สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบแสดงผลแบบไร้สาย

WIRELESS MONITORING SYSTEM

นายกิติเดช บัวรุ่ง
นายชานนท์ สมใจวงษ์
นายโอปอ โนเรือง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72112
วัน,เดือน,ปี - 8 มิ.ย. 2550

.b 11216393x
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS MONITORING SYSTEM

KITIDHET BUARUNG

CHANON SOMCHAIWONG

OPOR NORUANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบแสดงผลแบบไร้สาย		
	WIRELESS MONITORING SYSTEM		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกิติเดช	บัวรุ่ง	**รหัสนักศึกษา** 46012074
	นายชานนท์	สมใจวงษ์	**รหัสนักศึกษา** 46012084
	นายโอปอ	โนเรือง	**รหัสนักศึกษา** 46012144
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2549		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.เชื้อ นกอยู่	

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประกาษ อุดคกิมาพันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบแสดงผลแบบไร้สาย			
	WIRELESS MONITORING SYSTEM			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกิติเดช	บัวรุ่ง	**รหัสนักศึกษา**	46012074
	นายชานนท์	สมใจวงษ์	**รหัสนักศึกษา**	46012084
	นายโอปอ	โนเรือง	**รหัสนักศึกษา**	46012144
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. เชื้อ นกอยู่			
ปีการศึกษา	2549			

บทคัดย่อ

โรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้นิยมใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติอย่างแพร่หลาย เนื่องจากระบบอัตโนมัติสามารถลดขั้นตอนที่ยุ่งยาก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต และช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานควบคุมการผลิต ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากกระบวนการ นำไปแสดงยังจอแสดงผล (Monitor) และผลตอบสนองของการประมวลผลอยู่ตลอดเวลา สามารถควบคุมได้อย่างทันการ แม่นยำ และมีประสิทธิภาพมากกว่าอดีตมาก

โครงงานนี้จะเป็นการหาค่าที่ได้จากกระบวนการไปแสดงผลยังจอแสดงผล และสามารถควบคุมการทำงานของกระบวนการจากคอมพิวเตอร์ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยจะแสดงผลในรูปกราฟฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Wireless Monitoring System
Authors	Mr.Kitidhet Buarung
	Mr.Chanon Somchaiwong
	Mr.Opor Noruang
Thesis Advisor	Asst.Prof.Chuae Nokyoo
Year	2006

ABSTRACT

Nowadays automatic system is necessary in an industrial and public utility. Because of decreasing a complex steps in a process, increasing efficiency of plant and convenience for production control operator. Furthermore automatic system can show signal or information from process in a monitor and show continued response signal or information. It advantage for sudden, accurate, and high efficient control.

Hardware and software technology of personal computer (PC) was developed with SCADA technology. It's very popular system; cause of it's cheaper than others.

This project finds data from process to show in a monitor as a graphic data. It can control process by personal computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตากรุณาและสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำสิ่งต่างๆ พร้อมทั้งยังให้กำลังใจ ในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นาย พิษณุ เข็มเพชร นาย พลารักษ์ เกลี้ยงแสนเมือง และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาและช่วยสอนสิ่งต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวอันเป็นที่รักที่สนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาและเป็นกำลังใจตลอดมาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ ความรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี.....3

2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ.....3

2.2 เครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ Programmable Logic Controller (PLC).....5

2.2.1 ส่วนประกอบด้านหน้าของ PLC.....6

2.2.2 การต่อกับอุปกรณ์เสริม (Expansion I/O Units).....6

2.3 ชุด รับ-ส่ง ข้อมูล RS232 แบบไร้สาย.....7

2.3.1 ลักษณะโดยทั่วไป.....7

2.3.2 Power Supply.....8

2.3.3 โหมดการทำงาน.....10

2.3.4 ข้อแนะนำในการกำหนดค่า Configuration.....14

2.3.5 การเชื่อมต่อสัญญาณ RS232.....15

2.4 โปรแกรม Visual Basic.....28

2.4.1 โปรแกรม Visual Basic 6.0 ขั้นพื้นฐาน.....28

2.4.1.1 โปรแกรมเขียนด้วย Visual Basic 6.0 ขั้นพื้นฐาน.....28

2.4.1.2 รายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆของหน้าจอ.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1.3 การสร้างแอพพลิเคชันแบบ Project.....29
2.4.1.4 การทำงานกับ Project Explorer.....30
2.4.1.5 ความรู้เกี่ยวกับฟอร์ม และคอนโทรลพื้นฐานต่างๆ.....31
2.4.2 การสื่อสารกับ Communication Port.....33

บทที่ 3 การสร้างและการออกแบบ.....37
3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware).....38
3.1.1 Pressure Sensor.....38
3.1.2 ส่วนของวงจร Intrument Amplifier.....39
3.1.3 Plant.....40
3.1.4 Power circuit breaker.....40
3.1.5 แมกเนติกคอนแทกเตอร์.....41
3.2 ส่วนของซอร์ฟแวร์ (Software).....43
3.2.1 ออกแบบโปรแกรม Visual Basic เพื่อควบคุม PLC.....43

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....44
4.1 การทดสอบและสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter.....44
4.2 ออกแบบกราฟฟิกเพื่อแสดงผลบนคอมพิวเตอร์และทดสอบเปรียบเทียบระดับน้ำ...47
4.3 สรุปผลการทดลอง.....50

บทที่ 5 สรุปผลกาวิจัยและข้อเสนอแนะ.....51
5.1 สรุปผล.....51
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....51

บรรณานุกรม.....52

ภาคผนวก.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการตั้งค่าต่างๆระหว่างตัวรับ และตัวส่ง.....20
2.2 แสดงการตั้งค่าต่างๆ แบบ Full Duplex.....22
2.3 แสดงไฟล์ประเภทต่างๆที่มีในโปรเจคของ Visual Basic 6.0.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติ....4

2.1 แสดงด้านหน้าของ PLC....6

2.2 แสดงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เสริมของ PLC รุ่น SYSMAC CPM2A....6

2.4 ชุด รับ-ส่ง ข้อมูล RS232 แบบไร้สายรุ่น ET-RF24G V1.0....7

2.5 แสดงแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง ET-RF24G V1.0....8

2.6 แสดงการต่อสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครฯ ของ อีทีที....9

2.7 แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟรุ่น "ACH-4E" จากภายนอกให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0....10

2.8 แสดงการเลือกโหมดการทำงานสำหรับใช้งานปรกติ (Run Mode)....11

2.9 แสดงการเลือกโหมดการทำงานสำหรับกำหนดค่า Configuration (Setup Mode)....11

2.10 แสดงรูปโปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดค่า Configuration ของ ET-RF24G V1.0....12

2.11 แสดงการเชื่อมต่อ RS232 กับ DB9 ซึ่งเป็นการต่อระหว่าง PC กับ Wireless- RS232....16

2.12 แสดงการเชื่อมต่อ RS232 กับ DB25 ซึ่งเป็นการต่อระหว่าง PC กับ Wireless-RS232....16

2.13 แสดงการเชื่อมต่อ RS232 กับRs232 ซึ่งเป็นการต่อระหว่าง PLC กับWireless-RS232....17

2.14 แสดงการตั้งชื่อในการใช้งาน Hyper Terminal....17

2.15 แสดงการเชื่อมต่อ....18

2.16 แสดงการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของพอร์ตอนุกรม RS232....18

2.17 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Hyper Terminal....19

2.18 แสดงการรับส่งข้อมูล 2 ทิศทาง (Half Duplex) แบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)....19

2.19 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป....22

2.20 แสดงการตั้งชื่อในการใช้ Hyper Terminal แบบทดสอบ....23

2.21 แสดงการเชื่อมต่อ....24

2.22 แสดงการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของพอร์ตอนุกรม RS232....24

2.23 แสดงโปรแกรม Hyper Terminal....25

2.24 แสดงการเริ่มต้นการส่งข้อมูล....26

2.25 แสดงภาพฝ่ายรับข้อมูล....26

2.26 แสดงสถานการณ์ทำงานของโปรแกรม Hyper Terminal....27

2.27 แสดงวงจรของสายที่ใช้สำหรับทดสอบการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex....27

2.28 แสดงหน้าจอ Visual Basic 6.0....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.29 องค์ประกอบสำคัญต่างใน Visual Basic 6.0 29

2.30 แสดงหน้าต่าง Project Explorer 31

2.31 แสดงหน้าต่างฟอร์มของ Visual Basic 6.0 31

2.32 แสดงคอนโทรปุ่มคำสั่ง 32

2.33 แสดงคอนโทลเท็คบ็อก 32

2.34 แสดงคอนโทรเลเบล 32

2.35 แสดงคอนโทรลออบชั่นบัตทอน 33

2.36 แสดงการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic 36

3.1 แสดง Hardware โดยรวม 37

3.2 แสดงตัวอุปกรณ์ วงจรภายใน และตำแหน่งขาของ Pressure Sensor 38

3.3 แสดงการต่อใช้งานจริง 38

3.4 แสดงวงจรและขาของ IC เบอร์Xtr101 39

3.5 แสดงกระบวนการของโครงงาน 40

3.6 Power circuit breaker 41

3.7 แมกเนติกคอนแทกเตอร์(Mangnetic Contactor) 41

3.8 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมคเนติกคอนแทกเตอร์ 42

3.9 แสดงการทำงานของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ 42

3.10 แสดงสภาวะและควบคุมการทำงานของกระบวนการ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนี้ระบบควบคุมอัตโนมัติดูจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ขาดเสียไม่ได้ สำหรับงานทางด้านระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งระบบที่ให้บริการทางด้านสาธารณูปโภค เช่น โรงผลิตและจ่ายไฟและน้ำ เพราะสามารถลดขั้นตอนการทำงานที่ยุ่งยาก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และช่วยอำนวยความสะดวกนานัปการแก่ผู้ปฏิบัติงานควบคุมการผลิต การที่สามารถนำเอาค่าสัญญาณหรือข้อมูลจากกระบวนการผลิตมาทำการประมวลผล เพื่อให้ได้ค่าหรือผลลัพธ์ควบคุมสำหรับส่งออกไปยังอุปกรณ์ควบคุม เพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ทันการและต่อเนื่อง

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติก็คงหนีไม่พ้นระบบคอมพิวเตอร์ ที่จัดได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบ และได้รับความไว้วางใจจากมนุษย์ว่าสามารถปฏิบัติงานดังกล่าวได้อย่างไม่มีผิดพลาด ระบบ SCADA เป็นอีกระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมและสถานีบริการสาธารณูปโภคต่างๆ อย่างแพร่หลายเนื่องจากราคาไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ในระดับเดียวกัน

โครงงานนี้เป็นการทดลองระบบสกาด้า (SCADA) แบบไร้สาย ซึ่งเป็นการสื่อสารระยะไกล โดยใช้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (Wireless-RS232) ติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC กับ PC และใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานและแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบในรูปแบบของ Graphic, Chart and Database

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งาน PLC
2. เพื่อศึกษาและสามารถควบคุม Plant โดยใช้ Differential Pressure Transmitter เป็นตัววัดระดับน้ำได้
3. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม Visual Basic กับเครื่อง PLC
4. เพื่อศึกษาและสามารถใช้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (Wireless-RS232) ในการรับส่งข้อมูล
5. สามารถแสดงแบบจำลอง และควบคุม Plant ด้วยโปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สร้างแบบจำลอง Plant
2. ใช้ Differential Pressure Transmitter เป็นตัววัดระดับ พร้อมแสดงค่าสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง
3. ใช้ อุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (Wireless-RS232) ในการรับส่งข้อมูล
4. สามารถเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม Visual Basic กับเครื่อง PLC

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. สร้างแบบจำลอง Plant
2. ศึกษาการทำงานของตัววัดระดับ Differential Pressure Transmitter
3. ศึกษาการทำงานของการสื่อสารแบบไร้สาย และทำการศึกษาถึงหลักการใช้งาน และทำงานของเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ (PROGRAMMAMLE LOGIC CONTROLLER : PLC)
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic
5. ศึกษาการเขียนโปรแกรมติดต่อระหว่าง Visual Basic กับ PLC
6. ใช้โปรแกรม Visual Basic เพื่อสั่งงาน Plant ทำงานผ่านทางหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติ คือ ระบบที่สามารถดึงเอาสัญญาณจากกระบวนการที่อยู่ในรูปแบบของไฟฟ้าหรือพลังงานอื่นๆมาแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อประโยชน์ต่างๆให้กับผู้ปฏิบัติงาน (Data Acquisition) เช่น นำไปแสดงผลบนจอภาพเพื่อติดตามผล (Monitoring) คำนวณสรุปผลรายงานการทำงานของระบบการผลิต (Logging Report) บันทึกเก็บไว้เป็นสถิติเพื่อการวิเคราะห์การผลิตเป็นต้น ขณะเดียวกันข้อมูลที่ได้สามารถนำมาคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ชั้นสูง เพื่อกำหนดค่าการควบคุมทางปฏิบัติที่พนักงานควบคุมไม่สามารถคิดคำนวณได้ทันการในเวลาปกติ ค่าคำนวณที่ได้นี้จะถูกส่งป้อนกลับไปยังอุปกรณ์ควบคุมการผลิตเพื่อให้ควบคุมค่าตามที่คำนวณเหล่านี้ (Supervisory Control) ระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องควบคู่กับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นหัวใจในการทำงาน ระบบควบคุมอัตโนมัติต้องประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ประเภท ได้แก่

- อุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (I/O Device)
- อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล
- เครื่องคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์รับส่งสัญญาณทำหน้าที่อ่าน สัญญาณป้อนเข้า(Input) ที่ได้จากตัววัดในรูปของสัญญาณอนาลอกและแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลที่เป็นตัวเลข เพื่อส่งไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ขณะเดียวกันจะมีอุปกรณ์กาคส่งที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออก (Output) จากสัญญาณแบบดิจิตอลแปลงเป็นสัญญาณอนาลอกที่ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์รับส่งสัญญาณเองก็จะมีระบบคอมพิวเตอร์อยู่ในตัวเพื่อทำหน้าที่สื่อสารสัญญาณกับเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่มีใช้กันทั่วไป ได้แก่ พีแอลซี , อุปกรณ์ควบคุม (Control) , อาร์ทียู (RTU : Remote terminal Unit) และเครื่องวัดต่างๆที่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้

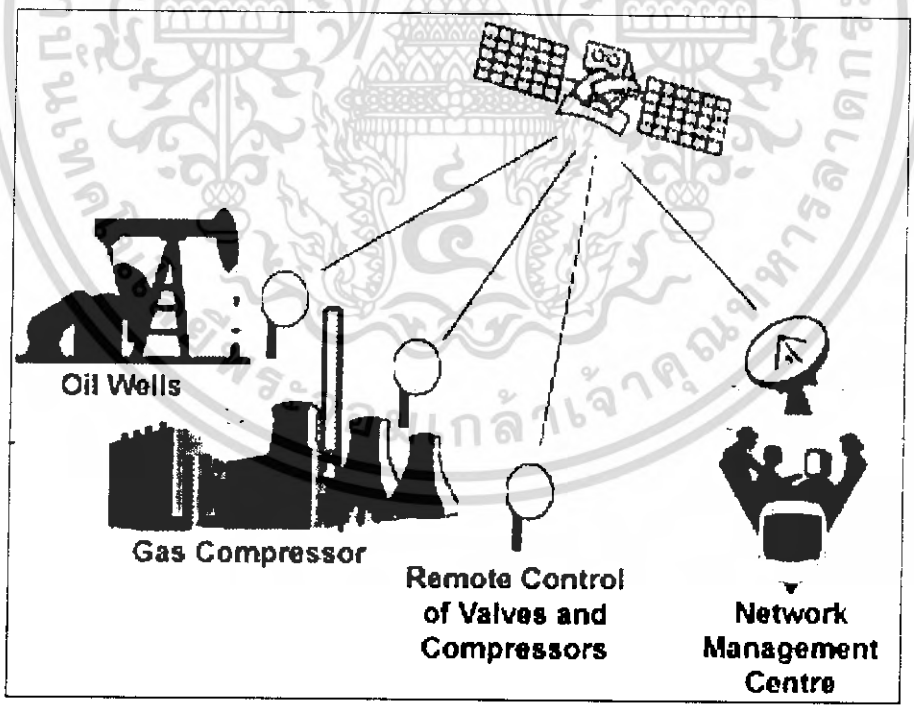
อุปกรณ์สื่อสารเป็นส่วนสำคัญทำหน้าที่รับส่งสัญญาณดิจิตอลไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์รับส่งสัญญาณเหล่านี้ จะต้องมีช่องต่อสำหรับสื่อสารสัญญาณกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยทั่วไปจะใช้แบบมาตรฐาน RS232C และในปัจจุบันอุปกรณ์ส่งสัญญาณได้รับการพัฒนาให้สามารถสื่อสารสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ด้วยระบบเครือข่ายข้อมูลท้องถิ่น (Local Area Network) ตามมาตรฐาน RS422 และ RS 485 โดยต่อสัญญาณระหว่างกันด้วยสื่อ สัญญาณแบบสายขดตีเกลียวจนถึงสายใยแก้วนำแสง อีกทั้งมีการพัฒนาให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารระยะไกลถึงกันได้ด้วยสื่อสัญญาณแบบผ่านทางสายโทรศัพท์ และคลื่นวิทยุด้วยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ผสมผสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูล เครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบ SCADA จึงสามารถรับส่งสัญญาณจากระยะไกลๆ ได้

เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เป็นหัวใจของระบบ SCADA ในอดีตมีการนำระบบคอมพิวเตอร์เมนเฟรมและขนาดกลางมาใช้งานในระบบ SCADA แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนามาใช้ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เป็นส่วนบุคคลและเป็นระบบ Work station มากกว่า เนื่องจากมีราคาถูกกว่าและพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ดีกว่า ส่วนที่สำคัญคือตัวซอฟต์แวร์สามารถทำงานแบบ Real-Time Multitasking นั้น คือสามารถทำหน้าที่หลายๆส่วนพร้อมกันในขณะเดียวกัน เช่น

- สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ
- แสดงค่าที่อ่านได้บนจอภาพ
- เก็บบันทึกข้อมูลระยะยาวบนหน่วยความจำ (Historical Trending)
- ตรวจสอบและแสดงสัญญาณเตือน (Alarming) ด้วยภาพและเสียงและบันทึกลงบนหน่วยความจำซึ่งสามารถสั่งพิมพ์ออกบนกระดาษได้
- คำนวณค่าสำหรับแสดงผลเก็บบันทึกและควบคุม (Calculation and Controlling)
- พิมพ์รายงานผลปฏิบัติการงานบนเครื่องพิมพ์ (Logging Report)
- ตอบรับข้อมูลที่ป้อนผ่านแป้นพิมพ์จากผู้ปฏิบัติงาน



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้

(PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER: PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิด โซลิด-สเตจ (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Function) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการของคอมพิวเตอร์ จากพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Element เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

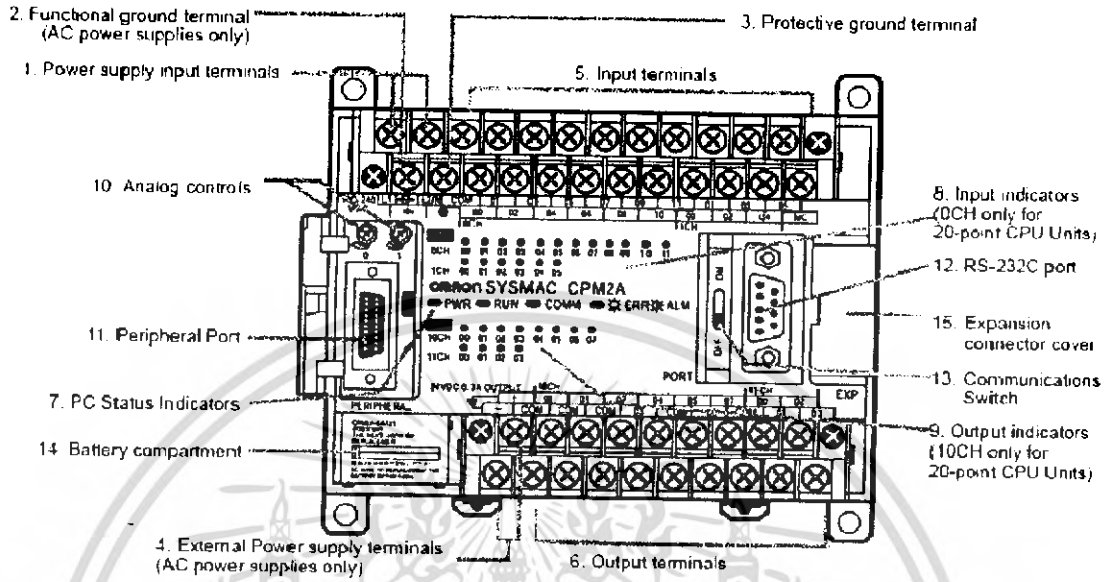
การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบกว่าระบบของ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟ หรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟใหม่ ซึ่งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตก็ทำได้งานโดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด - สเตจซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายการทำงาน

เครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ (PLC) นี้สามารถใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่ได้หลายๆอย่าง เช่น ใช้ซอฟต์แวร์ทำการป้อนโปรแกรม แก้ไขโปรแกรม ดูการทำงานของโปรแกรม จากหลักการพื้นฐานแล้ว อุปกรณ์ควบคุมตัวนี้จะทำงานในลักษณะเลขฐานสอง คือ "เปิด" "ON" "ปิด" "OFF" หรือสัญญาณลอจิกเท่านั้น แต่ปัจจุบันนี้ไม่ได้เป็นเช่นนั้นอีกต่อไปแล้ว คือสามารถรับส่ง Input แบบต่อเนื่อง หรือสัญญาณอนาล็อก (Analog) ได้ ซึ่งได้นำ PLC มาใช้ในการควบคุมการทำงานของ Plant โดยการสั่งการและดูสถานการณ์ทำงานจากคอมพิวเตอร์ (PC) ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลการระหว่าง เครื่อง PCL กับคอมพิวเตอร์ (PC) เป็นผลให้ระบบการควบคุมการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการใช้เครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ (PLC) ขนาดเล็กของ OMRON รุ่น SYSMAC CPM 2A มีส่วนต่างๆ แสดงให้เห็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

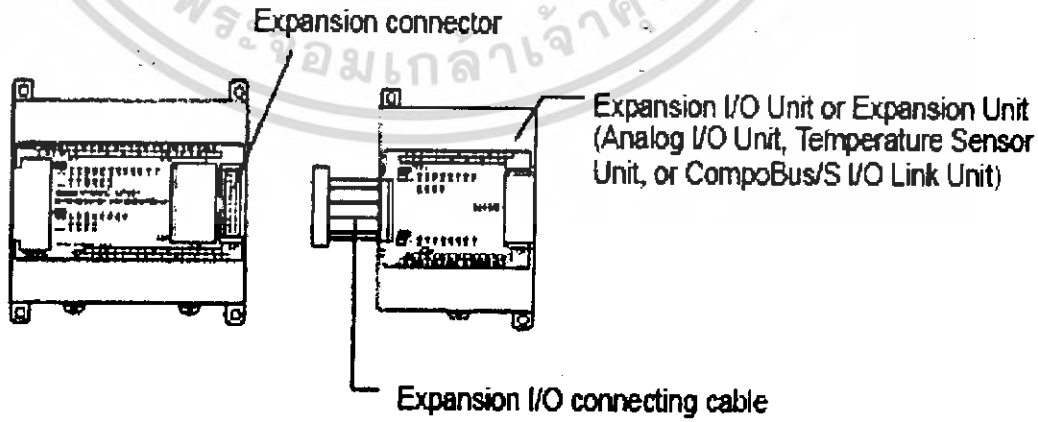
2.2.1 ส่วนประกอบด้านหน้าของ PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER SYSMAC CPM2A)



รูปที่ 2.1 แสดงด้านหน้าของ PLC

ส่วนของการติดต่อแถวบน จะได้รับอินพุทจากแหล่งจ่ายภายนอก และส่วนของการติดต่อแถวล่างจะเป็นส่วนของเอาท์พุท

2.2.2 การต่อกับอุปกรณ์เสริม (Expansion I/O Units)



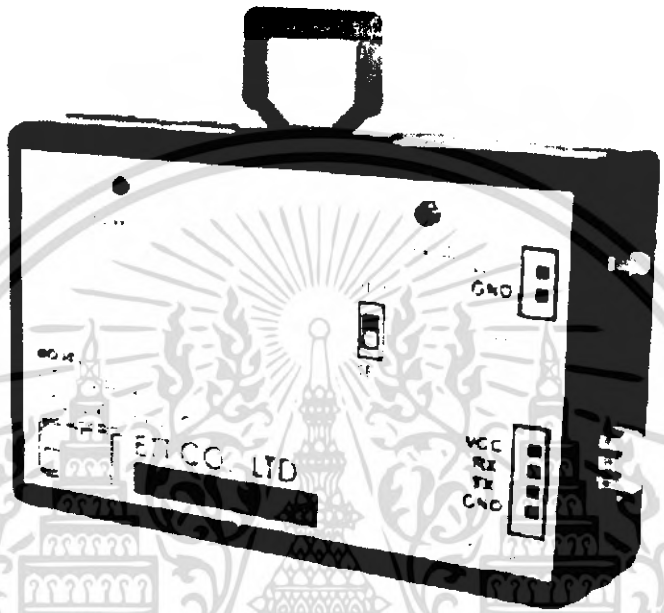
รูปที่ 2.2 แสดงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เสริมของ PLC รุ่น SYSMAC CPM2A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ชุด รับ-ส่ง ข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

2.3.1 ลักษณะโดยทั่วไป

โดยปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการใช้ชุด รับ-ส่ง ข้อมูล RS232 แบบไร้สายรุ่นET-RF24G V1.0



รูปที่ 2.4 ชุด รับ-ส่ง ข้อมูล RS232 แบบไร้สายรุ่นET-RF24G V1.0

ET-RF24G V1.0 เป็นชุด Signal Converter สำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่าง RS232 และ RF-Wirelessโดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล (Transmitter) จะทำหน้าที่รอรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232จากขา RX แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ (GFSK) ส่งออกไปในอากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงานแบบรับ (Receiver) ชุด ET-RF24G V1.0 ก็จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ (GFSK)จากด้าน RF เพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วย

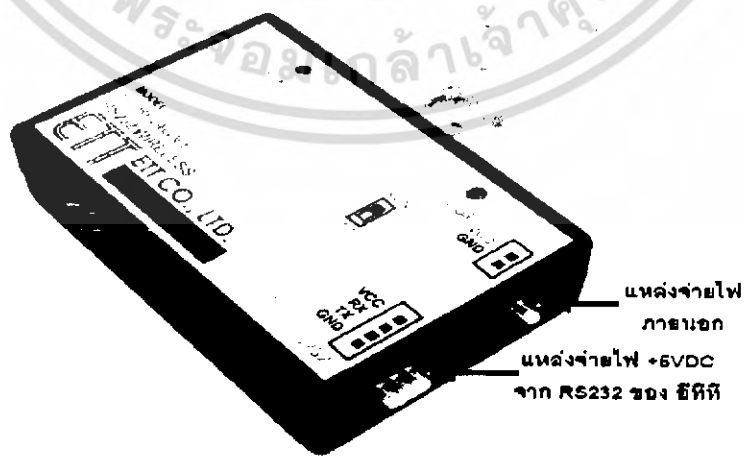
ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดแปลงสัญญาณ ET-RF24G V1.0 นั้น สามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสารอนุกรม แบบ RS232 เพื่อใช้งานในลักษณะของการสื่อสารอนุกรมแบบไร้สาย (Wireless Transceiver) ได้โดยตรง โดยจะมีข้อดีกว่า คือ สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ในระยะทางที่ไกลกว่า RS232 หลายเท่าตัว และประการสำคัญ คือไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นตัวนำสัญญาณทางไฟฟ้าในการสื่อสารข้อมูลกัน ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้ายจุดรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งถ้าเป็นการรับส่งข้อมูลด้วยระบบ RS232 แบบที่ใช้สายสัญญาณนั้นจะเกิดความยุ่งยากในการติดตั้งสายสัญญาณเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลโดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการสื่อสารนั้น ก็มีข้อจำกัดบางประการเหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่รับส่งกัน ซึ่งมีโอกาสผิดพลาดหรือสูญหายได้เหมือนกัน เนื่องจากในการลำเลียงข้อมูลนั้นไม่ได้ใช้สายสัญญาณเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล แต่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลแทน ซึ่งมีโอกาสที่ข้อมูลจะเกิดการรบกวนจากสัญญาณอื่นๆที่มีย่านความถี่ใกล้เคียงกันแล้วทำให้ข้อมูลผิดเพี้ยนไปได้บ้างเหมือนกัน ซึ่งระบบการจัดการข้อมูลของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น มีระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่จัดว่าดี โดยข้อมูลแต่ละ Byte ที่มีการรับส่งกันนั้นจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ด้วยแล้ว โดยข้อมูลที่รับได้จากด้าน RF นั้นรับประกันได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลนั้นมีโอกาสผิดพลาดในเรื่องของการสูญหายของข้อมูลบ้างเหมือนกัน เนื่องจากกลไกลในการรับส่งข้อมูลของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น จะมีการตรวจสอบข้อมูลทุก Byte ที่รับได้จาก RF เสมอ ซึ่งถ้าพบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นจะทิ้งข้อมูล Byte นั้นไป u3595 ซึ่งผู้ใช้ควรมีกลไกในการตรวจสอบข้อมูลที่รับส่งกันว่าครบถ้วนหรือไม่ด้วย ซึ่งหากพบว่ามีการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นก็ให้ร้องขอให้มีการส่งข้อมูลนั้นซ้ำนั้นๆใหม่อีกครั้งหนึ่ง ก็จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

2.3.2 Power Supply

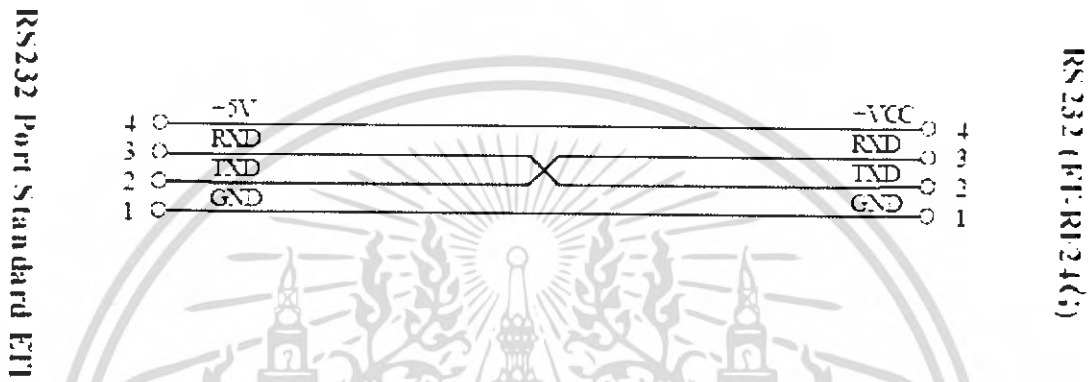
สำหรับการต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น จะสามารถเลือกต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องได้ 2 ทางด้วยกัน โดยเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น ต้องการไฟเลี้ยงวงจร ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายกระแสตรง ขนาดประมาณ +5VDC ถึง +9VDC โดยจุดเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นี้ สามารถเชื่อมต่อได้2จุดด้วยกันโดยผู้ใช้สามารถเลือกต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 จุดใดจุดหนึ่งก็ได้



รูปที่ 2.5 แสดงแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง ET-RF24G V1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

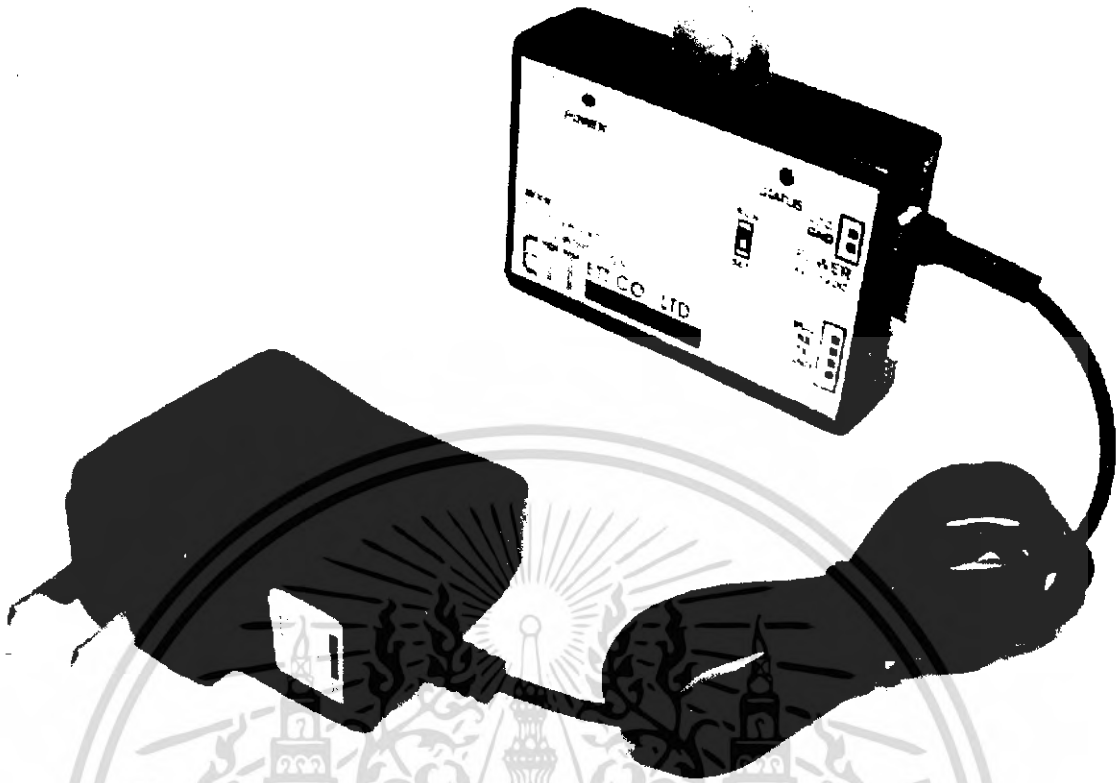
ในกรณีที่นำเครื่อง ET-RF24G V1.0 ไปเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นต่างๆ ของ อีทีที นั้นสามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อจ่ายให้กับตัวเครื่อง ET-RF24G V1.0 ได้ทันที โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เนื่องจากขั้วต่อสัญญาณ RS232 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นต่างๆ ของบริษัท อีทีที นั้น ได้จัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟตรง ขนาด +5V เตรียมไว้ให้ด้วยแล้ว โดยผู้ใช้เพียงแต่นำสายสัญญาณRS232 ซึ่งทำการต่อสายสัญญาณครบทั้ง 4 เส้น ดังรูปมาเชื่อมต่อก็สามารถใช้งานได้แล้ว



รูปที่ 2.6 แสดงการต่อสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครฯ ของ อีทีที

แต่สำหรับกรณีที่นำเครื่อง ET-RF24G V1.0 ไปต่อใช้งานกับอุปกรณ์อื่นๆที่ไม่ได้มีการจัดเตรียมจุดต่อไฟเลี้ยงไว้ให้ด้วย ผู้ใช้จำเป็นต้องจัดหา Adapter จ่ายไฟจากภายนอกมาต่อให้กับเครื่องET-RF24G V1.0 ต่างหากด้วย โดยให้เลือกแหล่งจ่ายไฟที่มีขนาดแรงดันไฟตรงประมาณ +5VDC และสามารถจ่ายกระแสได้ประมาณ300mA เป็นอย่างน้อย ซึ่งในกรณีนี้ขอแนะนำให้เลือกใช้ Power Supply รุ่น "ACH-4E" ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟแบบ Switching Power ใช้กับไฟบ้าน 220VAC และให้เอาท์พุตเป็นไฟกระแสตรง ขนาดประมาณ 5VDC /750mA เพราะ Power Supply รุ่น นี้ สามารถใช้งานร่วมกับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความร้อนสะสมที่วงจร Regulate ของบอร์ด ET-RF24G V1.0 มากนัก ซึ่งถ้าผู้ใช้เลือกใช้แหล่งจ่ายไฟรุ่นอื่นๆ ที่มีขนาดแรงดันสูงกว่า +5V มากๆ ซึ่งถึงแม้ว่าจะสามารถใช้งานร่วมกันกับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ได้ แต่ถ้ามีการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆแล้ว อาจทำให้เกิดความร้อนสะสมที่ตัวไอซี Regulate มากเกินไป จนอาจทำให้ภาค Power ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 หยุดจ่ายไฟทำให้เครื่องหยุดทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



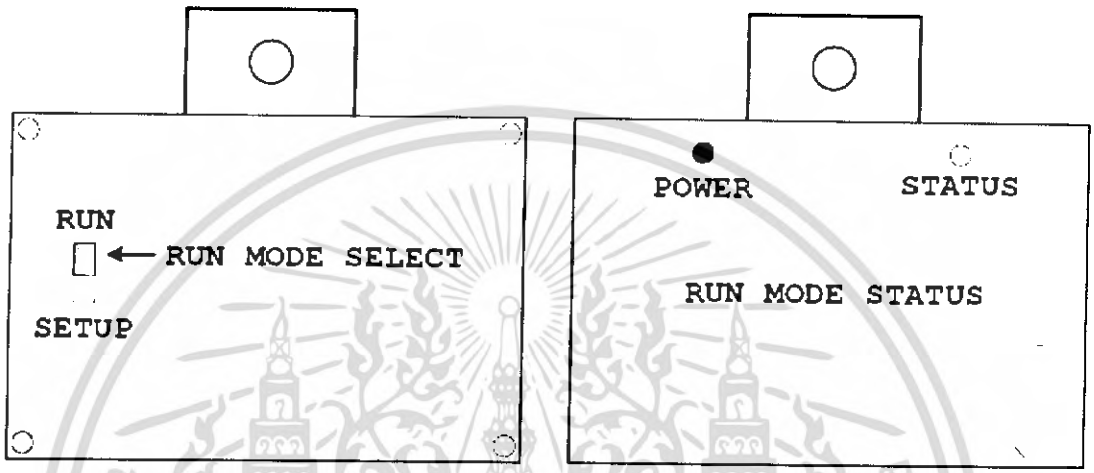
รูปที่ 2.7 แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟรุ่น "ACH-4E" จากภายนอกให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0

