพอิ่มตัว (saturation) ซึ่งทำให้มีความคลาดเคลื่อนมากในการถ่ายโอน จากเส้นกราฟ แสดงถึง ออเรนท์อิเลคตริคัลสตีล (oriented electrical steel) ซึ่งความสัมพันธ์แบ่งได้เป็น 4 ช่วง

1. ช่วง 0-1 เป็นช่วงแรก ตอนเริ่มต้น ของเส้นกราฟ จนถึงจุดที่ 1 ที่เรียกว่า แองเจิลพอยท์ (angle point) ความสัมพันธ์ระหว่าง B-H ไม่เป็นเส้นตรงช่วงนี้ฟลักซ์และกระแสกระตุ้นยังต่ำมาก
2. ช่วง 1-2 หลังจากจุดที่ 1 จนถึงจุดที่ 2 ที่เรียกว่า จุดเปลี่ยนโค้งช่วงนี้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง เรียกว่าช่วงลิเนียร์ จุด เปลี่ยนโค้ง คือจุดที่ความหนาแน่นฟลักซ์เพิ่มขึ้น 10% ขณะที่กระแสเพิ่มขึ้น 50 %
3. ช่วง 2-3 หลังจากจุดที่ 2 จนถึง จุดที่ 3 เรียกจุดนี้ว่าจุดอิ่มตัว (saturation point) ช่วงนี้ความหนาแน่นฟลักซ์เปลี่ยนเพิ่มขึ้นน้อยมาก แต่ต้องการกระแสมาก
4. ช่วงหลังจากช่วงอิ่มตัว (Saturation Point) ไปแล้ว ช่วงนี้ความหนาแน่นฟลักซ์แทบไม่เปลี่ยนแปลง แต่ต้องการกระแสมาก เรียกช่วง หม้อแปลงกระแสป้องกันอิ่มตัวสามารถใช้ช่วง 0-3 ในขณะที่มีกระแสปกติ แต่ขณะมี กระแสลัดวงจร ไหลผ่านอาจอยู่ช่วงต้นๆ ของ 4 แต่หม้อแปลงกระแสมิเตอร์ จะใช้ช่วง 0-1 เท่านั้น ในทางปฏิบัติอาจใช้ถึงช่วงก่อน จุดเปลี่ยนโค้ง ขณะที่มี กระแสเต็มกำลังไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิเพราะจะใช้วัสดุที่ใช้ทำแกนเหล็กน้อยลงวัสดุ ส่วนใหญ่ที่ใช้ คือ
    - โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึนรูปร้อน (Hot Rolled Silicon-iron Alloy)
    - โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึ้นรูปเย็น (Cold Rolled Oriented Silicon-iron Alloy (Electrical Steel))
    - โลหะผสมนิกเกิล-เหล็ก (Nickel-iron Alloy)
    - วัสดุประกอบ (Composite Material)

2.4.3.1 <u>โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึนรูปร้อน (Hot Rolled Silicon-iron Alloy)</u>

ในยุคแรกๆวัสดุ ที่ใช้ทำแกนเหล็กมีส่วนผสมของโลหะเบา (mild steel) กับคาร์บอนปริมาณเล็กน้อย มีข้อเสีย คือ เอจจิง (Ageing) เร็วหรือมีอายุการใช้งานสั้น ต่อมามีการพัฒนาใช้ซิลิกอนผสมแทนคาร์บอนทำให้ปัญหาเรื่องเอจจิง (Ageing) หมดไปแต่ถ้าใสซิลิกอนมากจะเปราะและหักง่ายไม่สะดวกเวลาตัด และ เจาะรูปัจจุบันมี โลหะผสมซิลิกอน-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กขึ้นรูปร้อน ที่มีซิลิกอน ผสมน้อยลงมีคุณสมบัติของการซึมซับ (Permeability) ดีขึ้น จึงนิยมใช้ทำหม้อแปลง ทำให้มีชื่อ เรียกว่า ระดับคุณภาพของหม้อแปลง

2.4.3.2 โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึ้นรูปเย็น (Cold Rolled Oriented Slicon-iron Alloy (Electrical Steel))

ต่อมา มีการพัฒนาการผลิตเหล็กมากขึ้น สามารถใช้วิธีขึนรูปเย็นทำให้สามารถปรับปรุงคุณสมบัแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ดีขึ้นทำให้เกิดการเรียงตัวกันของโครงสร้างผลึกดีขึ้นในทิศทางที่รีด ทำให้ฟลักซ์ที่ไหลในแนวขนานกับผิวของแผ่นเหล็ก (Laminated Sheet) ได้ค่าการซึมซับ (Permeability) ดีขึ้นมากลดความสูญเสีย ทำให้หม้อแปลงกระแส มีขนาดลดลง แต่ฟลักซ์ที่ไหลในทิศทางที่หักโค้งจะด้อยกว่าแนวขนาน ฉะนั้นการทำแกนเหล็กแบบแผ่นเป็นรูปตัวที (T) หรือตัวยู (U) จะ ด้อยกว่าการทำเป็นรูปวงแหวน

2.4.3.3 โลหะผสมนิกเกิล-เหล็ก (Nickel-iron Alloy)

เป็นโลหะที่มีความสูญเสียต่ำแต่มีการซึมซับ (Permeability) สูง มีข้อเสียคือ คุณสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Performance) จะเปลี่ยนแปลงถ้าได้รับความเค้น ส่วนใหญ่ เป็นแกนเหล็กรูปตัวซี (C-core) จะ ประกอบและบาวด์ ก่อนแล้วจึงตัดเป็นแบ่งเป็นรูปซี ฉะนั้นจำเป็นต้องป้องกันเวลาขนย้าย และประกอบอย่างดี การผลิตอัลลอยด์ชนิดนี้มีราคาแพง จึงใช้เฉพาะ หม้อแปลงกระแส ที่ต้องการความแม่นยำสูงเท่านั้น

2.4.3.4 โลหะผสมระหว่างโลหะผสมนิกเกิล-เหล็ก กับ โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึ้นรูปเย็น (Composite Material)

ใช้ผสมกันระหว่าง โลหะผสมนิกเกิล-เหล็ก (Nickel-iron Alloy) กับ โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึ้นรูปเย็น ข้อดีคือ สามารถใส่ โลหะผสมนิกเกิล-เหล็ก ไว้ตรงกลางระหว่าง โลหะผสมซิลิกอน-เหล็กขึ้นรูปเย็น ทำให้มี การเสริมแรงทางกล

2.4.3.5 การบอกลักษณะของหม้อแปลงกระแส

1. Ratio คืออัตราส่วนของการแปลงกระแส จากกระแสด้านปฐมภูมิ เป็นกระแสด้านทุติยภูมิ เช่น ratio ของ Current Transformer 300 : 5 มีความหมายว่า หม้อแปลงกระแสมี Rated Primary Current เท่ากับ 300 A และ Rated Secondary Current มีค่า 5 A หรือ หม้อแปลงกระแส ที่เป็น Multi-ratio : 100-1200 แอมป์ สามารถเลือกกระแสใช้ได้ 10 ratio ตั้งแต่ 100 แอมป์ ถึง1200 แอมป์โดยที่กระแสด้านทุติภูมิมีค่าคงที่เท่ากับ 5 แอมแปร์ และ กรณีที่มีทุติยภูมิ หลายชุดพันบนแต่ละแกนเหล็กให้เลือกใช้งาน เรียกว่า Multi-core เช่น 100-1200//5
2. Current Rating Factor : RF คือ ค่าจำนวนเท่าของกระแสด้านปฐมภูมิ ที่ หม้อแปลงกระแสสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเช่น 1 , 1.3 , 2 เป็นต้น
3. ความแม่นยำ (Accuracy) คือความถูกต้องแม่นยำของการแปลงกระแส ซึ่งมีลักษณะต่างกันระหว่าง ชนิด Protection และ Metering
4. Polarity ใช้ในกรณีที่นำทุติยภูมิของ หม้อแปลงกระแสสองชุด หรือมากว่าสองชุดมาต่อกัน และทิศทางการไหลของกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ข้อกำหนดของความแม่นยำของหม้อแปลงกระแส (Accuracy Class)

2.4.4.1 IEEE/ANSI Standard

1. หม้อแปลงกระแสมีที่ใช้วัดข้อมูลกำกับที่กำหนดไว้ดังนี้
   - มี ระดับความเที่ยงตรง ที่ระบุคือ 0.3 , 0.5 , 0.6 , 1.2
   - มีอัตราเบอร์เดน อยู่ 5 แบบ คือ B – 0.1 , B – 0.2 , B – 0.5, B – 0.9 และ B – 1.8 เช่น 0.3 B – 0.1 คือ หม้อแปลงกระแส ตัวนี้ระดับความเที่ยงตรง ± 0.3 % และ มี อัตราเบอร์เดน เท่ากับ 0.1 โอมห์
2. หม้อแปลงกระแสมีที่ใช้หน่วงมีข้อมูลกำกับที่กำหนดไว้ดังนี้
   - ระดับ ซี (C Classification) เป็นการบอกว่าความเที่ยงตรง ที่ระบุได้จากการคำนวณ
   - ระดับ ซี (T Classification) เป็นการบอกว่าความเที่ยงตรง ที่ระบุได้จากการทดสอบ
   - อัตราความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ เช่น กรณีพิกัดด้าน ทุติยภูมิของ หม้อแปลงกระแส = 5 A

ตารางที่ 2.14 แสดงมาตรฐานอัตราความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ และ อัตราเบอร์เดน

มาตรฐานอัตราความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ	โอมห์
10	B – 0.1
20	B – 0.2
50	B – 0.5
100	B - 1
200	B - 2
400	B - 4
800	B – 8

ตารางที่ 2.15 แสดงมาตรฐานเบอร์เดน สำหรับหม้อแปลงกระแสที่กำหนดเป็นมาตรฐาน

เบอร์เดน (Burden)	ความต้านทาน (โอมห์)	สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (มิลลิเฮิร์ต)	ความต้านทาน (โอมห์)	โวลล์-แอมแปร์ (ที่ 5 แอมป์)	ปัจจัยกำลัง
		เบอร์เดนที่ใช้วัด			
B – 0.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9
B – 0.2	0.18	0.232	0.2	5.0	0.9
B – 0.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9
B – 0.9	0.81	1.04	0.9	22.5	0.9
B – 1.8	0.62	2.08	1.8	45.0	0.9
		เบอร์เดนที่ใช้หน่วง			
B – 0.1	0.5	2.3	1.0	25	0.5
B – 0.1	1.0	4.6	2.0	50	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.16 แสดงมาตรฐานเบอร์เดน สำหรับ หม้อแปลงกระแส ที่กำหนดเป็นมาตรฐาน

เบอร์เดน (Burden)	ความต้านทาน (โอมห์)	สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (มิลลิเฮิร์ต)	ความต้านทาน (โอมห์)	โวลต์-แอมแปร์ (ที่ 5 แอมป์)	ปัจจัยกำลัง
		Relaying burdens			
B - 4	2.0	9.2	4.0	100	0.5
B – 8	4.0	18.4	8.0	200	0.5

ตารางที่ 2.17 แสดงมตรฐานระดับความเที่ยงตรง และขอบเขตของปัจจัยหม้อแปลง TCF (Transformer Correction Factor) สำหรับหม้อแปลงกระแส

ระดับความเที่ยงตรง	ขอบเขตของปัจจัยหม้อแปลง				ขอบเขตของ พี เอฟ (lagging of metered power load)
	100 % อัตรากระแส		10 % อัตรากระแส		
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	น้อยที่สุด	มากที่สุด	
1.2	0.988	1.012	0.976	1.024	0.6-1.0
0.6	0.994	1.006	0.988	1.012	0.6-1.0
0.5	0.995	1.005	0.995	1.005	0.6-1.0
0.3	0.997	1.003	0.994	0.006	0.6-1.0

เช่น C 100 ความหมายคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านด้านปฐมภูมิเท่ากับ 20 เท่าของอัตรากระแส ในขณะที่มี อัตราเบอร์เดน 1 โอมห์ ต่ออยู่ด้านทุติยภูมิ จะเกิดแรงดันที่ ปลายทุติยภูมิ เท่ากับ 100 โวลต์