2.3.3 โหมดการทำงาน

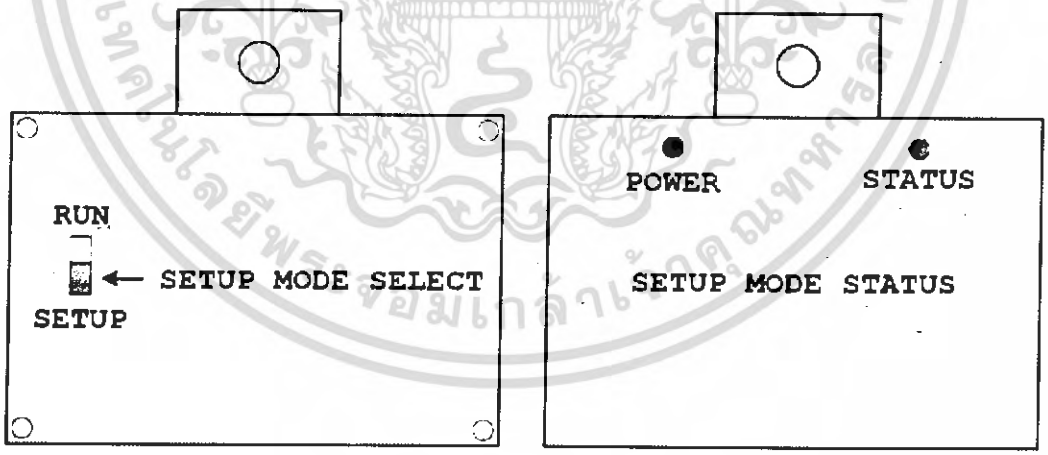
สำหรับโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 โหมด ด้วยกัน โดยการกำหนดโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 นั้นจะกระทำผ่าน Switch เลือกโหมด ซึ่งอยู่ด้านใต้กล่อง โดยการเลือกโหมดการทำงานนั้นจะต้องกระทำให้เสร็จเรียบร้อยก่อนการจ่ายไฟให้กับ ET-RF24G V1.0 ด้วยเสมอ เนื่องจากการทำงานของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้นจะทำการตรวจสอบโหมดการทำงานของเครื่องจาก Switch เลือกโหมด เฉพาะในช่วงของการจ่ายไฟเลี้ยงให้เครื่องเริ่มต้นทำงานครั้งแรก (Power-ON) เท่านั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการทำงานของ Switch เลือกโหมด หลังจากทำการจ่ายไฟให้กับ ET-RF24G V1.0 ไปแล้ว จะไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องแต่อย่างใด โดยการทำงานของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้นจะมี LED แสดงสถานะการทำงานของเครื่องจำนวน 2 หลอด คือ LED POWER ซึ่งเป็น LED สีแดง โดยที่ LED POWER นี้จะติดสว่างให้เห็นตลอดเวลาที่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้เครื่องทำงานอยู่ ส่วน LED อีกดวงหนึ่งนั้นจะเป็น LED สีเขียว ใช้แสดงสถานะการทำงานของเครื่องซึ่งเรียกว่า LED STATUS โดย LED STATUS นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเกิดการกระพริบตามจังหวะของการรับส่งข้อมูลกันในแต่ละครั้งโดยในสภาวะปรกตินั้น ถ้าเครื่องทำงานอยู่ใน RUN MODE หลอด LED STATUS จะดับอยู่ตลอดเวลาถ้าไม่มีการรับส่งข้อมูล แต่ถ้าตัวเครื่องทำงานอยู่ใน SETUP MODE หลอด LED STATUS จะติดอยู่ตลอดเวลาถ้าไม่มีการรับส่งข้อมูล โดยโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 จะมีอยู่ด้วยกัน 2 โหมด คือ RUN Mode และ Setup Mode



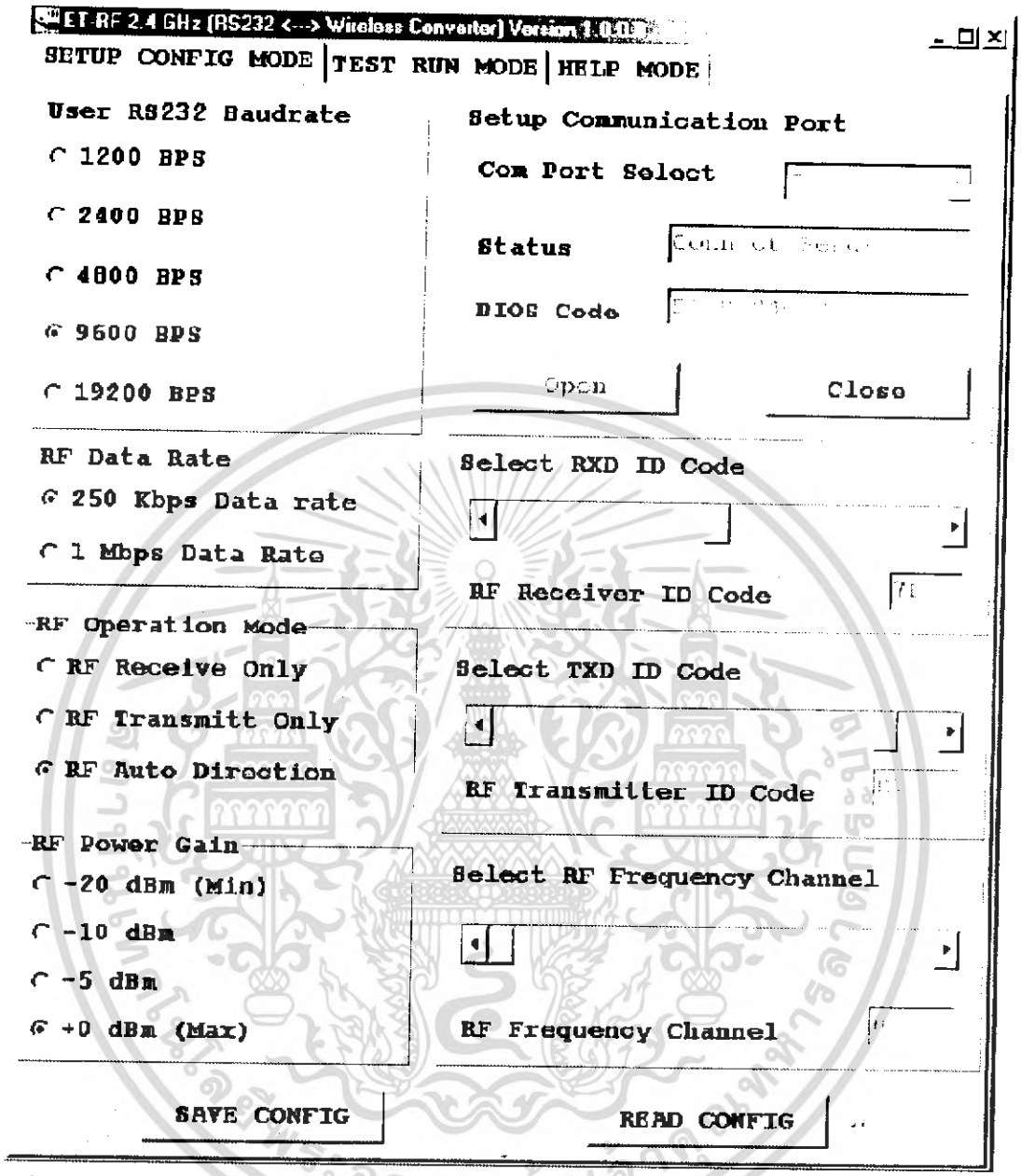
รูปที่ 2.8 แสดงการเลือกโหมดการทำงานสำหรับใช้งานปรกติ (Run Mode)



รูปที่ 2.9 แสดงการเลือกโหมดการทำงานสำหรับกำหนดค่า Configuration (Setup Mode)

โดยทุกๆ ครั้งที่เริ่มต้นจ่ายไฟเข้าเครื่องในครั้งแรกนั้น การทำงานของ ET-RF24G V1.0 จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Configuration เสมอทุกๆ ครั้ง โดยคุณสมบัติของ Configuration ต่างๆ นั้นมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงรูปโปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดค่า Configuration ของ ET-RF24G V1.0

User RS232 Baudrate ใช้สำหรับกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้าน RS232 ของตัวเครื่อง ในขณะที่ทำงานอยู่ใน Run Mode ซึ่งสามารถกำหนดได้ 5 ค่าคือ

- 1200 BPS
- 2400 BPS
- 4800 BPS
- 9600 BPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-19200 BPS

RF Data Rate ใช้สำหรับกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้าน RF ของ ET-RF24G V1.0 ซึ่งจะต้องกำหนดให้เครื่อง ET-RF24G V1.0 ทุกๆตัว ที่จะนำมาใช้ติดต่อสื่อสารกัน มีค่าอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RF หรือ RF Data Rate นี้มีค่าเท่ากันทั้งหมด ซึ่งถ้ากำหนดค่าความเร็วต่างกันจะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ ซึ่งค่าอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลนี้จะมีผลต่อระยะทางการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งถ้าใช้ความเร็วในการส่งสูง (1Mbps) จะทำให้รัศมีการรับส่งข้อมูลได้ระยะทางสั้นลง แต่ถ้าใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ช้าลง (250Kbps) จะทำให้ได้รัศมีการรับส่งไกลขึ้น โดยค่า RF Data Rate สามารถกำหนดได้ 2 ค่า คือ

- 250 Kbps

- 1 Mbps

RF Operation Mode ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 ซึ่งสามารถกำหนดหน้าที่การทำงานได้ 3 แบบ ด้วยกันคือ

- RF Receive Only เป็นการกำหนดให้ ET-RF24G V1.0 ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรอรับข้อมูลทางด้านRF เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบRS232 และส่งออกไปทางด้านขา TX ของ RS232 ตลอดเวลา

- RF Transmit Only เป็นการกำหนดให้ ET-RF24G V1.0 ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรอรับข้อมูลทางด้าน RS232 จากขา RX เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ GFSK และส่งออกไปทางด้าน RF ตลอดเวลา

- RF Auto Direction เป็นการกำหนดโหมดการทำงานแบบ Half Duplex 2 ทิศทาง ซึ่งสามารถสลับโหมดการทำงานระหว่างการรับและส่งข้อมูลได้เองโดยอัตโนมัติ โดยในโหมดการทำงานนี้เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะรอตรวจสอบข้อมูลทั้งจากด้าน RS232 และด้าน RF อยู่ตลอดเวลาโดยถ้าได้รับข้อมูลจากด้าน RS232 ก็จะทำการแปลงแล้วส่งออกทางด้าน RF จากนั้นก็จะกำหนดให้ด้าน RF กลับมาเป็นฝ่ายรอรับข้อมูลตามเดิม และเมื่อได้รับข้อมูลจากด้าน RF ก็จะแปลงเป็นข้อมูลแล้วส่งออกไปทางด้าน RS232 โดยอัตโนมัติ

RF Power Gain เป็นการกำหนดกำลังส่งของวงจร RF Power ที่ใช้ในการส่งข้อมูล โดยค่า +0dBm เป็นค่ากำลังส่งสูงสุด ส่วน -20dBm เป็นค่ากำลังส่งต่ำสุด โดยสามารถกำหนดได้ 4 ระดับ คือ

- -20dBm (กำลังส่งต่ำสุด)

- -10dBm

- -5dBm

- +0dBm (กำลังส่งสูงสุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RXD ID Code เป็นรหัส ID Code ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมดของการรับข้อมูลจาก RF โดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 ด้านส่งจะทำการส่งข้อมูลออกไปทาง RF นั้นจะมีการระบุหมายเลข IDCode ของด้านรับรวมไปกับชุดข้อมูลด้วยเสมอ โดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 ที่อยู่ทางด้านรับทำการรับข้อมูลจากด้าน RF ได้ อันดับแรกมันจะทำการเปรียบเทียบรหัส ID Code ที่รวมมากับข้อมูลที่รับมาได้ว่าตรงกับรหัสของ RXD ID Code ที่กำหนดไว้ในตัวมันหรือไม่ ซึ่งถ้าถูกต้องก็จะแยกเอาเฉพาะส่วนของข้อมูลที่รับเข้ามาได้เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ RS232 แล้วส่งออกไปทางด้าน TX ของ RS232แต่ถ้ารหัส ID Code ที่รับมาได้ไม่ตรงกับรหัส RXD ID Code ที่กำหนดไว้ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทิ้งข้อมูลชุดนั้นไปทันที โดยค่า RXD ID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรูปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)

TXD ID Code เป็นรหัส ID Code ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปหา โดยที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 ที่ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูลนั้น เมื่อมันสามารถรับข้อมูลจาก RS232 ได้แล้ว มันจะทำการนำเอาข้อมูลนั้นไปเข้ารหัสรวมกับ TXD ID Code ที่กำหนดไว้ แล้วส่งออกไปทางด้าน RF โดยรหัสของTXD ID Code นี้หมายถึง รหัส RXD ID Code ของฝ่ายรับที่ต้องการส่งข้อมูลไปหานั่นเอง โดยค่า TXDID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรูปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)

RF Frequency Channel เป็นการกำหนดค่าของช่องความถี่ที่จะใช้ในการรับส่งข้อมูลกัน โดยสามารถเลือกกำหนดช่องความถี่ได้สูงสุดมากถึง 125 ช่อง (0-124) โดยการที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำการรับส่งข้อมูลกันได้นั้นจะต้องกำหนดช่องความถี่ที่ตรงกัน และ ใช้อัตราความเร็ว RF Data Rate ที่เท่ากันด้วย ซึ่งที่สามารถเลือกกำหนดช่องความถี่ RF Frequency Channel ได้นั้น จะมีประโยชน์เป็นอย่างมากในกรณีที่มีการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 จำนวนหลายๆกลุ่ม ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกัน โดยให้กำหนดช่องความถี่ของ ET-RF24G V1.0 กลุ่ม ที่จะสื่อสารข้อมูลร่วมกันไว้ที่ช่องความถี่เดียวกัน ส่วนกลุ่ม อื่นๆก็ให้เลือกกำหนดช่องความถี่ที่แตกต่างกันออกไปเพื่อลดปัญหาการรบกวนกัน

2.3.4 ข้อแนะนำในการกำหนดค่า Configuration

การกำหนดค่า Configuration ให้กับเครื่องET-RF24G V1.0 นั้น สามารถเลือกกำหนดได้ตามความต้องการและจุดประสงค์ของการใช้งาน โดยแต่ละโหมดของการใช้งานนั้นจะมีค่า Configuration ที่เหมาะสมต่างกันซึ่งขอแนะนำวิธีการกำหนดค่า Configuration ดังแนวทางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RS232 หรือ User RS232 Baudrate ที่ความเร็ว 19200 Bps นั้นเหมาะกับการใช้งาน ET-RF24G V1.0 แบบ Receive Only หรือ Transmit Only ซึ่งมีการตรวจสอบความพร้อมของสัญญาณในการรับส่งข้อมูลกันด้วย แต่ถ้าต้องการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมด Auto Direction นั้น ควรกำหนดค่า User RS232 Baudrate ไว้ที่ความเร็วไม่เกิน 9600 Bps จะดีที่สุด และควรกำหนดค่า Baudrate ของทั้งสองฝ่ายให้มีค่าเท่ากันด้วย

- ค่าความเร็วของการรับส่งข้อมูลด้าน RF หรือ RF Data Rate ที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ระยะทางไกลมากที่สุด และ มีโอกาสผิดพลาดน้อยที่สุด คือ 250Kbps

- ค่า RF Power Gain ที่ดีที่สุดคือ 0dBm ซึ่งเป็นค่ากำลังส่งสูงสุด ซึ่งจะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลที่สุด แต่ถ้าระยะการรับส่งข้อมูลไม่ไกลกันมาก และมีการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0จำนวนหลายๆกลุ่มในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ก็อาจทำการลดกำลังส่งให้ต่ำลงเพื่อลดปัญหาการรบกวนกันหรือกำหนดช่องความถี่ RF Frequency Channel ให้ห่างกันมากๆ

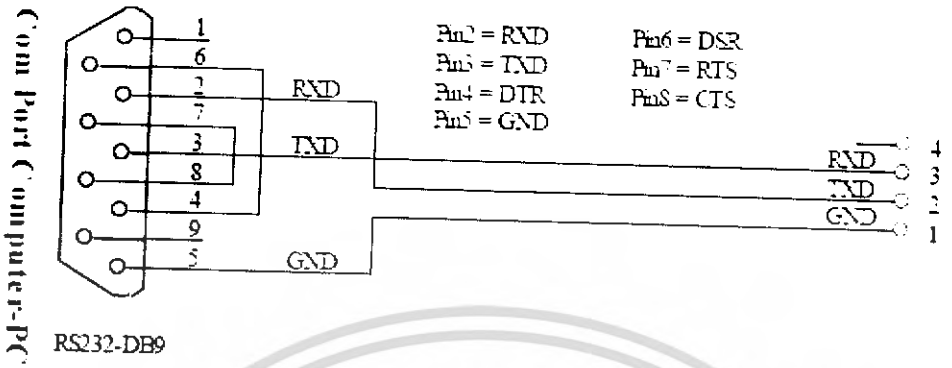
- ในกรณีที่มีการใช้เครื่อง ET-RF24G V1.0 หลายๆกลุ่ม ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ควรกำหนดช่องความถี่ในการใช้งาน หรือ RF Frequency Channel ให้ห่างกันด้วยเพื่อป้องกันการรบกวนกัน

- การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 แบบ Auto Direction นั้น ถ้ามีการส่งข้อมูลจำนวนมากๆ ควรจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดๆ โดยให้มีขนาดข้อมูลชุดละไม่เกิน 64 Byte โดยในการส่งข้อมูลแต่ละชุดนั้นให้ทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยให้ข้อมูลแต่ละ Byte มีระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 2.5mS เนื่องจากถ้าข้อมูลขาดหายไปนานกว่านี้ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำการเปลี่ยนโหมดของการส่งข้อมูลกลับเป็นโหมดของการรับข้อมูลแทน ซึ่งเมื่อมีการส่งข้อมูล Byte ถัดไปมาอีกก็จะต้องเสียเวลาในการสลับโหมดจากฝ่ายรอรับข้อมูลให้เป็นฝ่ายส่งข้อมูลอีก ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการจัดส่งข้อมูลลดลงเนื่องจากต้องเสียเวลาในการสลับโหมดการทำงานของวงจรภาค RF อยู่ตลอดเวลา โดยที่เมื่อทำการจัดส่งข้อมูลครบ 64 Byte แล้ว ให้ทำการหน่วงเวลาไว้ชั่วขณะหนึ่ง ประมาณ 1mS-2mS แล้วจึงส่งข้อมูลชุดถัดไปอีกอย่างนี้เรื่อยๆ จะทำให้การรับส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงสุด

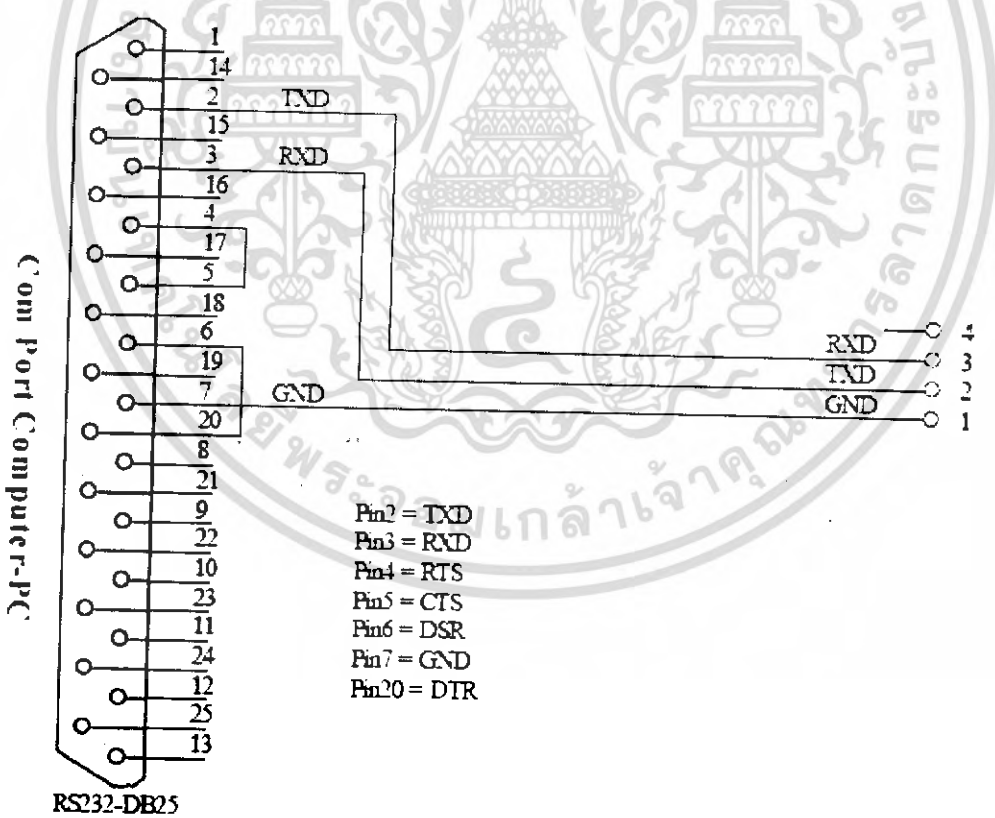
- การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 แบบ Auto Direction นั้น ควรหน่วงเวลาในการสลับโหมดจากฝ่ายของการรอรับข้อมูลเป็นฝ่ายส่งข้อมูล อย่างน้อยที่สุด 3mS - 5mS ซึ่งถ้าส่งข้อมูลย้อนกลับด้วยเวลาที่เร็วกว่านี้อาจทำให้ฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถรับข้อมูล Byte แรกได้ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การเชื่อมต่อสัญญาณ RS232

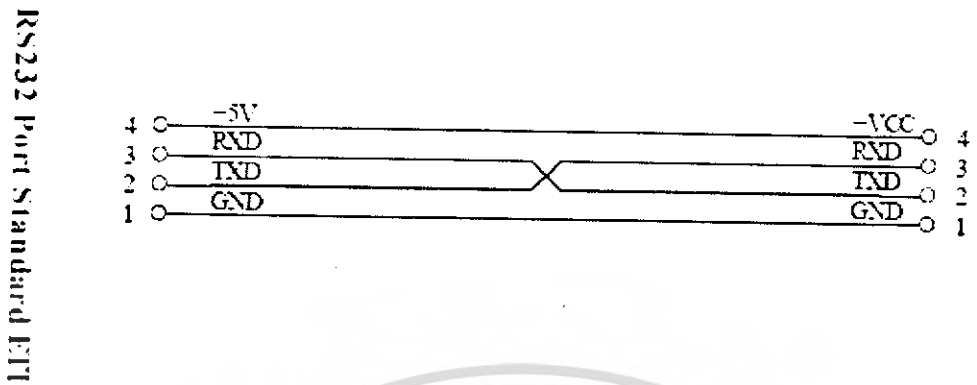


รูปที่ 2.11 แสดงการเชื่อมต่อ RS232 กับ DB9 ซึ่งเป็นการต่อระหว่าง เครื่อง PC กับ Wireless-RS232



รูปที่ 2.12 แสดงการเชื่อมต่อ RS232 กับ DB25 ซึ่งเป็นการต่อระหว่าง เครื่อง PC กับ Wireless-RS232

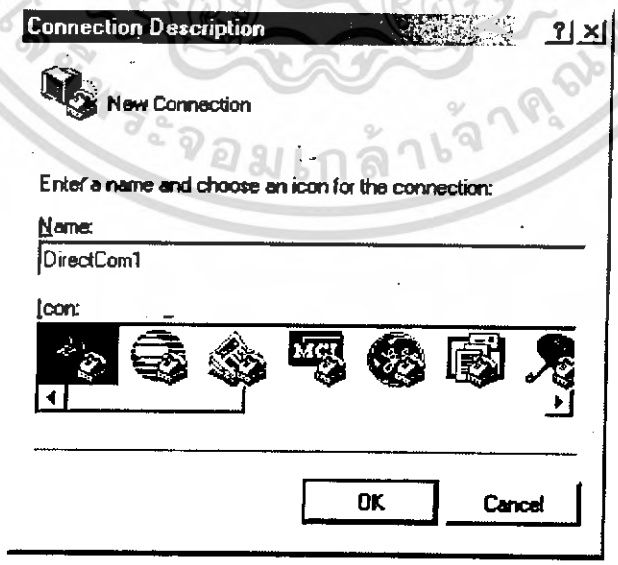
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงการเชื่อมต่อ RS232 กับ Rs232 ซึ่งเป็นการต่อระหว่าง เครื่อง PLC กับ Wireless-RS232

สำหรับตัวอย่างการใช้งานนั้น จะขอแสดงให้เห็นโดยใช้คอมพิวเตอร์ PC เป็นอุปกรณ์การทดลอง โดยในที่นี้จะขอเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้ในการสื่อสารของ Windows ซึ่งก็คือ Hyper Terminal โดยใน 2 ตัวอย่างแรกนั้นจะใช้งานกับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในรูปแบบโหมด Auto Direction ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

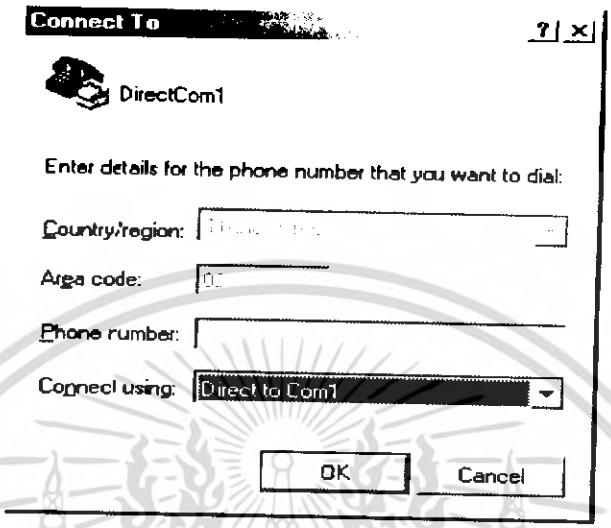
1. เรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal ของ Windows โดยเรียกจาก Start - Programs - Accessories -Communications - Hyper Terminal ซึ่งจะได้ผลดังรูป



รูปที่ 2.14 แสดงการตั้งชื่อในการใช้งาน Hyper Terminal

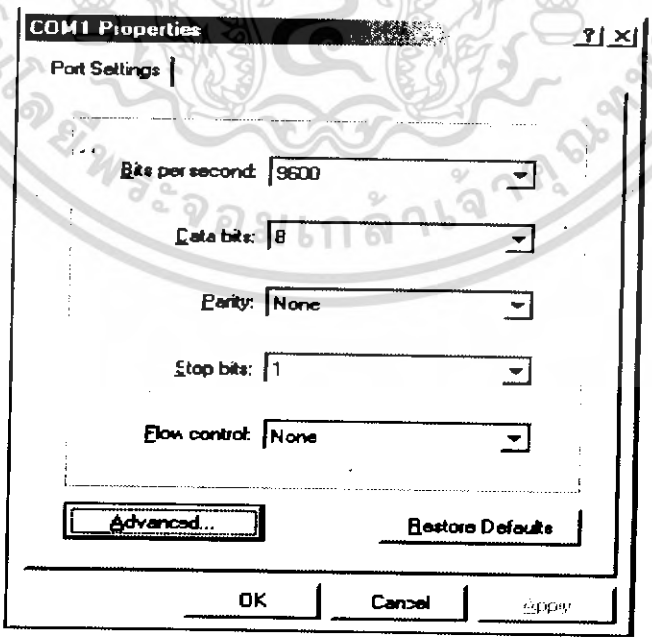
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72112

2. ให้เลือกกำหนดชื่อสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถกำหนดได้เองตามต้องการ โดยในตัวอย่างจะกำหนดเป็น DirectCom1 จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 2.15 แสดงการเชื่อมต่อ

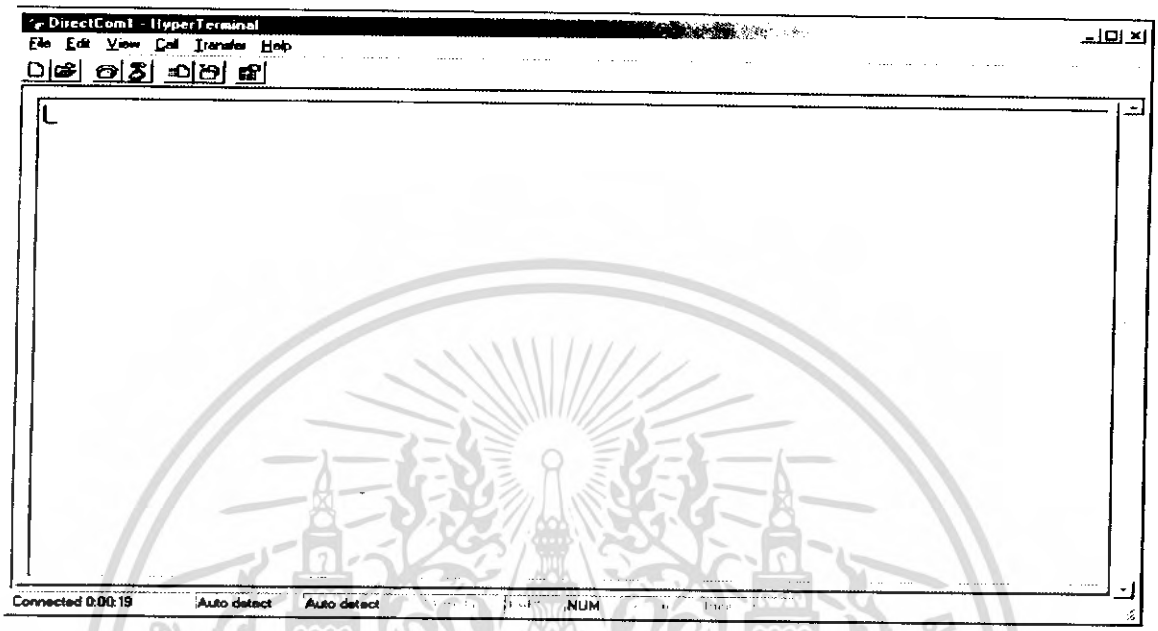
3. ให้เลือกกำหนดการเชื่อมต่อเป็น Direct to Com1 ซึ่งถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Comport อื่นที่ไม่ใช่ Com1 ก็ให้เลือกให้ตรงกับความเป็นจริง จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 2.16 แสดงการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของพอร์ตอนุกรม RS232

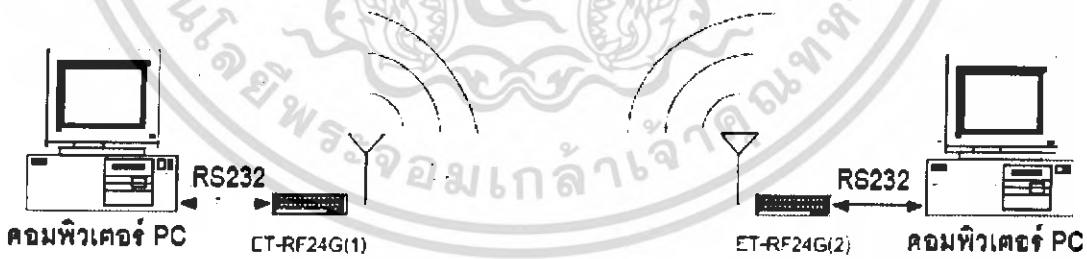
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในขั้นตอนนี้ จะใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรม RS232 โดยให้เลือก Bit per second = 9600, Data Bit = 8 ,Parity = None ,Stop Bit=1 ส่วน Flow Control ให้เลือกเป็น None จากนั้นเลือก OK ซึ่งจะเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมหลักของ Hyper Terminal ดังรูป



รูปที่ 2.17 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Hyper Terminal

ตัวอย่างที่ 1 การรับส่งข้อมูล 2 ทิศทาง (Half Duplex) แบบ จุดต่อจุด (Point-to-Point)



รูปที่ 2.18 แสดงการรับส่งข้อมูล 2 ทิศทาง (Half Duplex) แบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)

สำหรับตัวอย่างนี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารอนุกรมแบบ RS232 จำนวน 2 ชุดโดยต้องใช้รูปแบบการสื่อสารแบบ Half Duplex หรือ ผลัดกันรับ ผลัดกันส่ง กล่าวคือ ด้านรับจะต้องทำการรอรับข้อมูลจากด้านส่งจนครบทั้งหมด แล้วจึงจะส่งข้อมูลตอบกลับไปได้ ซึ่งจะไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกลับไปในขณะที่กำลังรับข้อมูลอยู่ได้ โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อสารแบบนี้ฝ่ายรับข้อมูลจะต้องรอให้รับข้อมูลได้ครบทั้งหมดเสียก่อน จากนั้นจึงจะส่งข้อมูลตอบกลับไปได้ โดยให้กำหนดค่า Configuration ของตัวเครื่อง ET-RF24G V1.0 เป็นดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการตั้งค่าต่างๆ ระหว่างตัวรับ และตัวส่ง

ค่า Configuration	ET-RF24G V1.0 ตัวที่1	ET-RF24G V1.0 ตัวที่2
User RS232 Baudrate	9600 Bps	9600 Bps
RF Data Rate	250 Kbps	250 Kbps
RF Operation Mode	Auto Direction	Auto Direction
RF Power Gain	+0dBm	-0dBm
RXD ID Code	01	02
TXD ID Code	02	01
RF Frequency Channel	0	0

ข้อสังเกตในการกำหนด Configuration

- ค่า RF Frequency Channel ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้ง 2 ตัว
- ค่า RF Data Rate ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้ง 2 ตัว
- ค่า RXD ID Code ของตัวที่1 ต้องตรงกับ TXD ID Code ของตัวที่2
- ค่า TXD ID Code ของตัวที่1 ต้องตรงกับ RXD ID Code ของตัวที่2

สำหรับการทดสอบการทำงานด้วย Hyper Terminal นั้นให้ทดลองกดคีย์ใดๆ ในขณะที่ Run โปรแกรม Hyper Terminal อยู่ โดยจะสังเกตเห็นตัวอักษรจากแป้นพิมพ์ของฝ่ายที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูล จะถูกส่งออกไปแสดงผลที่หน้าจอโปรแกรม Hyper Terminal ของอีกฝ่ายหนึ่งในทันที

ข้อสังเกตุในการกำหนด Configuration

- ค่า RF Frequency Channel ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้งหมดทุกตัว
- ค่า RF Data Rate ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้งหมดทุกตัว
- ค่า RXD ID Code ของตัวที่1(Master) ต้องตรงกับ TXD ID Code ของตัวที่2-4(Slave1-3)
- ค่า TXD ID Code ของตัวที่1(Master) ต้องตรงกับ RXD ID Code ของตัวที่2-4(Slave1-3)

สำหรับการสื่อสารแบบนี้ จะต้องมีการกำหนด Protocol ขึ้นมาใช้ในการรับส่งข้อมูลกันด้วย ตัวอย่างเช่นกำหนดให้ใช้รหัส เครื่องหมาย '*' เป็นรหัสเริ่มต้นของชุดข้อมูล ตามด้วยรหัสหมายเลข ID Code ของ Slave ปลายทางเป็นตัวเลข 2 หลัก และจบด้วยรหัส Enter ดังนั้น ในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง Master จะต้องทำการส่งข้อมูลขนาด 4 Byte เสมอ และทางด้าน Slave ก็จะต้องรอรับข้อมูล โดยจะรอรับรหัสเครื่องหมาย '*' เป็นอันดับแรก ซึ่งเมื่อรับรหัสเครื่องหมาย '*' ได้แล้ว

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงรอรับข้อมูลถัดไปอีก 2 Byte จากนั้นจึงรอรับข้อมูล Byte ที่ 4 ซึ่งจะต้องตรวจสอบว่าเท่ากับรหัส Enter หรือไม่ ซึ่งถ้าใช่ก็แสดงว่ารับข้อมูลได้ถูกต้อง จากนั้นจึงทำการตรวจสอบข้อมูลใน Byte ที่ 2 และ 3 ว่าตรงกับรหัส ID Code ของตัวเองหรือไม่ โดย Slave-1 จะมีรหัสเป็น '0' ,'1' ส่วน Slave-2 และ Slave-3 ก็จะมีรหัส ID Code เป็น '0' ,'2' และ '0','3' ตามลำดับ ซึ่งถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าข้อมูลใน Byte ที่ 2 และ 3 ตรงกับค่ารหัส ID Code ของตนเอง ก็ให้ตอบกลับด้วย รหัส ID Code ตามด้วยข้อความ 'OK'