2.4.4.2 มาตรฐาน ไอ อี ซี IEC Standard (International Electrotechnical Commission)

1. Metering (Metering Core)
   - F_S (Instrument Security Factor) คือ จำนวนเท่าของ Rated Current ที่ทำให้แกนเหล็กเกิดอิ่มตัว
   - ความแม่นยำกำหนดค่าเท่ากับ 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 และ 3.0
2. Relaying (Protective Core)
   - ALF :Accuracy Limit Factor คือค่าจำนวนเท่าของกระแสที่ Ratio error ไม่เกิน มาตรฐาน
   - class มี 5P, 10P เช่น ALF = 20, In = 5 A. class 5P ความหมายคือ ที่ 20 x 5 = 100 A, % ratio error ไม่เกิน 5.0%
   - Continuous–Thermal–Current Rating Factor ที่ Ambient Temperature เท่ากับ 30oC ค่า Rating Factor นี้กำหนดไว้ 6 ค่า คือ 1.0 1.33 , 1.5 , 2.0 , 3.0 และ 4.0
   - Short–time Current Rating คือค่ากระแสสูงสุดที่มีผลด้านแรงทางกล และความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลำดับกระแสทางตรง (Mechanical current rating ,I dyn) คือ ค่ากระแสสั้นๆสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดโดยขดลวดสามารถทนแรงกลที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งกำหนดเป็นค่า อาร์ เอ็ม เอส (RMS) ของ ส่วนประกอบกระแสตรง ของรูปคลื่นกระแสปฐมภูมิที่ไม่สมมาตรกัน เมื่อเกิดลัดวงจรทางด้าน กระแสปฐมภูมิ
- ลำดับกระแสความร้อนระยะสั้น (short–time thermal current rating ,I th) คือ ค่ากระแสสั้นๆ สูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดด้านปฐมภูมิ โดยที่ขดลวดสามารถทนความร้อนที่เกิดขึ้น โดยมีอุณหภูมิไม่เกินจากค่ากำหนด ซึ่งกำหนดค่าเป็น อาร์ เอ็ม เอส (RMS) ของ กระแสปฐมภูมิที่ไม่สมมาตรกัน อุณหภูมิที่หม้อแปลง สามารถทนได้ตามชนิดของฉนวนคือ กรณีฉนวนชนิด เทมเพอร์ราเทอเรอไรซ์ (Temperaturerise) 55 $^{\circ}$C มีอุณหภูมิไม่เกิน 250 $^{\circ}$C และ กรณีชนิด 80 $^{\circ}$C มีอุณหภูมิไม่เกิน 350 $^{\circ}$C ใช้เวลาทดสอบนาน 1 วินาที

2.4.5 การเลือกกระแสอันดับปฐมภูมิ (Primary rated current)

ต้องคำนึงถึงขณะที่กระแสมีปริมาณต่ำๆกระแสต่ำสุด ที่ไหลผ่านขณะใช้งานด้วย เพราะ ไพเมรี แอมแปร์เทิอนร์ (Primary ampere-turn) จะมีผลต่อคุณสมบัติเรื่องอัตราความคลาดเคลื่อน อีกประการหนึ่งเรื่องของ พละกำลังไม่คงที่ (Dynamic force) และ อุณหภูมิความเค้น (Thermal stress) ที่เกิดขึ้นในขณะที่มีกระแส ลัดวงจรที่เกิดขึ้นไหลผ่านด้านขดลวดปฐมภูมิ ถ้ามีขดลวดปฐมภูมิหนึ่งรอบ หรือเป็น บาร์ไทป์ (Bar-type) จะมีราคาถูกกว่าชนิดหลายรอบ (Wound-type primary winding) บางกรณีอาจมีความจำเป็นต้องใช้ชนิดหลายอัรา (Multi-ratio) ซึ่งทำได้โดย

1. ให้รอบด้านทุติยภูมิ คงที่ไว้และต่อรอบด้านปฐมภูมิให้ขนาน หรืออนุกรมกัน
2. ให้รอบปฐมภูมิคงที่ไว้แล้วใช้วิธีต่อจุดรอบ ออกมาตามต้องการ หรือต่อขนาน หรือ อนุกรม ด้านทุติย-ภูมิ
3. ออกแบบโดยใช้สองวิธีรวมกัน

2.4.6 การเลือกกระแสอันดับทุติยภูมิ (Secondary rated current)

ในปัจุบัน secondary current rating มีอยู่ 2 ชนิด คือ 1 A. และ 5 A. อาจมีข้อคำถามว่าจะเลือกชนิดไหนมาใช้งานดี ลองพิจารณา CT สองตัวที่มี กระแส 5 แอมป์ และ 1 แอมป์ ถ้ามีความหนาแน่นฟลักซ์ เท่ากัน มีค่า อันดับกระแสปฐมภูมิเท่ากัน มีขนาดแกนเหล็กที่กำหนดเท่ากัน และ แซคคอลดารี แอมแปร์ เทิอนร์ (Secondary ampere-turn) มีความยาวเฉลี่ยเท่ากัน ขณะที่ทดสอบกับ เรตเบอร์เดน (Rated burden) ที่ กระแสอันดับปฐมภูมิ (Primary rated current) จะมีค่าคลาดเคลื่อน เท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติ สายที่ใช้ต่อระหว่าง ช่องต่อ กับเบอร์เดน (Burden) หรือรีเลย์มีความยาวมาก ทำให้มี ความต้านทานการนำ ไม่เท่ากัน จึงเป็นตัวแปลที่สำคัญ ถ้ากระแสนำที่ใช้ต่อมีขนาดเดียวกันจะพบว่าชนิด 1 แอมป์ มี เบอร์เดน (Burden ,VA) น้อยกว่า 5 แอมป์ถึง 1/25 อีกประการหนึ่งชนิด 1 แอมป์สามารถปรับค่าคลาดเคลื่อนได้ง่ายกว่า โดยปรับรอบด้านทุติยภูมิ เพื่อชดเชยกับ ไพเมรี แอมแปร์ เทิอนร์ (Primary ampere-turn): $N_pI_p = N_sI_s$ เช่นปรับรอบ 1 รอบของ CT 100 : 5 จะส่งผลถึง 5% แต่มีผลกับหม้อแปลง 100/1 เพียง 1%ชนิด 1 A มีข้อด้อยเรื่องราคาคือ ราคาจะแพงกว่าชนิด 5 แอมป์ แต่ผู้ผลิตอาจจะปรับขนาดของแกนเหล็ก ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อลดค่าวัสดุ เนื่องจาก เบอร์เดน (Burden) น้อยกว่า 5 แอมป์ข้อด้อยอีกอย่างหนึ่งของชนิด 1แอมป์ คือ จะเกิดแรงดันสูงกว่า 5 แอมป์ขณะเกิดเปิดวงจร ที่ทุติยภูมิเนื่องจากมีจำนวนรอบของขดทุติภูมิ มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าชนิดไหนดีกว่า แต่สามารถกล่าวได้ว่า ควรเลือกขนาด 5 แอมป์ ก่อนยกเว้นว่าจะมีความจำเป็นบางประการ เช่นระบบทั้งหมดถูกออกแบบไว้เป็นชนิด 1 แอมป์ มีปัญหาเรื่อง สแปร์ยูนิต (Spare unit) หรือ ระยะทางระหว่าง หม้อแปลง กับ อุปกรณ์ป้องกันอยู่ห่างกันมาก เป็นต้น

2.4.7 การเลือกแซคคอนดารี เรต เบอร์เดน (Secondary rated burden)

การพิจารณาหาเรตเบอร์เดน (Rated burden) ต้องคำนึงถึงสายนำ ที่ใช้ต่อระหว่าง หม้อแปลง กับอุปกรณ์ต่างๆ ภาระมาตราฐาน มีค่าตามมาตรฐานกำหนดไว้ดังกล่าวมาแล้ว เวลาใช้งานเบอร์เดน (Burden) อาจมีตัวแปรกำลัง ไม่เหมือนกับมาตรฐานกำหนดไว้ทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นไม่เหมือนกับตอนที่ทดสอบ อีกประการหนึ่งปกติค่าความคลาดเคลื่อนที่เบอร์เดน (Burden) ต่ำๆ มักจะเป็นด้านบวก (positive) มากกว่า เมื่อเพิ่ม เบอร์เดน (Burden) มากขึ้นจนถึง เรตเบอร์เดน (Rated burden) ค่าความผิดพลาด จะลดลงและไปอยู่ด้านลบ (negative) ถ้าเลือกใช้หม้อแปลง ที่มี เรตเบอร์เดน (Rated burden) สูงเกินไปมาใช้งานเวลาที่นำเบอร์เดน (Burden) ที่ต่ำกว่ามาต่ออาจทำให้ความคลาดเคลื่อนอยู่ด้านเป็นบวก ซึ่งอาจมีค่าสูงกว่าด้านลบ และจะมีผลมากถ้าการออกแบบใช้เทิร์นคอร์เรคชั่น (Turn correction) ปรับคลาดเคลื่อนเพื่อให้ขณะที่มี เรตเบอร์เดน (Rated burden) มีคลาดเคลื่อนไม่ให้เกินค่ากำหนด การเพิ่มเทิร์น (Turn) ทำให้คลาดเคลื่อนเป็นบวกมากขึ้น

2.4.8 การใช้งานเกินกำลัง (Overload)

ปกติหม้อแปลง จะสามารถใช้งานในสภาพเกินกำลัง 120% ได้นานระยะเวลาหนึ่ง โดยมีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของขดลวดและน้ำมัน นอกจากหม้อแปลง จะกำหนด ตัวแปรกระแสไว้เพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่องโดยการออกแบบความหนาแน่นกระแส และ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไว้ให้เหมาะสม อย่างไรก็ตามความแม่นยำที่ออกแบบไว้อาจจะดีที่สุดที่ ตัวแปรกระแสสูงสุดแต่นำไปใช้งานที่ 100% อาจจะมีความแม่นยำ ด้อยลง และที่กระแสต่ำอาจไม่เหมาะสม ฉะนั้นควรเลือก กระแสอันดับปฐมภูมิ เท่ากับกระแสที่ไหลผ่านจริง หรือเลือกจากค่ามาตรฐานที่สูงกว่าแต่ให้อยู่ใกล้กับคาใช้งานจริงมากที่สุด เช่น ถ้าใช้กับกระแสนำเท่ากับ 500 แอมป์ให้เลือก กระแสอันดับปฐมภูมิเท่ากับ 500 แอมป์หรือ 600 แอมป์ตามมาตรฐาน ซึ่งจะดีกว่าเลือกขนาด 400 แอมป์และกำหนด ตัวแปรกระแส 1.25 เท่า การทดสอบหม้อแปลง ที่มีสภาพเกินกำลัง เช่น 120% จะมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบ ความคลาดเคลื่อนของความแม่นยำ แต่ไม่มีวัตถุประสงค์เรื่องการพิจารณาความสามารถใช้ คอนทินิวอัสโหลดดิ่ง(Continuous loading) ที่ 120 %

2.4.9 สิ่งแตกต่างระหว่างหม้อแปลงกระแสระบบป้องกัน และ การวัดกระแสด้วยหม้อแปลงกระแส

มีลักษณะบางประการที่แตกต่างกัน

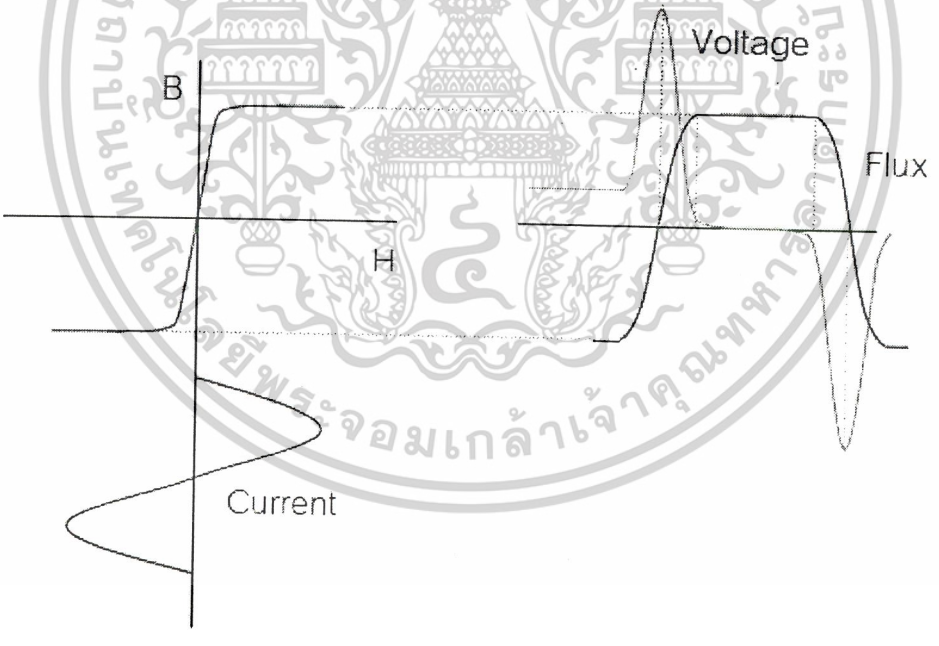
1. หม้อแปลงกระแสระบบป้องกัน จะคำนึงถึงเฉพาะ อัตราความผิดพลาด ส่วน ช่วงความผิดพลาด ไม่ค่อยสำคัญ เหมือน การวัดกระแสด้วยหม้อแปลงกระแสยกเว้นกรณีที่มีการนำไปเปรียบเทียบช่วงกันระหว่างหม้อแปลงสองตัว
2. จะพิจารณาค่าความผิดพลาด ของ การวัดกระแสด้วยหม้อแปลงกระแสเฉพาะในขณะที่ กระแสปฐมภูมิมีปริมาณ 5-120 % ของ กระแสอันดับ แต่ หม้อแปลงกระแสระบบป้องกันต้องคำนึงถึงกระแสที่ระดับหลายเท่าของ กระแสอันดับ ที่เกิดขึ้นขณะวงจรด้านวงจรปฐมภูมิเกิดลัดวงจร การใช้ หม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสระบบป้องกัน กับ การส่งกระแสไฟฟ้าที่แสดงถึงความแตกต่าง จำเป็นต้องคำนึงถึง กระตุ้นกราฟ ของ หม้อแปลง ทั้งสองตัว หรือ มากกว่าสองตัวที่นำมา กัน หากมีความแตกต่างกันมาก จะทำให้ การตั้งค่าต่ำสุด(minimum setting) หรือการตั้งค่าความผิดพลาด (mismatch setting) (ที่คำนึงถึง tap changer compensation) ไม่เพียงพอ กรณี บัสดิเฟอร์เรนต์ดีเรย์ (Bus differential relay) มีคุณลักษณะเป็น ตัวต้านทานสูง ค่าแรงดันที่เกิดจากกระแสที่ผิดพลาด คูณ กับ การส่งถ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีความฟืดของขดลวดต่อกระแสสลับ ต้องน้อยกว่า ค่าความต่างศักยไฟฟ้าที่ตั้งค่าไว้ ของ การส่งถ่าย

2.4.10 แรงดันไฟฟ้ากระแสวงจรเปิดในหม้อแปลง (Open circuit voltage) ใน หม้อแปลงกระแส

ในขณะที่มี เบอร์เดน (Burden) ต่ออยู่ที่ วงจรทุติยภูมิ ของหม้อแปลง จะมีแรงดันคร่อม เบอร์เดน (Burden) เพียงเล็กน้อยเป็นระดับ โวลต์ แต่เมื่อ วงจรทุติยภูมิเกิดเปิด หรือ กรณีที่ปลดสายต่อของ เบอร์เดน (Burden) ออกขณะกำลังใช้งาน เมื่อมีกระแสไหลทางปฐมภูมิ จะทำให้เกิดไฟแรงสูงที่มีรูปร่างเป็นจังหวะที่มีจุดหักเหสูงอาจเป็นระดับกิโลโวลต์ ที่ หม้อแปลงขดลวดทุติยภูมิ ที่มี อันดับกระแสทุติยภูมิ 5 แอมป์ มี เบอร์เดน (Burden) ขนาด 15 โวลต์ แอมแปร์ ต่ออยู่ ขณะที่กระแสไหล ทาง ปฐมภูมิ เป็น กระแสอันดับ จะมีแรงดันที่ ขั้วทุติยภูมิ ประมาณ 3 โวลต์ แต่ถ้าวงจรทุติยภูมิ เกิดเปิด จะเกิดแรงดันที่มีจุดหักเห สูงเป็นระดับ กิโลโวลต์ เพราะ ไพเมรี แอมแปร์ เทิอนร์ (Primary ampere-turn) ทั้งหมดจะเป็น เอกไซต์ แอมแปร์ เทิอนร์ (Exciting ampere-turn) ไม่มี แอมแปร์ เทิอนร์ (Ampere-turn) ในส่วนของ การส่งต่อ จึงทำให้ แกน เกิด อิ่มน้ำอย่างมาก



รูปที่ 2.15 แสดงรูปร่างของฟลักซ์ที่มี flat-topped shape

แรงดันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ อัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จึงทำให้ขณะที่ฟลักซ์เปลี่ยนแปลงเป็น รูปแฟลชโดยเร็วก็จะเกิด เป็นแรงดันสูงเฉพาะตรงนั้น (peaky) แรงดันสูงนี้อาจทำให้ฉนวนด้าน ทุติยภูมิ เสียหาย (breakdown) และอาจเกิดความร้อนสูง จากการสูญเสียของกระแสไฟฟ้าวนไหล (Eddy current losses) ได้ด้วย ในทาง

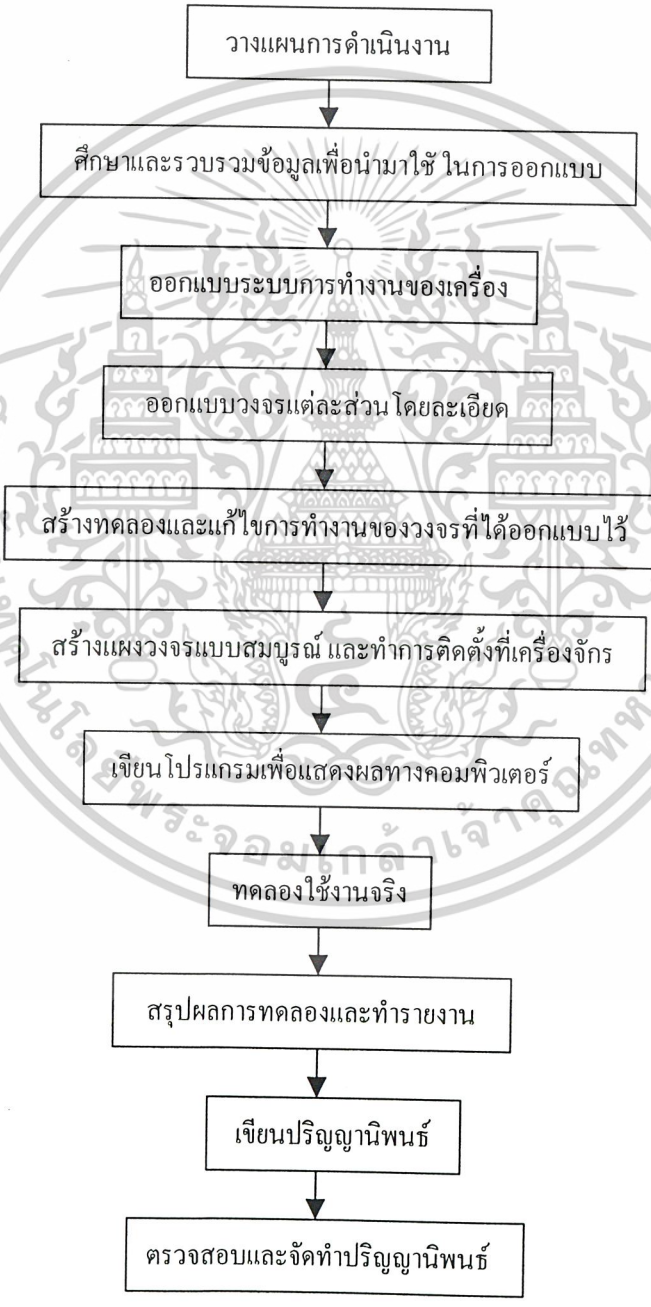
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติจึงต้องออกแบบให้มีฉนวนที่ทนแรงดันที่เกิดขึ้นนี้ตลอดเวลาถึงแม้ว่า รูทีนเทสต์ (Routine test) จะกำหนดให้ทดสอบเพียง 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

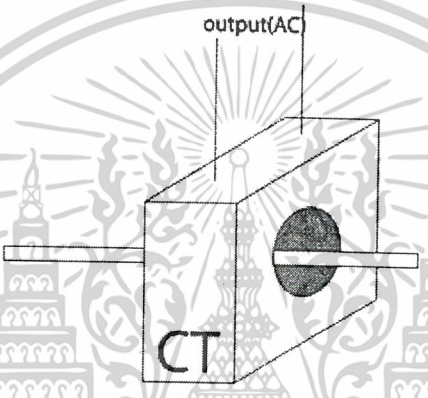
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบส่วนประกอบ

ได้ทำการออกแบบชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยมีลักษณะเป็นกล่องควบคุม (Control Box) ซึ่งภายในชุดควบคุมมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

3.2.1 หม้อแปลงกระแส

หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนหม้อแปลง คือ สามารถตรวจวัดอัตราการใช้กระแสไฟฟ้ากระแสสลับได้ ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ทั้งหมด 3 ตัว ในเป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องจักร 3 เครื่อง และจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปเข้าอุปกรณ์แปลงสัญญาณจาก สัญญาณกระแสสลับให้เป็นสัญญาณกระแสตรง

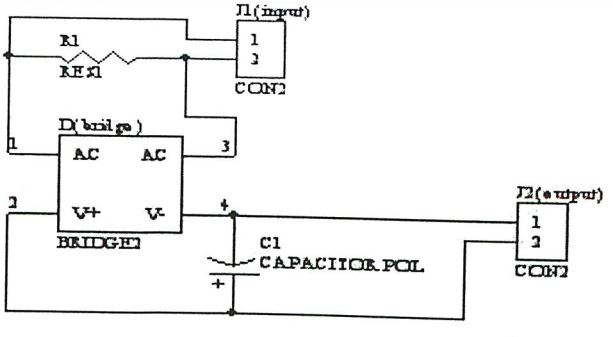


รูปที่ 3.2 แสดงการใช้งาน หม้อแปลงกระแส (Current Transformer)

3.2.2 วงจรแปลงสัญญาณจากสัญญาณกระแสสลับ เป็นสัญญาณกระแสตรง

มีการทำงานโดยอาศัยอุปกรณ์หลัก 3 ตัวคือ

1. ตัวต้านทานทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากกระแสไฟฟ้าให้เป็นแรงดันไฟฟ้า
2. บริดจ์ไดโอดทำหน้าที่ลูกคลื่นจากกระแสสลับซึ่งเป็นลักษณะสัญญาณที่มีทั้ง บวก และ ลบ ให้เป็นสัญญาณลูกคลื่นในช่วง ศูนย์ ถึง บวก
3. ตัวเก็บประจุทำหน้าที่ปรับเรียบคลื่นสัญญาณ