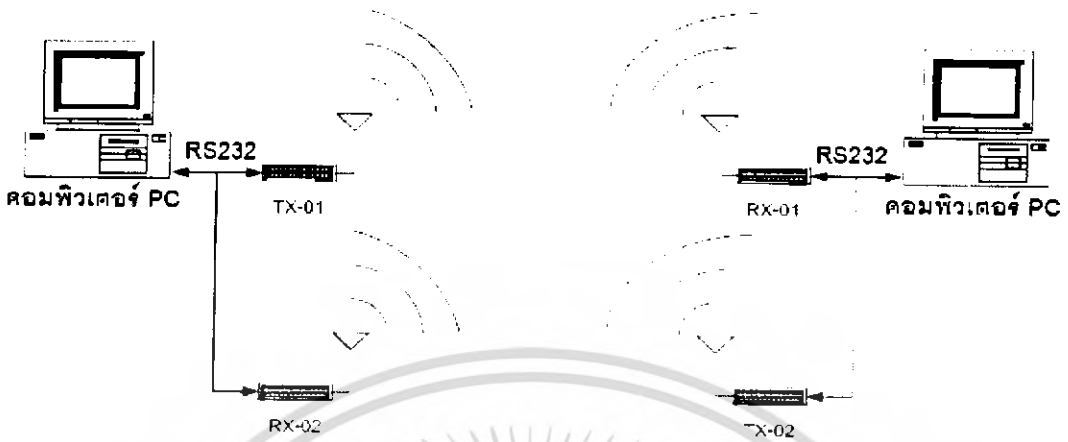
ซึ่งจากตัวอย่าง Protocol ข้างต้นจะได้ว่า เมื่อ Master ต้องการส่งข้อมูลไปยัง Slave-1 จะต้องมีการระบุหมายเลข ID Code ของ Slave-1 รวมไปในชุดข้อมูลด้วย โดยจะส่งข้อมูลเป็น '*' , '0','1',Enter ออกไป ซึ่งข้อความดังกล่าวที่ส่งออกไปจาก Master นั้น ตัว Slave ทุกตัวจะสามารถรับข้อมูลได้เหมือนกันทั้งหมด ซึ่ง Slave ทุกตัวจะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รับได้ ซึ่งในที่นี้ Slave-1 จะต้องตอบกลับด้วยข้อมูล '*', '0', '1', 'O', 'K', Enter เป็นต้น

ซึ่งจากตัวอย่างที่ได้กล่าวอธิบายมานี้ เป็นเพียงตัวอย่างแนวทางขั้นต้น เท่านั้น ซึ่งในการนำไปใช้งานจริงนั้นจะต้องมีการดัดแปลงและเพิ่มเติมข้อกำหนดต่างๆเข้าไปในชุดข้อมูลอีก เช่น รหัสคำสั่ง รหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Checksum) เป็นต้น ซึ่งข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้ผู้ใช้สามารถ คิดค้น ออกแบบ รูปแบบของข้อมูลและคำสั่งต่างๆขึ้นมาใช้งานได้เองตามต้องการ

สำหรับการทดสอบการทำงานด้วยโปรแกรม Hyper Terminal นั้น อันดับแรกให้ทดสอบกดแป้นพิมพ์จากเครื่องที่เป็น Master ด้วยข้อความ *01 และ Enter ดู ซึ่งจะเห็นข้อความดังกล่าวไปแสดงอยู่ที่หน้าจอโปรแกรมที่เป็นของตัว Slave ทุกๆตัวเหมือนกันหมด จากนั้นให้ทดลองคีย์ข้อความ *01OK และ Enter จาก Slave-1 ซึ่งก็จะเห็นข้อความนั้นไปปรากฏที่หน้าจอโปรแกรมของตัว Master ทันที ซึ่งในการทดสอบการทำงานนั้นจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการส่งข้อมูลใดๆจาก Master ข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปแสดงผลยังหน้าจอของ Slave ทุกตัวเหมือนกันหมด และเมื่อมีการส่งข้อมูลใดๆจาก Slave ไม่ว่าตัวใด ข้อมูลนั้นๆก็จะถูกส่งไปแสดงผลยังหน้าจอของ Master เช่นเดียวกัน แต่ข้อมูลที่ถูกส่งจาก Slave จะไม่ถูกส่งไปแสดงผลที่หน้าจอของ Slave ตัวอื่นๆเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2 การรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



รูปที่ 2.19 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ในตัวอย่างนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 สำหรับทำการรับส่งข้อมูลกันแบบ Full Duplex โดยกำหนดโหมดการใช้งานเป็น RF Receive Only และRF Transmit Only ฝ่ายละชุด

ตารางที่ 2.2 แสดงการตั้งค่าต่างๆ แบบ Full Duplex

ค่า Configuration	ET-RF24G V1.0 ฝ่ายต้นทาง		ET-RF24G V1.0 ฝ่ายปลายทาง	
	ตัวที่1 (RF RX1)	ตัวที่2 (RF TX1)	ตัวที่3 (RF RX2)	ตัวที่4 (RF TX2)
User RS232 Baudrate	19200 Bps	19200 Bps	19200 Bps	19200 Bps
RF Data Rate	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps
RF Operation Mode	RF RX Only	RF TX Only	RF RX Only	RF TX Only
RF Power Gain	+0dBm	+0dBm	+0dBm	+0dBm
RXD ID Code	01	-	02	-
TXD ID Code	-	02	-	01
RF Frequency Channel	0	124	124	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกตุในการกำ าหนด Configuration

- ค่า RF Data Rate ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้งหมดทุกตัว

- ค่า RF Frequency Channel ของ ตัวรับด้านต้นทางต้องกำหนดให้ตรงกับ ตัวส่ง ด้านปลายทาง

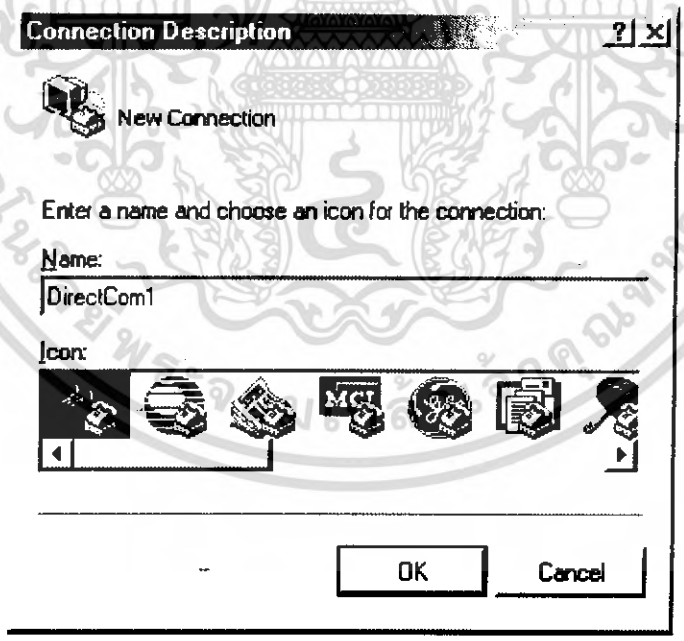
- ค่า RF Frequency Channel ของ ตัวส่งด้านต้นทางต้องกำหนดให้ตรงกับ ตัวรับ ด้านปลายทาง

- ค่า RXD ID Code ของ ตัวรับด้านต้นทางต้องตรงกับ TXD ID Code ของ ตัวส่ง ด้านปลายทาง

- ค่า TXD ID Code ของ ตัวส่งด้านต้นทางต้องตรงกับ RXD ID Code ของ ตัวรับ ด้านปลายทาง

สำหรับการทดสอบการใช้งาน ตามตัวอย่างนี้ สามารถเรียกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่จัดการเรื่องการสื่อสารอนุกรมของ Windows ซึ่งก็คือ Hyper Terminal ได้ทันที โดยในการใช้งานนั้นสามารถกระทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

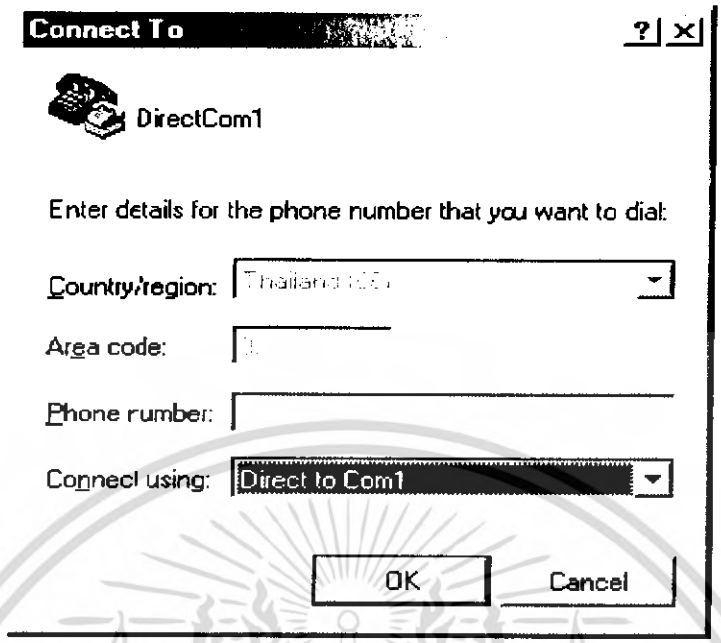
1. เรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal ของ Windows โดยเรียกจาก Start - Programs - Accessories -Communications - Hyper Terminal ซึ่งจะได้ผลดังรูป



รูปที่ 2.20 แสดงการตั้งชื่อในการใช้ Hyper Terminal แบบทดสอบ

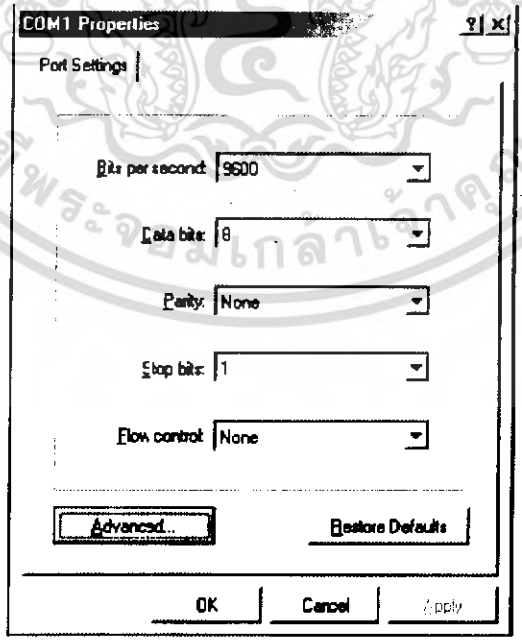
2. ให้เลือกกำหนดชื่อสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถกำหนดได้เองตามต้องการ โดยในตัวอย่างจะกำหนดเป็น DirectCom1จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงการเชื่อมต่อ

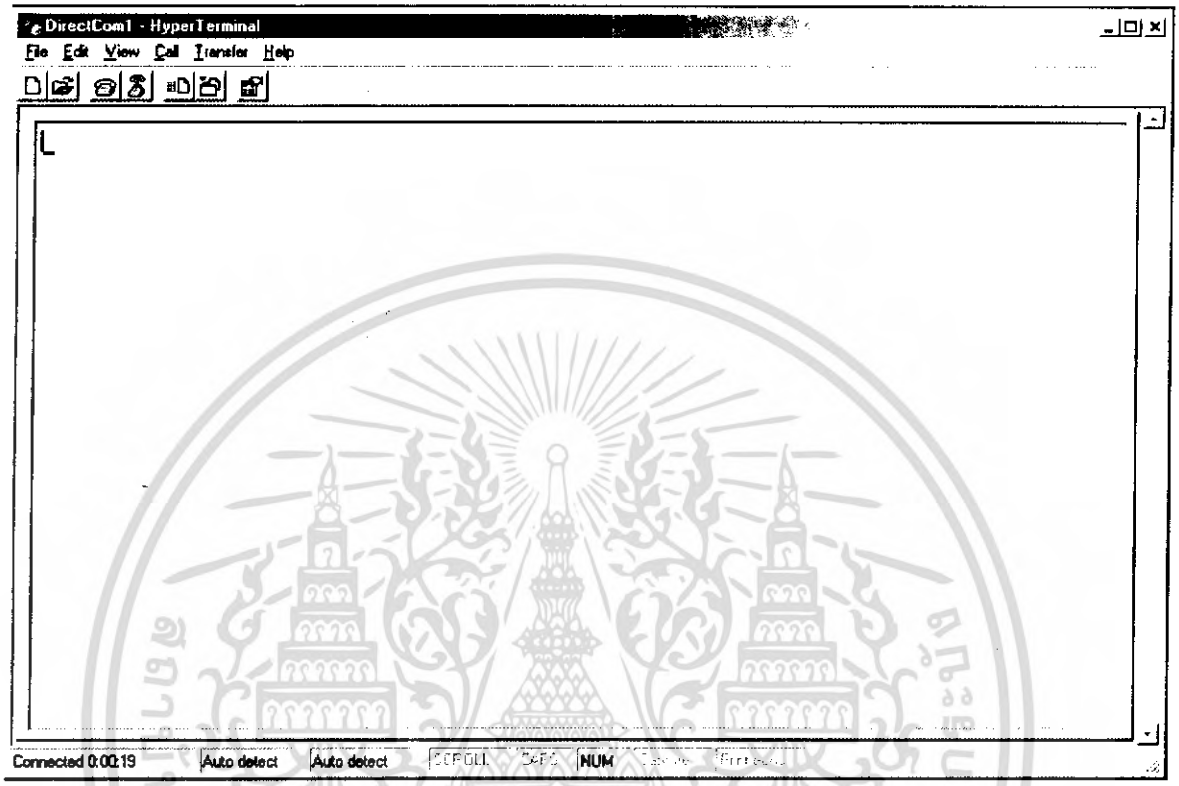
3. ให้เลือกกำหนดการเชื่อมต่อเป็น Direct to Com1 ซึ่งถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Comport อื่นที่ไม่ใช่ Com1 ก็ให้เลือกให้ตรงกับความเป็นจริง จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 2.22 แสดงการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของพอร์ตอนุกรม RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

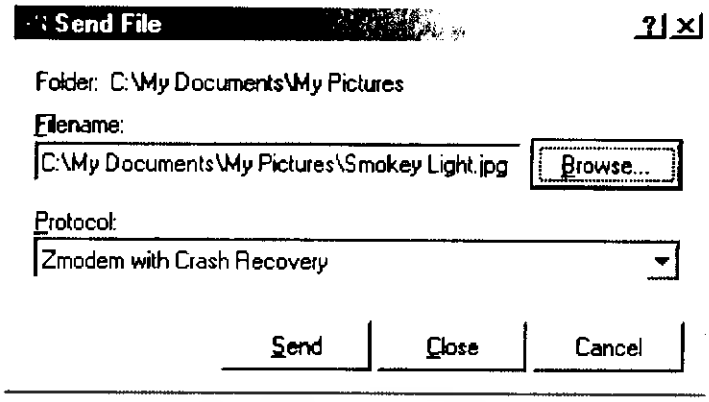
4. ในขั้นตอนนี้ จะใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรม RS232 โดยให้เลือก Bit per second = 9600 ,Data Bit = 8 ,Parity = None ,Stop Bit=1 ส่วน Flow Control ให้เลือกเป็น None จากนั้นเลือก OK ซึ่งจะเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมหลักของ Hyper Terminal ดังรูป



รูปที่ 2.23 แสดงโปรแกรม Hyper Terminal

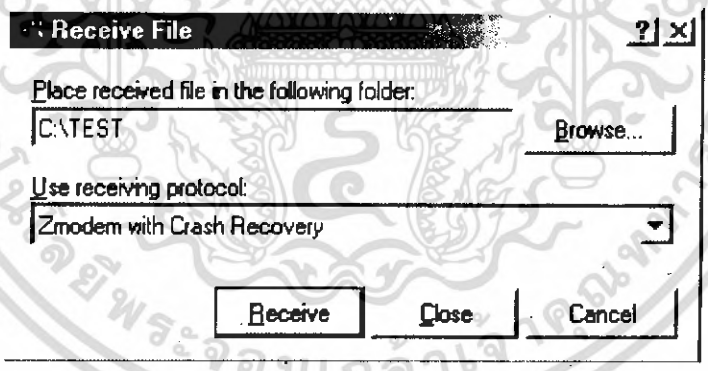
5. ในขั้นตอนนี้สามารถทำการรับส่งข้อมูลระหว่างทั้ง 2 ฝ่ายได้แล้ว ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการกดคีย์ใดๆจากฝ่ายหนึ่ง ซึ่งตัวอักขระบนคีย์นั้นๆจะถูกส่งไปแสดงผลยังฝั่งตรงข้ามทันที แต่ในที่นี้เราจะทำการทดสอบการรับและส่งไฟล์ โดยใช้ Protocol สำเร็จรูปของ Hyper Terminal ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมากหลาย Protocol โดยต้องกำหนดProtocol ให้ตรงกันทั้งฝ่ายส่งและฝ่ายรับ ซึ่งในขั้นตอนของการทดสอบนั้นต้องกำหนดให้ฝ่ายหนึ่งเป็นฝ่ายรับและให้อีกฝ่ายหนึ่งเป็นฝ่ายส่ง ซึ่งในที่นี้จะขอแนะนำให้ทดสอบโดยเลือกใช้ Protocol ของ Zmodem with CrashRecovery ซึ่งมีวิธีการทดสอบการรับส่งข้อมูลดังนี้ทางด้านฝ่ายส่งให้ทำการเลือกกำหนดไฟล์ที่จะส่งจากเมนูคำสั่ง Transfer ,Send File จากนั้นให้เลือกกำหนดชื่อและที่อยู่ของไฟล์ที่ต้องการจะส่ง โดยคลิกเมาส์ที่ปุ่ม Browse พร้อมกับกำ าหนดชื่อและที่อยู่ของไฟล์ตามต้องการ จากนั้นให้เลือกกำหนด Protocol ของการรับส่งข้อมูลเป็น Zmodem with Crash Recovery แล้วเลือกคลิกเมาส์ที่ปุ่ม Send เพื่อทำการเริ่มต้นส่งข้อมูลดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงการเริ่มต้นการส่งข้อมูล

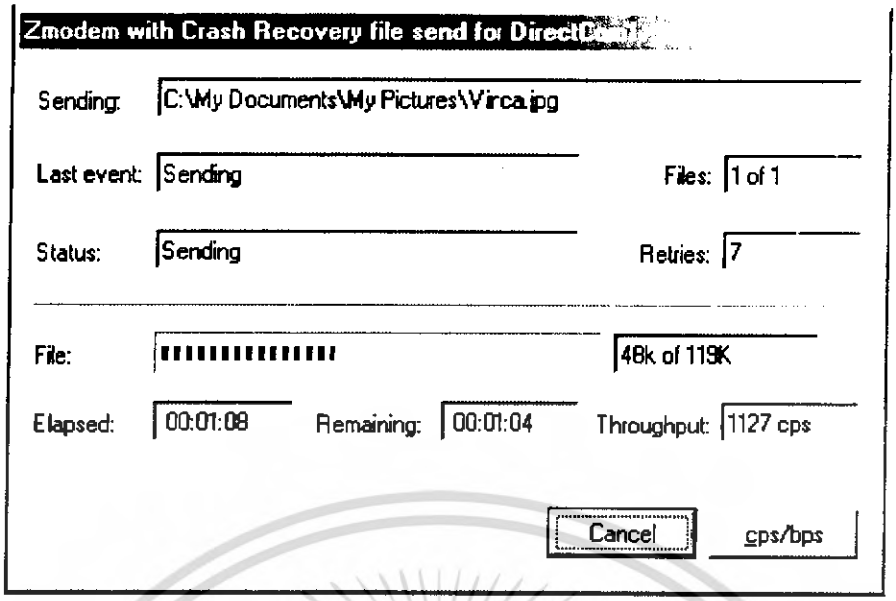
สำหรับในด้านที่เป็นฝ่ายรับข้อมูลนั้นก็ให้เลือกกำหนดการทำงานให้เป็นฝ่ายรับ โดยกำหนดจากเมนูคำสั่งของ Transfer ,Receive File จากนั้นให้เลือกกำหนดตำแหน่งของ Folder สำหรับใช้บันทึกไฟล์ที่รับได้จากฝ่ายส่ง โดยการเลือกจากปุ่ม Browse แล้วเลือกกำหนด Folder ที่ต้องการ ส่วนชื่อนั้นไม่ต้องกำหนดโดยโปรแกรม Hyper Terminal จะตั้งให้เองตามชื่อไฟล์จริงที่ส่งมา และในส่วนของ Protocol ที่ใช้นั้นก็ต้องกำหนดให้ตรงกับทางด้านส่ง คือ Zmodem with Crash Recovery จากนั้นให้เลือก Receive เพื่อให้โปรแกรมรอรับไฟล์จากด้านส่ง



รูปที่ 2.25 แสดงกาพฝ่ายรับข้อมูล

โดยในขณะที่มีการรับส่งข้อมูลกันอยู่นั้น โปรแกรม Hyper Terminal ทั้ง 2 ด้านจะแสดงสถานะการทำงานให้ทราบอยู่ตลอดเวลาดังรูป

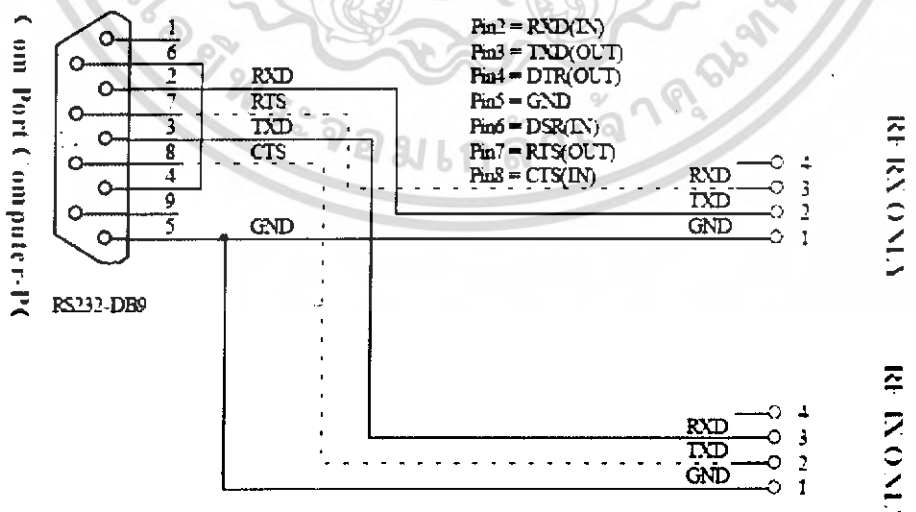
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แสดงสถานการณ์ทำงานของโปรแกรม Hyper Terminal

โดยให้รอจนกว่าการทำงานจะเสร็จสมบูรณ์ซึ่งหน้าต่างที่แสดงสถานะการทำงานของโปรแกรมจะถูกปิดไปเองโดยอัตโนมัติหลังจากทำการรับส่งข้อมูลกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว

โดยในการทดสอบการทำงานของโปรแกรมตามตัวอย่างนี้จะต้องกำหนดรูปแบบการสื่อสารของRS232ให้มีการตรวจสอบความพร้อมในการรับส่งข้อมูลกันด้วยสัญญาณทาง Hardware ด้วย โดยเลือกกำหนดรูปแบบการสื่อสารของ RS232 ในหัวข้อ Flow Control เป็น Hardware พร้อมกับต่อสายสัญญาณดังวงจรต่อไปนี้



รูปที่ 2.27 แสดงวงจรของสายที่ใช้สำหรับทดสอบการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex

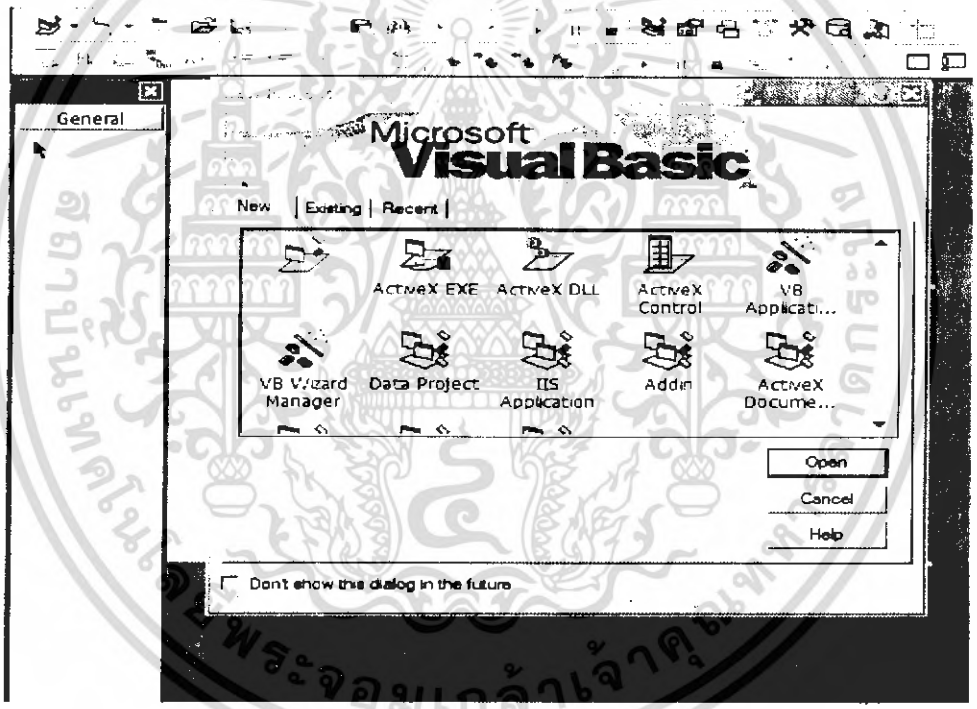
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โปรแกรม Visual Basic

2. 4.1 โปรแกรม Visual Basic 6.0 ขั้นพื้นฐาน

2.4.1.1 โปรแกรมเขียนด้วย Visual Basic 6.0 ขั้นพื้นฐาน

Visual Basic เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมแบบ Visual Programming ซึ่ง Visual Programming เป็นวิธีการเขียนโปรแกรมที่มีเครื่องมือช่วยพัฒนาโปรแกรมได้ง่าย โดยโปรแกรมที่สร้างจะมีลักษณะเหมือนตอนออกแบบหน้าจอ วิธีการพัฒนาโปรแกรมก็ง่ายเพียงแค่ออกแบบหน้าจอที่ต้องการ กำหนดคุณสมบัติและเขียนโค้ดกำกับ ซึ่งจะช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว สำหรับการใช้งานโปรแกรม Visual Basic นั้นไม่ได้จำกัดตัวเองอยู่เพียงแค่บน PC ที่ใช้วินโดว์เท่านั้นแต่ยังขยายความสามารถไปยังการใช้งานบน internet รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีไร้สาย



รูปที่ 2.28 แสดงหน้าจอ Visual Basic 6.0

2.4.1.2 รายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆของหน้าจอ

- Menu Bar เก็บคำสั่งที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมดใน Visual Basic 6.0 ประกอบด้วยเมนูทำงาน File, View, Windows

- Toolbar ประกอบด้วยปุ่มคำสั่งต่างๆ ที่ช่วยให้งานคำสั่งของ Visual Basic 6.0 ได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Toolbox เป็นกล่องเก็บ ActiveX Control ซึ่งเราจะนำมาประกอบเป็นส่วนต่างๆของแอพพลิเคชัน

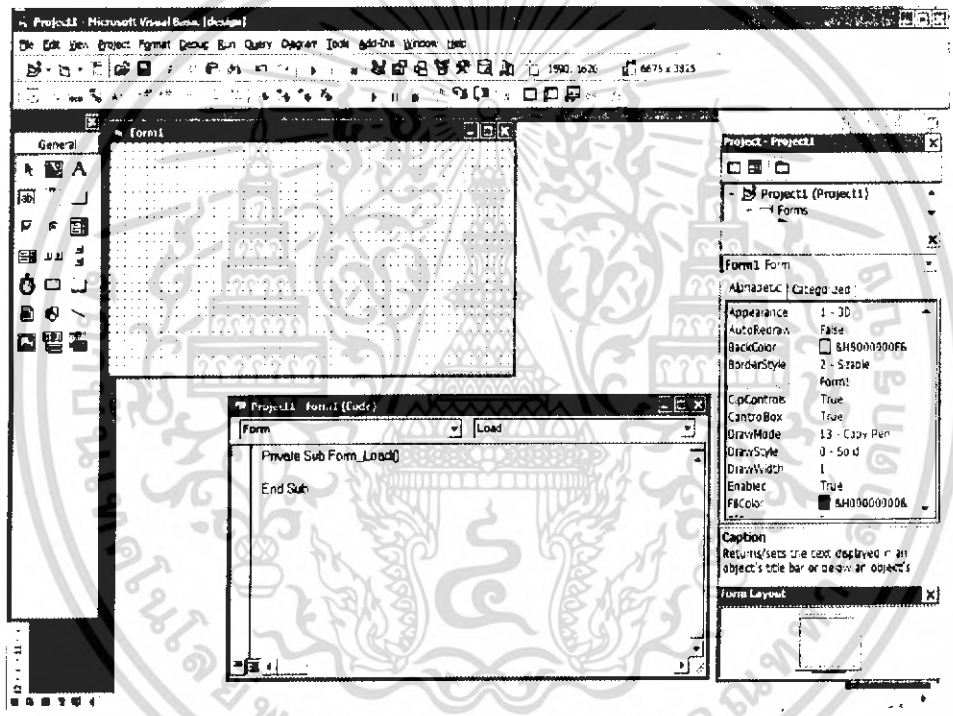
- Project Explorer เป็นเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของโปรเจ็กต์

- Properties windows เป็นส่วนที่กำหนดพรีอพเพอร์ตี้ให้กับออบเจ็กต์ต่างๆ ในแอพพลิเคชัน

- From Layout เป็นหน้าตาคร่าวๆ ของฟอร์มที่ได้จากการรันแอพพลิเคชัน ทำให้เราทราบตำแหน่งที่ปรากฏบนจอภาพเมื่อแอพพลิเคชันทำงาน

- Form Designer เป็นส่วนที่เรามองเห็นในขณะออกแบบแอพพลิเคชันของ Visual Basic 6.0 ซึ่งเราออกแบบหน้าตาของแอพพลิเคชันผ่านฟอร์มดีไซเนอร์

- Code Window เป็นส่วนที่เราเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของแอพพลิเคชัน



รูปที่ 2.29 องค์ประกอบสำคัญต่างใน Visual Basic 6.0

2.4.1.3 การสร้างแอพพลิเคชันแบบ Project

เนื่องจาก Visual Basic 6.0 จำเป็นจะต้องทำงานเกี่ยวข้องกับไฟล์โปรเจคทุกครั้งที่สร้างโปรแกรมขึ้นมา จึงจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจในคำสั่งต่างๆใน Visual Basic 6.0 เพื่อช่วยในการทำงานต่างๆได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

ไฟล์ประเภทต่างๆที่มีในโปรเจคของ Visual Basic 6.0 เป็นไฟล์ที่เก็บฟอร์ม และโมดูลต่างๆ ของโปรเจคที่สร้างขึ้นมา จะมีไฟล์ในรูปแบบต่างๆ ที่เป็นไปได้ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงไฟล์ประเภทต่างๆที่มีในโปรเจคของ Visual Basic 6.0

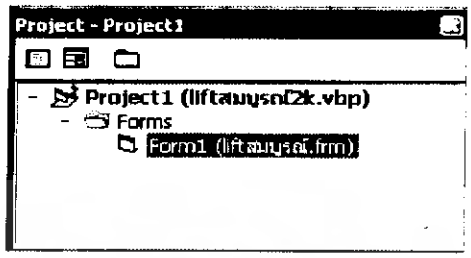
ชนิดของไฟล์	คำอธิบาย
.VBP	ไฟล์โปรเจ็กต์ : จะเก็บรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับไฟล์ต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นโปรเจก
.FRM	ไฟล์ฟอร์ม : จะเก็บรายละเอียดเกี่ยบกับฟอร์ม และคอนโทรลต่างๆ ที่อยู่ในฟอร์ม รวมทั้ง โปรแกรมที่เขียนเข้าไปในฟอร์มนั้นๆ
.FRX	ไฟล์ฟอร์มแบบไบนารี : เป็นไฟล์แบบไบนารี ของฟอร์มซึ่งจะเก็บพวกรูปภาพหรือไอคอน
.BAS	โมดูลของโค้ดใน Visual Basic : จะเก็บ โปรแกรมย่อย และตัวแปรต่างๆ ที่เราเขียนแยก จากฟอร์ม ให้ฟอร์มอื่นๆ หรือโมดูลอื่นๆ เรียกใช้งานได้
.CLS	โมดูลของ Class : จะเก็บออบเจ็กต์ชนิดต่างๆที่ สร้างขึ้นมาใช้งาน
.CTL	ไฟล์ User Control : จะเกิดเมื่อเราสร้าง ActiveX Control ที่ขึ้นมาใช้งานเอง
.PAG	ไฟล์ Property Page : จะเก็บรายละเอียดของ Property Page ของ ActiveX Control ที่เรา สร้างขึ้น
.VBW	ไฟล์ Project Workspace : จะเก็บรายละเอียด ของโปรเจกต่างๆ ในแอพพลิเคชัน ซึ่งเป็นไป ได้ว่าในแอพพลิเคชันหนึ่งๆ จะประกอบด้วย หลายโปรเจกรวมกันอยู่

2.4.1.4 การทำงานกับ Project Explorer

หน้าต่าง Project Explorer เป็นหน้าต่างที่แสดงให้เห็นโครงสร้างของโปรเจคที่เราทำงานด้วย โดยจะแสดงไฟล์โมดูล รวมทั้งคอมโพแนนซ์ต่างๆ ที่ใช้ในโปรเจค ดังนั้นทุกครั้งที่มีการเพิ่มและลบไฟล์ต่างๆ ในโปรเจก Visual Basic 6.0 จะเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับโปรเจกที่แสดงในหน้าต่าง Project Explorer ให้สอดคล้องตามด้วย และเมื่อมีการบันทึกโปรเจค Visual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic 6.0 จะบันทึกไฟล์ต่างๆตามที่แสดงใน Project Explorer สำหรับ Project Explorer จะมีหน้าต่างแสดงดังรูป



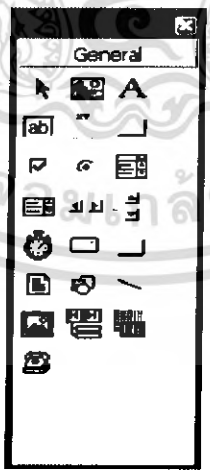
รูปที่ 2.30 แสดงหน้าต่าง Project Explorer

การสร้างโปรแกรมด้วย Visual Basic 6.0 ในขั้นตอนแรกเป็นการออกแบบจอที่ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งเป็นการนำคอนโทรลที่มีอยู่มาออกแบบฟอร์มให้เหมาะสม จะเห็นได้ว่าทั้งฟอร์มลคอนโทรลนับเป็นเครื่องมือพื้นฐานในเรื่องการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic 6.0

2.4.1.5 ความรู้เกี่ยวกับฟอร์ม และคอนโทรลพื้นฐานต่างๆ

ฟอร์ม (Form)

ฟอร์มเป็นเครื่องมือที่เราจะต้องทำงานด้วยบ่อยมาก ในการสร้างโปรแกรมด้วย Visual Basic 6.0 โดยที่ฟอร์มจะเป็นหน้าต่างที่ผู้ใช้ติดต่อทำงานผ่านมาคอนโทรลต่างๆ ที่วางบนฟอร์ม



รูปที่ 2.31 แสดงหน้าต่างฟอร์มของ Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มคำสั่ง (Command Button)

ปุ่มคำสั่งเป็นคอนโทรลที่จะทำงานตามที่เรากำหนดเมื่อมีการกดปุ่มคำสั่ง โดยเราต้องกำหนดสิ่งที่จะตอบสนองในอีเว็นต์ Click

รูปที่ 2.32 แสดงคอนโทรลปุ่มคำสั่ง

เท็กบ็อกซ์ (TextBox)

เท็กซ์บ็อกซ์เป็นคอนโทรลที่ใช้เพื่อให้ผู้ใช้เติมหรือแก้ไขข้อความโดยผ่านคีย์บอร์ดเข้าสู่โปรแกรม และยังประยุกต์ใช้เพื่อเป็นการแสดงค่าได้ เราสามารถตอบสนองต่อข้อความที่เปลี่ยนแปลงในเท็กซ์บ็อกซ์ได้ โดยผ่านทางอีเว็นต์ (Change)

รูปที่ 2.33 แสดงคอนโทรลเท็กบ็อก

เลเบล (Label)

เลเบลเป็นคอนโทรลที่ใช้ในการแสดงข้อความที่เราต้องการบนฟอร์ม ซึ่งใช้อธิบายข้อมูลบางอย่างแก่ผู้ใช้ โดยผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขข้อความในเลเบลได้ในตอน RUNโปรแกรม แต่สามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยคำสั่งโปรแกรมตอน RUN และตอนออกแบบโปรแกรมเท่านั้น ส่วนใหญ่เราจะใช้เลเบลในการอธิบายการทำงาน รวมทั้งแสดงสถานะบางอย่างเช่น ใช้อธิบายว่าเท็กบ็อกซ์นี้รับข้อมูลอะไร หรือใช้แสดงข้อมูล คำอธิบายบนฟอร์ม เป็นต้น

รูปที่ 2.34 แสดงคอนโทรลเลเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออบชั่นบัตทอน (Option Button)

คอนโทรลออบชั่นบัตทอนใช้สำหรับเป็นตัวเลือกให้แก่ผู้ใช้ โดยถ้าหากมีหลายออบชั่นบัตทอนบนฟอร์ม ผู้ใช้จะเลือกออบชั่นบัตทอนได้ครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น ซึ่งเมื่อเราเลือกออบชั่นบัตทอนหนึ่งจะทำให้ออบชั่นบัตทอนเดิมที่เราเลือกเปลี่ยนไปเป็นไม่ถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

รูปที่ 2.35 แสดงคอนโทรลออบชั่นบัตทอน

2.4.2 การสื่อสารกับ Communication Port

Visual Basic ไม่สามารถจัดการกับ Hardware ได้โดยตรงเหมือนภาษา C หรือภาษาอื่นๆ อย่างไรดี Visual Basic ได้เตรียม Tool และ Control ต่างๆ สำหรับจัดการกับ Hardware โดยเฉพาะไว้ให้ผู้เขียนโปรแกรมเท่าที่จำเป็น ในการทำงานกับพอร์ตสื่อสารบนเครื่อง PC ซึ่ง Visual Basic มี Control ชื่อ Microsoft Comm Control สำหรับการรับส่งข้อมูลทาง Port อนุกรม

การใช้ MsComm Control

MsComm จัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทางเพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือ การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (event-driven communication) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรมหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา Data Carrier Detect (DCD) หรือขา Request To Send เหตุการณ์ OnComm ของ MsComm จะสามารถตรวจจับสัญญาณนั้นได้ทันที ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยดูค่าที่เปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานฟังก์ชันต่างๆ ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมขนาดเล็ก

CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดต่ออยู่ (Com 1, Com 2 , Com 3 ,Com 4)
รูปแบบการใช้งาน "Object.CommPort [= value]"

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer **ค่า Value สามารถกำหนดได้ในช่วง** 1- 16 **(ค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่** 1) **เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MsComm จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด error 68 ขึ้นมา ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ตัวนี้ไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรม ก่อนที่ใช้คำสั่ง OpenPort

Setting

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด , พาริตี้ , จำนวนของบิตข้อมูล , จำนวนของบิตปิดท้าย รูปแบบการใช้งาน "Object.setting [= value]"

ค่า Value มีชนิดของข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น "BBBB,P,D,S" โดย BBBB เป็นค่าอัตราบอด , P เป็นค่าพาริตี้บิต , D เป็นจำนวนของบิตข้อมูลและ S เป็นจำนวนของบิตปิดท้าย ปกติแล้วค่านี้ถูกกำหนดไว้เป็น . "9600,N,8,1"

ค่าบอดเรตมาตรฐานที่ใช้กับ MSComm มีดังนี้

110	บิตต่อวินาที
300	บิตต่อวินาที
600	บิตต่อวินาที
1,200	บิตต่อวินาที
2,400	บิตต่อวินาที
9,600	บิตต่อวินาที
14,400	บิตต่อวินาที
19,200	บิตต่อวินาที
28,800	บิตต่อวินาที
38,400	บิตต่อวินาที
56,000	บิตต่อวินาที
128,000	บิตต่อวินาที
256,000	บิตต่อวินาที

ค่ามาตรฐานในการกำหนดค่าพาริตี้มีดังนี้

สัญลักษณ์	รายละเอียด
E	พาริตี้คู่ (EVEN)
M	ลอจิก "1" (MARK)
N	ไม่ใช้ (ค่าปกติ)
O	พาริตี้คี่ (Odd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S ลอจิก "0" (Space)

ค่าที่ใช้ในการกำหนดจำนวนบิตมี 5 ค่า คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 (เป็นค่าปกติ)

ค่าที่ระบุจำนวนบิตปิดท้ายมี 3 ค่า คือ 1 (เป็นค่าปกติ), 1.5 และ 2

PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อปิดและปิดพอร์ตอนุกรรูปแบบการใช้งาน "Object.PortOpen [=Value]"

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีนคือ True กับ False โดย True หมายถึงการเปิดพอร์ตอนุกรมและ False หมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่ใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงผิดพลาด error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้งาน หรือพอร์ตอนุกรมนั้นถูกเปิดเอาไว้แล้ว โปรแกรมก็จะแจ้งข้อผิดพลาดออกเช่นกัน

ถ้าคุณสมบัติ DTREnble หรือ RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ก่อนที่จะทำการเปิดพอร์ตค่าคุณสมบัติของ DTREnble หรือ RTSEnable จะถูกเซ็ตเป็น False หลังจากปิดพอร์ต แต่ถ้าเซ็ตเป็น False หลังจากปิดโปรแกรมแล้ว ค่าที่กำหนดไว้จะเป็นเท่าเดิม

การเปิด **Serial Port**

การปิดพอร์ตสื่อสารด้วย MsComm Control สามารถทำได้ง่ายๆ ด้วยการกำหนด Properties ดังนี้

```
MSComm 1. CommPort = 4
MSComm 1. Settings = "19,200, N, 8, 1"
MSComm 1. PortOpen = True
```

Input

Input เป็นการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ พร้อมทั้งลบข้อมูลในบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าทิ้ง ซึ่งสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น รูปแบบการใช้งานคือ "Object.Input" ทุกครั้งที่มีการใช้คุณสมบัติ Input ในการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้านั้น จำนวนของตัวอักษรที่อ่านได้จะถูกกำหนดลงในคุณสมบัติ InputLen ทันทีซึ่งถ้าหากกำหนดให้คุณสมบัติ InputLen มีค่าเท่ากับ 0 ก็จะหมายถึงการกำหนดให้คุณสมบัติ input อ่านข้อมูลทั้งหมดจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้านั่นเองซึ่งชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

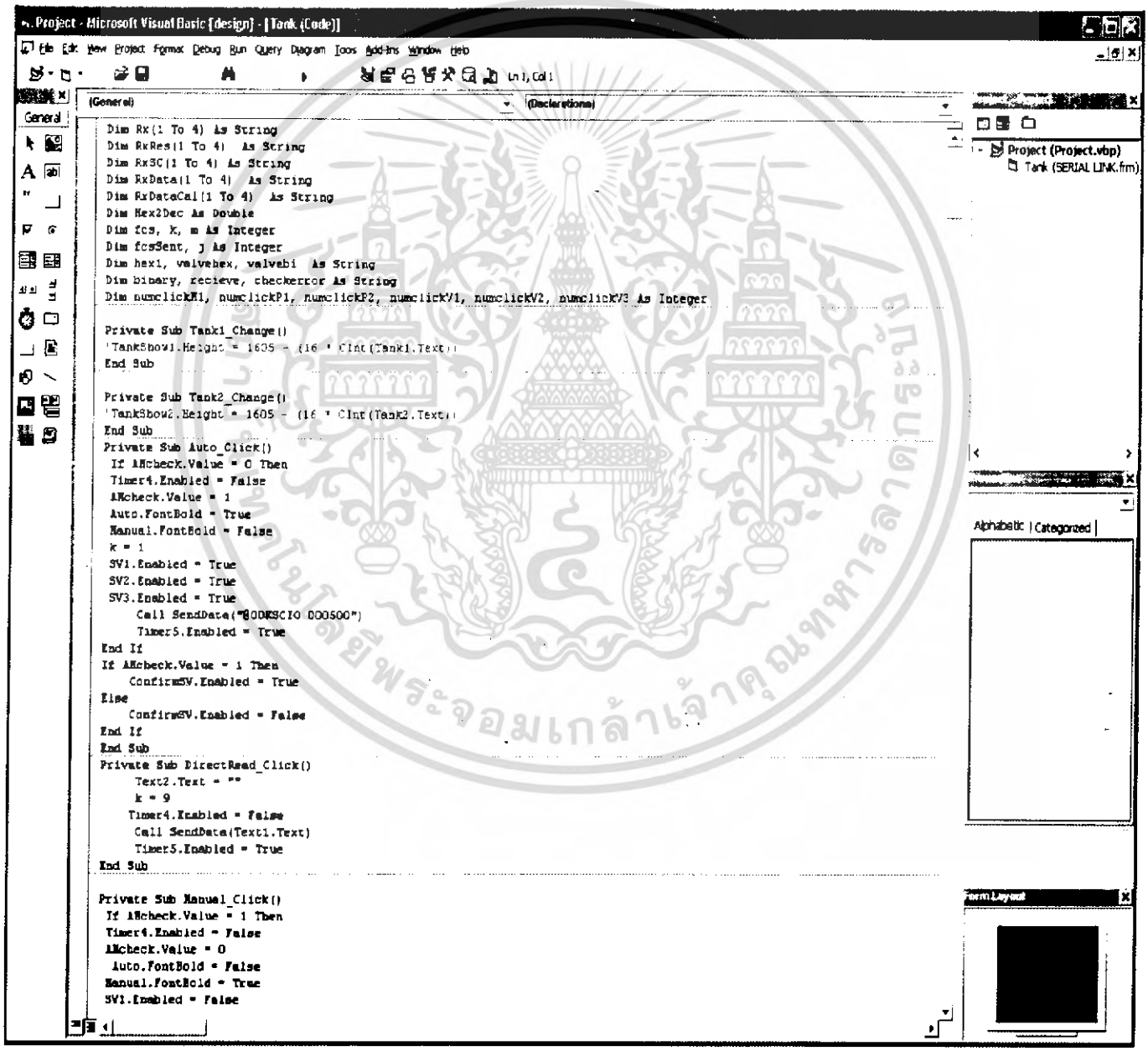
SV1.Enabled = False

ของข้อมูลที่อ่านโดยคุณสมบัติ input จะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือ ไบนารี ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าของคุณสมบัติ InputMode

Output

Output คือการส่งข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น รูปแบบการใช้งานคือ "Object.Output [=Value]"

สำหรับชนิดของข้อมูลที่ถูกส่งโดยคุณสมบัติ Output จะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือไบนารี ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าของคุณสมบัติ InputMode ดังที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 2.36 แสดงการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างและออกแบบ

ในปริญญานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่

   1.1 วงจรของตัว Pressure Sensor

   1.2 วงจร Instrument Amplifier

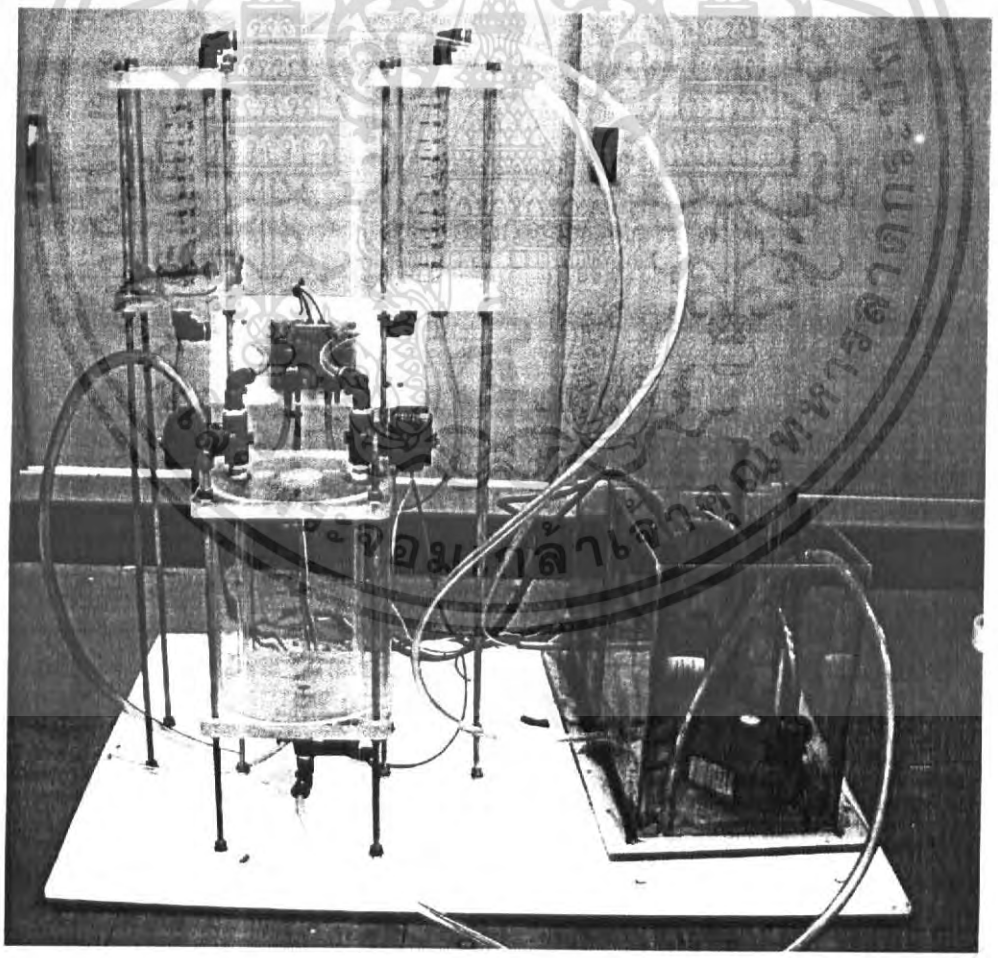
   1.3 ส่วนของ Plant กระบวนการ

   1.4 อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า(Power circuit breaker)

   1.5 แมกเนติกคอนแทกเตอร์(Mangnetic Contactor)

2. ส่วนของซอร์ฟแวร์ (Software)

   2.1 ออกแบบโปรแกรม Visual Basic เพื่อควบคุม PLC

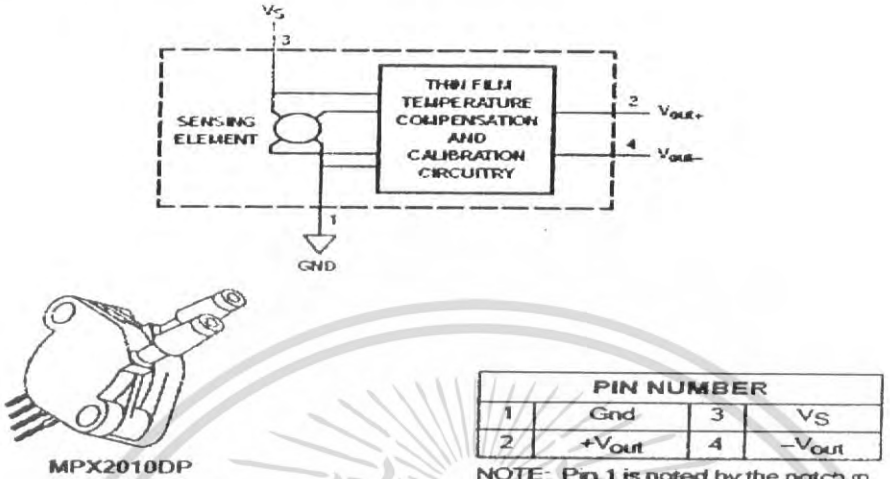


รูปที่ 3.1 แสดง Hardware โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

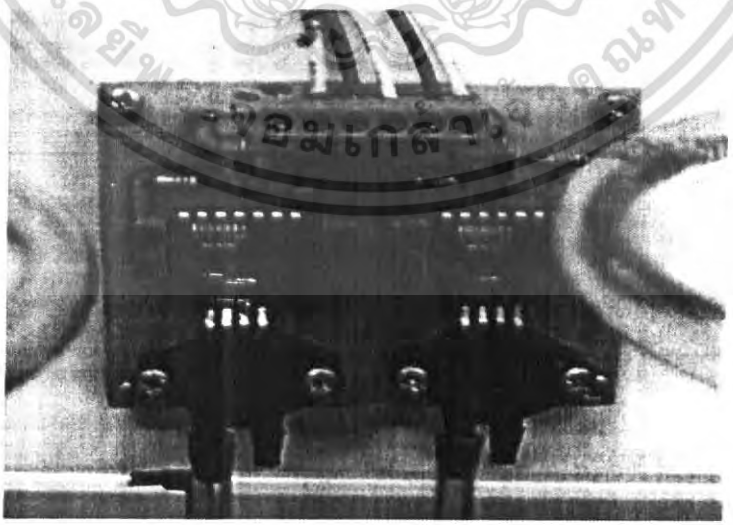
3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware)

3.1.1 Pressure Sensor (Defferential Pressure Tansmitter) เป็นอุปกรณ์วัดความดันที่มีวงจรภายในดังรูป



รูปที่ 3.2 แสดงตัวอุปกรณ์ วงจรภายใน และตำแหน่งขาของ Pressure Sensor

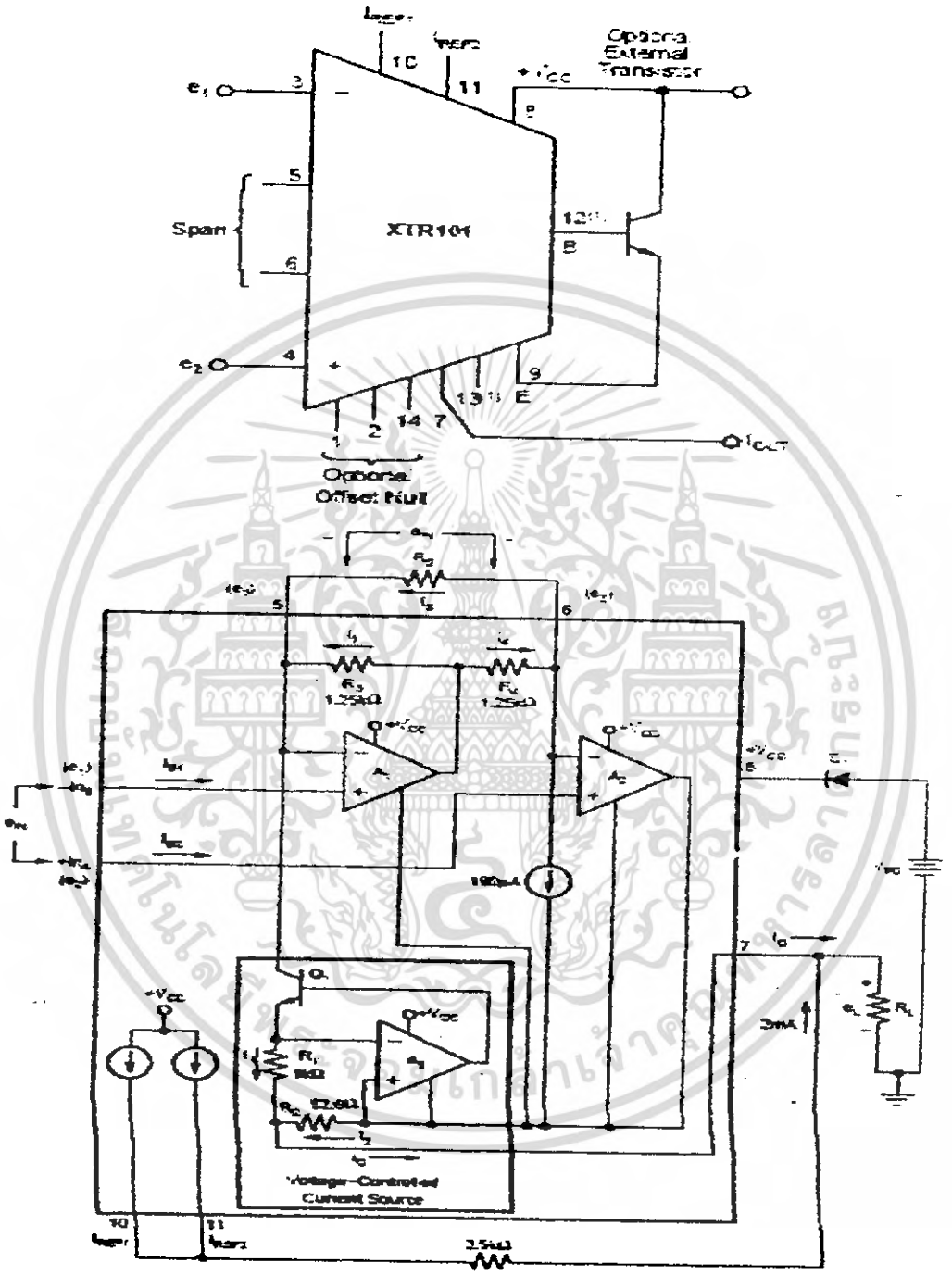
โดยการทำงานคือ เมื่อมีการจ่าย Vs ให้แก่ตัวอุปกรณ์ และจ่ายแรงดันให้กับตัวอุปกรณ์ ซึ่งวัดได้เป็นความดันแตกต่างโดยอาจเทียบกับความดันบรรยากาศก็ได้ ก็จะได้ค่า Vout ออกมาเป็นค่าแรงดันเป็น mV ซึ่งจะต้องนำมาขยายแรงดันอีกทีโดยการป้อนเข้าวงจร Intrument Amp เพื่อที่จะขยายแรงดันออกมาเป็น 1 – 5 V แล้วจากนั้นนำค่าแรงดันไปแปลงเป็นกระแส 4-20 mA เพื่อที่จะจ่ายค่าที่รับได้จาก Plant ในรูปกระแสในการ PLC เพื่อที่จะใช้ในการควบคุม Process อีกที



รูปที่ 3.3 แสดงการต่อใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนของวงจร Intrument Amplifier จะใช้ IC เบอร์ Xtr101 ซึ่งเป็น IC ที่ทำหน้าที่ในการขยายแรงดันและแปลงเป็นกระแส 4-20 mA ได้ในตัว ซึ่งมีวงจรภายในดังรูป



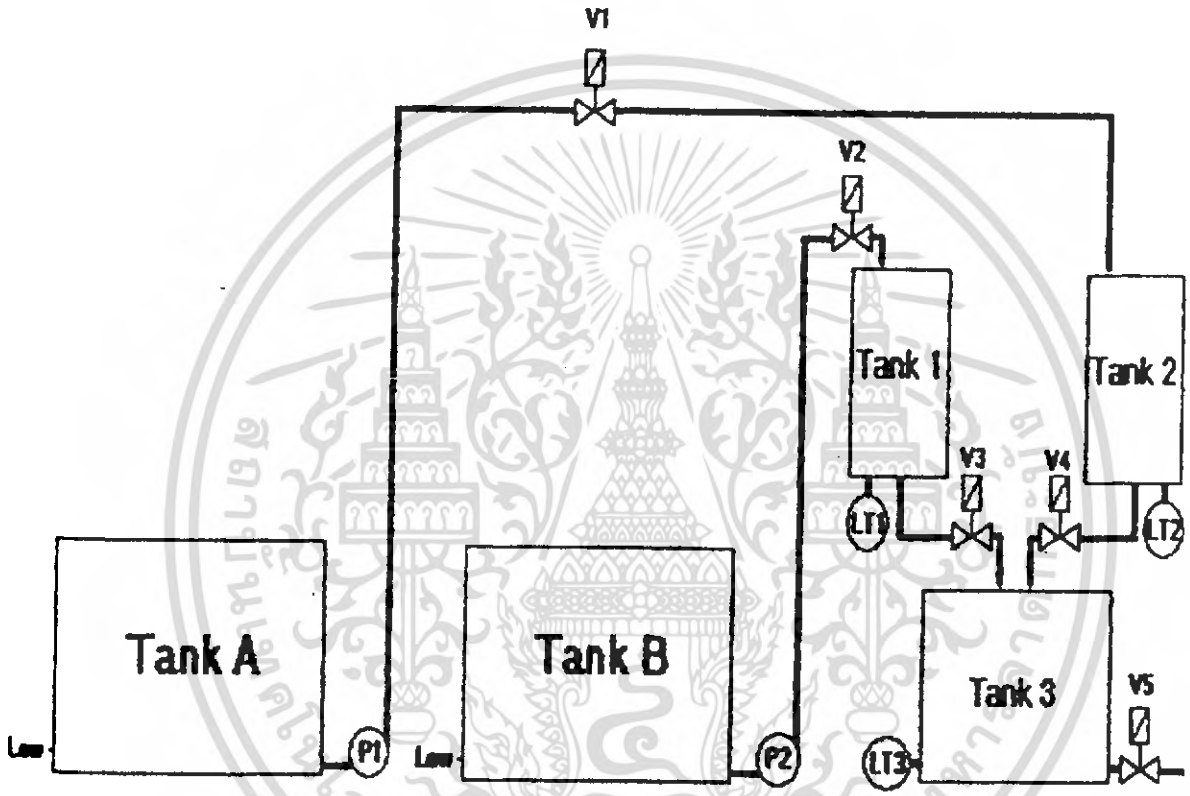
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรและขาของ IC เบอร์Xtr101

เมื่อเราทำการต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องทำการปรับ Zero และ Span ให้ได้ตามค่าความดัน (ความสูงของน้ำ) ให้ได้ตามต้องการตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 Plant

กระบวนการ จะจำลองกระบวนการผสมของเหลว 2 ชนิด ลักษณะการทำงาน TankA และ TankB จะเป็นที่เก็บของเหลวที่จะทำผสมซึ่งของเหลวทั้งสองชนิดถูกดูดโดยปั๊ม P1 และ P2 เพื่อส่งไปยัง Tank1 และ Tank2 ซึ่งจะเป็นที่พักของของเหลวก่อนทำการผสม เมื่อของเหลวทั้งสองถังเต็มแล้ววาล์ว V1 และ V2 จะทำการปล่อยของเหลวที่อยู่ในถังพักลงไปยังถังผสม Tank3 จนกระทั่งระดับของเหลวในถังผสมเต็ม วาล์ว V5 จะทำการปล่อยของเหลวที่ผสมกันแล้ว นำไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 3.5 แสดงกระบวนการของโครงงาน

3.1.4 Power circuit breaker

Power circuit breaker คือ อุปกรณ์ที่ใช้ตัดกระแส load หรือ กระแสที่มีค่าสูงที่เกิดจาก การลัดวงจรได้ในเวลาที่เหมาะสมและทันเวลา ก่อนที่จะเกิดผลเสียหายตามมาจนเป็นอันตรายกับคน หรือ อุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง อุปกรณ์นี้จึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในสถานี

หน้าที่และการใช้งาน circuit breaker เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กลไกเคลื่อนที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้า (mechanical switchingdevice) สามารถต่อ (making) และให้กระแสไหลผ่าน (carrying) ในเวลาที่กำหนด และ ตัดกระแส(breaking) ในขณะที่เกิดสิ่งผิดปกติ เช่น เกิดลัดวงจร ฉะนั้นจึงกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

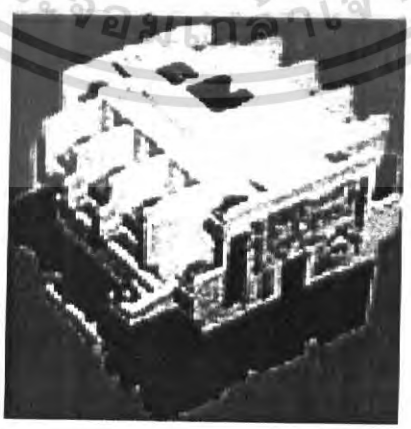
หน้าที่ของ circuit breakerในสภาพที่กระแสที่ไหลผ่านทั้งในขณะที่ระบบมีสภาพปกติและเกิดผิดปกติการทำงานของ circuit breaker ในขณะระบบมีลัดวงจรเกิดขึ้น เป็นหน้าที่หลัก แม้ว่าตลอดอายุการใช้งานจริงอาจจะทำหน้าที่หลักนี้น้อยครั้ง และกระแสลัดวงจรที่ตัดอาจจะไม่เท่ากับrated breaking current

แต่อย่างไรก็ตาม breaker ก็ต้องมีการทดสอบเพื่อยืนยันความสามารถbreaker รุ่นใหม่ๆ จะมีคุณภาพที่ดีขึ้น เมื่อทำงานจะไม่ก่อให้เกิดปัญหา หรือเกิดน้อยที่สุดกับระบบ หรือไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดความเสียหาย วงจรที่ใช้งานเป็นหลักในระบบต้องการ breaker ที่ทำงานเร็ว (high speed) ไม่ทำให้เกิด over voltage สูงเกินไป และสามารถทำงานได้หลายครั้งอย่างมั่นใจ

รูปที่ 3.6 Power circuit breaker

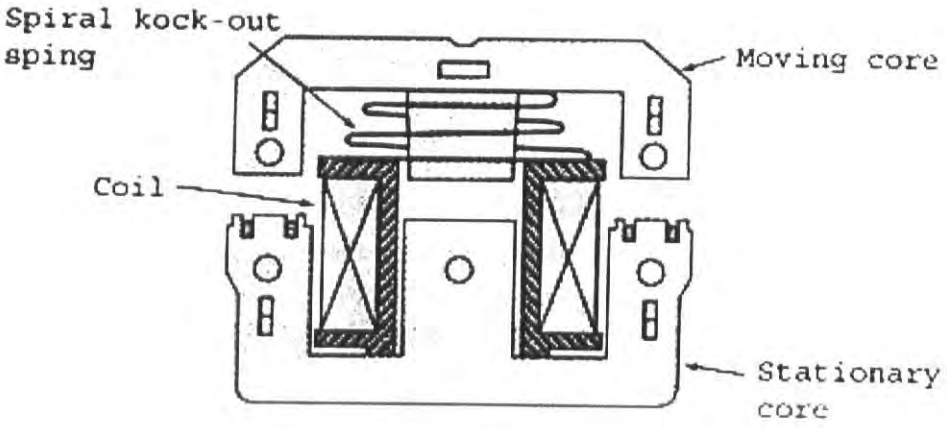
3.1.5 แมกเนติกคอนแทกเตอร์(Mangnetic Contactor)

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กในการเปิดปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์ หรือเรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก(Magnetic Switch) หรือคอนแทคเตอร์(Contactor) ก็ได้



รูปที่ 3.7 แมกเนติกคอนแทกเตอร์(Mangnetic Contactor)

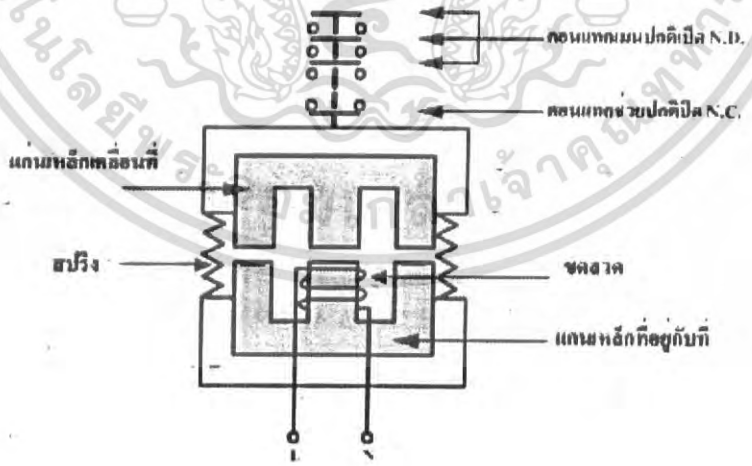
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมคเนติกคอนแทกเตอร์

หลักการทำงาน

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่ขากลางของแกนเหล็ก ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กชนะแรงสปริงดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมาในสภาวะนี้(ON)คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทคปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวด สนามแม่เหล็กคอนแทคทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม



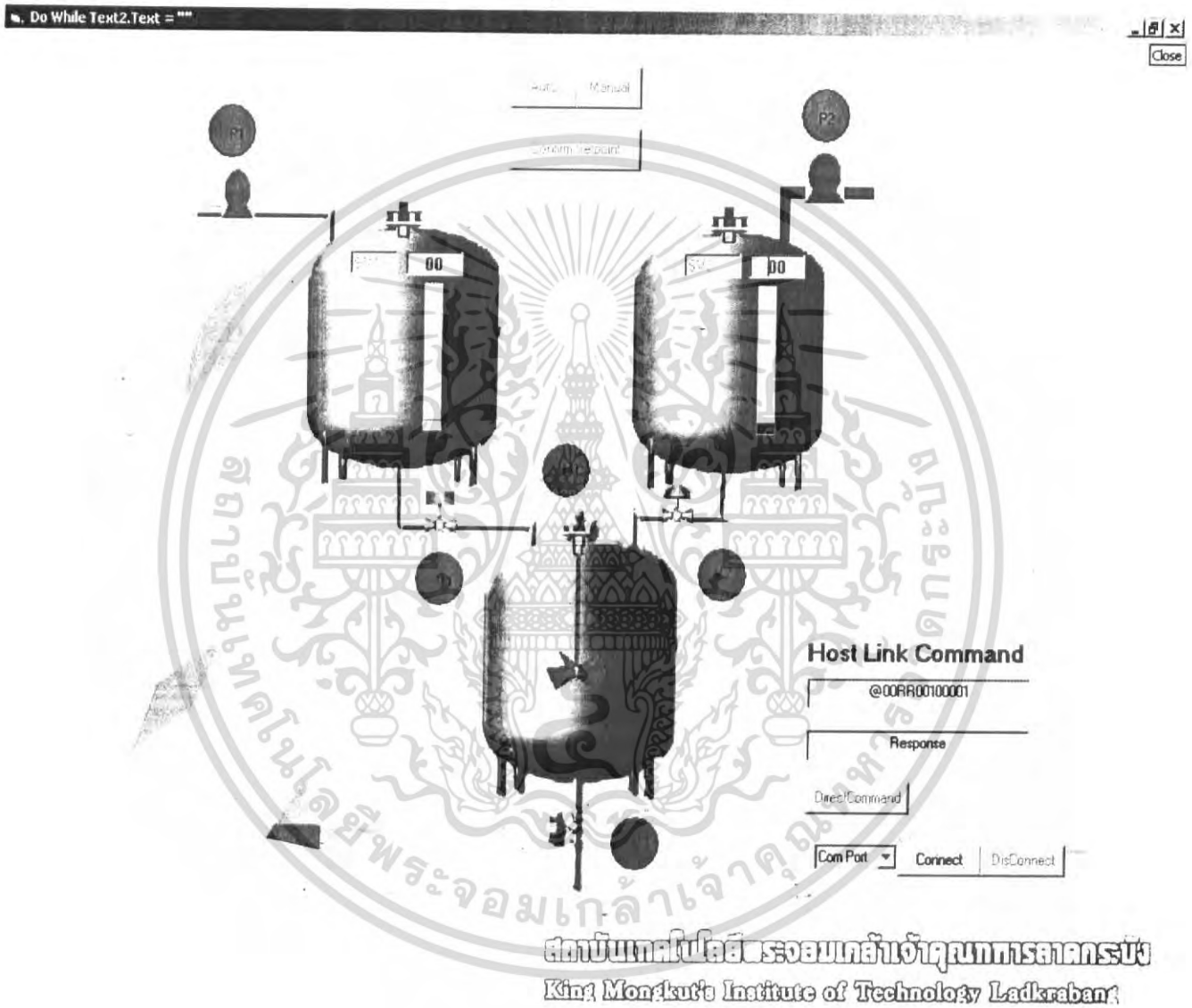
รูปที่ 3.9 แสดงการทำงานของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของซอร์ฟแวร์ (Software)

3.2.1 ออกแบบโปรแกรม Visual Basic เพื่อควบคุม PLC

เป็นส่วนที่ผู้ใช้จะต้องออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อให้ PLC และ คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารรับส่งข้อมูลได้ โดยผ่านโปรแกรม Visual Basic ซึ่งโปรแกรมที่สร้างขึ้นจะสามารถแสดงสภาวะและควบคุมการทำงานของกระบวนการได้



รูปที่ 3.10 แสดงสภาวะและควบคุมการทำงานของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบและสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ Differential Pressure Transmitter เป็นตัววัดระดับของเหลวของกระบวนการที่จะควบคุม ซึ่งจะทำการแปลงระดับของของเหลวเป็นสัญญาณไฟฟ้า 4-20 mA เพื่อส่งให้เป็นสัญญาณเข้าอินพุตของ PLC ดังนั้นจึงต้องสอบเทียบ Differential

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการสอบเทียบเริ่มจัดแบ่งสเกลของระดับของเหลวเป็น 0% ,25% ,50% ,75% และ 100% แล้วปล่อยของเหลวจนถึงระดับสเกลต่างๆ ซึ่งค่าที่ได้จะไม่ถูกต้องจึงต้องทำการปรับค่า Zero และ Span จนกว่าจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับทฤษฎีมากที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการปรับค่า Input โดยการเติมระดับน้ำไปใน Tank ให้ได้ระดับที่ 0% แล้วดูค่าที่เอาท์พุตคือดูค่าที่ออกมาจากวงจรที่ทำการทดลอง ซึ่งปกติจะมีค่าที่ 4 mA แต่ค่าจะไม่ถูกต้องก็ใช้ไขควงปรับค่า Zero Adjustment ให้มีค่าเท่ากับ Standard คือเท่ากับ 4 mA

2. ทำการปรับค่า Input โดยการเติมน้ำไปใน Tank ให้ได้ระดับที่ 100% แล้วดูว่าที่เอาท์พุตคือดูค่าที่ออกมาจากวงจรที่ทำการทดลอง ซึ่งปกติแล้วจะต้องมีค่า 20 mA แต่ถ้าค่าที่ได้ไม่เท่า ก็เอาค่าเราอ่านได้นั้นเป็นค่า X1

3. นำค่า X1 ที่ได้มาแทนค่าในสูตรเพื่อหาค่ากระแสที่เราจะต้องทำการปรับเพื่อหาค่า X2

$$X2 = \{(Zero*Range) / (X1-Zero)\} + (Span-Zero)$$

4. ทำการใช้ไขควงปรับที่ตำแหน่ง Span Adjustment ให้มีค่าเท่ากับ X2

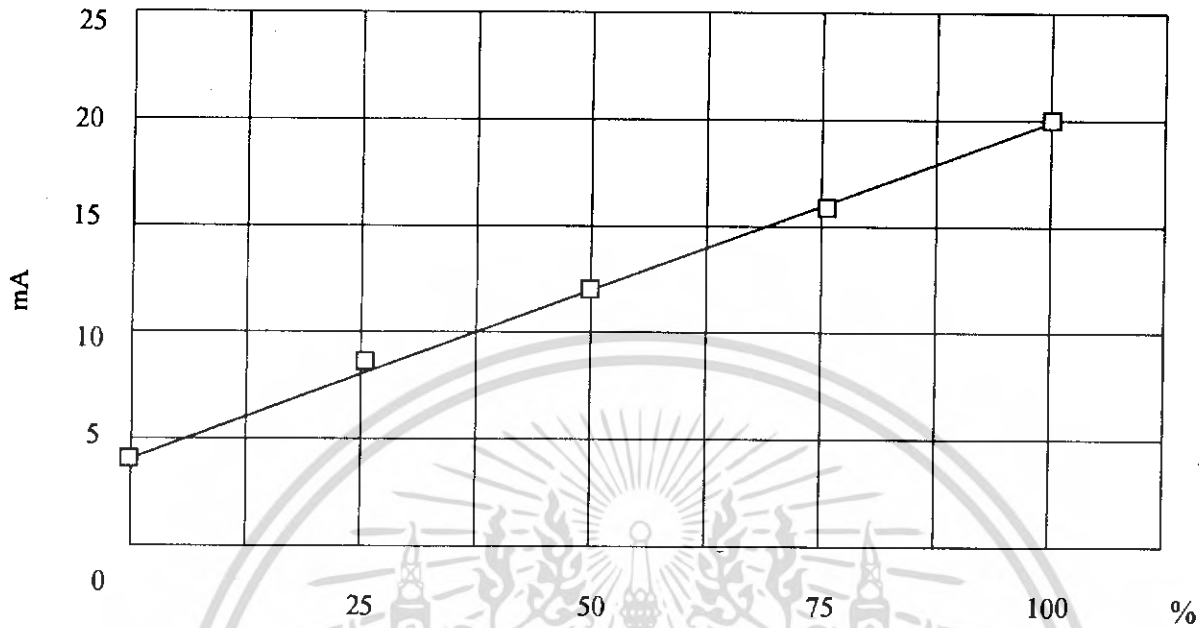
5. ทำการใช้ไขควงปรับที่ตำแหน่ง Zero Adjustment ให้มีค่าที่ 100% ของ Standard Signal คือ 20 mA