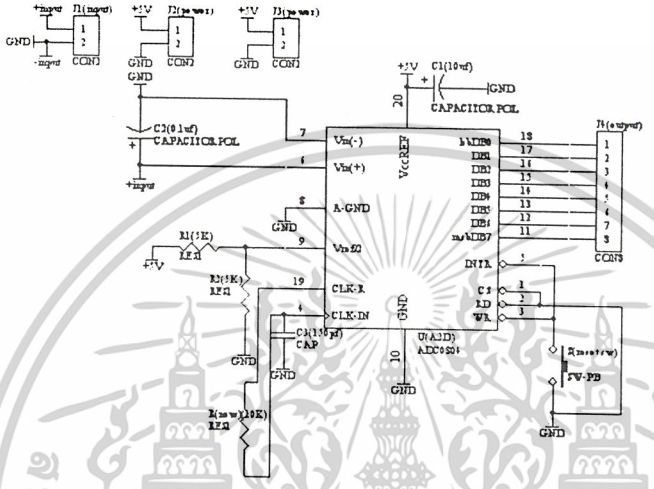


รูปที่ 3.3 วงจร แปลงสัญญาณกระแสสลับให้เป็นสัญญาณกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A2D)

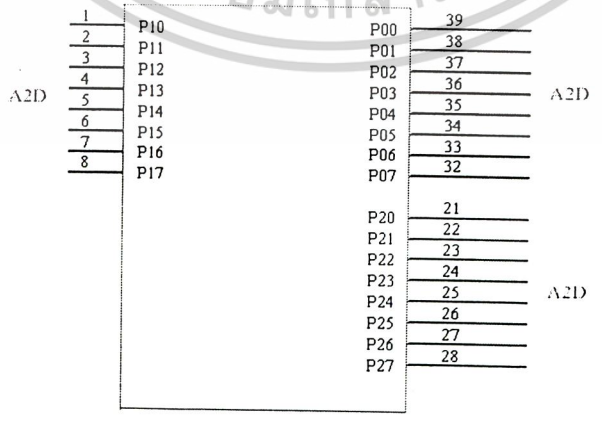
เพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกที่รับเข้ามาจากวงจงแปลงสัญญาณจากสัญญาณกระแสสับเป็นสัญญาณกระแสตรง ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วจึงส่งค่าข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลให้ MCS 89C51 โดยเลือกชิป ADC 0804 เป็นตัวแปลงแล้วนำมาแปลงจากสัญญาณที่มีลักษณะต่อเนื่องตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลต์ ให้เป็นตัวเลข ตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดย เริ่มตั้งแต่ 0 แอมป์ มีค่า เอาพุทออกเป็นฐานสอง 00 00 00 00 (10_{10}) และสิ้นสุดที่ 5 แอมป์ มีค่าเอาพุทออกเป็นฐานสอง 11 11 11 11 (255_{10}) มีค่าความละเอียดตรวจจับที่ 19.53 มิลลิแอมป์ ต่อการเพิ่ม เอาพุทหนึ่งค่า



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อสัญญาณเข้า และสัญญาณออกของวงจร Analog to Digital

3.2.4 วงจรคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เลือกใช้คอนโทรเลอร์ MCS-89C51 เป็นตัวรับข้อมูลจาก วงจร analog to digital โดยคอนโทรลเลอร์หนึ่งตัวรับได้ ทั้งหมดสามวงจร หรือ สามพอร์ต คือ พอร์ต 0 ,พอร์ต 1 ,พอร์ต 3 โดยที่รับข้อมูลได้พอร์ตละ 8 บิต หรือ 0 ถึง 255 ในระบบเลขฐานสอง ซึ่งตรงกับค่าที่ส่งออกมาจาก วงจร Analog to Digital

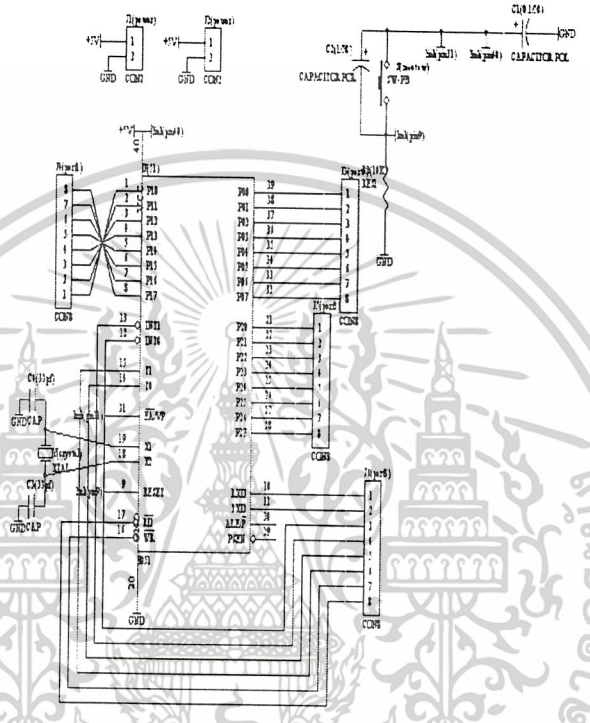


รูปที่ 3.5 แสดงการต่อรับข้อมูลจากวงจร Analog to Digital เข้าสู่พอร์ตต่างๆของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 วงจรคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เลือกใช้คอนโทรลเลอร์ MCS89C51 ซึ่งมีขารับส่งข้อมูลในรูปแบบสัญญาณอนุกรม คือ ขา 10 (RxD) ที่ใช้รับข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่คอนโทรลเลอร์ และขาที่ 11 (TxD) ที่ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอนโทรลเลอร์ไปเข้าสู่วงจร SN75176 เพื่อแปลงมาตรฐานการส่งข้อมูลจาก TTL ซึ่งสามารถส่งได้เพียงไม่กี่เมตรเป็น RS 485 ซึ่งสามารถส่งได้ไกลถึงหนึ่งกิโลเมตร

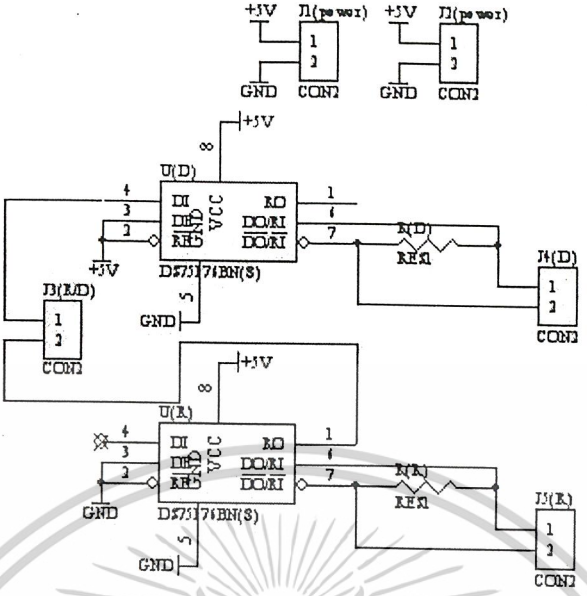


รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบวงจร Controller MCS89C51

3.2.6 วงจร SN75176

เป็นวงจรที่นำมาเปลี่ยนมาตรฐานการรับส่งจากรูปแบบทีทีแอล (TTL) เป็นมาตรฐาน RS485 เพื่อที่จะเพิ่มระยะทางในการส่งสัญญาณ.ให้สามารถส่งได้ไกลถึง 1 กิโลเมตร โดยในวงจรนี้ได้ใช้ SN75176 จำนวน2 ตัวโดยตัวแรกใช้ในการรับข้อมูลรหัสเครื่องจักรจากคอมพิวเตอร์และส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ ต่างๆ และตัวที่สองทำหน้าที่ส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะใช้สายรับข้อมูล 2 เส้น และสายส่งข้อมูล 2 เส้นพันเกลียวกันไปเพื่อลดการผิดพลาดเนื่องจาก สนามแม่เหล็กรอบๆสายข้อมูล โดยต้องใช้วงจรนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการดึงข้อมูลจากสัญญาณมาตรฐาน RS 485 ไปเป็นมาตรฐานทีทีแอล (TTL) เพื่อนำไปใช้ใน MCS 89C51และ เพื่อเข้าวงจร Max 232 เพื่อปรับมาตรฐานข้อมูลจากทีทีแอล (TTL) เป็น RS232 เพื่อ เข้าไปยังคอมพิวเตอร์

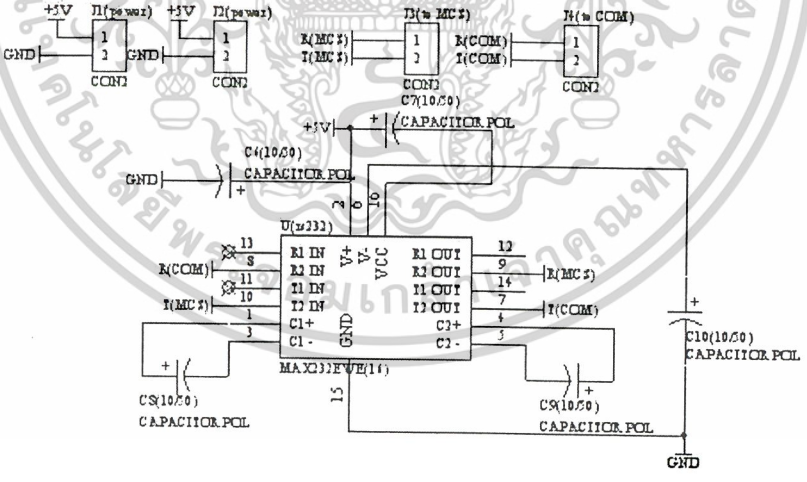
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการออกแบบวงจร SN75176

3.2.7 <u>วงจร Max 232</u>

ใช้ชิป Max232 เพื่อแปลงมาตรฐานการรับส่งข้อมูลจากทีทีแอล (TTL) เป็น RS 232



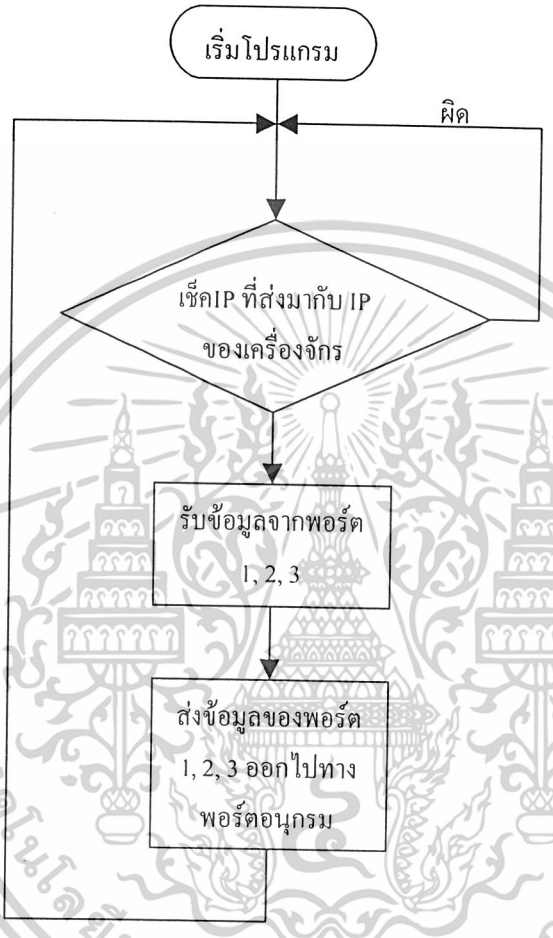
รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบวงจร RS 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนของการแสดงผล

ได้ออกแบบการทำงานส่วนของการแสดงผลทางคอมพิวเตอร์โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

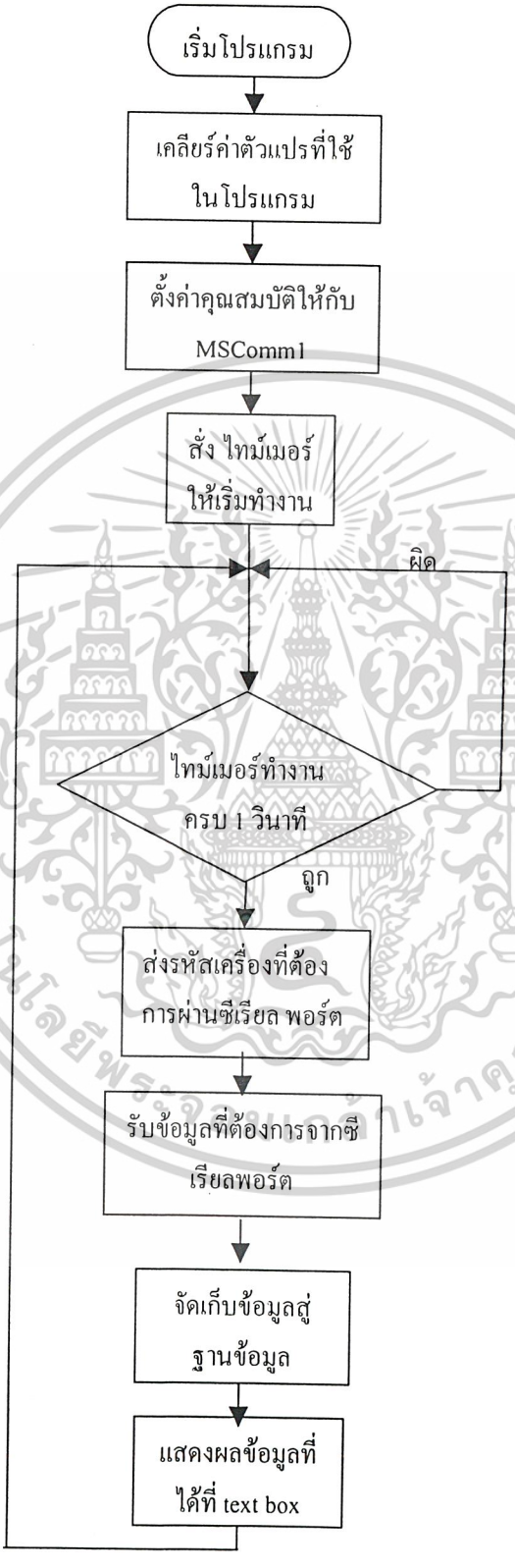
3.3.1 ในส่วนนี้ของโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 3.9 แสดงแผนภูมิการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

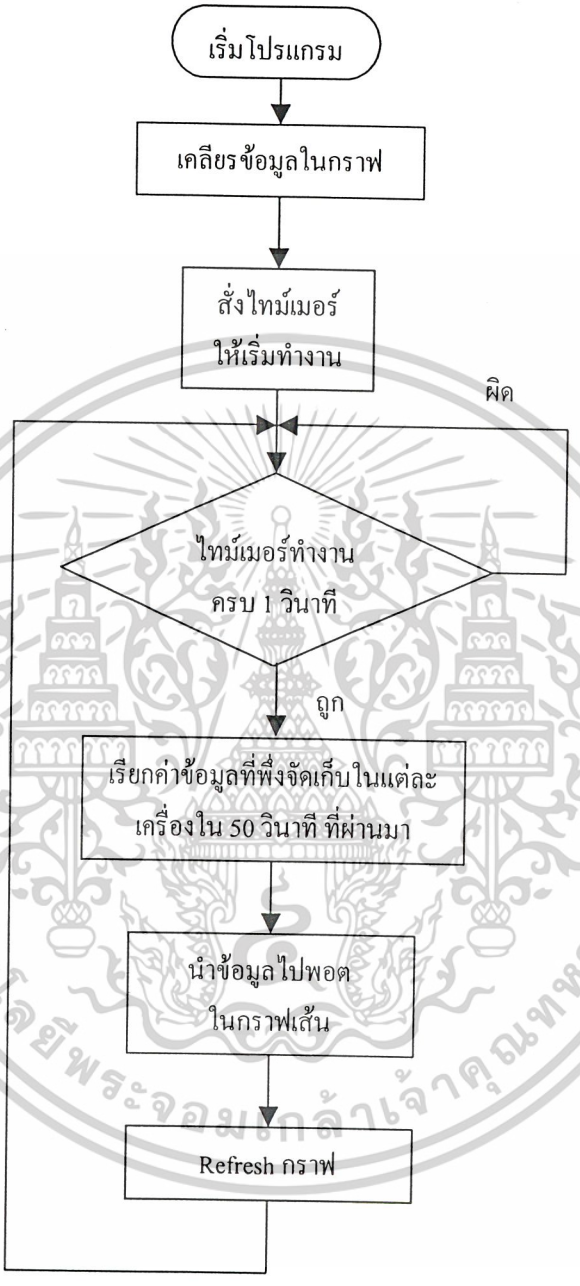
3.3.2 ในส่วนนี้จะเป็นการจัดเก็บข้อมูล (ปริมาณกระแสไฟฟ้า) ของแต่ละเครื่องจักรจัดเก็บในฐานข้อมูลซึ่งจะทำการจัดเก็บทุก 1 วินาที



รูปที่ 3.10 แสดงแผนภูมิการทำงานของการจัดเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ในส่วนนี้จะเป็นส่วนของข้อมูลย้อนหลังในช่วง 50 วินาทีของแต่ละเครื่องจักรแสดงผลในรูปแบบของกราฟ



รูปที่ 3.11 แสดงแผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมแสดงผลข้อมูลย้อนหลังในช่วง 50 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ได้ทำการทดลองเลือกคำสั่งการทำงานโดยสั่งงานทางคอมพิวเตอร์ ไปสู่ชุดควบคุมการทำงานเพื่อดูผลการทำงานของชุดควบคุมการส่งสัญญาณในการทดลองนั้นจะแบ่งออกเป็นสองคือ ส่วนของการแสดง และ ความแม่นยำในการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ส่วนของการแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

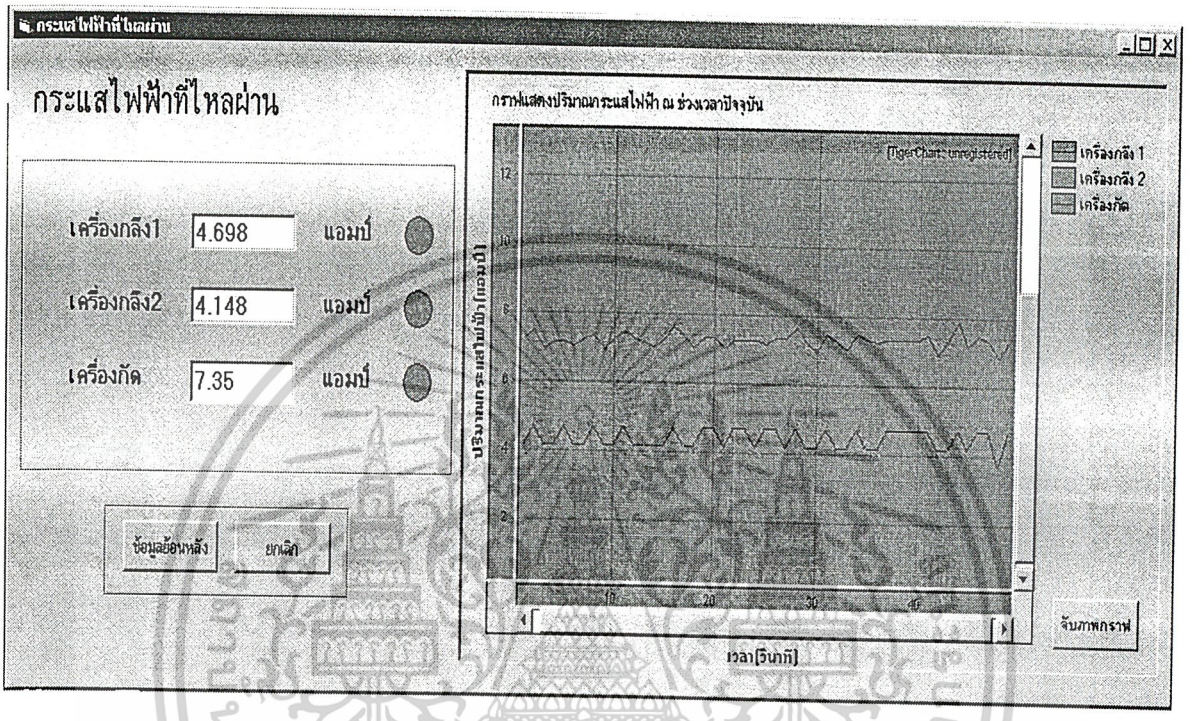
ได้ทำการทดลองวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกลึง 2 เครื่อง และ เครื่องกัด 1 เครื่องเพื่อทดสอบว่าสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง รวมถึงสามารถแสดงสถานะได้ถูกต้อง

ขั้นตอนการทำงาน

1. เปิดใช้งานโปรแกรม
2. รีเซตค่าที่วงจรทุกวงจร
3. เปิดเครื่องจักรให้ทำงาน จะแสดงสถานะการทำงาน ณ เวลาปัจจุบันของเครื่องจักร (ดังรูปที่ 4.1)
4. กดเลือกจับภาพกราฟ จะแสดงภาพนิ่งของกราฟปริมาณกระแสไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน (ดังรูปที่ 4.2)
5. กดข้อมูลย้อนหลังเพื่อดูข้อมูลย้อนหลัง เลือกช่วงเวลาที่ต้องการข้อมูล (ดังรูปที่ 4.3)
6. กดเลือกเครื่องจักรที่ต้องการข้อมูล โดยข้อมูลของเครื่องกลึง 1 จะแสดงดังรูปที่ 4.4 ข้อมูลของเครื่องกลึง 2 จะแสดงดังรูปที่ 4.5 และ ข้อมูลของเครื่องกัดจะแสดงดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

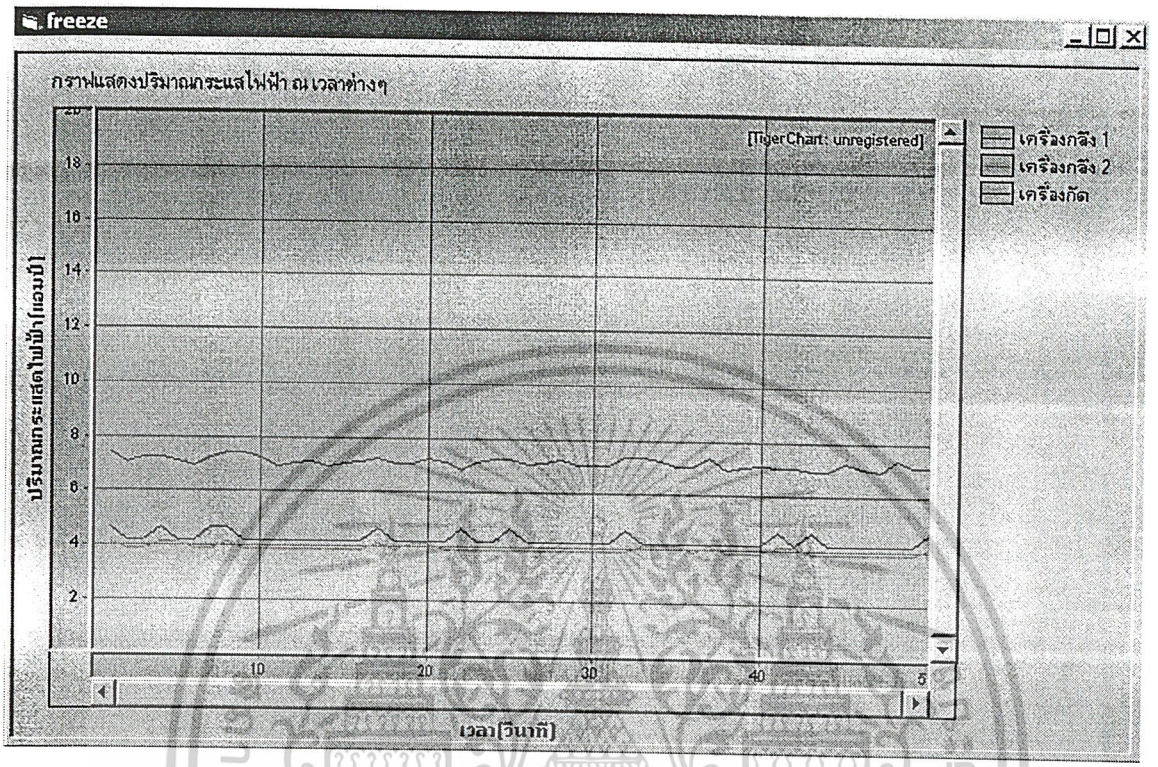
ส่วนของการแสดงผล แสดงปริมาณข้อมูลของเครื่องจักร ณ เวลาปัจจุบันหน้าจอนี้จะแสดงทุกครั้งที่มีการเรียกใช้เครื่องจักรระยะไกล ข้อมูลที่แสดงจะมีทั้งรูปแบบของกราฟ มีลักษณะเป็นกราฟวิ่ง (Real time) และตัวเลขและเรายังสามารถทราบสถานะของเครื่องจักรโดยดูจากไฟแสดงสถานะโดยที่จะเป็นสีแดงถ้าเครื่องจักรปิด และไม่ทำงาน (ไม่ใช้กระแสไฟ) แต่ถ้าเป็นสีเขียวแสดงว่าเครื่องจักรนั้นกำลังทำงานอยู่



รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

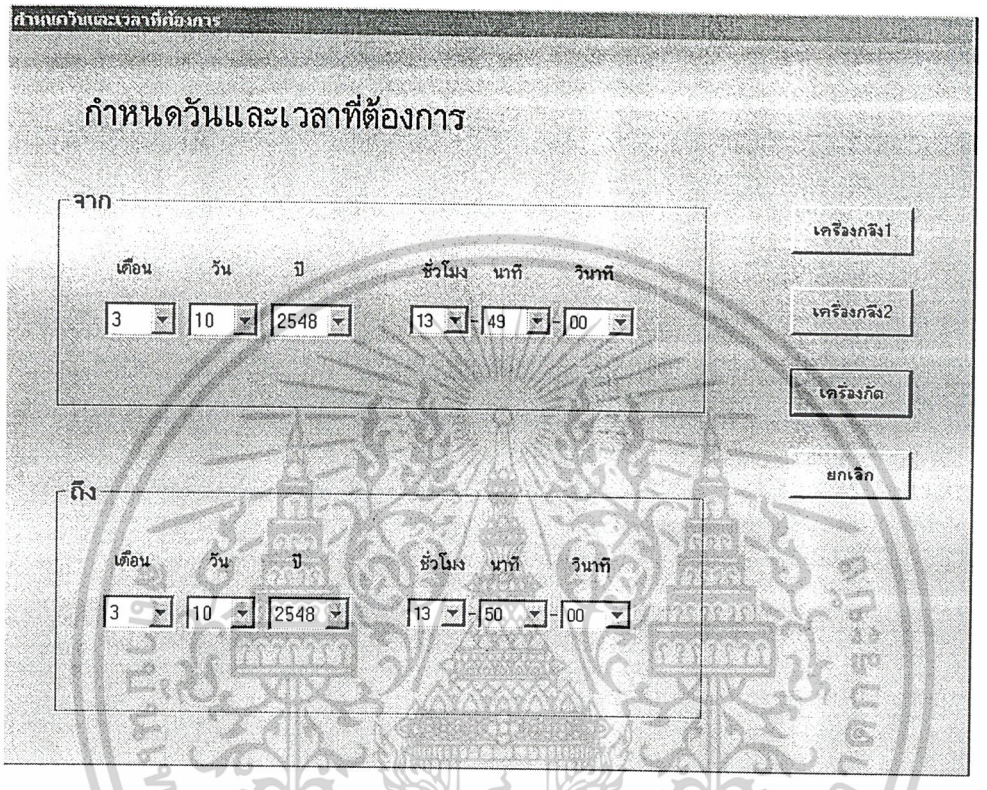
ส่วนของการแสดงผลเมื่อต้องการข้อมูลย้อนหลัง 50 วินาที แสดงในรูปแบบของกราฟ ซึ่งจะเป็นกราฟนิ่ง สามารถย่อ ขยาย ขนาดของกราฟได้ โดยคลิกที่ปุ่มจับภาพกราฟ



รูปที่ 4.2 แสดงภาพนิ่งของกราฟปริมาณกระแสไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

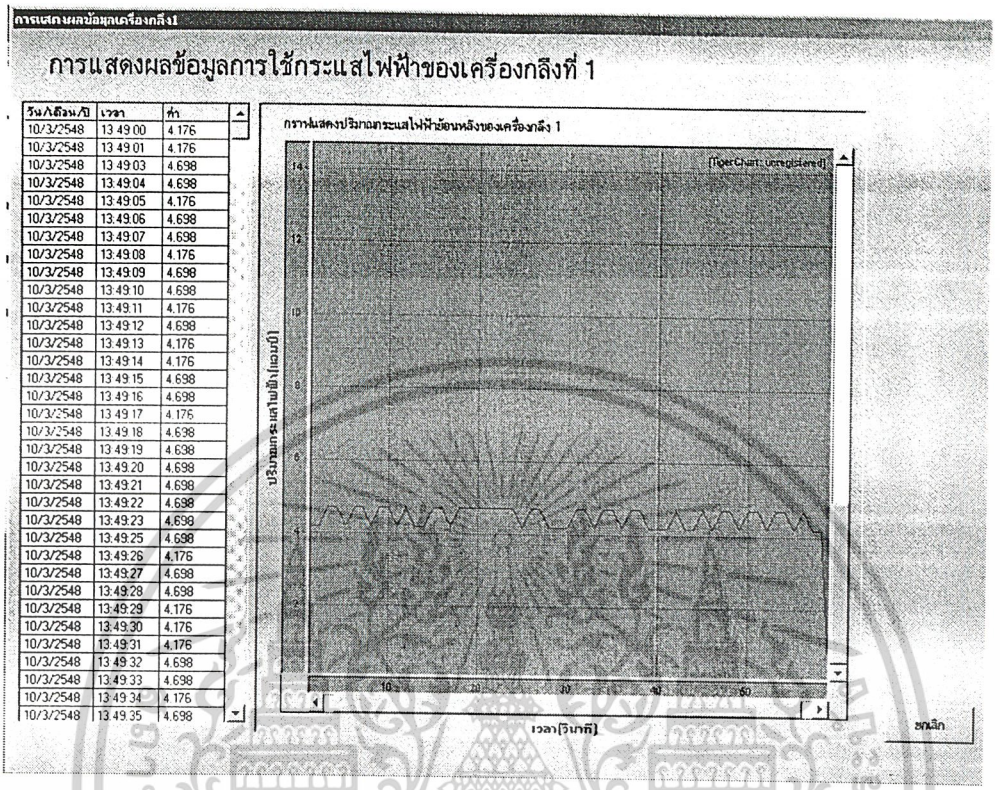
ส่วนของการแสดงผล เมื่อต้องการระบุช่วงเวลาที่ต้องการข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรจะสามารถแสดงผลได้ในช่วงเวลาที่มีข้อมูลเท่านั้น นอกช่วงเวลาเหล่านี้คอมพิวเตอร์จะแสดงความคลาดเคลื่อน (Error) ให้กับผู้ใช้งาน สามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังในแต่ละเครื่องโดยการคลิกปุ่มทางด้านขวาของหน้าจอ



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอกำหนดวันและเวลาของเครื่องจักรที่ต้องการข้อมูลย้อนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

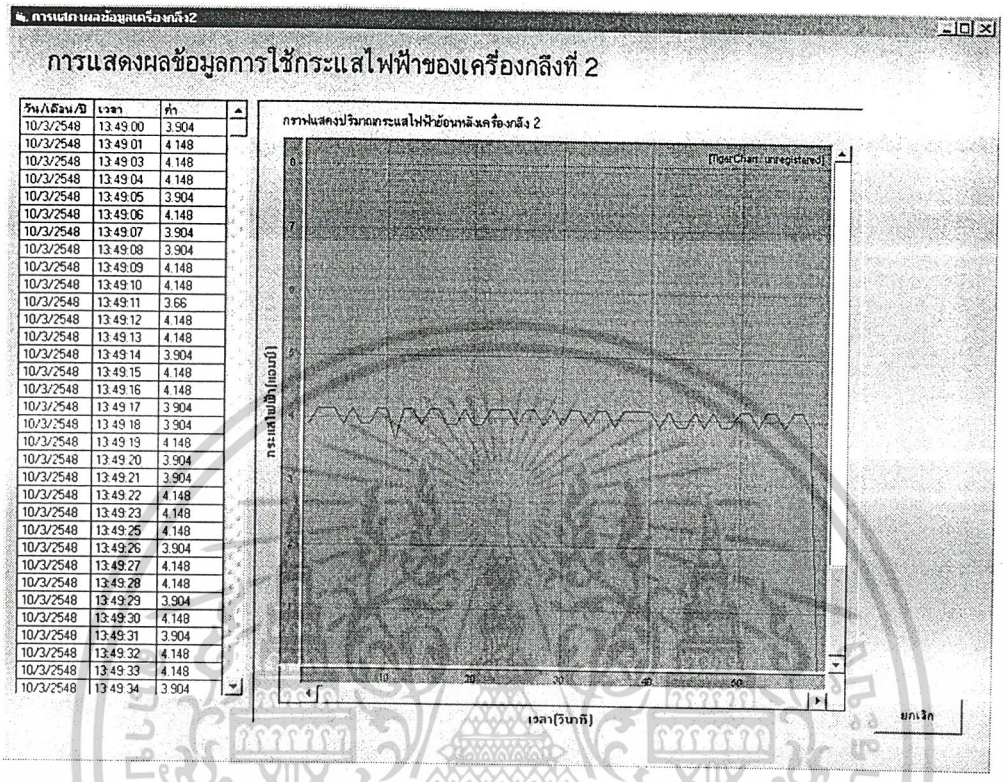
ส่วนแสดงข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึงเครื่องที่ 1 ในช่วงเวลาที่ผู้ใช้กำหนดมา โดยจะแสดงค่ากระแสไฟฟ้าเป็นตัวเลขทางด้านซ้ายของหน้าจอคอมพิวเตอร์และจะแสดงค่ากระแสไฟฟ้าออกมาเป็นรูปกราฟ



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึงที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

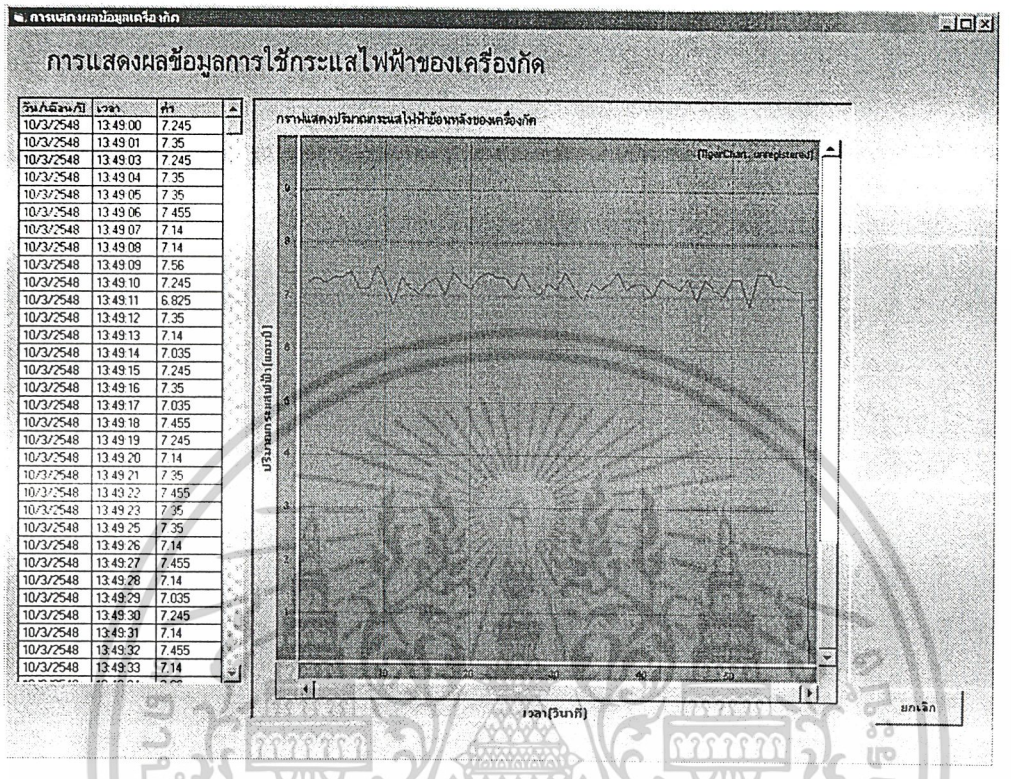
ส่วนแสดงข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึงเครื่องที่ 2 ในช่วงเวลาที่ผู้ใช้กำหนดมาโดยจะแสดงค่ากระแสไฟฟ้าเป็นตัวเลขทางด้านซ้ายของหน้าจอคอมพิวเตอร์และจะแสดงค่ากระแสไฟฟ้าออกมาเป็นรูปกราฟ