6. ให้ทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 ซ้ำไปมาจนได้ค่า Standard Signal คือ 4 mA ถึง 20 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลอง

4.1.2.1 ผลการทดลองของTankที่1



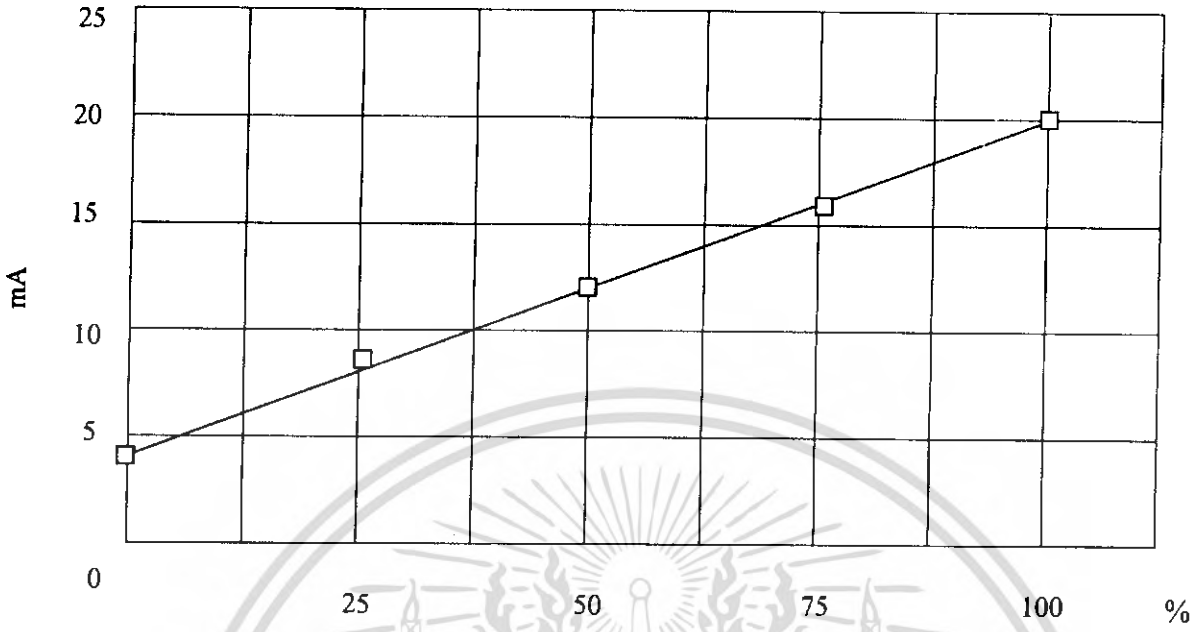
กราฟแสดงกระแสเอาต์พุตเทียบกับระดับของเหลวใน Tank 1

INPUT		OUTPUT				
%	mA	ก่อน Calibration	หลังจากการCalibration			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	4	4.59	4.05	4.04	4.08	4.05
25	8	8.62	7.65	7.66	7.75	7.69
50	12	12.88	12.07	12.09	12.10	12.08
75	16	16.87	16.20	16.19	16.19	16.19
100	20	19.56	19.59	19.97	19.88	19.81
75	16	16.54	16.21	16.62	16.20	16.34
50	12	12.33	12.03	12.09	12.12	12.08
25	8	8.57	8.08	8.06	8.10	8.38
0	4	4.38	4.09	4.07	4.12	4.09

ตารางแสดงผลก่อนและหลังการ Calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ผลการทดลองของTankที่2



กราฟแสดงกระแสเอาต์พุตเทียบกับระดับของเหลวใน Tank 2

INPUT		OUTPUT				
%	mA	ก่อน Calibration	หลังจากการCalibration			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	4	4.32	4.09	4.04	4.10	4.07
25	8	8.54	7.93	7.98	7.87	7.92
50	12	12.88	12.11	12.10	12.10	12.10
75	16	16.25	16.21	16.32	16.22	16.25
100	20	19.93	19.32	19.88	19.86	19.68
75	16	16.28	16.28	16.62	16.28	16.48
50	12	12.02	12.09	12.15	12.02	12.08
25	8	8.64	8.12	8.07	8.09	8.09
0	4	4.22	4.08	4.09	4.16	4.11

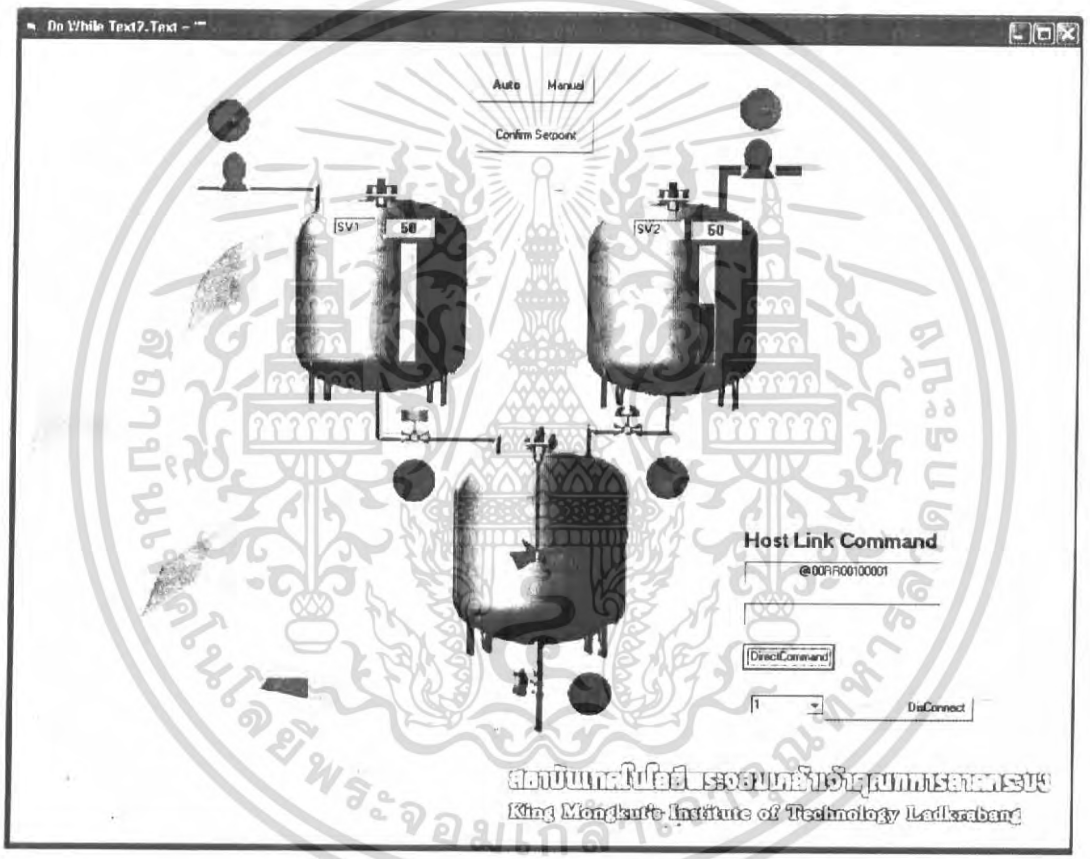
ตารางแสดงผลก่อนและหลังการ Calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ออกแบบกราฟฟิกเพื่อแสดงผลบนคอมพิวเตอร์และทดสอบเปรียบเทียบระดับน้ำ

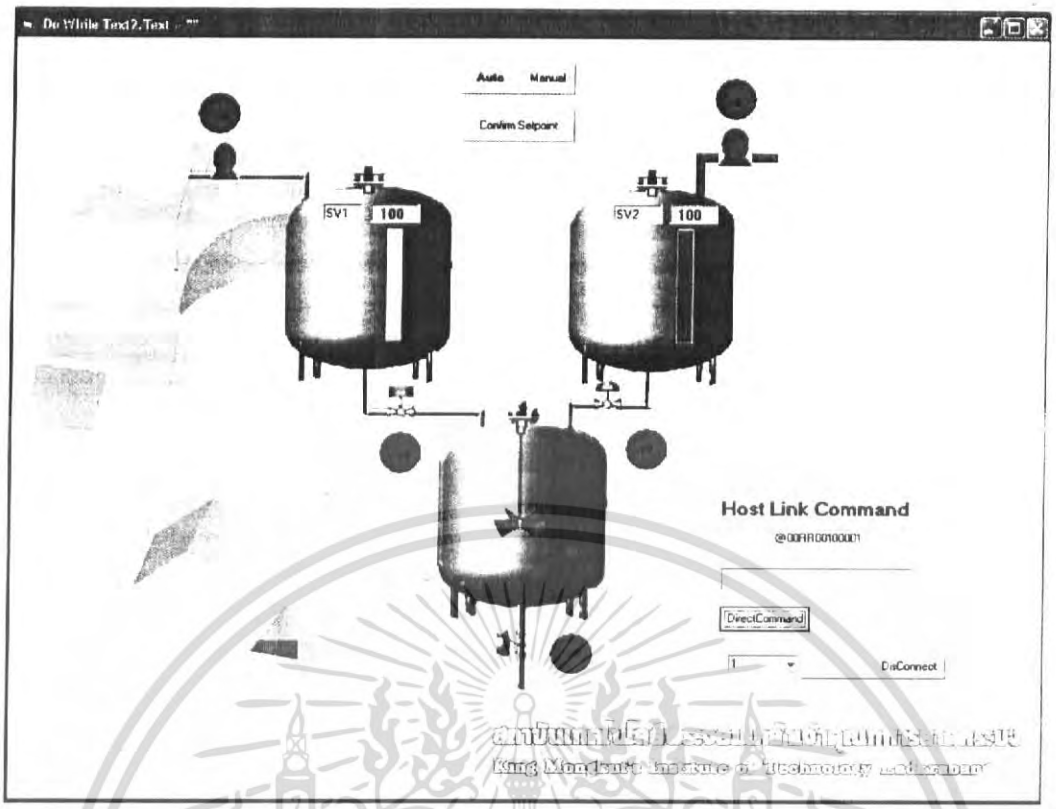
จะเป็นการดูค่าจากคอมพิวเตอร์เพื่อเทียบกับระดับน้ำของของเหลวจริงในกระบวนการที่ทำการควบคุมซึ่งใช้ Differential Pressure Transmitter วัดระดับของเหลวโดยแปลงสัญญาณ 4-20 mA เพื่อส่งค่าให้ตัวควบคุม PLC แล้วใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมและดึงข้อมูลจาก PLC ไปแสดงผลบนหน้าจออีกที โดยจะดูว่าการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ตรงกับระบบของเหลวจริงหรือไม่ และสามารถควบคุมวาล์วและปั๊มได้หรือไม่

4.2.1 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

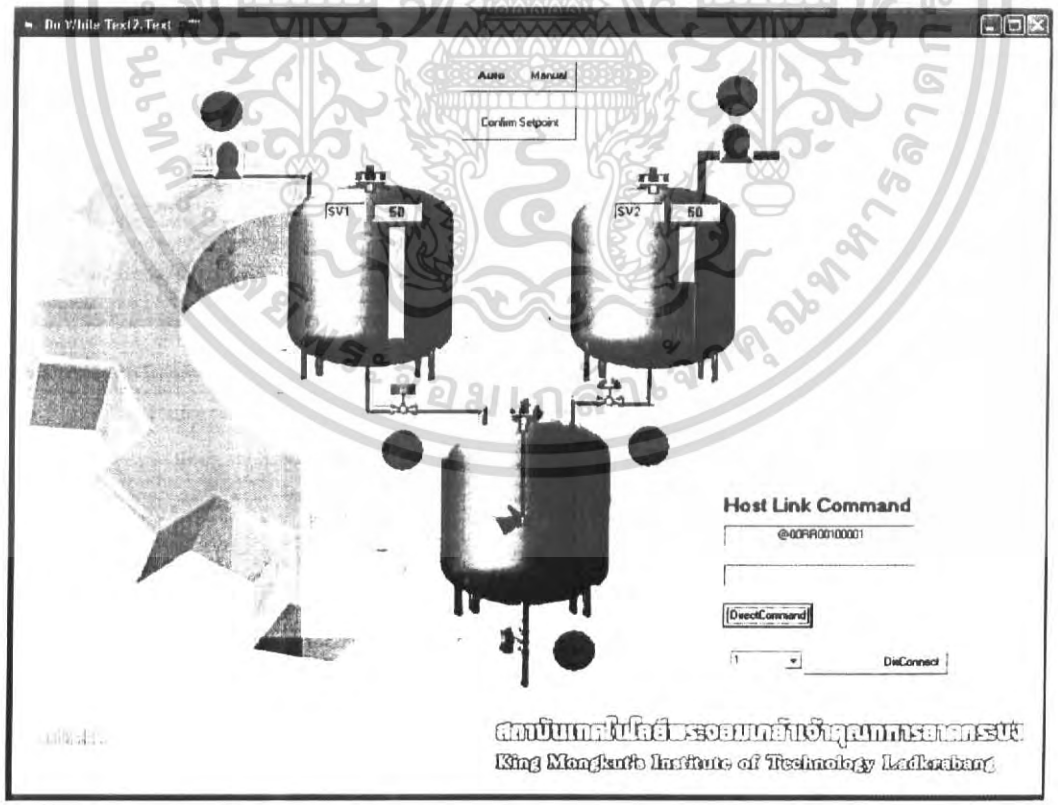


แสดงรูปเริ่มเปิดปั๊มตัวที่ 1 และ2 จนระดับน้ำถึง 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เพิ่มระดับของเหลวใน Tankที่ 1 และ2 จนระดับน้ำถึง 100%



เปิดวาล์ว 1 และ2 จนระดับน้ำใน Tank3 ถึงระดับ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบค่าระดับของเหลวจริงกับค่าที่แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์จะมีความแม่นยำและถูกต้องใกล้เคียงกันกล่าวคือเมื่อระดับน้ำของของเหลวที่หน้าจอมีการเปลี่ยนแปลงไปเท่าไรค่าระดับของเหลวใน Plant จริงก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันและสามารถเปิด-ปิดปั๊มและวาล์วได้ด้วยดีแต่ทั้งนั้นก็อาจจะมีการผิดพลาดเล็กน้อยซึ่งเกิดจาก Differential Pressure Transmitter เพราะการสอบเทียบไม่ละเอียดเพียงพอจึงมีค่าผิดพลาดเพียงเล็กน้อย และการผิดพลาดอาจเกิดจากการวางอุปกรณ์ต่างๆใน Plant

จากการทดลองการปรับเทียบค่าและการเปิด-ปิดปั๊มและวาล์ว การปรับเทียบ(Calibration) ของอุปกรณ์ Differential Pressure Transmitter จะมีค่าใกล้เคียงกับสัญญาณมาตรฐาน (ค่าสัญญาณมาตรฐานมีค่าที่ 0% เท่ากับ 4 mA และค่าที่ 100% เท่ากับ 20 mA) และสามารถเปิด-ปิดปั๊มและวาล์วได้อย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในการทดลองนี้เราใช้คอมพิวเตอร์ แลกเปลี่ยนข้อมูลกับ PLC โดยจะควบคุม PLC เพื่อให้ PLC ไปควบคุม Plant แล้วนำผลที่ประมวลได้ไปแสดงผลที่ Monitering โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการแสดงกราฟฟิก ซึ่งการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ PLC จะใช้การรับส่งข้อมูลแบบ Wireless

ในการทดลองจะตรวจสอบการทำงานของ Plant ว่าสามารถใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวของ Plant ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และหาค่าความแม่นยำจาก Plant เทียบกับค่าที่แสดงผลใน Monitering

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในปัจจุบันระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม มีความแพร่หลายขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งในผลงานที่ทดลองนี้ได้ควบคุมการทำงานของ Plant และส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแสดงผลในรูปกราฟฟิก โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ซึ่งระบบนี้ Plant จะสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมการทำงานในระยะไกล ซึ่งในอนาคตสามารถนำไปพัฒนาในระยะไกลเพิ่มมากขึ้น หรือทำให้ผลตอบสนองของระบบดีขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ชาญวิทย์ เรืองจันทร์ , ศรายุทธ อินทุเศรษฐ , อิทธิวัฒน์ ทับพะ "แบบจำลองระบบ SCADA ไร้สาย" ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2547

2. Instrumentation Amplifcier XTR101 Manual ,2004 www.ti.com

3. Pressure Sensors MPX2010 Manual , www.freescale.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Rx(1 To 4) As String
Dim RxRes(1 To 4)  As String
Dim RxSC(1 To 4) As String
Dim RxData(1 To 4)  As String
Dim RxDataCal(1 To 4)  As String
Dim Hex2Dec As Double
Dim fcs, k, m As Integer
Dim fcsSent, j As Integer
Dim hex1, valvehex, valvebi  As String
Dim binary, recieve, checkerror As String
Dim numclickM1, numclickP1, numclickP2,
numclickV1, numclickV2, numclickV3 As
Integer

Private Sub Tank1_Change()
'TankSbow1.Height = 1605 - (16 *
CInt(Tank1.Text))
End Sub

Private Sub Tank2_Change()
'TankShow2.Height = 1605 - (16 *
CInt(Tank2.Text))
End Sub
Private Sub Auto_Click()
If AMcheck.Value = 0 Then
Timer4.Enabled = False
AMcheck.Value = 1
Auto.FontBold = True
Manual.FontBold = False
k = 1
SV1.Enabled = True
SV2.Enabled = True
SV3.Enabled = True
   Call SendData("@00KSCIO 000500")
   Timer5.Enabled = True
End If
If AMcheck.Value = 1 Then
   ConfirmSV.Enabled = True
Else
   ConfirmSV.Enabled = False
End If
End Sub
Private Sub DirectRead_Click()
   Text2.Text = ""
   k = 9
   Timer4.Enabled = False
   Call SendData(Text1.Text)
   Timer5.Enabled = True
End Sub

Private Sub Manual_Click()
If AMcheck.Value = 1 Then
Timer4.Enabled = False
AMcheck.Value = 0
Auto.FontBold = False
Manual.FontBold = True
SV1.Enabled = False
SV2.Enabled = False
SV3.Enabled = False
k = 2
Timer4.Enabled = False
   Call SendData("@00KRCIO 000500")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Timer5.Enabled = True
  End If
  If AMcheck.Value = 1 Then
    ConfirmSV.Enabled = True
  Else
    ConfirmSV.Enabled = False
  End If
  End Sub

  Private Sub ConfirmSV_Click()
  If (Val(SV1.Text) >= 0) And (Val(SV2.Text)
  >= 0) And (Val(SV3.Text) >= 0) Then
  Timer4.Enabled = False
  SV1.Text = Trim(Str(Val(SV1.Text)))
  SV2.Text = Trim(Str(Val(SV2.Text)))
  SV3.Text = Trim(Str(Val(SV3.Text)))

  If Val(SV1.Text) > 100 Then
    SV1.Text = "100"
  End If
  If Val(SV2.Text) > 100 Then
    SV2.Text = "100"
  End If
  If Val(SV3.Text) > 100 Then
    SV3.Text = "100"
  End If

  If AMcheck.Value = 1 Then
    m = 0
    SendSP.Value = True
    Timer2.Enabled = True
  End If
  End If

  End Sub
  Private Sub Form_Load()
  Timer1.Enabled = False
  Timer2.Enabled = False
  Timer3.Enabled = False
  Timer4.Enabled = False
  Timer5.Enabled = False
  SV1.Enabled = False
  SV2.Enabled = False
  SV3.Enabled = False
  DisConnect.Enabled = False
  ReadData.Enabled = False
  SendSP.Enabled = False
  Auto.Enabled = False
  Manual.Enabled = False
  ConfirmSV.Enabled = False
  DirectRead.Enabled = False
  End Sub
  Private Sub Form_unLoad(Cancel As
  Integer)
  If MSComm1.PortOpen = True Then
    MSComm1.PortOpen = False
  End If
  End Sub
  Private Sub DisConnect_Click()
  Timer4.Enabled = False
  If MSComm1.PortOpen = True Then
    MSComm1.PortOpen = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Timer4.Enabled = False
    DisConnect.Enabled = False
    ReadData.Enabled = False
    Connect.Enabled = True
    SendSP.Enabled = False
    Auto.Enabled = False
    Manual.Enabled = False
    ConfirmSV.Enabled = False
    DirectRead.Enabled = False
    Timer1.Enabled = False
    Timer2.Enabled = False
    Timer3.Enabled = False
    Timer4.Enabled = False
    Timer5.Enabled = False
End If
End Sub
Private Sub Connect_Click()
On Error GoTo HandleError
    MSComm1.CommPort = ComPort.Text
    MSComm1.Settings = "9600,e,7,2"
If MSComm1.PortOpen = False Then
    MSComm1.PortOpen = True
    DisConnect.Enabled = True
    ReadData.Enabled = True
    Connect.Enabled = False
    SendSP.Enabled = True
    Auto.Value = True
    Auto.Enabled = True
    Manual.Enabled = True
ConfirmSV.Enabled = True
DirectRead.Enabled = True
    ' numclickP1 = 0
    'numclickP2 = 0
    'numclickM1 = 0
    'numclickV1 = 0
    'numclickV2 = 0
    'numclickV3 = 0
End If
    Call changemode
    'Call valvestatus

    'k = 10
    'Call SendData("@00RR00100001")
    'Timer5.Enabled = True

    Timer4.Enabled = True

    Exit Sub
    HandleError:

    MsgBox "Please Check Your Com
Port.", vbOKOnly + vbInformation,
"Connection Failed....."
    ComPort.Text = "Com Port"
    Connect.Enabled = True
    DisConnect.Enabled = False
End Sub


Private Sub PictureM1_Click()
If AMcheck.Value = 0 And
Manual.Enabled = True Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    k = 3
    'numclickM1 = numclickM1 + 1
    Timer4.Enabled = False
    If LabelM1.Caption = "on" Then
       Call SendData("@00KRCIO 001001")
      'LabelM1.Caption = "off"
    Else
       Call SendData("@00KSCIO 001001")
       'LabelM1.Caption = "on"
    End If
    Timer5.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub PictureP1_Click()
If AMcheck.Value = 0 And
Manual.Enabled = True Then
   k = 3
   'numclickP1 = numclickP1 + 1
   Timer4.Enabled = False
   If LabelP1.Caption = "on" Then
      Call SendData("@00KRCIO 001005")
      'LabelP1.Caption = "off"
   Else
      Call SendData("@00KSCIO 001005")
      'LabelP1.Caption = "on"
   End If
   Timer5.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub PictureP2_Click()
If AMcheck.Value = 0 And
Manual.Enabled = True Then
   k = 3
   'numclickP2 = numclickP2 + 1
   Timer4.Enabled = False
   If LabelP2.Caption = "on" Then
      Call SendData("@00KRCIO 001006")
      'LabelP2.Caption = "off"
   Else
      Call SendData("@00KSCIO 001006")
      'LabelP2.Caption = "on"
   End If
   Timer5.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub PictureV1_Click()
If AMcheck.Value = 0 And
Manual.Enabled = True Then
   k = 3
   'numclickV1 = numclickV1 + 1
   Timer4.Enabled = False
   If LabelV1.Caption = "on" Then
      Call SendData("@00KRCIO 001002")
      'LabelV1.Caption = "off"
   Else
      Call SendData("@00KSCIO 001002")
      'LabelV1.Caption = "on"
   End If
   Timer5.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
End Sub

Private Sub PictureV2_Click()
If AMcheck.Value = 0 And
Manual.Enabled = True Then
  k = 3
  'numclickV2 = numclickV2 + 1
  Timer4.Enabled = False
  If LabelV2.Caption = "on" Then
    Call SendData("@00KRCIO 001003")
    'LabelV2.Caption = "off"
  Else
    Call SendData("@00KSCIO 001003")
    'LabelV2.Caption = "on"
  End If
  Timer5.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub PictureV3_Click()
If AMcheck.Value = 0 And
Manual.Enabled = True Then
  k = 3
  'numclickV3 = numclickV3 + 1
  Timer4.Enabled = False
  If LabelV3.Caption = "on" Then
    'LabelV3.Caption = "off"
    Call SendData("@00KRCIO 001007")
  Else
    Call SendData("@00KSCIO 001007")
    'LabelV3.Caption = "on"
  End If
  Timer5.Enabled = True
End If
End Sub
Private Sub SendData(address As String)
Dim fcstext, endtext As String
  fcs = 0
  fcssub (address)
  fcstext = Hex$(fcs)
  endtext = Chr$(13)
  MSComm1.Output = address + fcstext +
"*" + endtext
End Sub

Private Sub Timer5_Timer()
Timer5.Enabled = False
recieve = MSComm1.Input
checkerror = Mid(recieve, 6, 2)
'If checkerror <> "00" Then
' Select Case k
 ' Case 1
 '   Auto.Value = True
 'Case 2
 '   Manual.Value = True
 'Case 3
 '  PictureM1.Enabled = True
 'Case 4
 '   picturePl.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    'Case 5
     '  PictureP2.Enabled = True
    'Case 6
     '  PictureV1.Enabled = True
    'Case 7
     '  PictureV2.Enabled = True
    'Case 8
     '  PictureV3.Enabled = True
    ' End Select
    'Exit Sub
  'End If
  If k = 9 Then
    Text2.Text = recieve
  End If
  If k = 1 Then
    Call SendData("@00KC")
    k = 11
    Timer5.Enabled = True
    Exit Sub
  End If
  Timer4.Enabled = True  'try
  k = 0
  End Sub

  Private Sub Timer4_Timer()
  Timer4.Enabled = False
    j = 0
    If RxData(1) <> "" Then
      Tank1.Text = RxData(1)
    End If
    If RxData(2) <> "" Then
      Tank2.Text = RxData(2)
    End If
    If RxData(3) <> "" Then
      Tank3.Text = RxData(3)
    End If
    If RxData(4) <> "" Then
      valvehex = RxData(4)
    End If
    Call valvestatus
    ReadData.Value = True
    'Timer1.Enabled = True
  End Sub
  Private Sub valvestatus()
    valvebi = ""
    Call hextobi

    If Mid(valvebi, 7, 1) = "1" Then
      LabelM1.Caption = "on"
      Motor1.BackColor = &HFF00&
    Else
      LabelM1.Caption = "off"
      Motor1.BackColor = &HFF&
    End If
    If Mid(valvebi, 2, 1) = "1" Then
      LabelP2.Caption = "on"
      Pump2.BackColor = &HFF00&
    Else
      LabelP2.Caption = "off"
      Pump2.BackColor = &HFF&
    End If
    If Mid(valvebi, 3, 1) = "1" Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LabelP1.Caption = "on"
    Pump1.BackColor = &HFF00&
  Else
    LabelP1.Caption = "off"
    Pump1.BackColor = &HFF&
  End If
  If Mid(valvebi, 1, 1) = "1" Then
    LabelV3.Caption = "on"
    Valve3.BackColor = &HFF00&
  Else
    LabelV3.Caption = "off"
    Valve3.BackColor = &HFF&
  End If
  If Mid(valvebi, 5, 1) = "1" Then
    LabelV2.Caption = "on"
    Valve2.BackColor = &HFF00&
  Else
    LabelV2.Caption = "off"
    Valve2.BackColor = &HFF&
  End If
  If Mid(valvebi, 6, 1) = "1" Then
    LabelV1.Caption = "on"
    Valve1.BackColor = &HFF00&
  Else
    LabelV1.Caption = "off"
    Valve1.BackColor = &HFF&
  End If
End Sub
Private Sub hextobi()          ' why don't
clear valvebi before do the sub
Dim bk, binary As String
Dim i As Integer
For i = 3 To 4
  bk = Mid(valvehex, i, 1)
  Select Case bk
    Case "0"
      binary = "0000"
    Case "1"
      binary = "0001"
    Case "2"
      binary = "0010"
    Case "3"
      binary = "0011"
    Case "4"
      binary = "0100"
    Case "5"
      binary = "0101"
    Case "6"
      binary = "0110"
    Case "7"
      binary = "0111"
    Case "8"
      binary = "1000"
    Case "9"
      binary = "1001"
    Case "A"
      binary = "1010"
    Case "B"
      binary = "1011"
    Case "C"
      binary = "1100"
    Case "D"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        binary = "1101"
      Case "E"
        binary = "1110"
      Case "F"
        binary = "1111"
    End Select
    valvebi = valvebi + binary
Next i
End Sub

Private Sub Readdata_click()
Dim fcstext, endtext As String
Dim x, y As Integer
j = j + 1
If j <= 4 Then
 If j = 4 Then
  Rx(j) = "@00RR00100001"
 Else
  Rx(j) = "@00RD000" + CStr(j - 1) +
"0001"
 End If
 RxRes(j) = ""
 fcs = 0
 fcssub (Rx(j))
 fcstext = Hex$(fcs)
 endtext = Chr$(13)
 RxSC(j) = ""
 RxData(j) = ""
 RxSC(j) = Rx(j) + fcstext + "*" + endtext
 RxRes(j) = ""
 MSComm1.Output = Rx(j) + fcstext + "*"
+ endtext
 End If

 'HexConDec (RxData(1))
 'Data0010.Text = Hex2Dec
 'If RxData(1) <> "" Then
 '  Tank1.Text = RxData(1)
 'End If
 'HexConDec (RxData(2))
 'Data0011.Text = Hex2Dec
 'If RxData(1) <> "" Then
 '  Tank2.Text = RxData(2)
 'End If
 'HexConDec (RxData(3))
 'Data0012.Text = Hex2Dec
 'Data0012.Text = RxData(3)
 Timer1.Enabled = True
End Sub
Private Sub Timer1_timer()
 Timer1.Enabled = False
  RxRes(j) = MSComm1.Input
  RxData(j) = Mid(RxRes(j), 8, 4)
  checkerror = Mid(RxRes(j), 6, 2)
  If checkerror <> "00" Or j = 4 Then
    j = 0
    Timer4.Enabled = True
    Exit Sub
  End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ReadData.Value = True
End Sub
Private Sub HexConDec(HexCal As String)
Dim i As Integer
Dim x As Integer
Dim y As String
Hex2Dec = 0
For i = 1 To Len(HexCal)
  y = Mid$(HexCal, i, 1)
  Select Case y
    Case "A"
      y = "10"
    Case "B"
      y = "11"
    Case "C"
      y = "12"
    Case "D"
      y = "13"
    Case "E"
      y = "14"
    Case "F"
      y = "15"
  End Select

  Select Case i
        Case 1
            Hex2Dec = Hex2Dec +
(CInt(y) * (16 ^ (i - 1)))
        Case 2
            Hex2Dec = Hex2Dec +
(CInt(y) * (16 ^ (i - 1)))
        Case 3
            Hex2Dec = Hex2Dec +
(CInt(y) * (16 ^ (i - 1)))
        Case 4
            Hex2Dec = Hex2Dec +
(CInt(y) * (16 ^ (i - 1)))
  End Select

Next i
End Sub
Private Sub fcssub(RxCal As String)
Dim i As Integer
Dim x As Integer
Dim y As String
For i = 1 To Len(RxCal)
  y = Mid$(RxCal, i, 1)
  x = Asc(y)
  fcs = fcs Xor x
Next i
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
Dim y, checkerror As String
Timer2.Enabled = False
 y = MSComm1.Input
 checkerror = Mid(y, 6, 2)
 If checkerror <> "00" Then
   m = 0
   SendSP.Value = True
   Exit Sub
 End If
 If m = 3 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Timer4.Enabled = True
        Exit Sub
    End If
    If checkerror = "00" And m < 3 Then
        SendSP.Value = True
        Timer2.Enabled = True
    End If
End Sub


Private Sub SendSP_Click()
Dim i As Integer
Dim SetPoint, address As String
Dim SetPointRS As String
Dim SentSetPoint As String
Dim fcstext, endtext As String

m = m + 1
If m <= 3 Then
Select Case m
  Case 1
    SetPoint = SV1.Text
    address = "0007"
  Case 2
    SetPoint = SV2.Text
    address = "0008"
  Case 3
    SetPoint = SV3.Text
    address = "0009"
End Select
If SetPoint <> "" Then
'Call changemode
'*********************************
If CInt(SetPoint) >= 0 And CInt(SetPoint)
<= 100 Then
  If SetPoint = "100" Then
    SentSetPoint = "@00WR" + address +
"0100"
      fcs = 0
      fcssub (SentSetPoint)
      fcstext = Hex$(fcs)
      endtext = Chr$(13)
      MSComm1.Output = SentSetPoint +
fcstext + "*" + endtext
      'Timer2.Enabled = True
  ElseIf CInt(SetPoint) >= 0 And
CInt(SetPoint) <= 9 Then
      SentSetPoint = "@00WR" + address +
"000" + SetPoint
      fcs = 0
      fcssub (SentSetPoint)
      fcstext = Hex$(fcs)
      endtext = Chr$(13)
      MSComm1.Output = SentSetPoint +
fcstext + "*" + endtext
    'Timer2.Enabled = True
  Else
    SentSetPoint = "@00WR" + address +
"00" + SetPoint
    fcs = 0
    fcssub (SentSetPoint)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        fcstext = Hex$(fcs)
        endtext = Chr$(13)
        MSComm1.Output = SentSetPoint +
  fcstext + "*" + endtext
        'Timer2.Enabled = True
     End If
  Else
     MsgBox "Your Set Point Not Correct! ",
  vbOKOnly + vbInformation, "Connection
  Failed....."
  End If
  Else
     MsgBox "Please Insert Your Set Point !
  ", vbOKOnly + vbInformation,
  "Connection Failed....."
  End If

  End If
  End Sub

  Private Sub changemode()
  Dim x, fcstext, endtext As String
     fcs = 0
    ' x = "@00SC02" 'mode monitor
    x = "@00SC02"
     fcssub (x)
     fcstext = Hex$(fcs)
     endtext = Chr$(13)
     MSComm1.Output = x + fcstext + "*" +
endtext
     Timer3.Enabled = True
  End Sub

  Private Sub Timer3_Timer()
  Dim y, checkerror  As String
  y = MSComm1.Input
  Timer3.Enabled = False
  checkerror = Mid(y, 6, 2)
  If checkerror <> "00" Then
     Call changemode
  End If
  'Timer3.Enabled = False
  End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 kPa On-Chip Temperature Compensated & Calibrated Silicon Pressure Sensors

MPX2010
MPXV2010G
SERIES

The MPX2010/MPXV2010G series silicon piezoresistive pressure sensors provide a very accurate and linear voltage output directly proportional to the applied pressure. These sensors house a single monolithic silicon die with the strain gauge and thin film resistor network integrated on each chip. The sensor is laser trimmed for precise span, offset calibration and temperature compensation.

COMPENSATED
PRESSURE SENSOR
0 to 10 kPa (0 to 1.45 psi)
FULL SCALE SPAN: 25 mV

Features

- Temperature Compensated over 0°C to +85°C
- Ratiometric to Supply Voltage
- Differential and Gauge Options

Typical Applications

- Respiratory Diagnostics
- Air Movement Control
- Controllers
- Pressure Switching

SMALL OUTLINE PACKAGES

MPXV2010GP
CASE 1369-01

MPXV2010DP
CASE 1351-01

ORDERING INFORMATION

Device Type	Options	Case No.	MPX Series Order No.	Packing Options	Device Marking
SMALL OUTLINE PACKAGE (MPXV2010G SERIES)					
Ported Elements	Gauge, Side Port, SMT	1369	MPXV2010GP	Trays	MPXV2010G
	Differential, Dual Port, SMT	1351	MPXV2010DP	Trays	MPXV2010G
UNIBODY PACKAGE (MPX2010 SERIES)					
Basic Element	Differential	344	MPX2010D	—	MPX2010D
Ported Elements	Differential, Dual Port	344C	MPX2010DP	—	MPX2010DP
	Gauge	344B	MPX2010GP	—	MPX2010GP
	Gauge, Axial	344E	MPX2010GS	—	MPX2010D
	Gauge, Axial PC Mount	344F	MPX2010GSX	—	MPX2010D

SMALL OUTLINE PACKAGE PIN NUMBERS

1	GND(1)	5	N/C
2	$+V_{OUT}$	6	N/C
3	V_S	7	N/C
4	$-V_{OUT}$	8	N/C

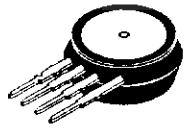
1. Pin 1 in noted by the notch in the lead.