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแสดงข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกัดในช่วงเวลาที่ผู้ใช้กำหนดมา โดยจะแสดงค่ากระแสไฟฟ้าเป็นตัวเลขทางด้านซ้ายของหน้าจอคอมพิวเตอร์และจะแสดงค่ากระแสไฟฟ้าออกมาเป็นรูปกราฟ



รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนของการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า

ได้ทำการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไม่ผ่านเครื่องส่งสัญญาณข้อมูลของเครื่องจักร (ใช้แคมป์มิเตอร์ในการวัด) และปริมาณกระแสที่ผ่านเครื่องส่งสัญญาณข้อมูลของเครื่องจักร ได้ปริมาณกระแสของเครื่องกลึงแสดงดังตารางที่ 4.1 และปริมาณกระแสของเครื่องกัดแสดงดัง ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกลึงที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ	ปริมาณกระแสไฟฟ้า (แอมป์)					
	เครื่องกลึงที่ 1			เครื่องกลึงที่ 2		
	เครื่องส่งสัญญาณ	แคมป์มิเตอร์	เปอร์เซ็นคลาดเคลื่อน	เครื่องส่งสัญญาณ	แคมป์มิเตอร์	เปอร์เซ็นคลาดเคลื่อน
45	4.3	4.5	4.65	4.392	4.4	0.18
90	3.87	4.3	11.11	4.392	4.2	4.37
130	4.148	4.7	13.31	4.392	4.8	9.29
250	4.3	4.3	0.00	4.148	4.5	8.49
680	4.3	4.7	9.30	4.392	4.4	0.18
935	4.3	4.5	4.65	4.392	4.4	0.18
1300	3.87	4.4	13.70	4.392	4.4	0.18
2000	4.73	5	5.71	4.636	4.8	3.54

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกัดที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ	ปริมาณกระแสไฟฟ้า (แอมป์)		
	เครื่องส่งสัญญาณ	แคมป์มิเตอร์	เปอร์เซ็นคลาดเคลื่อน
56	7.676	7.2	6.61
160	7.07	6.9	2.46
224	6.969	6.8	2.49
630	7.272	6.8	6.94
900	7.171	7	2.44
1250	7.07	6.9	2.46
2500	7.373	7.2	2.40
1800	7.272	7.1	2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะได้เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลของเครื่องจักรที่สามารถส่งได้ไกลเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร ซึ่งสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ คือ

1. สามารวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกลึงจำนวน 2 เครื่อง และเครื่องกัดจำนวน 1 เครื่อง
2. สามารถส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจักรกับคอมพิวเตอร์ระยะทางไกลที่สุด 1 กิโลเมตร
3. สามารถควบคุมการแสดงผลการส่งข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นรวมถึงขีดจำกัด

1. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงกระแสสามารถวัดได้ต้องมีค่าไม่เกิน 50 แอมป์ เนื่องจากหม้อแปลงกระแสที่เลือกใช้ในโครงงานนี้มีอัตราส่วน 50/5 หมายความว่ากระแสสูงสุดที่สามารถรับได้คือ 50 แอมป์ และจะปรับให้น้อยลง 10 เท่าของค่ากระแสไฟฟ้าที่เข้ามา วิธีการแก้ไขคือ เลือกหม้อแปลงกระแสที่สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้นเช่น 100/5 ที่สามารถวัดค่ากระแสได้มากที่สุดที่ 100 แอมป์
2. ขีดจำกัดของวงจรแปลงสัญญาณอานาลอก เป็นดิจิตอล สามารถรับสัญญาณไฟฟ้าได้ในช่วง 0 – 5 โวลต์ วิธีการแก้ไข คือ ติดตั้งวงจร ออปแอมป์ ชนิดปรับค่าได้ เพื่อย่อหรือขยายสัญญาณ ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ
3. ขีดจำกัดของโปรแกรม เนื่องด้วยการจัดเก็บข้อมูลจะทำทุกวินาที ทำให้เมื่อเก็บเป็นเวลานานข้อมูลจะมีขนาดใหญ่มาก วิธีการแก้ไขโดย จัดแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงๆ อย่างเช่น ช่วงเวลาหนึ่งเดือนต่อ ฐานข้อมูลหนึ่ง ไฟล์

5.3 ประโยชน์ที่ไดรับจากการทำโครงงาน

1. นำความรู้วิศวกรรมที่ได้ศึกษามาใช้ในการออกแบบและดำเนินการสร้างโครงงานโดยมีการใช้แนวคิดทางด้าน Electronic, Programming, Information Technology และความรู้อื่นๆ
2. ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในวงจรไฟฟ้า และระบบการส่งถ่ายข้อมูลเพิ่มมากขึ้น
3. เพิ่มทักษะในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งวิชัวล์ เบสิก และ ภาษาซี สำหรับ MCS-51
4. ทำให้รู้จักการวางแผนและการดำเนินงาน
5. ทำให้รู้จักการทำงานเป็นทีมร่วมกับผู้อื่น
6. สะดวกต่อการใช้งานและ การปฏิบัติการเพราะว่าใช้คอมพิวเตอร์ใน รับ เก็บ และแสดงผลข้อมูล
7. ช่วยลดเวลาในการที่คนจะ เก็บข้อมูลที่เครื่องจักรนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะและการพัฒนาต่อไป

1. สามารถประยุกต์เครื่องส่งสัญญาณข้อมูลเครื่องจักรระยะไกลกับข้อมูลอื่นๆ ของเครื่องจักรในอุตสาหกรรม โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูลจากหม้อกระแสเป็นอุปกรณ์อื่นตามความต้องการ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิก็เปลี่ยนจากหม้อแปลงกระแสเป็นเทอร์โมคอปปัล
2. พัฒนาในส่วนของความแม่นยำ ของอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณกระแส โดยเปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดน้อยกว่าหม้อกระแส
3. เป็นแนวทางในการประยุกต์เทคโนโลยีสาระสนเทศ เข้ามาใช้วงการอุตสาหกรรมมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, 2541. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, บริษัทอิน โนเวตีฟ เอกเพอริเมนต์ จำกัด
2. วุฒิศักดิ์ องค์พัฒนากุล, อัครเดช คฤสาร และ อันตกร วางวรรณ์, 2545. การควบคุมไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. http://www.kmitl.ac.th/~ktbencha/interfacing/pdf/Lab1_ADC.pdf
4. www.datasheetcatalog.com
5. www.kmitl.ac.th
6. www.thaiio.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลที่ใช้ในการเก็บค่าของโปรแกรม

```
Public date1 As String
Public time1 As String
Public date2 As String
Public time2 As String
Public strSql As String
Global A(86400) As Double
Global i As Integer
Public T1 As Integer
Public T2 As Integer
Public row As Integer
Global D(84600) As Single
Public delta_T As Integer
Public send_serial As Boolean
Public machine_number As Integer
Public data_machine As Integer
Public receive_data_array_1(1 To 50) As Double
Public receive_data_array_2(1 To 50) As Double
Public receive_data_array_3(1 To 50) As Double
Public new_freeze As Boolean
Public number As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการรับค่าจากซีเรียลพอร์ต

```
Private Sub com1_opt_Click()
        On Error Resume Next
        MSComm1.PortOpen = 0
        MSComm1.CommPort = 1
        MSComm1.PortOpen = 1
End Sub
.....
Private Sub com2_opt_Click()
        On Error Resume Next
        MSComm1.PortOpen = 0
        MSComm1.CommPort = 2
        MSComm1.PortOpen = 1
End Sub
.....
Private Sub exit_btn_Click()
        On Error Resume Next
        MSComm1.PortOpen = 0
End
End Sub
.....
Private Sub Form_Load()
        MSComm1.CommPort = 1
        MSComm1.PortOpen = True
        MSComm1.InputLen = 1
        MSComm1.RThreshold = 1
        Timer1.Enabled = True
        Form1.Show
End Sub
.....
Private Sub Timer1_Timer()
Dim test As Integer
        On Error Resume Next
        MSComm1.Output = "a"
        test = Asc(MSComm1.Input)
        test = Asc(MSComm1.Input)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If Not (test = 97) Then
        receive_data_array_1(50) = test * (0.261)
End If
        test = Asc(MSComm1.Input)
If Not (test = 97) Then
        receive_data_array_2(50) = test * (0.122)
End If
        test = Asc(MSComm1.Input)
If Not (test = 97) Then
        receive_data_array_3(50) = test * (0.105)
End If
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลและจัดเก็บใส่ฐานข้อมูล

```
Dim n As Integer
Dim m As Integer
Dim o As Integer
.....
Private Sub Command1_Click()
        Form2.Show
End Sub
.....
Private Sub Command2_Click()
        Form4.Show
End Sub
.....
Private Sub Command3_Click()
        End
End Sub
.....
Private Sub Command4_Click()
        Form3.Show
End Sub
.....
Private Sub Form_Load()
Dim i_form_load As Integer
Dim j_form_load As Integer
        receive_data_array_1(50) = 0
        receive_data_array_2(50) = 0
        receive_data_array_3(50) = 0
        receive_data.Hide
Call TigerChart1.ClearAllPlotData
Call TigerChart1.Refresh
For i_form_load = 1 To 49
        receive_data_array_1(i_form_load) = 0
        receive_data_array_2(i_form_load) = 0
        receive_data_array_3(i_form_load) = 0
Next i_form_load
        n = Adodc1.Recordset.RecordCount
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        m = Adodc2.Recordset.RecordCount
        o = Adodc3.Recordset.RecordCount
End Sub
.....
Private Sub freeze_btn_Click()
        freeze.Show
        new_freeze = True
End Sub
.....
Private Sub Timer1_Timer()
On Error Resume Next
Dim i_run_graph As Integer
Dim j_run_graph As Integer
Dim temp_run_graph As Integer
        Text1.Text = receive_data_array_1(50)
        Text2.Text = receive_data_array_2(50)
        Text3.Text = receive_data_array_3(50)
        Text4.Text = Date
        Text5.Text = Time
        Text6.Text = n + 1
        Adodc1.Recordset.AddNew
        Adodc1.Recordset.Update
        n = n + 1
        Text1.Text = receive_data_array_1(50)
        Text7.Text = Date
        Text8.Text = Time
        Text9.Text = m + 1
        Adodc2.Recordset.AddNew
        Adodc2.Recordset.Update
        m = m + 1
        Text2.Text = receive_data_array_2(50)
        Text10.Text = Date
        Text11.Text = Time
        Text12.Text = o + 1
        Adodc3.Recordset.AddNew
        Adodc3.Recordset.Update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        o = o + 1
        Text3.Text = receive_data_array_3(50)
If (Not (Text1.Text = "0")) Then
        Shape2.Visible = False
Else
        Shape2.Visible = True
End If
If (Not (Text2.Text = "0")) Then
        Shape4.Visible = False
Else
        Shape4.Visible = True
End If
If (Not (Text3.Text = "0")) Then
        Shape6.Visible = False
Else
        Shape6.Visible = True
End If
Call TigerChart1.ClearAllPlotData
Call TigerChart1.ClearSinglePlotDataArray(1)
For i_run_graph = 1 To 49
        receive_data_array_1(i_run_graph) = receive_data_array_1(i_run_graph + 1)
Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, i_run_graph,    receive_data_array_1(i_run_graph))
        receive_data_array_2(i_run_graph) = receive_data_array_2(i_run_graph + 1)
Call TigerChart1.AddNewDataPoint(2, i_run_graph, receive_data_array_2(i_run_graph))
        receive_data_array_3(i_run_graph) = receive_data_array_3(i_run_graph + 1)
Call TigerChart1.AddNewDataPoint(3, i_run_graph, receive_data_array_3(i_run_graph))
Next i_run_graph
Call TigerChart1.Refresh
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการกำหนดวันเวลาและ เครื่องจักรที่ต้องการดูข้อมูลย้อนหลัง