UNIBODY PACKAGE PIN NUMBERS

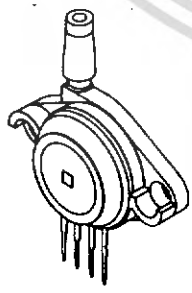
1	GND(1)	3	V_S
2	$+V_{OUT}$	4	$-V_{OUT}$

1. Pin 1 in noted by the notch in the lead.

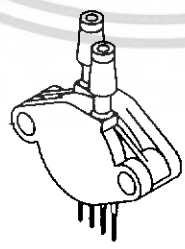
UNIBODY PACKAGES



MPX2010GP
CASE 344-15

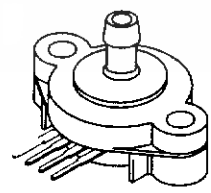


MPX2010GP
CASE 344B-01



MPX2010DP
CASE 344C-01

MPX2010GS
CASE 344E-01



MPX2010GSX
CASE 344F-01

© Freescale Semiconductor, Inc., 2005. All rights reserved.

freescale semiconductor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

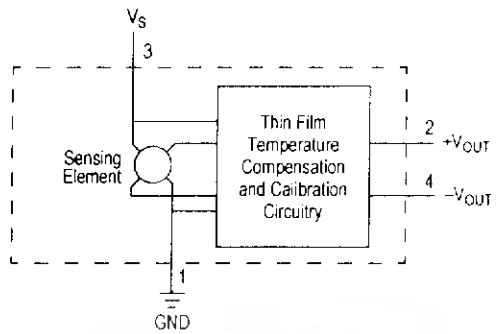


Figure 1. Temperature Compensated and Calibrated Pressure Sensor Schematic

VOLTAGE OUTPUT VERSUS APPLIED DIFFERENTIAL PRESSURE

The output voltage of the differential or gauge sensor increases with increasing pressure applied to the pressure side (P1) relative to the vacuum side (P2). Similarly, output voltage increases as increasing vacuum is applied to the vacuum side (P2) relative to the pressure side (P1).

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry on the stand-alone pressure sensor chip.

Table 1. Maximum Ratings[1]

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P_{MAX}	75	kPa
Storage Temperature	T_{STG}	–40 to +125	°C
Operating Temperature	T_A	–40 to +125	°C

1. Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2. Operating Characteristics (V_S = 10 V_{DC}, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Pressure Range[1]	P_{OP}	0	—	10	kPa
Supply Voltage[2]	V_S	—	10	16	V_{DC}
Supply Current	I_O	—	6.0	—	mAdc
Full Scale Span[3]	V_{FSS}	24	25	26	mV
Offset[4]	V_{OFF}	−1.0	—	1.0	mV
Sensitivity	$\Delta V/\Delta P$	—	2.5	—	mV/kPa
Linearity[5]	—	−1.0	—	1.0	$\%V_{FSS}$
Pressure Hysteresis[5] (0 to 50 kPa)	—	—	±0.1	—	$\%V_{FSS}$
Temperature Hysteresis[5] (−40°C to +125°C)	—	—	±0.5	—	$\%V_{FSS}$
Temperature Effect on Full Scale Span[5]	TCV_{FSS}	−1.0	—	1.0	$\%V_{FSS}$
Temperature Effect on Offset[5]	TCV_{OFF}	−1.0	—	1.0	mV
Input Impedance	Z_{IN}	1000	—	2550	W
Output Impedance	Z_{OUT}	1400	—	3000	W
Response Time[6] (10% to 90%)	t_R	—	1.0	—	ms
Warm-Up Time	—	—	2.0	—	ms
Offset Stability[7]	—	—	±0.5	—	$\%V_{FSS}$

1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
2. Device is ratiometric within this specified excitation range. Operating the device above the specified excitation range may induce additional error due to device self-heating.
3. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum related pressure.
4. Offset (V_{OFF}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
5. Accuracy (error budget) consists of the following:
   - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
   - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
   - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
   - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
   - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
   - Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS}, at 25°C.
6. Response Time is defined as the time form the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
7. Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON-CHIP TEMPERATURE COMPENSATION AND CALIBRATION

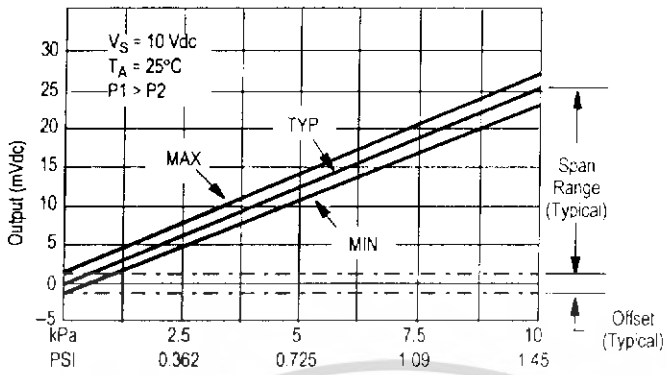


Figure 2. Output vs. Pressure Differential

Figure 2 shows the output characteristics of the MPX2010/MPXV2010G series at 25°C. The output is directly proportional to the differential pressure and is essentially a straight line.

The effects of temperature on full scale span and offset are very small and are shown under Operating Characteristics.

This performance over temperature is achieved by having both the shear stress strain gauge and the thin-film resistor circuitry on the same silicon diaphragm. Each chip is dynamically laser trimmed for precise span and offset calibration and temperature compensation.

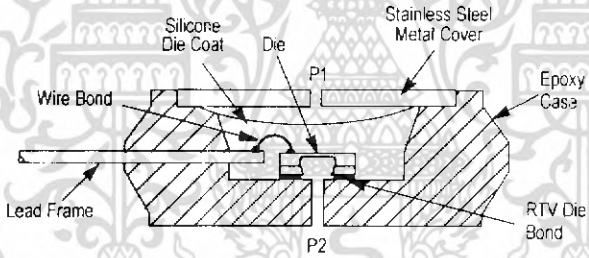


Figure 3. Unibody Package: Cross Sectional Diagram (Not to Scale)

Figure 3 illustrates the differential/gauge die in the basic chip carrier (Case 344). A silicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm.

The MPX2010/MPXV2010G series pressure sensor operating characteristics and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media other than dry air may have adverse effects on sensor performance and long term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINEARITY

Linearity refers to how well a transducer's output follows the equation: $V_{out} = V_{off} + sensitivity \times P$ over the operating pressure range. There are two basic methods for calculating nonlinearity: (1) end point straight line fit (see Figure 4) or (2) a least squares best line fit. While a least squares fit gives the "best case" linearity error (lower numerical value), the calculations required are burdensome.

Conversely, an end point fit will give the "worst case" error (often more desirable in error budget calculations) and the calculations are more straightforward for the user. Freescale's specified pressure sensor linearities are based on the end point straight line method measured at the midrange pressure.

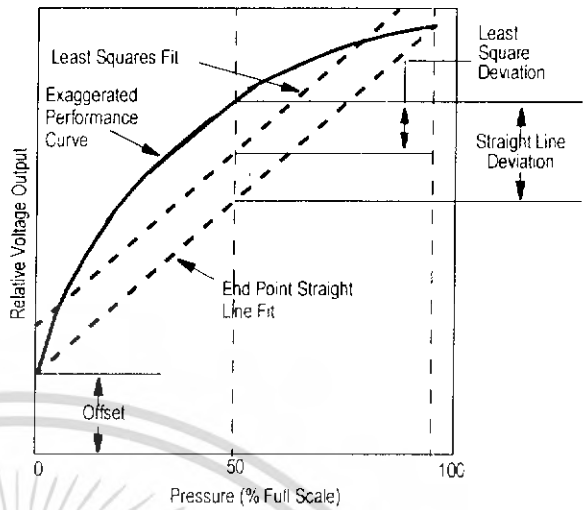


Figure 4. Linearity Specification Comparison

PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

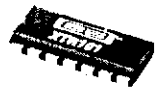
Freescale designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing silicone gel which isolates the die from the environment. The Freescale MPX pressure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, P1 > P2.

The Pressure (P1) side may be identified by using the following table.

Table 3. Pressure (P1) Side Delineation

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX2010D	344	Stainless Steep Cap
MPX2010DP	344C	Side with Part Marking
MPX2010GP	344B	Side with Port Attached
MPX2010GS	344E	Side with Port Attached
MPX2010GSX	344F	Side with Port Attached
MPXV2010GP	1369	Side with Port Attached
MPXV2010DP	1351	Side with Part Marking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SBOS146A - OCTOBER 1996 - REVISED AUGUST 2004

Precision, Low Drift 4-20mA TWO-WIRE TRANSMITTER

FEATURES

- INSTRUMENTATION AMPLIFIER INPUT:
  - Low Offset Voltage, 30µV max
  - Low Voltage Drift, 0.75µV/°C max
  - Low Nonlinearity, 0.01% max
- TRUE TWO-WIRE OPERATION:
  - Power and Signal on One Wire Pair
  - Current Mode Signal Transmission
  - High Noise Immunity
- DUAL MATCHED CURRENT SOURCES
- WIDE SUPPLY RANGE: 11.6V to 40V
- SPECIFICATION RANGE: –40°C to +85°C
- SMALL DIP-14 PACKAGE, CERAMIC AND PLASTIC

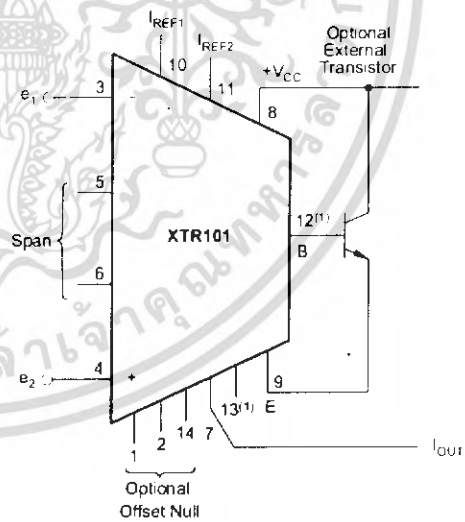
APPLICATIONS

- INDUSTRIAL PROCESS CONTROL:
  - Pressure Transmitters
  - Temperature Transmitters
  - Millivolt Transmitters
- RESISTANCE BRIDGE INPUTS
- THERMOCOUPLE INPUTS
- RTD INPUTS
- CURRENT SHUNT (mV) INPUTS
- PRECISION DUAL CURRENT SOURCES
- AUTOMATED MANUFACTURING
- POWER/PLANT ENERGY SYSTEM MONITORING

DESCRIPTION

The XTR101 is a microcircuit, 4-20mA, two-wire transmitter containing a high accuracy instrumentation amplifier (IA), a voltage-controlled output current source, and dual-matched precision current reference. This combination is ideally suited for remote signal conditioning of a wide variety of transducers such as thermocouples, RTDs, thermistors, and strain gauge bridges. State-of-the-art design and laser-trimming, wide temperature range operation, and small size make it very suitable for industrial process control applications. In addition, the optional external transistor allows even higher precision.

The two-wire transmitter allows signal and power to be supplied on a single wire pair by modulating the power-supply current with the input signal source. The transmitter is immune to voltage drops from long runs and noise from motors, relays, actuators, switches, transformers, and industrial equipment. It can be used by OEMs producing transmitter modules or by data acquisition system manufacturers.



NOTE: (1) Pins 12 and 13 are used for optional BW control.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS INSTRUMENTS
www.ti.com

Copyright © 1996-2004, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)

Power Supply, $+V_{CC}$	40V
Input Voltage, e_1 or e_2	$\geq V_{OUT}$, $\leq +V_{CC}$
Storage Temperature Range, Ceramic	−55°C to +165°C
Plastic	−55°C to +125°C
Lead Temperature (soldering, 10s) G, P	+300°C
(wave soldering, 3s) U	+260°C
Output Short-Circuit Duration	Continuous $+V_{CC}$ to I_{OUT}
Junction Temperature	+165°C

(1) Stresses above these ratings may cause permanent damage. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may degrade device reliability. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those specified is not supported.

This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

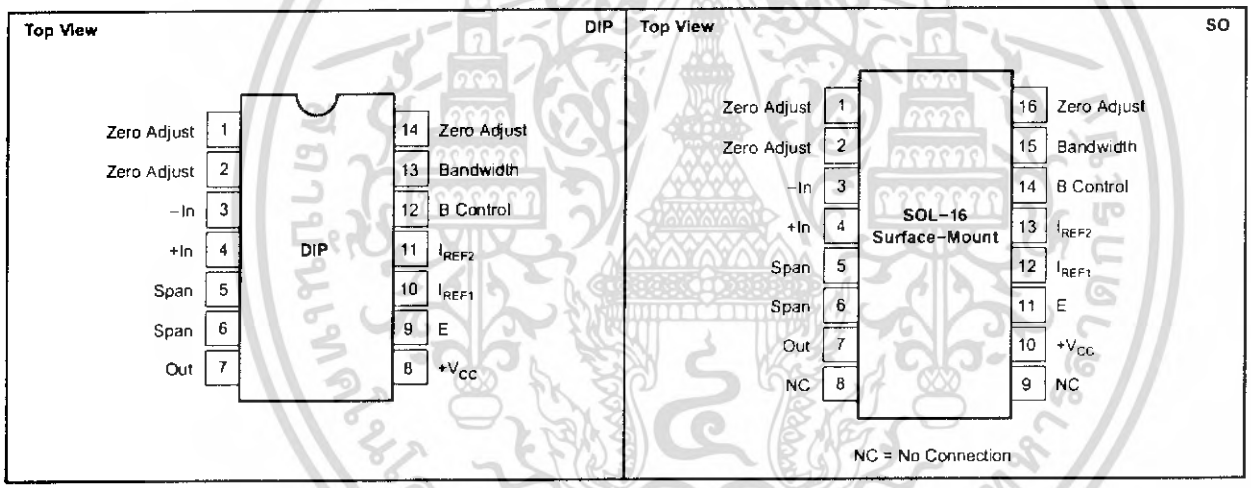
ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE-LEAD	PACKAGE DESIGNATOR(1)	SPECIFIED TEMPERATURE RANGE	PACKAGE MARKING
XTR101	Ceramic DIP-14	JD	−40°C to +85°C	XTR101AG
				XTR101BG
	Plastic DIP-14	N		XTR101AP
	SO-16	DW		XTR101AU

(1) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum located at the end of this data sheet.

PIN CONFIGURATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

At T_A = +25°C, $+V_{CC}$ = 24VDC, and R_L = 100Ω with external transistor connected, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	XTR101AG MIN	XTR101AG TYP	XTR101AG MAX	XTR101BG MIN	XTR101BG TYP	XTR101BG MAX	XTR101AP MIN	XTR101AP TYP	XTR101AP MAX	XTR101AU MIN	XTR101AU TYP	XTR101AU MAX	UNIT
OUTPUT AND LOAD CHARACTERISTICS														
Current	Linear Operating Region	4		20	*		*	*		*	*		*	mA
	Derated Performance	3.8		22	*		*	*		*	*		*	mA
Current Limit			28	38		*	*		31	*		31	*	mA
Offset Current Error	I_{OS}, I_O = 4mA		±3.9	±10		±2.5	±6		±8.5	±19		±8.5	±19	µA
vs Temperature	$\Delta I_{OS}/\Delta T$		±10.5	±20		±8	±15		±10.5	±20		*		ppm FS/°C
Full-Scale Output Current Error	Full-Scale = 20mA		±20	±40		±15	±30		±30	±60		±30	±60	µA
Power-Supply Voltage	V_{CC}, Pins 7 and 8, Compliance(1)	+11.6		±40	*		*	*		*	*		*	VDC
Load Resistance	At V_{CC} = +24V, I_O = 20mA			600			*			*			*	Ω
	At V_{CC} = +40V, I_O = 20mA			1400			*			*			*	Ω
SPAN														
Output Current Equation	R_S in Ω, e_1 and e_2 in V				$I_O = 4mA + [0.016amps/volt - (40/R_S)](e_2 - e_1)$									
Span Equation	R_S in Ω				$S = [0.016amps/volt - (40/R_S)]$									A/V
vs Temperature	Excluding TCR of R_S		±30	±100		*	*		*	*		*	*	ppm/°C
Untrimmed Error(2)	t_{SPAN}	-5	-2.5	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	%
Nonlinearity	$t_{NONLINEARITY}$			0.01			*			*			*	%
Hysteresis			0			*			*			*		%
Dead Band			0			*			*			*		%
INPUT CHARACTERISTICS														
Impedance: Differential			0.4 || 3			*			*			*		GΩ || pF
Common-Mode			10 || 3			*			*			*		GΩ || pF
Voltage Range, Full-Scale	$\Delta e = (e_2 - e_1)$(3)	0		1	*		*	*		*	*		*	V
Offset Voltage	V_{OS}		±30	±60		±20	±30		*	±100		*	±100	µV
vs Temperature	$\Delta V_{OS}/\Delta T$		±0.75	±1.5		±0.35	±0.75		*	*		*	*	µV/°C
Power-Supply Rejection	$\Delta V_{CC}/PSRR = V_{OS}$ Error	110	125		*	*		*	122		*	122		dB
Bias Current	I_B		60	150		*	*		*	*		*	*	nA
vs Temperature	$\Delta I_B/\Delta T$		0.30	1		*	*		*	*		*	*	nA/°C
Offset Current	I_{OSI}		10	±30		*	±20		*	*		*	*	nA
vs Temperature	$\Delta I_{OSI}/\Delta T$		0.1	0.3		*	*		*	*		*	*	nA/°C
Common-Mode Rejection(4)	DC	90	100		*	*		*	*		*	*		dB
Common-Mode Range	e_1 and e_2 with Respect to Pin 7	4		6	*		*	*		*	*		*	V
CURRENT SOURCES														
Magnitude			1			*			*			*		mA
Accuracy	V_{CC} = 24V, $V_{PIN\ 8} - V_{PIN\ 10, 11}$ = 19V, R_2 = 5kΩ, see Figure 5		±0.06	±0.17		±0.025	±0.075		±0.2	±0.37		±0.2	±0.37	%
vs Temperature			±50	±80		±30	±50		*	*		*	*	ppm/°C
vs V_{CC}			±3			*			*			*		ppm/V
vs Time			±8			*			*			*		ppm/month
Compliance Voltage Ratio Match	With Respect to Pin 7 Tracking	0	V_{CC} - 3.5		*		*	*		*	*		*	V
Accuracy	$(1 - I_{REF1}/I_{REF2}) \times 100\%$		±0.01	±0.06		±0.005	±0.04		±0.031	±0.088		±0.031	±0.088	%
			4	6		9								
vs Temperature				±15			10			*			*	ppm/°C
vs V_{CC}			±10			*			*			*		ppm/V
vs Time			±1			*			*			*		ppm/month
Output Impedance		10	20		*	*		*	15		*	15		MΩ
TEMPERATURE RANGE														
Specification		-40		+85	*		*	*		*	*		*	°C
Operating		-55		+125	*		*	-40		+85	-40		+85	°C
Storage		-55		+165	*		*	-55		+125	-55		+125	°C

* Same as XTR101AG.

(1) See the Typical Characteristics.

(2) Span error shown is untrimmed and may be adjusted to zero.

(3) e_1 and e_2 are signals on the -In and +In terminals with respect to the output, pin 7. While the maximum permissible Δe is 1V, it is primarily intended for much lower signal levels, for instance, 10mV or 50mV full-scale for the XTR101A and XTR101B grades, respectively. 2mV FS is also possible with the B grade, but accuracy will degrade due to possible errors in the low value span resistance and very high amplification of offset, drift, and noise.

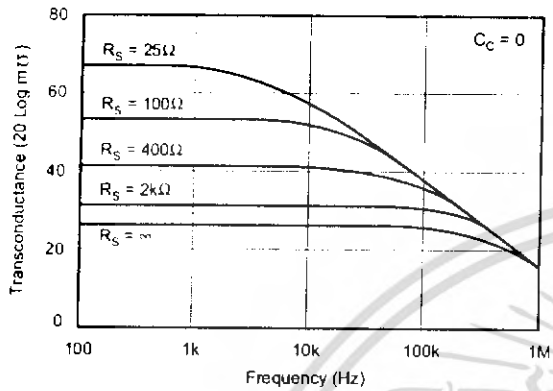
(4) Offset voltage is trimmed with the application of a 5V common-mode voltage. Thus, the associated common-mode error is removed. See the *Application Information* section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

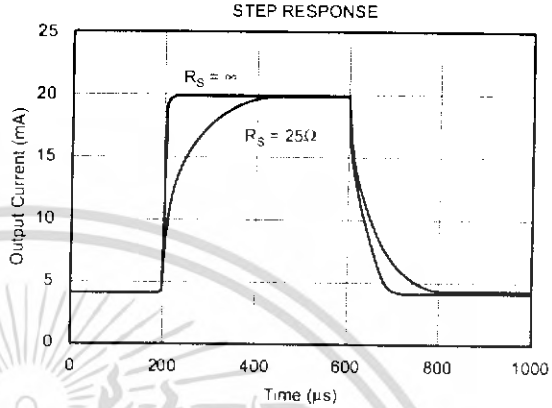
TYPICAL CHARACTERISTICS

At T_A = +25°C and V_{CC} = 24VDC, unless otherwise noted.

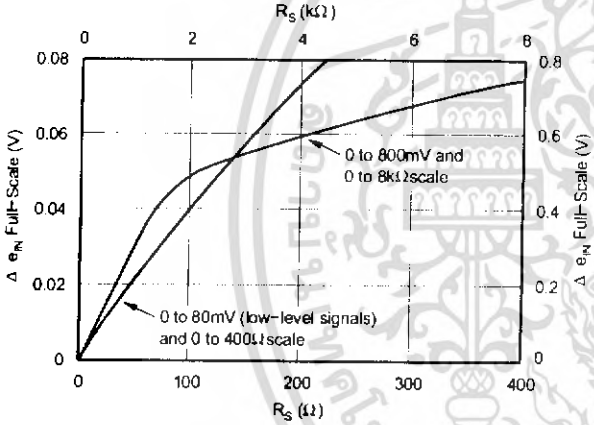
SPAN vs FREQUENCY



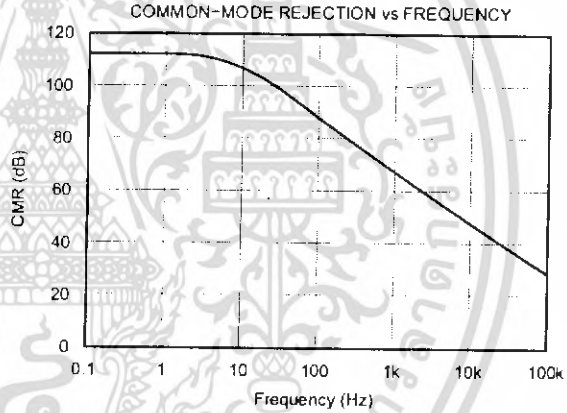
STEP RESPONSE



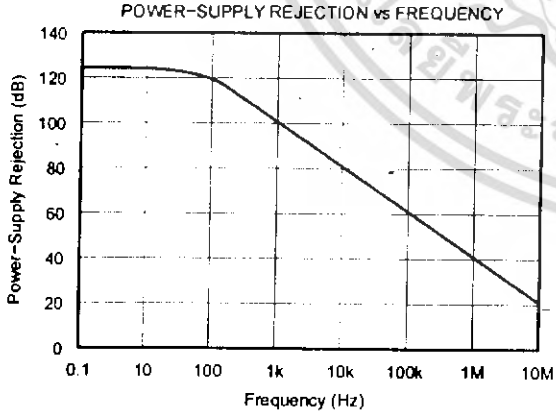
FULL-SCALE INPUT VOLTAGE vs R_S



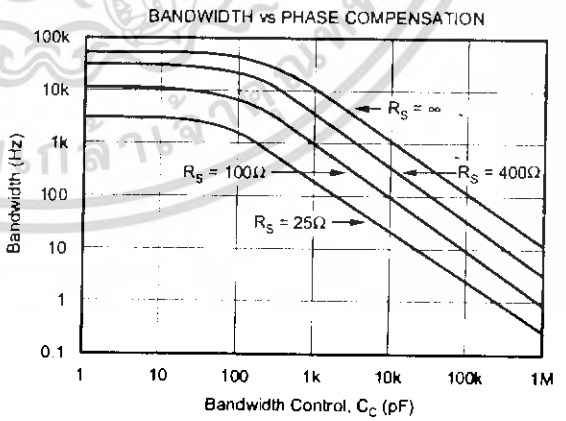
COMMON-MODE REJECTION vs FREQUENCY



POWER-SUPPLY REJECTION vs FREQUENCY



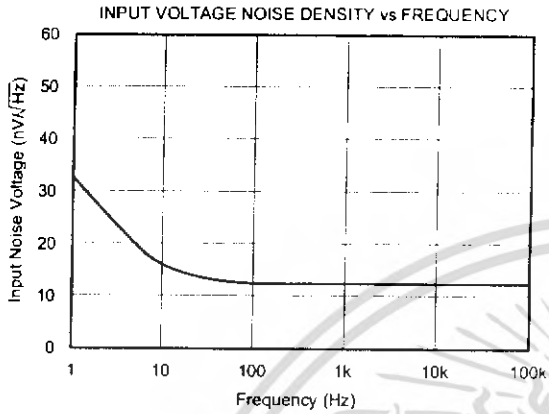
BANDWIDTH vs PHASE COMPENSATION

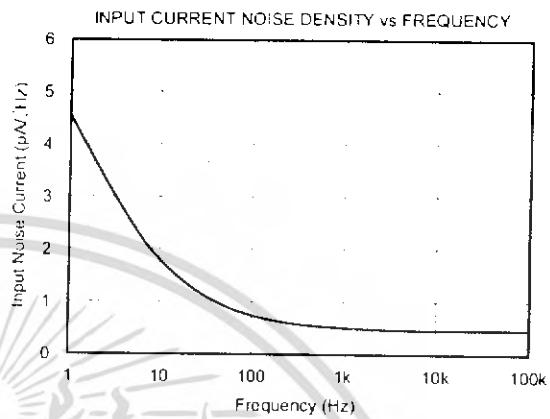


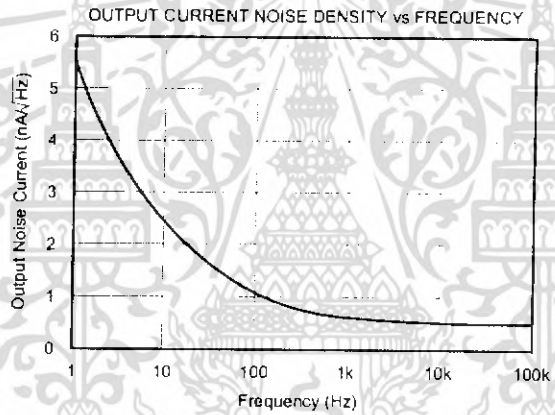
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

At T_A = +25°C, V_{DD} = +3.3V, and V_{IO} = +3.3V, unless otherwise noted.







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THEORY OF OPERATION

A simplified schematic of the XTR101 is shown in Figure 1. Basically, the amplifiers A_1 and A_2 act as a single power-supply instrumentation amplifier controlling a current source, A_3 and Q_1. Operation is determined by an internal feedback loop. e_1 applied to pin 3 will also appear at pin 5, and similarly, e_2 will appear at pin 6. Therefore, the current in R_S (the span setting resistor) will be $I_S = (e_2 - e_1)/R_S = e_{IN}/R_S$. This current combines with the current I_3 to form I_1. The circuit is configured such that I_2 is 19 times I_1. From this point, the derivation of the transfer function is straightforward but lengthy. The result is shown in Figure 1.

Examination of the transfer function shows that I_O has a lower range-limit of 4mA when $e_{IN} = e_2 - e_1 = 0V$. This 4mA is composed of 2mA quiescent current exiting pin 7 plus 2mA from the current sources. The upper range limit of I_O is set to 20mA by the proper selection of R_S based on the upper range limit of e_{IN}. Specifically, R_S is chosen for a 16mA output current span for the given full-scale input voltage span.

$$\text{For example, } \left(0.016\frac{\text{amps}}{\text{volt}} + \frac{40}{R_S}\right)(e_{IN}\ \text{full-scale}) = 16\text{mA}.$$

Note that since I_O is unipolar, e_2 must be kept larger than e_1 (that is, $e_2 \geq e_1$ or $e_{IN} \geq 0$). Also note that in order not to exceed the output upper range limit of 20mA, e_{IN} must be kept less than 1V when $R_S = \infty$ and proportionately less as R_S is reduced.

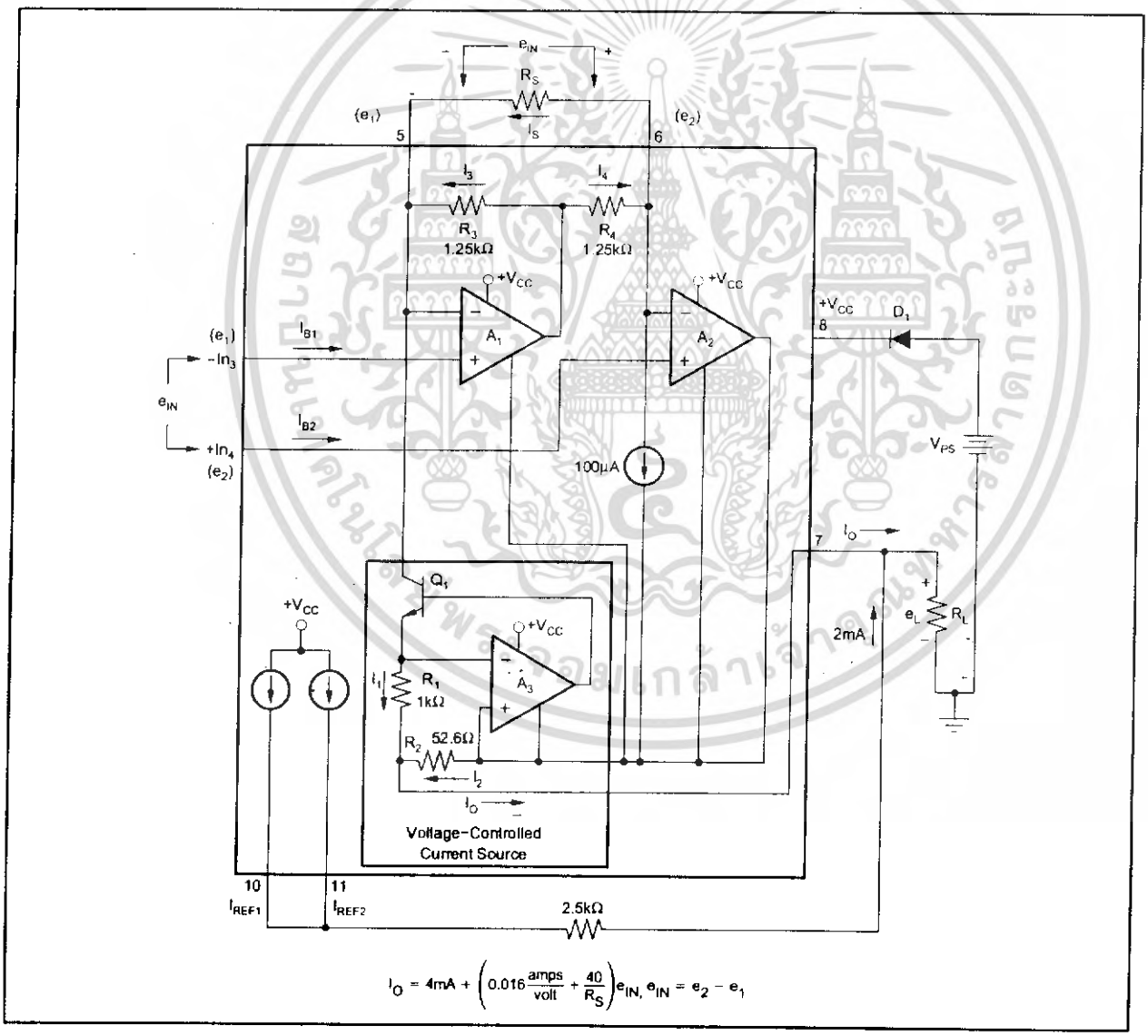


Figure 1. Simplified Schematic of the XTR101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INSTALLATION AND OPERATING INSTRUCTIONS

BASIC CONNECTION

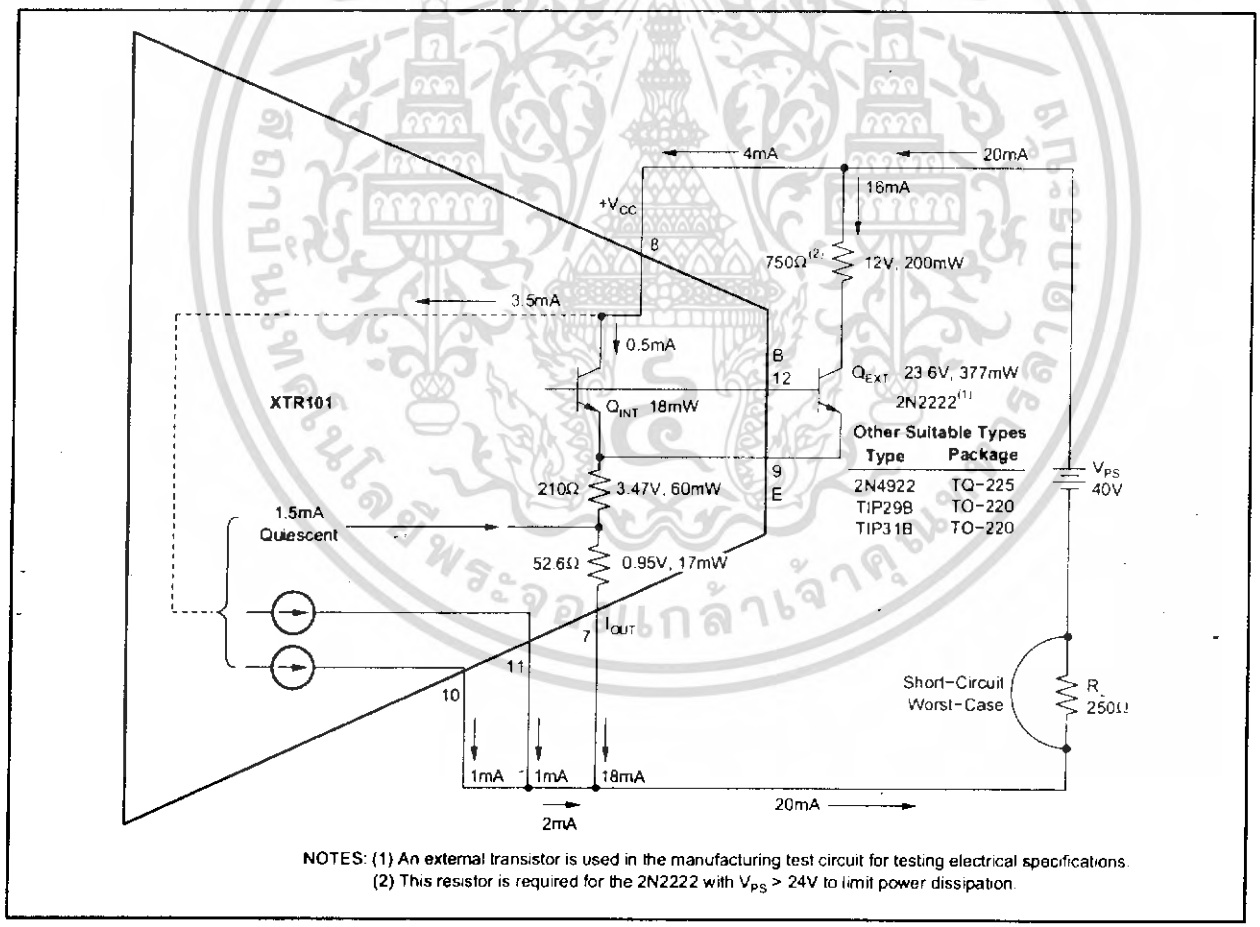
See Figure 1 for the basic connection of the XTR101. A difference voltage applied between input pins 3 and 4 will cause a current of 4-20mA to circulate in the two-wire output loop (through R_L, V_{PS}, and D_1). For applications requiring moderate accuracy, the XTR101 operates very cost-effectively with just its internal drive transistor. For more demanding applications (high accuracy in high gain), an external NPN transistor can be added in parallel with the internal one. This keeps the heat out of the XTR101 package and minimizes thermal feedback to the input stage. Also, in such applications where the e_{IN} full-scale is small (< 50mV) and R_{SPAN} is small (< 150Ω), caution should be taken to consider errors from the external span circuit plus high amplification of offset drift and noise.

OPTIONAL EXTERNAL TRANSISTOR

The optional external transistor, when used, is connected in parallel with the XTR101 internal transistor. The purpose is to increase accuracy by reducing heat change inside the XTR101 package as the output current spans from 4-20mA. Under normal operating conditions, the internal transistor is never completely turned off, as shown in Figure 2. This maintains frequency stability with varying external transistor characteristics and wiring capacitance. The actual current sharing between internal and external transistors is dependent on two factors:

1. relative geometry of emitter areas, and
2. relative package dissipation (case size and thermal conductivity).

For best results, the external device should have a larger base-emitter area and smaller package. It will, upon turn-on, take about [0.95(I_O – 3.3mA)]mA. However, it will heat faster and take a greater share after a few seconds.



NOTES: (1) An external transistor is used in the manufacturing test circuit for testing electrical specifications.
(2) This resistor is required for the 2N2222 with V_{PS} > 24V to limit power dissipation.

Figure 2. Power Calculation of the XTR101 with an External Transistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Although any NPN of suitable power rating will operate with the XTR101, two readily available transistors are recommended:

1. 2N2222 in the TO-18 package. For power-supply voltages above 24V, a 750Ω, 1/2W resistor should be connected in series with the collector. This will limit the power dissipation to 377mW under the worst-case conditions; see Figure 2. Thus, the 2N2222 will safely operate below its 400mW rating at the upper temperature of +85°C. Heat sinking the 2N2222 will result in greatly reduced accuracy improvement and is not recommended.

2. TIP29B in the TO-220 package. This transistor will operate over the specified temperature and output voltage range without a series collector resistor. Heat sinking the TIP29B will result in slightly less accuracy improvement. It can be done, however, when mechanical constraints require it.

ACCURACY WITH AND WITHOUT AN EXTERNAL TRANSISTOR

The XTR101 has been tested in a circuit using an external transistor. The relative difference in accuracy with and without an external transistor is shown in Figure 3. Notice that a dramatic improvement in offset voltage change with supply voltage is evident for any value of load resistor.