```
Private Sub Command1_Click()
        date1 = Combo12.Text & "/" & Combo2.Text & "/" & Combo3.Text
        date2 = Combo1.Text & "/" & Combo4.Text & "/" & Combo5.Text
        time1 = Combo6.Text & ":" & Combo7.Text & ":" & Combo8.Text
        time2 = Combo9.Text & ":" & Combo10.Text & ":" & Combo11.Text
        Form8.Show
End Sub
.....
Private Sub Command2_Click()
Dim t1_1, t1_2, t13, t2_1, t_2_2, t2_3 As Integer
        date1 = Combo12.Text & "/" & Combo2.Text & "/" & Combo3.Text
        date2 = Combo1.Text & "/" & Combo4.Text & "/" & Combo5.Text
        time1 = Combo6.Text & ":" & Combo7.Text & ":" & Combo8.Text
        time2 = Combo9.Text & ":" & Combo10.Text & ":" & Combo11.Text
         Form3.Show
        t1_1 = Int(Combo6.Text)
        t1_2 = Int(Combo7.Text)
        t1_3 = Int(Combo8.Text)
        t2_1 = Int(Combo9.Text)
        t2_2 = Int(Combo10.Text)
        t2_3 = Int(Combo11.Text)
        delta_T = (t2_1 - t1_1) * 3600
        delta_T = ((t2_2 - t1_2) * 60) + delta_T
        delta_T = (t2_3 - t1_3) + delta_T
End Sub
.....
Private Sub Command3_Click()
        Form1.Show
        Me.Hide
End Sub
.....
Private Sub Command4_Click()
        date1 = Combo12.Text & "/" & Combo2.Text & "/" & Combo3.Text
        date2 = Combo1.Text & "/" & Combo4.Text & "/" & Combo5.Text
        time1 = Combo6.Text & ":" & Combo7.Text & ":" & Combo8.Text
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        time2 = Combo9.Text & ":" & Combo10.Text & ":" & Combo11.Text
        Form9.Show
End Sub
.....
Private Sub Form_Load()
Dim i As Integer
For i = 1 To 12
        Combo2.AddItem (i)
        Combo4.AddItem (i)
Next i
For i = 1 To 31
        Combo12.AddItem (i)
        Combo1.AddItem (i)
Next i
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้แสดงข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึง 1

```
Private Sub Command1_Click()
        Me.Hide
        Form2.Show
End Sub
.....
Private Sub Form_Activate()
Dim conn As New ADODB.Connection
Dim strConn As String
Dim strSql1 As String
Dim rsTable1 As New ADODB.Recordset
Dim A(84600) As Single
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim D(50) As Single
Dim k As Integer
Dim l As Integer
        strConn = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" & "Data Source=C:\เครื่องรับส่งข้อมูลเครื่องจักร
        ระยะไกล\Database\aew.mdb"
With conn
If .State = adStateOpen Then .Close
        .ConnectionString = strConn
        .ConnectionTimeout = 90
        .Open
End With
        strSql1 = "SELECT date,time,value FROM เครื่องกลึง1 WHERE date >= '" & date1 & "' AND time
        >='" & time1 & "' AND date<='" & date2 & "' AND time<= '" & time2 & "'order by time"
With rsTable1
If .State = adStateOpen Then .Close
        .ActiveConnection = conn
        .CursorType = adOpenForwardOnly
        .CursorLocation = adUseClient
        .Open strSql1
        Adodc1.RecordSource = "SELECT date,time,value FROM เครื่องกลึง1 WHERE date >= '" & date1 &
"' AND time >='" & time1 & "' AND date<='" & date2 & "' AND time<= '" & time2 & "'"
        Adodc1.Refresh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If Adodc1.Recordset.RecordCount = 0 Then
        MsgBox "ไม่มีข้อมูลในช่วงเวลานี้", vbOKOnly, "ผลการดูข้อมูล"
Exit Sub
 Else
        Set mfg1.DataSource = rsTable1
With mfg1
        .ColWidth(0) = 0
        .ColWidth(1) = 1000
        .ColWidth(2) = 900
        .ColWidth(3) = 900
        .TextMatrix(0, 1) = "วันเดือนปี"
        .TextMatrix(0, 2) = "เวลา"
        .TextMatrix(0, 3) = "ค่า"
End With
End If
End With
Dim B As String
        B = ""
        Adodc1.Recordset.MoveFirst
For i = 1 To Adodc1.Recordset.RecordCount
        A(i) = Adodc1.Recordset![Value]
        Adodc1.Recordset.MoveNext
Next i
For j = 1 To Adodc1.Recordset.RecordCount
    B = B & A(j) & vbCrLf
Next j
    Text1.Text = B
    Call TigerChart1.ClearAllPlotData
    Call TigerChart1.SetGlobalBorders(0.1, delta_T, 0.1, 45, 0, 0)
For i = 1 To delta_T
      Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, i, A(i))
Next i
    Call TigerChart1.Refresh
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้แสดงข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกลึง 2

```
Private Sub Command1_Click()
        Form8.Hide
End Sub
.....
Private Sub Form_Activate()
Dim conn As New ADODB.Connection
Dim strConn As String
Dim strSql1 As String
Dim rsTable1 As New ADODB.Recordset
Dim strSql2 As String
Dim rsTable2 As New ADODB.Recordset
Dim strSql3 As String
Dim rsTable3 As New ADODB.Recordset
Dim A(84600) As Single
Dim i As Integer
        strConn = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" & "Data
        Source=C:\เครื่องรับส่งข้อมูลเครื่องจักรระยะไกล\Database\aew.mdb"
With conn
If .State = adStateOpen Then .Close
        .ConnectionString = strConn
        .ConnectionTimeout = 90
        .Open
End With
        strSql2 = "SELECT date,time,value FROM เครื่องกลึง2 WHERE date >= '" & date1 & "' AND time
>='" & time1 & "' AND date<='" & date2 & "' AND time<= '" & time2 & "' order by time"
With rsTable2
If .State = adStateOpen Then .Close
        .ActiveConnection = conn
        .CursorType = adOpenForwardOnly
        .CursorLocation = adUseClient
        .Open strSql2
        Adodc1.RecordSource = "SELECT date,time,value FROM เครื่องกลึง2 WHERE date >= '" & date1 &
"' AND time >='" & time1 & "' AND date<='" & date2 & "' AND time<= '" & time2 & "'"
        Adodc1.Refresh
If Adodc1.Recordset.RecordCount = 0 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MsgBox "ไม่มีข้อมูลในช่วงเวลานี้", vbOKOnly, "ผลการดูข้อมูล"
Exit Sub
Else
        Set mfg2.DataSource = rsTable2
With mfg2
        .ColWidth(0) = 0
        .ColWidth(1) = 1000
        .ColWidth(2) = 900
        .ColWidth(3) = 900
        .TextMatrix(0, 1) = "วันเดือนปี"
        .TextMatrix(0, 2) = "เวลา"
        .TextMatrix(0, 3) = "ค่า"
End With
End If
End With
        Adodc1.Recordset.MoveFirst
Dim B As String
        B = ""
        Adodc1.Recordset.MoveFirst
For i = 1 To Adodc1.Recordset.RecordCount
        A(i) = Adodc1.Recordset![Value]
        Adodc1.Recordset.MoveNext
Next i
For j = 1 To Adodc1.Recordset.RecordCount
        B = B & A(j) & vbCrLf
Next j
        Text1.Text = B
        Call TigerChart1.ClearAllPlotData
        Call TigerChart1.SetGlobalBorders(0.1, delta_T, 0.1, 45, 0, 0)
For i = 1 To delta_T
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, i, A(i))
Next i
        Call TigerChart1.Refresh
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้แสดงข้อมูลย้อนหลังของเครื่องกัด

```
Private Sub Command1_Click()
        Form9.Hide
End Sub
.....
Private Sub Form_Activate()
Dim conn As New ADODB.Connection
Dim strConn As String
Dim strSql1 As String
Dim rsTable1 As New ADODB.Recordset
Dim strSql2 As String
Dim rsTable2 As New ADODB.Recordset
Dim strSql3 As String
Dim rsTable3 As New ADODB.Recordset
Dim A(84600) As Single
Dim i As Integer
        strConn = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" & "Data
        Source=C:\เครื่องรับส่งข้อมูลเครื่องจักรระยะไกล\Database\aew.mdb"
With conn
If .State = adStateOpen Then .Close
        .ConnectionString = strConn
        .ConnectionTimeout = 90
        .Open
End With
        strSql3 = "SELECT date,time,value FROM เครื่องกัด WHERE date >= '" & date1 & "' AND time >='"
& time1 & "' AND date<='" & date2 & "' AND time<= '" & time2 & "' order by time"
With rsTable3
If .State = adStateOpen Then .Close
        .ActiveConnection = conn
        .CursorType = adOpenForwardOnly
        .CursorLocation = adUseClient
        .Open strSql3
        Adodc1.RecordSource = "SELECT date,time,value FROM เครื่องกัด WHERE date >= '" & date1 & "'
AND time >='" & time1 & "' AND date<='" & date2 & "' AND time<= '" & time2 & "'"
        Adodc1.Refresh
        If Adodc1.Recordset.RecordCount = 0 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MsgBox "ไม่มีข้อมูลในช่วงเวลานี้", vbOKOnly, "ผลการดูข้อมูล"
Exit Sub
Else
        Set mfg3.DataSource = rsTable3
With mfg3
        .ColWidth(0) = 0
        .ColWidth(1) = 1000
        .ColWidth(2) = 900
        .ColWidth(3) = 900
        .TextMatrix(0, 1) = "วันเดือนปี"
        .TextMatrix(0, 2) = "เวลา"
        .TextMatrix(0, 3) = "ค่า"
End With
End If
End With
        Adodc1.Recordset.MoveFirst
Dim B As String
        B = ""
        Adodc1.Recordset.MoveFirst
For i = 1 To Adodc1.Recordset.RecordCount
        A(i) = Adodc1.Recordset![Value]
        Adodc1.Recordset.MoveNext
Next i
For j = 1 To Adodc1.Recordset.RecordCount
        B = B & A(j) & vbCrLf
Next j
        Call TigerChart1.ClearAllPlotData
        Call TigerChart1.SetGlobalBorders(0.1, delta_T, 0.1, 45, 0, 0)
For i = 1 To delta_T
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, i, A(i))
Next i
        Call TigerChart1.Refresh
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้เพื่อสำเนากราฟไว้

```
Private Sub Form_Load()
Dim i_run_graph As Integer
        Call TigerChart1.ClearAllPlotData
        Call TigerChart1.refresh
For i_run_graph = 1 To 50
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, i_run_graph, receive_data_array_1(i_run_graph))
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(2, i_run_graph, receive_data_array_2(i_run_graph))
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(3, i_run_graph, receive_data_array_3(i_run_graph))
Next i_run_graph
        Call TigerChart1.refresh
        new_freeze = False
End Sub
.....
Private Sub refresh_Timer()
Dim i_run_graph As Integer
Dim j_run_graph As Integer
If new_freeze Then
        Call TigerChart1.ClearAllPlotData
        Call TigerChart1.refresh
        new_freeze = False
For i_run_graph = 1 To 50
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, i_run_graph, receive_data_array_1(i_run_graph))
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(2, i_run_graph, receive_data_array_2(i_run_graph))
        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(3, i_run_graph, receive_data_array_3(i_run_graph))
Next i_run_graph
        Call TigerChart1.refresh
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้