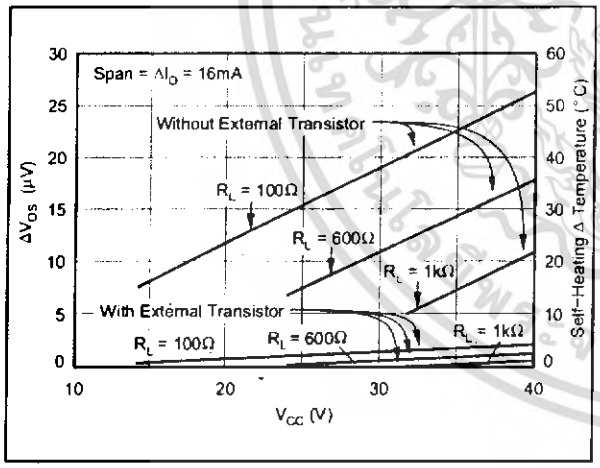


Figure 3. Thermal Feedback Due to Change in Output Current

MAJOR POINTS TO CONSIDER WHEN USING THE XTR101

1. The leads to R_S should be kept as short as possible to reduce noise pick-up and parasitic resistance.
2. $+V_{CC}$ should be bypassed with a 0.01μF capacitor as close to the unit as possible (pin 8 to pin 7).
3. Always keep the input voltages within their range of linear operation, +4V to +6V (e_1 and e_2 measured with respect to pin 7).
4. The maximum input signal level (e_{INFS}) is 1V with $R_S = \infty$ and proportionally less as R_S decreases.
5. Always return the current references (pins 10 and 11) to the output (pin 7) through an appropriate resistor. If the references are not used for biasing or excitation, connect them together to pin 7. Each reference must have between 0V and $+(V_{CC} - 4V)$ with respect to pin 7.
6. Always choose R_L (including line resistance) so that the voltage between pins 7 and 8 ($+V_{CC}$) remains within the 11.6V to 40V range as the output changes between the 4-20mA range (as shown in Figure 4).
7. It is recommended that a reverse polarity protection diode (D_1 in Figure 1) be used. This will prevent damage to the XTR101 caused by a momentary (such as a transient) or long-term application of the wrong polarity of voltage between pins 7 and 8.
8. Consider PC board layout which minimizes parasitic capacitance, especially in high gain.

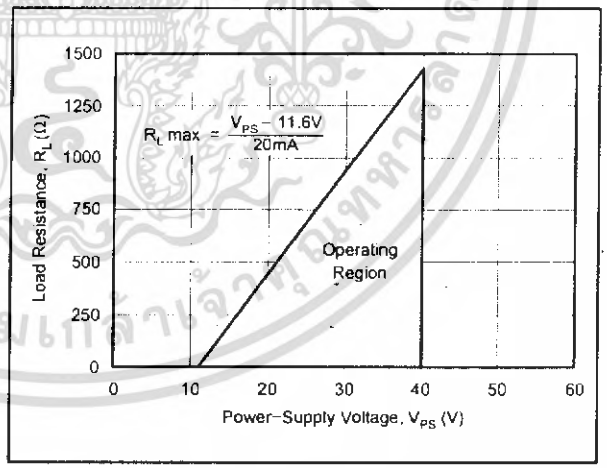


Figure 4. Power-Supply Operating Range

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELECTING THE R_S

R_{SPAN} is chosen so that a given full-scale input span (e_{INFS}) will result in the desired full-scale output span of ΔI_{OFS}:

$$\left[\left(0.016\frac{\text{amps}}{\text{volt}}\right) + \left(\frac{40}{R_S}\right)\right]\Delta e_{IN} = \Delta I_O = 16\text{mA}.$$

Solving for R_S:

$$R_S = \frac{40}{\Delta I_O/\Delta e_{IN} - 0.016\frac{\text{amps}}{\text{volt}}} \qquad (1)$$

For example, if Δe_{INFS} = 100mV for ΔI_{OFS} = 16mA,

$$R_S = \frac{40}{(16\text{mA}/100\text{mV}) - 0.016} = \frac{40}{0.16 - 0.016}$$

$$= \frac{40}{0.144} = 278\Omega$$

See the Typical Characteristics for a plot of R_S vs Δe_{INFS}. Note that in order not to exceed the 20mA upper range limit, e_{IN} must be less than 1V when $R_S = \infty$ and proportionately smaller as R_S decreases.

BIASING THE INPUTS

Because the XTR operates from a single supply, both e_1 and e_2 must be biased approximately 5V above the voltage at pin 7 to assure linear response. This is easily done by using one or both current sources and an external resistor, R_2. Figure 5 shows the simplest case—a floating voltage source e'_2. The 2mA from the current sources flows through the 2.5kΩ value of R_2 and both e_1 and e_2 are raised by the required 5V with respect to pin 7. For linear operation the constraint is:

$$+4\text{V} \le e_1 \le +6\text{V}$$

$$+4\text{V} \le e_2 \le +6\text{V}$$

The offset adjustment is used to remove the offset voltage of the input amplifier. When the input differential voltage (e_{IN}) equals zero, adjust for 4mA output.

Figure 6 shows a similar connection for a resistive transducer. The transducer could be excited either by one (as shown) or both current sources. Also, the offset adjustment has higher resolution compared to Figure 5.

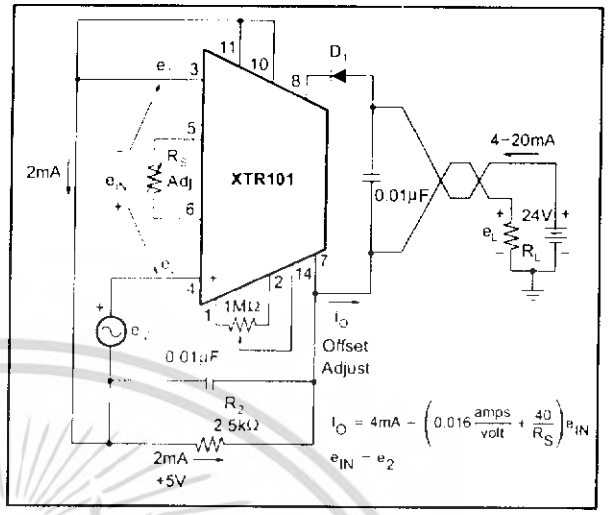


Figure 5. Basic Connection for Floating Voltage Source

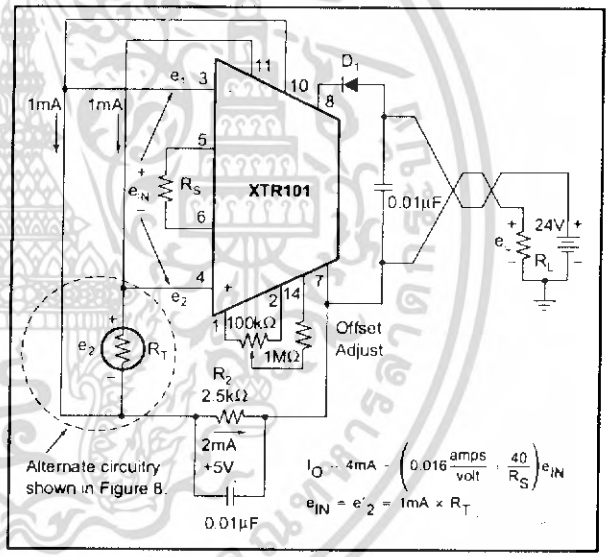


Figure 6. Basic Connection for Resistive Source

CMV AND CMR

The XTR101 is designed to operate with a nominal 5V common-mode voltage at the input and will function properly with either input operating over the range of 4V to 6V with respect to pin 7. The error caused by the 5V CMV is already included in the accuracy specifications.

If the inputs are biased at some other CMV, then an input offset error term is (CMV – 5)/CMRR, where CMR is in dB, and CMRR is in V/V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIGNAL SUPPRESSION AND ELEVATION

In some applications, it is desired to have suppressed zero range (input signal elevation) or elevated zero range (input signal suppression). This is easily accomplished with the XTR101 by using the current sources to create the suppression/elevation voltage. The basic concept is shown in Figure 7 and Figure 8(a). In this example, the sensor voltage is derived from R_T (a thermistor, RTD, or other variable resistance element) and excited by one of the 1mA current sources. The other current source is used to create the elevated zero range voltage. Figure 8(b), (c), and (d) show some of the possible circuit variations. These circuits have the desirable feature of noninteractive span and suppression/elevation adjustments.

Note: It is not recommended to use the optional offset voltage null (pins 1, 2, and 14) for elevation/suppression. This trim capability is used only to null the amplifier's input offset voltage. In many applications the already low offset voltage (typically 20µV) will not need to be nulled at all. Adjusting the offset voltage to non-zero values will disturb the voltage drift by ±0.3µV/°C per 100µV or induced offset.

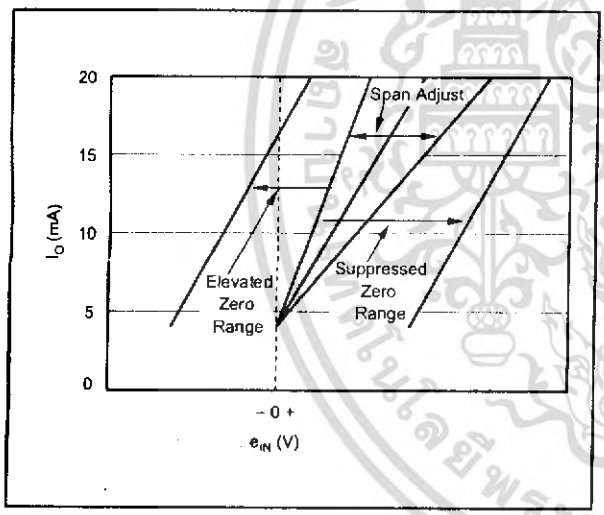


Figure 7. Elevation and Suppression Graph

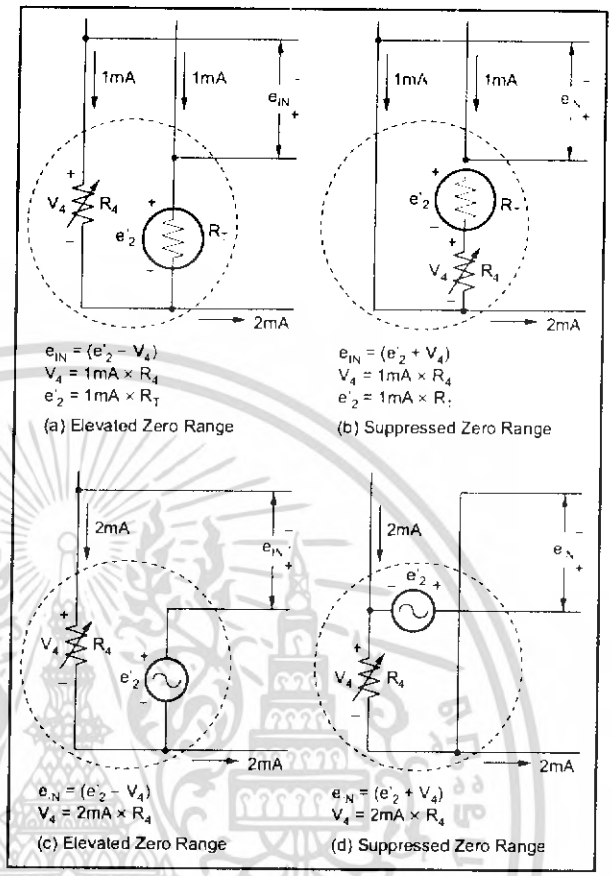


Figure 8. Elevation and Suppression Circuits

APPLICATION INFORMATION

The small size, low offset voltage and drift, excellent linearity, and internal precision current sources make the XTR101 ideal for a variety of two-wire transmitter applications. It can be used by OEMs producing different types of transducer transmitter modules and by data acquisition systems manufacturers who gather transducer data. Current-mode transmission greatly reduces noise interference. The two-wire nature of the device allows economical signal conditioning at the transducer. Thus the XTR101 is, in general, very suitable for individualized and special-purpose applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXAMPLE 1

An RTD transducer is shown in Figure 9.

Given a process with temperature limits of +25°C and +150°C, configure the XTR101 to measure the temperature with a platinum RTD which produces 100Ω at 0°C and 200Ω at +266°C (obtained from standard RTD tables). Transmit 4mA for +25°C and 20mA for +150°C.

COMPUTING R_S:

The sensitivity of the RTD is $\Delta R/\Delta T$ = 100Ω/266°C. When excited with a 1mA current source for a 25°C to 150°C range (a 125°C span), the span of e_{IN} is 1mA × (100Ω/266°C) × 125°C = 47mV = Δe_{IN}.

From Equation 1, $$R_S = \frac{40}{\Delta I_O/\Delta e_{IN} - 0.016\,\frac{\text{amps}}{\text{volt}}}$$

$$R_S = \frac{40}{16\text{mA}/47\text{mV} - 0.016\text{A/V}} = \frac{40}{0.3244} = 123.3\Omega$$

Span adjustment (calibration) is accomplished by trimming R_S.

COMPUTING R_4:

$$\text{At } +25°\text{C}, e'_2 = 1\text{mA}(R_T + \Delta R_T)$$
$$= 1\text{mA}\left[100\Omega + \frac{100\Omega}{266°\text{C}} \times 25°\text{C}\right]$$
$$= 1\text{mA}(109.4\Omega) = 109.4\text{mV}$$

In order to make the lower range limit of 25°C correspond to the output lower range limit of 4mA, the input circuitry shown in Figure 9 is used.

e_{IN}, the XTR101 differential input, is made 0 at 25°C or:

$$e'_{2\ 25°C} - V_4$$
$$\text{thus, } V_4 = e'_{2\ 25°C} = 109.4\text{mV}$$
$$R_4 = \frac{V_4}{1\text{mA}} = \frac{109.4\text{mV}}{1\text{mA}} = 109.4\Omega$$

COMPUTING R_2 AND CHECKING CMV:

$$\text{At } +25°\text{C}, e'_2 = 109.4\text{mV}$$
$$\text{At } +150°\text{C}, e'_2 = 1\text{mA}(R_T + \Delta R_T)$$
$$= 1\text{mA}\left[100\Omega + \frac{100\Omega}{266°\text{C}} \times 150°\text{C}\right]$$
$$= 156.4\text{mV}$$

Since both e'_2 and V_4 are small relative to the desired 5V common-mode voltage, they may be ignored in computing R_2 as long as the CMV is met.

$$R_2 = \frac{5\text{V}}{2\text{mA}} = 2.5\text{k}\Omega$$

e_2 min = 5V + 0.1094V
e_2 max = 5V + 0.1564V
e_1 = 5V + 0.1094V

⟩ The 4V to 6V CMV requirement is met.

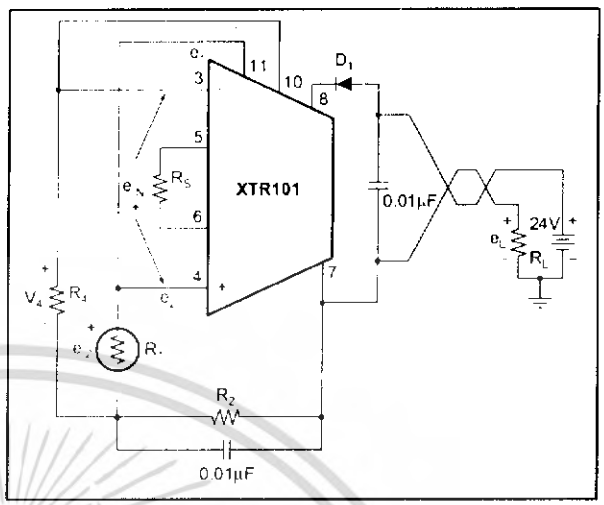


Figure 9. Circuit for Example 1

EXAMPLE 2

A thermocouple transducer is shown in Figure 10.

Given a process with temperature (T_1) limits of 0°C and +1000°C, configure the XTR101 to measure the temperature with a type J thermocouple that produces a 58mV change for 1000°C change. Use a semiconductor diode for cold junction compensation to make the measurement relative to 0°C. This is accomplished by supplying a compensating voltage (V_{R6}) equal to that normally produced by the thermocouple with its cold junction (T_2) at ambient. At a typical ambient of +25°C, this is 1.28mV (obtained from standard thermocouple tables with reference junction of 0°C). Transmit 4mA for T_1 = 0°C and 20mA for T_1 = +1000°C. Note: $e_{IN} = e_2 - e_1$ indicates that T_1 is relative to T_2.

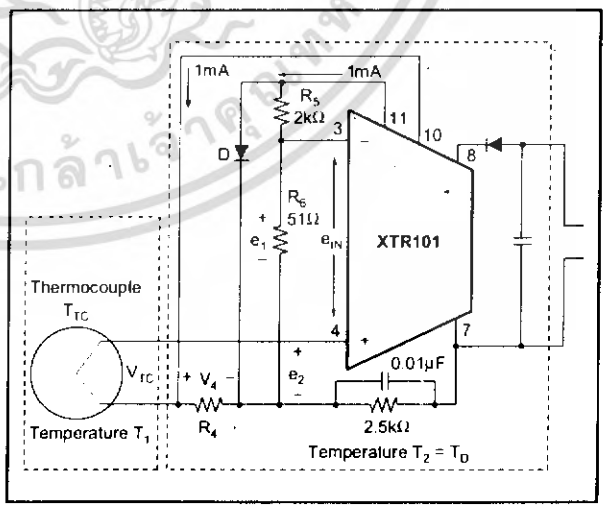


Figure 10. Thermocouple Input Circuit with Two Temperature Regions and Diode (D) Cold Junction Compensation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTABLISHING R_S:

The input full-scale span is 58mV (Δe_{INFS} = 58mV).

R_S is found from Equation 1.

$$R_S = \frac{40}{\Delta I_O/\Delta e_{IN} - 0.016\frac{amps}{volt}}$$

$$= \frac{40}{16mA/58mV - 0.016A/V} = \frac{40}{0.2599} = 153.9\Omega$$

SELECTING R_4:

R_4 is chosen to make the output 4mA at T_{TC} = 0°C (V_{TC} = −1.28mV) and T_D = +25°C (V_D = 0.6V); see Figure 10.

V_{TC} will be −1.28mV when T_{TC} = 0°C and the reference junction is at +25°C. e_1 must be computed for the condition of T_D = +25°C to make e_{IN} = 0V.

$$V_{D\,25°C} = 600mV$$

$$e_{1\,25°C} = 600mV\left(\frac{51}{2051}\right) = 14.9mV$$

$$e_{IN} = e_2 - e_1 = V_{TC} + V_4 - e_1$$

With e_{IN} = 0 and V_{TC} = −1.28mV,

$$V_4 = e_1 + e_{IN} - V_{TC}$$

$$= 14.9mV + 0V - (-1.28mV)$$

$$1mA(R_4) = 16.18mV$$

$$R_4 = 16.18\Omega$$

COLD JUNCTION COMPENSATION:

A temperature reference circuit is shown in Figure 11.

The diode voltage has the form:

$$V_D = \frac{KT}{q}\ln\frac{I_{DIODE}}{I_{SAT}}$$

Typically at T_2 = +25°C, V_D = 0.6V and $\Delta V_D/\Delta T$ = −2mV/°C. R_5 and R_6 form a voltage divider for the diode voltage V_D. The divider values are selected so that the gradient $\Delta V_D/\Delta T$ equals the gradient of the thermocouple at the reference temperature. At +25°C this is approximately 52µV/°C (obtained from a standard thermocouple table); therefore,

$$\frac{\Delta T_C}{\Delta T} = \frac{\Delta V_D}{\Delta T}\left(\frac{R_6}{R_5 + R_6}\right)$$

$$\frac{52\mu V}{°C} = \frac{2000\mu V}{°C}\left(\frac{R_6}{R_5 + R_6}\right) \quad (2)$$

R_5 is chosen as 2kΩ to be much larger than the resistance of the diode. Solving for R_6 yields 51Ω.

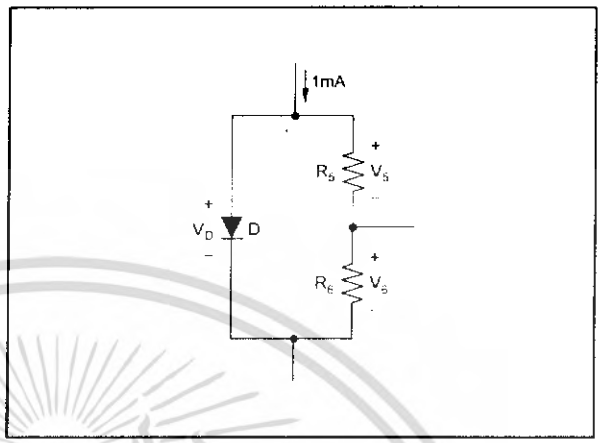


Figure 11. Cold Junction Compensation Circuit

THERMOCOUPLE BURN-OUT INDICATION

In process control applications it is desirable to detect when a thermocouple has burned out. This is typically done by forcing the two-wire transmitter current to either limit when the thermocouple impedance goes very high. The circuits of Figure 16 and Figure 17 inherently have downscale indication. When the impedance of the thermocouple gets very large (open) the bias current flowing into the + input (large impedance) will cause I_O to go to its lower range limit value (about 3.8mA). If upscale indication is desired, the circuit of Figure 18 should be used. When T_C opens, the output will go to its upper range limit value (about 25mA or higher).

OPTIONAL INPUT OFFSET VOLTAGE TRIM

The XTR101 has provisions for nulling the input offset voltage associated with the input amplifiers. In many applications the already low offset voltages (30µV max for the B grade and 60µV max for the A grade) will not need to be nulled at all. The null adjustment can be done with a potentiometer at pins 1, 2, and 14; see Figure 5 and Figure 6. Either of these two circuits may be used. NOTE: It is not recommended to use this input offset voltage nulling capability for elevation or suppression. See the *Signal Suppression and Elevation* section for the proper techniques.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIONAL BANDWIDTH CONTROL

Low-pass filtering is recommended where possible and can be done by either one of two techniques; see Figure 12. C_2 connected to pins 3 and 4 will reduce the bandwidth with a cutoff frequency given by:

$$f_{CO} = \frac{15.9}{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)(C_2 + 3pF)}$$

This method has the disadvantage of having f_{CO} vary with R_1, R_2, R_3, R_4, and it may require large values of R_3 and R_4. The other method, using C_1, will use smaller values of capacitance and is not a function of the input resistors. It is, however, more subject to nonlinear distortion caused by slew rate limiting. This is normally not a problem with the slow signals associated with most process control transducers. The relationship between C_1 and f_{CO} is shown in the Typical Characteristics.

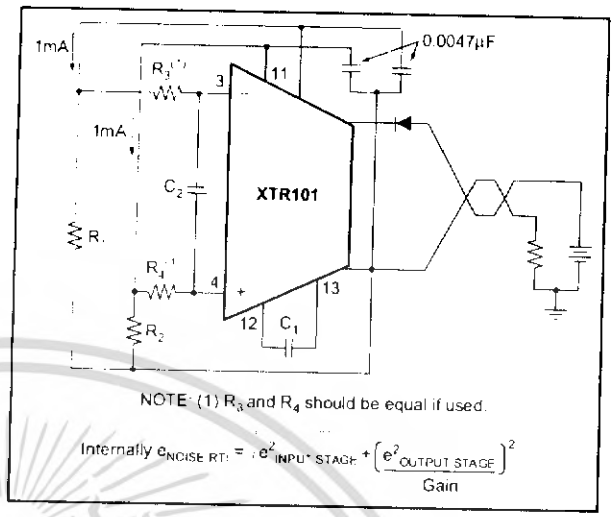


Figure 12. Optional Filtering

APPLICATION CIRCUITS

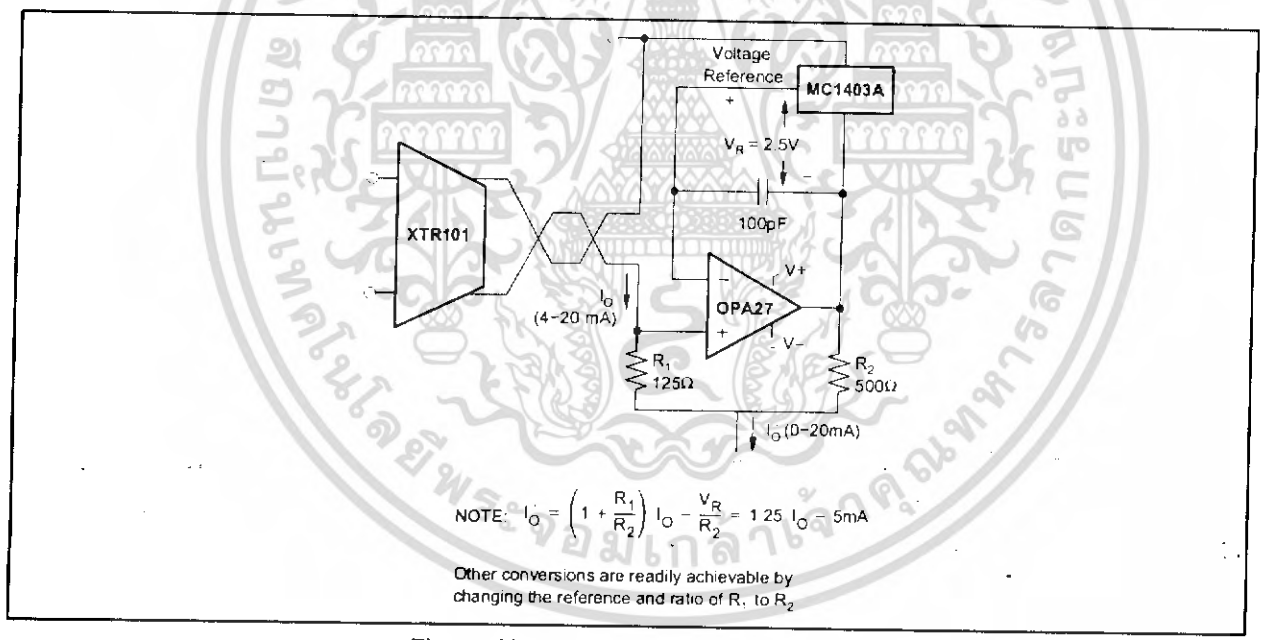


Figure 13. 0-20mA Output Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

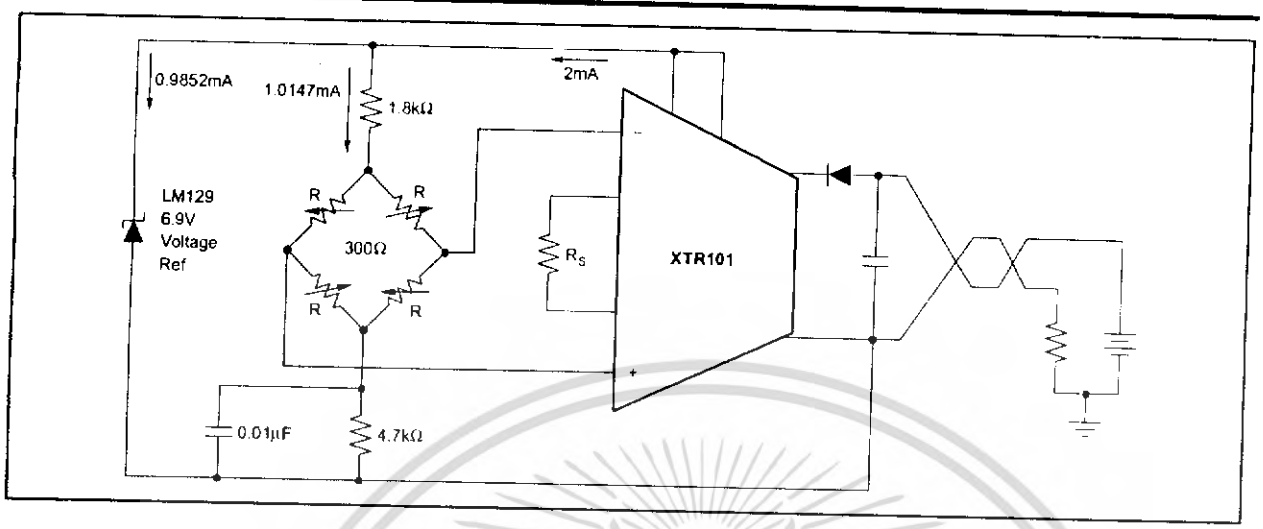


Figure 14. Bridge Input, Voltage Excitation

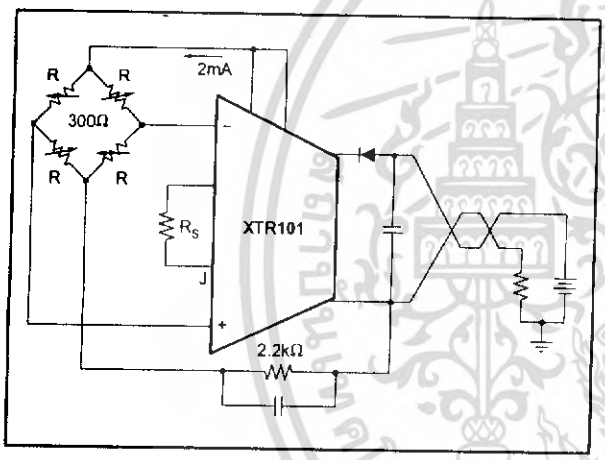


Figure 15. Bridge Input, Current Excitiation

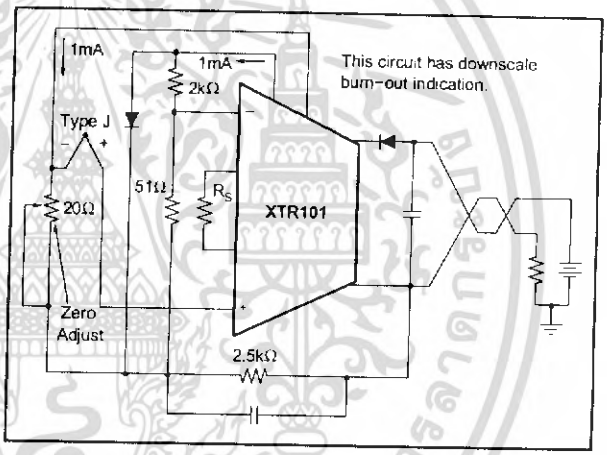


Figure 17. Thermocouple Input with Diode Cold Junction Compensation

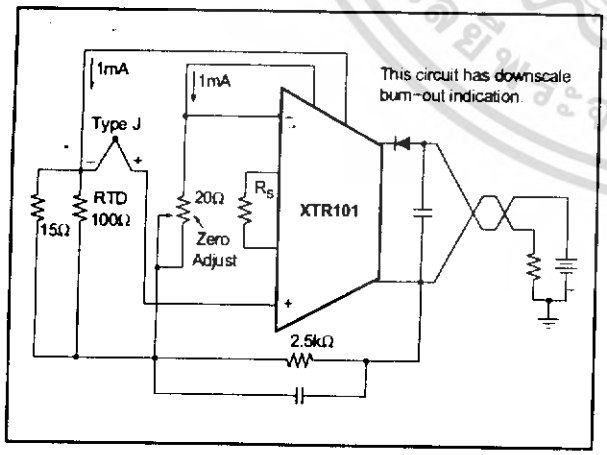


Figure 16. Thermocouple Input with RTD Cold Junction Compensation

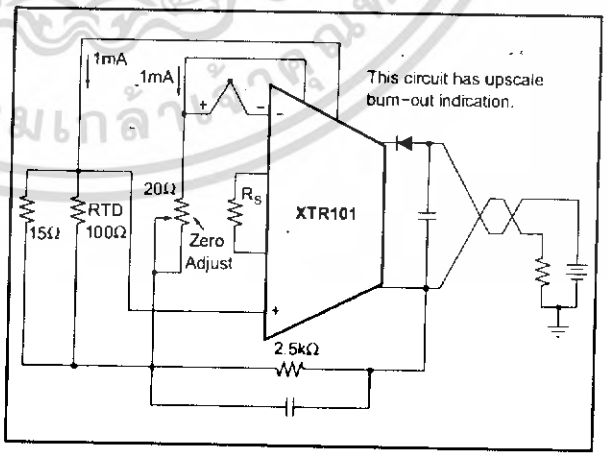


Figure 18. Thermocouple Input with RTD Cold Junction Compensation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

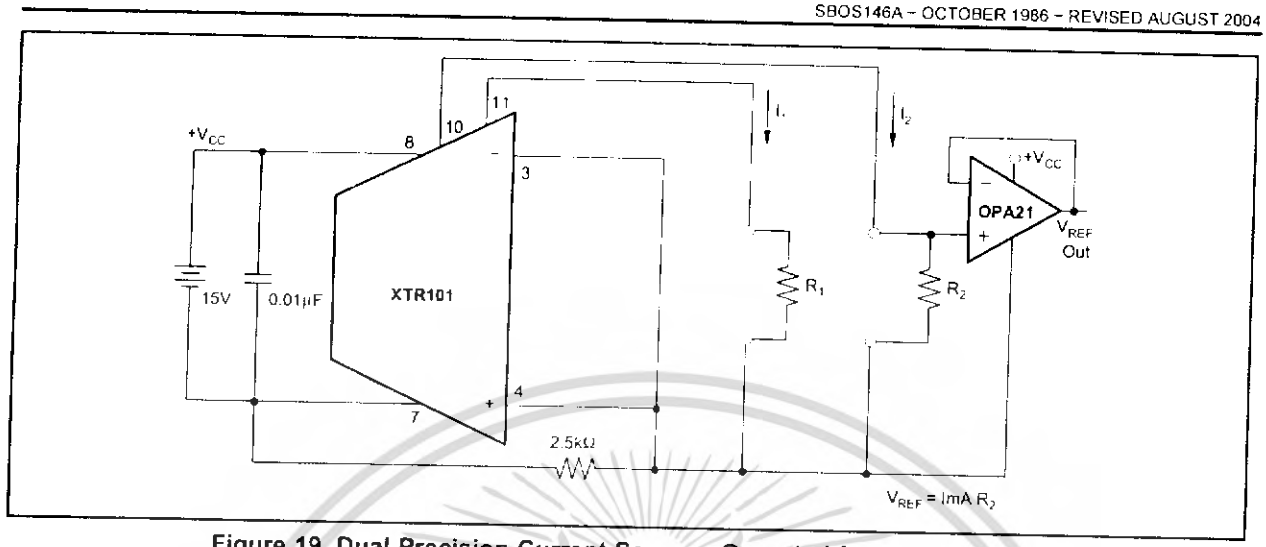


Figure 19. Dual Precision Current Sources Operated from One Supply

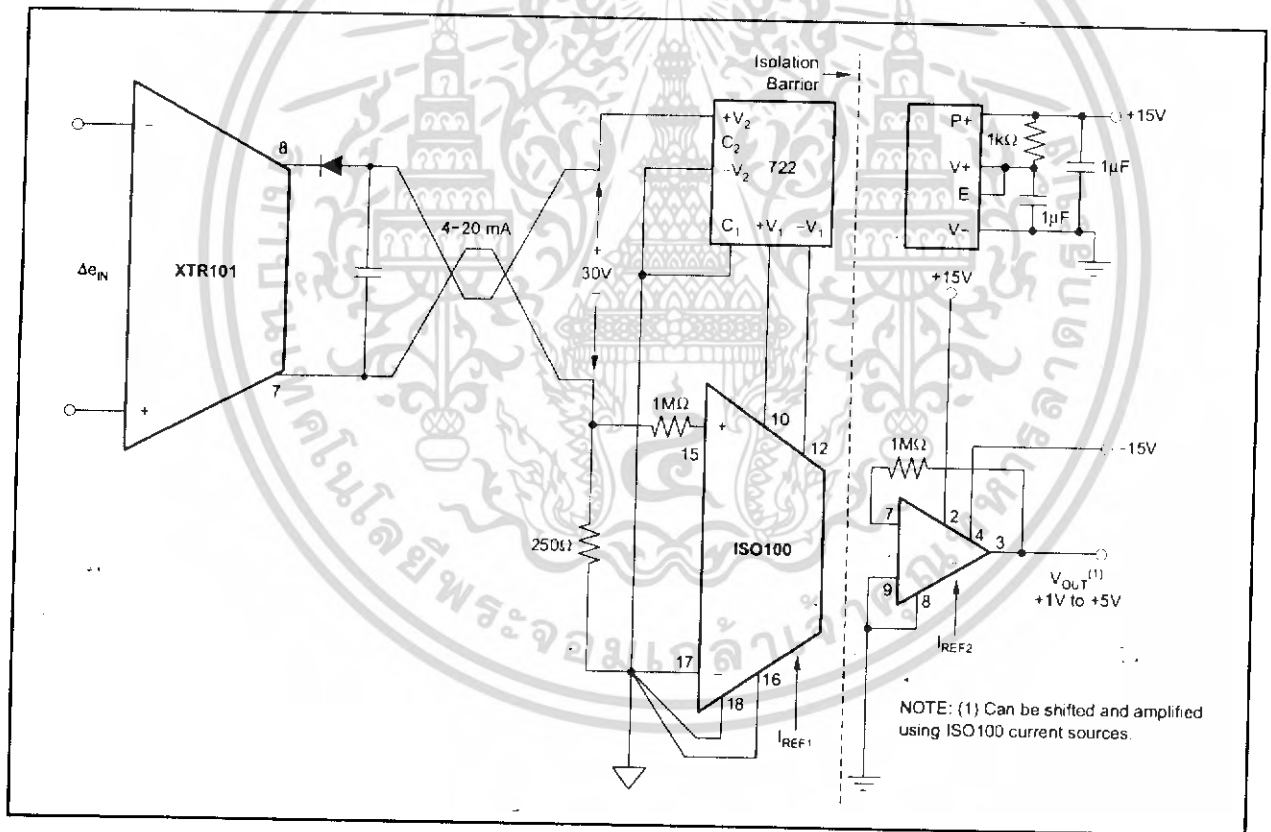


Figure 20. Isolated Two-Wire Current Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED ERROR ANALYSIS

The ideal output current is:

$$I_{O\,IDEAL} = 4mA + K\ e_{IN} \quad (3)$$

where K is the span (gain) term, $\left(0.016\frac{amps}{volt} + \left(\frac{40}{R_S}\right)\right)$

In the XTR101 there are three major components of error:

1. σ_O = errors associated with the output stage.
2. σ_S = errors associated with span adjustment.
3. σ_I = errors associated with the input stage.

The transfer function including these errors is:

$$I_{O\,ACTUAL} = (4mA + \sigma_O) + K(1 + \sigma_S)(e_{IN} + \sigma_I) \quad (4)$$

When this expression is expanded, second-order terms (σ_S, σ_I) dropped, and terms collected, the result is:

$$I_{O\,ACTUAL} = (4mA + \sigma_O) + K\ e_{IN} + K\sigma_I + K\sigma_S\ e_{IN} \quad (5)$$

The error in the output current is $I_{O\,ACTUAL} - I_{O\,IDEAL}$ and can be found by subtracting Equation 3 from Equation 5.

$$I_{O\,ERROR} = \sigma_O + K\sigma_I + K\sigma_S\ e_{IN} \quad (6)$$

This is a general error expression. The composition of each component of error depends on the circuitry inside the XTR101 and the particular circuit in which it is applied. The circuit of Figure 9 will be used to illustrate the principles.

$$\sigma_O = I_{OS\,RTO} \quad (7)$$

$$\sigma_S = \varepsilon_{NONLINEARITY} + \varepsilon_{SPAN} \quad (8)$$

$$\sigma_I = V_{OSI} + (I_{B1} + R_4 - I_{B2}\ R_T) + \frac{\Delta V_{CC}}{PSRR} + \frac{\frac{(e_1+e_2)}{2} - 5V}{CMRR} \quad (9)$$

The term in parentheses may be written in terms of offset current and resistor mismatches as $I_{B1}\,\Delta R + I_{OS}\,R_4$.

V_{OSI}[1] = input offset voltage.

I_{B1}[1], I_{B2}[1] = input bias current.

I_{OSI}[1] = input offset current.

$I_{OS\,RTO}$[1] = output offset current error.

$\Delta R = R_T - R_4$ = mismatch in resistor.

ΔV_{CC} = change supply voltage between pins 7 and 8 away from 24V nominal.

PSRR[1] = power-supply rejection ratio.

CMRR[1] = common-mode rejection ratio.

ε_{NONLIN}[1] = span nonlinearity.

ε_{SPAN}[1] = span equation error.

Untrimmed error = 5% max. May be trimmed to zero.

(1) These items can be found in the Electrical Characteristics.

EXAMPLE 3

See the circuit in Figure 9 with the XTR101BG specifications and the following conditions: R_T = 109.4Ω at 25°C, R_T = 156.4Ω at 150°C, I_O = 4mA at 25°C, I_O = 20mA at 150°C, R_S = 123.3Ω, R_4 = 109Ω, R_L = 250Ω, R_{LINE} = 100Ω, V_{DI} = 0.6V, and V_{PS} = 24V ± 0.5%. Determine the % error at the upper and lower range values.

A. AT THE LOWER RANGE VALUE (T = +25°C)

$\sigma_O = I_{OS\,RTO} = \pm 6\mu A$

$$\sigma_I = V_{OSI} + (I_{BI}\,\Delta R + I_{OSI}\,R_4) + \frac{\Delta V_{CC}}{PSRR} + \left[\frac{\frac{e_1+e_2}{2} - 5V}{CMRR}\right]$$

$\Delta R = R_{T\,25°C} - R_4 = 109.4 - 109 = 0$

$\Delta V_{CC} = (24 \times 0.005) + 4mA(250\Omega + 100\Omega) + 0.6V$
$= 120mV + 1400mV + 600mV = 2120mV$

$e_1 = (2mA \times 2.5k\Omega) + (1mA \times 109\Omega)$
$= 5.109V$

$e_2 = (2mA \times 2.5k\Omega) + (1mA \times 109.4\Omega)$
$= 5.1094V$

$\frac{(e_1 + e_2)}{2} - 5V = 0.1092V$

$PSRR = 3.16 \times 10^5$ for 110dB

$CMRR = 31.6 \times 10^3$ for 90dB

$$\sigma_I = 30\mu V + (150nA \times 0 + 20nA \times 109\Omega) + \frac{2120mV}{3.16 \times 10^5} + \frac{0.1092V}{3.16 \times 10^3} \quad (10)$$
$$= 30\mu V + 2.18\mu V + 6.7\mu V + 3.46\mu V$$
$$= 42.34\mu V$$

$\sigma_S = \varepsilon_{NONLIN} + \varepsilon_{SPAN}$
$= 0.0001 + 0$ (assumes trim of R_S)

$I_{O\,ERROR} = \sigma_O + K\,\sigma_I + K\,\sigma_S\,e_{IN}$

$K = 0.016 + \frac{40}{R_S} = 0.016 + \frac{40}{123.3\Omega}$
$= 0.340\frac{amps}{volts}$

$e_{IN} = e_2 - V_4 = I_{REF1}\,R_{T\,25°C} - I_{REF2}\,R_4$

Since $R_{T\,25°C} = R_4$:

$e_{IN} = (I_{REF1} - I_{REF2})\,R_4 = 0.4\mu A \times 109\Omega$
$= 43.6\mu V$

Since the maximum mismatch of the current references is 0.04% of 1mA = 0.4μA:

I_O error = $6\mu A + (0.34A/V \times 42.34\mu V) +$
$(0.34A/V \times 0.0001 \times 43.6\mu V)$
$= 6\mu A + 14.40\mu A + 0.0015\mu A = 20.40\mu A$

$\%\ error = \frac{20.40\mu A}{16mA} \times 100\%$

0.13% of span at lower range value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. AT THE UPPER RANGE VALUE (T = +150°C)

$$\Delta R = R_{T\,150°C} - R_4 = 156.4 - 109.4 = 47\Omega$$

$$\Delta V_{CC} = (24 \times 0.005) + (20mA)(250\Omega + 100\Omega) - 0.6V = 7720mV$$

$$e_1 = 5.109V$$

$$e_2 = (2mA \times 2.5k\Omega) + (1mA \times 156.4\Omega) = 5.156V$$

$$\frac{(e_1 - e_2)}{2} - 5V = 0.1325V$$

$$\sigma_O = 6\mu A$$

$$\sigma_I = 30\mu V + (150nA \times 47\Omega + 20nA \times 190\Omega) + \frac{7720mV}{3.16 \times 10^5} + \frac{0.1325V}{3.16 \times 10^3}$$

$$= 30\mu V + 9.23\mu V + 24\mu V + 4.19\mu V = 67.42\mu V$$

$$\sigma_S = 0.0001$$

$$e_{IN} = e'_2 - V_4 = I_{REF1} R_{T\,150°C} - I_{REF2} R_4 = (1mA \times 156.4\Omega) - (1mA \times 109\Omega) = 47mV$$

$$I_O \text{ error} = \sigma_O + K\sigma_I + K\sigma_S e_{IN} \quad (11)$$

$$= 6\mu A + (0.34A/V \times 67.42\mu V) + (0.34A/V \times 0.0001 \times 47000\mu V)$$

$$= 6\mu A + 22.92\mu A + 1.60\mu A = 30.52\mu A$$

$$\% \text{ error} = \frac{30.52\mu A}{16mA} \times 100\%$$

0.19% of span at upper range value.

CONCLUSIONS

Lower Range: From Equation 10, it is observed that the predominant error term is the input offset voltage (30µV for the B grade). This is of little consequence in many applications. $V_{OS\,RTI}$ can, however, be nulled using the plots shown in Figure 5 and Figure 6. The result is an error of 0.06% of span instead of 0.13% of span.

Upper Range: From Equation 11, the predominant errors are $I_{OS\,RTO}$ (6µA), $V_{OS\,RTI}$ (30µV), and I_B (150nA), max, B grade. Both I_{OS} and V_{OS} can be trimmed to zero; however, the result is an error of 0.09% of span instead of 0.19% of span.

RECOMMENDED HANDLING PROCEDURES FOR INTEGRATED CIRCUITS

All semiconductor devices are vulnerable, in varying degrees, to damage from the discharge of electrostatic energy. Such damage can cause performance degradation or failure, either immediate or latent. As a general practice, we recommend the following handling procedures to reduce the risk of electrostatic damage:

1. Remove the static-generating materials (such as untreated plastic) from all areas that handle microcircuits.
2. Ground all operators, equipment, and work stations.
3. Transport and ship microcircuits, or products incorporating microcircuits, in static-free, shielded containers.
4. Connect together all leads of each device by means of a conductive material when the device is not connected into a circuit.
5. Control relative humidity to as high a value as practical (50% recommended).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status [1]	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan [2]	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp [3]
XTR101AG	NRND	CDIP SB	JD	14	27	Green (RoHS & no Sb/Br)	Call TI	N / A for Pkg Type
XTR101AP	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
XTR101APG4	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
XTR101AU	ACTIVE	SOIC	DW	16	48	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR
XTR101AU/1K	ACTIVE	SOIC	DW	16	1000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR
XTR101AU/1KG4	ACTIVE	SOIC	DW	16	1000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR
XTR101AUG4	ACTIVE	SOIC	DW	16	48	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR
XTR101BG	NRND	CDIP SB	JD	14	27	Green (RoHS & no Sb/Br)	Call TI	N / A for Pkg Type

[1] The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

[2] Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check http://www.ti.com/productcontent for the latest availability information and additional product content details.
TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.
Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.
Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.
Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

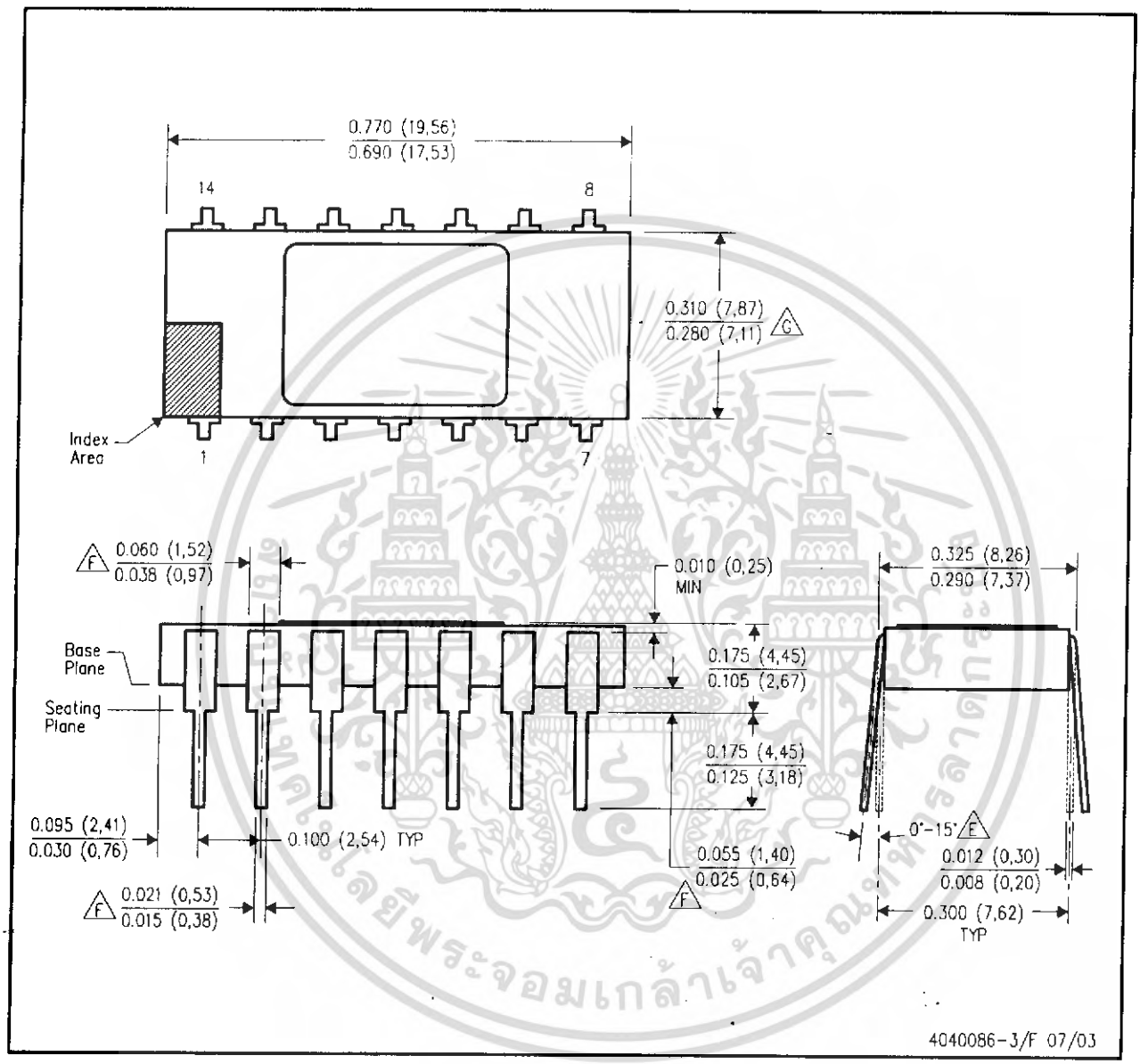
[3] MSL, Peak Temp. – The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JD (R–CDIP–T14) CERAMIC SIDE–BRAZE DUAL–IN–LINE

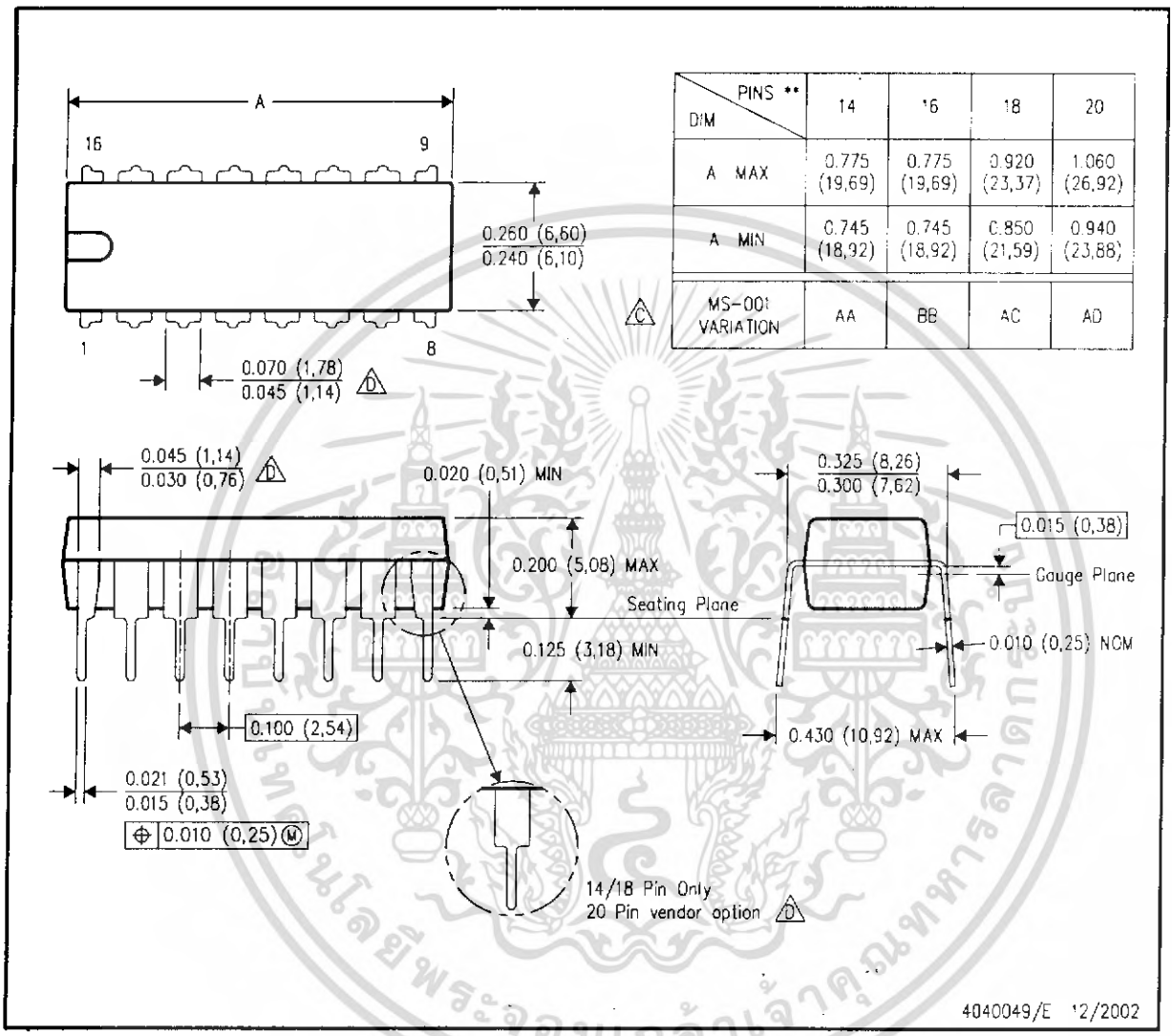


NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
- B. This drawing is subject to change without notice.
- C. Controlling dimension: inch.
- D. Leads within 0.005 (0,13) radius of true position (TP) at gage plane with maximum material condition and unit installed.
- E Angle applies to spread leads prior to installation.
- F Outlines on which the seating plane is coincident with the plane (standoff = 0), terminals lead standoffs are not required, and lead shoulder may equal lead width along any part of the lead above the seating/base plane.
- G Body width does not include particles of packing materials.
- H. A visual index feature must be located within the cross-hatched area.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N (R–PDIP–T**) PLASTIC DUAL–IN–LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN

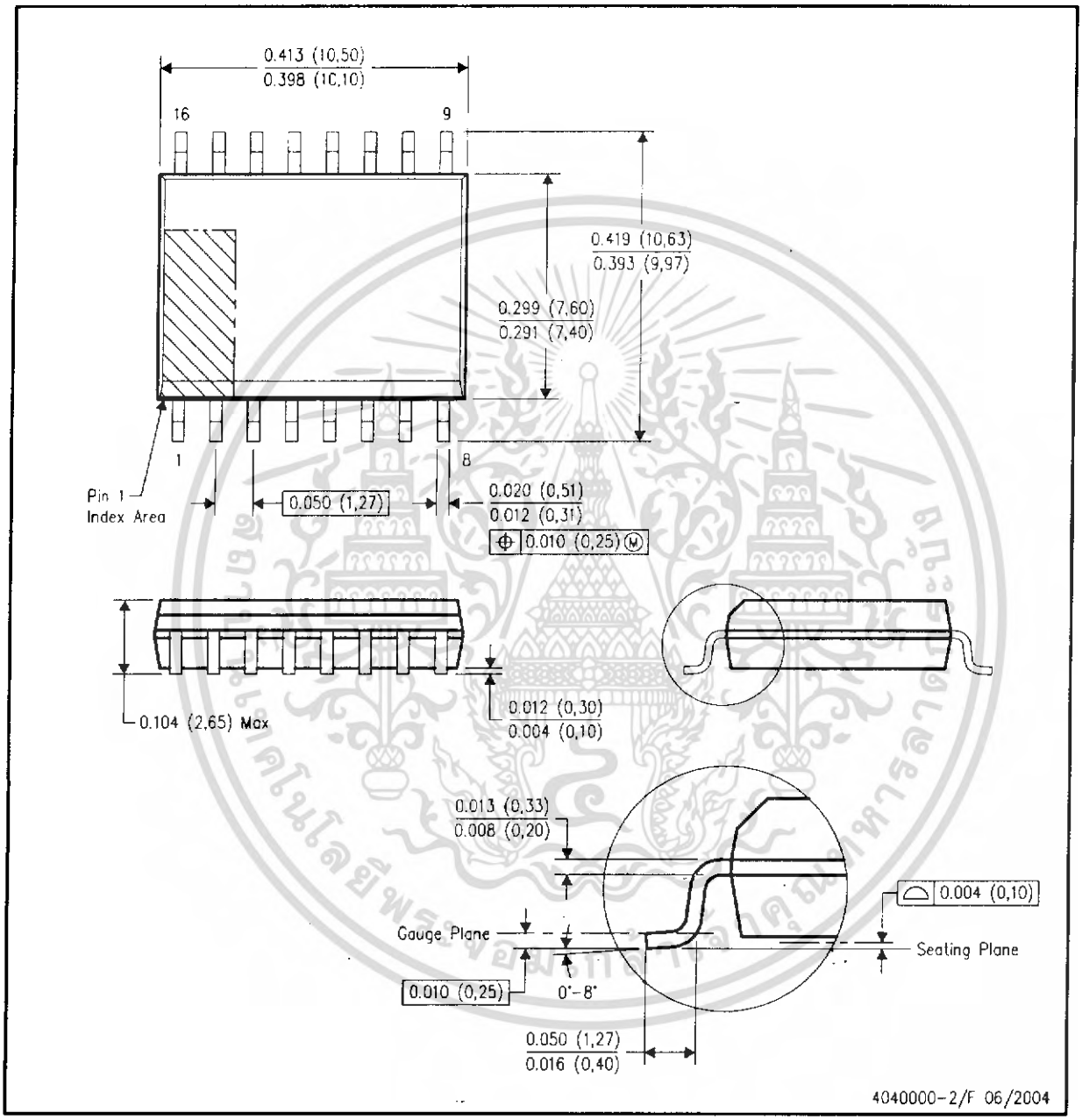


DIM \ PINS **	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19,69)	0.775 (19,69)	0.920 (23,37)	1.060 (26,92)
A MIN	0.745 (18,92)	0.745 (18,92)	0.850 (21,59)	0.940 (23,88)
MS–001 VARIATION	AA	BB	AC	AD

NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Falls within JEDEC MS–001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
D. The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DW (R-PDSO-G16) PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
D. Falls within JEDEC MS-013 variation AA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		**Applications**	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
Low Power Wireless	www.ti.com/lpw	Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated

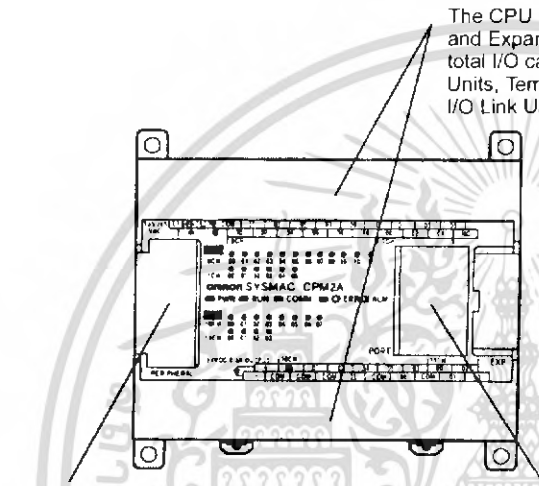
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-1 CPM2A Features and Functions

1-1-1 CPM2A Features

The CPM2A PCs incorporate a variety of features in a compact Unit, including synchronized pulse control, interrupt inputs, pulse outputs, analog settings, and a clock function. Also, the CPM2A CPU Unit is a stand-alone Unit that can handle a broad range of machine control applications, so it is ideal for use as a built-in control unit in equipment.

The full complement of communications functions provide communications with personal computers, other OMRON PCs, and OMRON Programmable Terminals. These communications capabilities allow the user to design a low-cost distributed production system.



Basic Functions

CPU Unit Variations

The CPM2A PCs are one-piece PCs with 20, 30, 40, or 60 built-in I/O terminals. There are 3 types of outputs available (relay outputs, sinking transistor outputs, and sourcing transistor outputs) and 2 types of power supplies available (100/240 VAC or 24 VDC).

Expansion I/O Units

Up to 3 Expansion I/O Units can be connected to the CPU Unit to increase the PC's I/O capacity to a maximum of 120 I/O points. There are 3 types of Expansion I/O Units available: a 20-point I/O Unit, an 8-point Input Unit, and an 8-point Output Unit. The maximum I/O capacity of 120 I/O points is achieved by connecting three 20-point I/O Units to a CPU Unit with 60 built-in I/O terminals.

Analog I/O Units

Up to 3 Analog I/O Units can be connected to provide analog inputs and outputs. Each Unit provides 2 analog inputs and 1 analog output, so a maximum of 6 analog inputs and 3 analog outputs can be achieved by connecting 3 Analog I/O Units. (Time-proportional control can be performed by combining the analog I/O points with the PID(—) and PWM(—) instructions.)

- The analog input range can be set to 0 to 10 VDC, 1 to 5 VDC, or 4 to 20 mA with a resolution of 1/256. (The open-circuit detection function can be used with the 1 to 5 VDC and 4 to 20 mA settings.)
- The analog output range can be set to 0 to 10 VDC, −10 to 10 VDC, or 4 to 20 mA with a resolution of 1/256.

Temperature Sensor Units

A Temperature Sensor Unit can be connected to provide up to 6 inputs for temperature input from sensors, such as thermocouples or platinum resistance

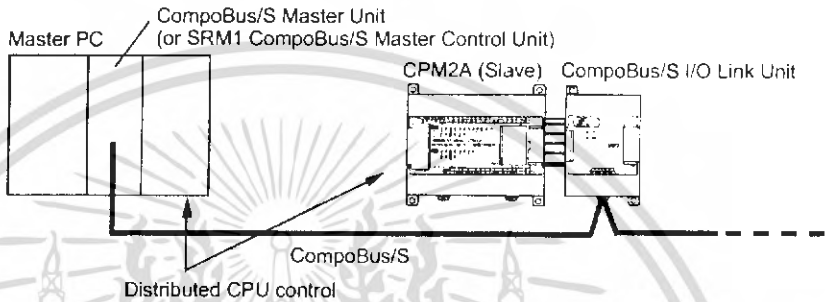
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

thermometers. The PID(—) instruction can be used with a Temperature Sensor Unit for easy temperature monitoring.

CompoBus/S I/O Link Units

CompoBus/S I/O Link Units can be connected to make the CPM2A a Slave Device in a CompoBus/S Network. The I/O Link Unit has 8 input bits (internal) and 8 output bits (internal).

The CompoBus/S Network provides distributed CPU control based on a "PC + compact PC" configuration, which is an improvement on the earlier distributed I/O control based on a "PC + remote I/O" configuration. The distributed CPU control makes equipment modular, so designs can be standardized, special needs can be addressed, and modules can be replaced easily in the event of a breakdown.



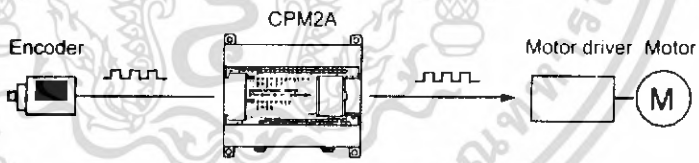
Share Programming Devices

The same Programming Devices, such as Programming Consoles and Support Software, can be used for the C200H, C200HS, C200HX/HG/HE, CQM1, CPM1, CPM1A, CPM2C, and SRM1 (-V2) PCs, so existing ladder program resources can be used effectively.

Built-in Motor Control Capability

Synchronized Pulse Control (Transistor Outputs Only)

Synchronized pulse control provides an easy way to synchronize the operation of a peripheral piece of equipment with the main equipment. The output pulse frequency can be controlled as some multiple of the input pulse frequency, allowing the speed of a peripheral piece of equipment (such as a supply conveyor) to be synchronized with the speed of the main piece of equipment.



Pulses are output as a fixed multiple of the input frequency.

High-speed Counters and Interrupts

The CPM2A has a total of five high-speed counter inputs. The one high-speed counter input has a response frequency of 20 kHz/5 kHz and the four interrupt inputs (in counter mode) have a response frequency of 2 kHz.

The high-speed counter can be used in any one of the four input modes: differential phase mode (5 kHz), pulse plus direction input mode (20 kHz), up/down pulse mode (20 kHz), or increment mode (20 kHz). Interrupts can be triggered when the count matches a set value or falls within a specified range.

The interrupt inputs (counter mode) can be used for incrementing counters or decrementing counters (2 kHz) and trigger an interrupt (executing the interrupt program) when the count matches the target value.

Easy Position Control with Pulse Outputs (Transistor Outputs Only)

CPM2A PCs with transistor outputs have two outputs that can produce 10 Hz to 10 kHz pulses (single-phase outputs).

When used as single-phase pulse outputs, there can be two outputs with a frequency range of 10 Hz to 10 kHz with a fixed duty ratio or 0.1 to 999.9 Hz with a variable duty ratio (0 to 100% duty ratio).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When used as pulse plus direction or up/down pulse outputs, there can be just one output with a frequency range of 10 Hz to 10 kHz.

High-speed Input Capabilities for Machine Control

High-speed Interrupt Input Function

There are four inputs used for interrupt inputs (shared with quick-response inputs and interrupt inputs in counter mode) with a minimum input signal width of 50 μs and response time of 0.3 ms. When an interrupt input goes ON, the main program is stopped and the interrupt program is executed.

Quick-response Input Function

There are four inputs used for quick-response inputs (shared with interrupt inputs and interrupt inputs in counter mode) that can reliably read input signals with a signal width as short as 50 μs.

Stabilizing Input Filter Function

The input time constant for all inputs can be set to 1 ms, 2 ms, 3 ms, 5 ms, 10 ms, 20 ms, 40 ms, or 80 ms. The effects of chattering and external noise can be reduced by increasing the input time constant.

Other Functions

Interval Timer Interrupts

The interval timer can be set between 0.5 and 319,968 ms and can be set to generate just one interrupt (one-shot mode) or periodic interrupts (scheduled interrupt mode).

Analog Settings

There are two controls on the CPU Unit that can be turned to change the analog settings (0 to 200 BCD) in IR 250 and IR 251. These controls can be used to easily change or fine-tune machine settings such as a conveyor belt's pause time or feed rate.

Calendar/Clock

The built-in clock (accuracy within 1 minute/month) can be read from the program to show the current year, month, day, day of the week, and time. The clock can be set from a Programming Device (such as a Programming Console) or the time can be adjusted by rounding up or down to the nearest minute.

Long-term Timer

TIML(—) is a long-term timer that accommodates set values up to 99,990 seconds (27 hours, 46 minutes, 30 seconds). When combined with the SECONDS TO HOURS conversion instruction (HMS(—)), the long-term timer provides an easy way to control equipment scheduling.

Analog PID Control

The PID(—) instruction can be used with an Analog I/O Unit to control analog I/O.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECTION 2
Unit Specifications and Components

This section provides the technical specifications of the Units that go together to create a CPM2A PC and describes the main components of the Units.

2-1 Specifications .....
2-1-1 General Specifications of CPU Units .....
2-1-2 Characteristics .....
2-1-3 I/O Specifications .....
2-2 Unit Components .....
2-2-1 CPU Unit Components .....
2-2-2 Expansion I/O Unit Components .....
2-2-3 Analog I/O Unit Components .....
2-2-4 Temperature Sensor Unit Components .....
2-2-5 CompoBus/S I/O Link Unit Components .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-1 Specifications

2-1-1 General Specifications of CPU Units

Item		CPU Units with 20 I/O points	CPU Units with 30 I/O points	CPU Units with 40 I/O points	CPU Units with 60 I/O points
Supply voltage	AC power	100 to 240 VAC, 50/60 Hz			
	DC power	24 VDC			
Operating voltage range	AC power	85 to 264 VAC			
	DC power	20.4 to 26.4 VDC			
Power consumption	AC power	60 VA max.			
	DC power	20 W max.			
Inrush current	AC power	60 A max.			
	DC power	20 A max.			
External power supply (AC power supplies only)	Supply voltage	24 VDC			
	Output capacity	300 mA: Use for input devices only. Cannot be used to drive outputs. (When the external power supply provides an overcurrent or is short circuited, the external power supply voltage will drop and PC operation will stop.)			
Insulation resistance		20 MΩ min. (at 500 VDC) between the external AC terminals and protective earth terminals			
Dielectric strength		2,300 VAC 50/60 Hz for 1 min between the external AC and protective earth terminals, leakage current: 10 mA max.			
Noise immunity		Conforms to IEC6100-4-4; 2 kV (power lines)			
Vibration resistance		10 to 57 Hz, 0.075-mm amplitude, 57 to 150 Hz, acceleration: 9.8 m/s^2 in X, Y, and Z directions for 80 minutes each (Time coefficient; 8 minutes × coefficient factor 10 = total time 80 minutes)			
Shock resistance		147 m/s^2 three times each in X, Y, and Z directions			
Ambient temperature		Operating: 0° to 55°C Storage: −20° to 75°C			
Humidity		10% to 90% (with no condensation)			
Atmosphere		Must be free from corrosive gas			
Terminal screw size		M3			
Power interrupt time		AC power supply: 10 ms min. DC power supply: 2 ms min. (A power interruption occurs if power falls below 85% of the rated voltage for longer than the power interrupt time.)			
CPU Unit weight	AC power	650 g max.	700 g max.	800 g max.	1,000 g max.
	DC power	550 g max.	600 g max.	700 g max.	900 g max.
Expansion I/O Unit weight		Units with 20 I/O points: 300 g max. Units with 8 output points: 250 g max. Units with 8 input points: 200 g max.			
Expansion Unit weight		Analog I/O Units: 150 g max. Temperature Sensor Units: 250 g max. CompoBus/S I/O Link Units: 200 g max.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-1-2 Characteristics

Item		Specification			
Control method		Stored program method			
I/O control method		Cyclic scan with direct output (Immediate refreshing can be performed with IORF(97).)			
Programming language		Ladder diagram			
Instruction length		1 step per instruction, 1 to 5 words per instruction			
Instructions		Basic instructions: 14 Special instructions: 105 instructions, 185 variations			
Execution time		Basic instructions: 0.64 μs (LD instruction) Special instructions: 7.8 μs (MOV instruction)			
Program capacity		4,096 words			
Max. I/O capacity	CPU Unit only	20 points	30 points	40 points	60 points
	With Expansion I/O Units	80 points max.	90 points max.	100 points max.	120 points max.
Input bits		IR 00000 to IR 00915 (Words not used for input bits can be used for work bits.)			
Output bits		IR 01000 to IR 01915 (Words not used for output bits can be used for work bits.)			
Work bits		928 bits: IR 02000 to IR 04915 and IR 20000 to IR 22715			
Special bits (SR area)		448 bits: SR 22800 to SR 25515			
Temporary bits (TR area)		8 bits (TR0 to TR7)			
Holding bits (HR area)		320 bits: HR 0000 to HR 1915 (Words HR 00 to HR 19)			
Auxiliary bits (AR area)		384 bits: AR 0000 to AR 2315 (Words AR 00 to AR 23)			
Link bits (LR area)		256 bits: LR 0000 to LR 1515 (Words LR 00 to LR 15)			
Timers/Counters		256 timers/counters (TIM/CNT 000 to TIM/CNT 255) 1-ms timers: TMHH(—) 10-ms timers: TIMH(15) 100-ms timers: TIM 1-s/10-s timers: TIML(—) Decrementing counters: CNT Reversible counters: CNTR(12)			
Data memory		Read/Write: 2,048 words (DM 0000 to DM 2047)* Read-only: 456 words (DM 6144 to DM 6599) PC Setup: 56 words (DM 6600 to DM 6655) *The Error Log is contained in DM 2000 to DM 2021.			
Interrupt processing		External interrupts: 4 (Shared by the external interrupt inputs (counter mode) and the quick-response inputs.)			
Interval timer interrupts		1 (Scheduled Interrupt Mode or Single Interrupt Mode)			
High-speed counter		One high-speed counter: 20 kHz single-phase or 5 kHz two-phase (linear count method) Counter interrupt: 1 (set value comparison or set-value range comparison)			
Interrupt inputs (Counter mode)		Four inputs (Shared by the external interrupt inputs (counter mode) and the quick-response inputs.) Counter interrupts: 4 (Shared by the external interrupt inputs and quick-response inputs.)			
Pulse output		Two points with no acceleration/deceleration, 10 Hz to 10 kHz each, and no direction control. One point with trapezoid acceleration/deceleration, 10 Hz to 10 kHz, and direction control. Two points with variable duty-ratio outputs. (Pulse outputs can be used with transistor outputs only, they cannot be used with relay outputs.)			
Synchronized pulse control		One point: A pulse output can be created by combining the high-speed counter with pulse outputs and multiplying the frequency of the input pulses from the high-speed counter by a fixed factor. (This output is possible with transistor outputs only, it cannot be used with relay outputs.)			
Quick-response inputs		Four points (Min. input pulse width: 50 μs max.)			
Analog controls		2 controls, setting range: 0 to 200			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Item	Specification
Input time constant (ON response time = OFF response time)	Can be set for all input points. (1 ms, 2 ms, 3 ms, 5 ms, 10 ms, 20 ms, 40 ms, or 80 ms)
Clock function	Shows the year, month, day of the week, day, hour, minute, and second. (Backed up by the battery.)
Communications functions	Built-in peripheral port: Supports Host Link, peripheral bus, no-protocol, or Programming Console connections. Built-in RS-232C port: Supports Host Link, no-protocol, 1:1 Slave Unit Link, 1:1 Master Unit Link, or 1:1 NT Link connections.
Functions provided by Expansion Units	Analog I/O Unit: Provides 2 analog inputs and 1 analog output. Temperature Sensor Unit: Provides up to 6 thermocouple or platinum resistance thermometer inputs. CompoBus/S I/O Link Unit: Provides 8 inputs and 8 outputs as a CompoBus/S Slave.
Memory protection (See notes 1 and 2.)	HR area, AR area, program contents, read/write DM area contents, and counter values maintained during power interruptions.
Memory backup (See notes 1 and 2.)	Flash memory: Program, read-only DM area, and PC Setup Battery backup: The read/write DM area, HR area, AR area, and counter values are backed up by a battery. (Battery life is approximately 5 years at 25°C.)
Self-diagnostic functions	CPU Unit failure (watchdog timer), I/O bus error, battery error, and memory failure
Program checks	No END instruction, programming errors (checked when operation is started)

Note

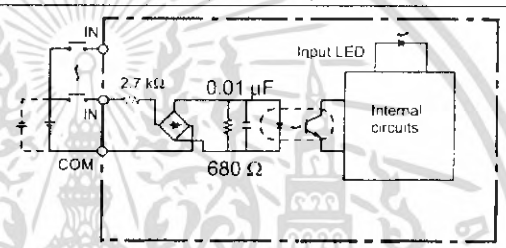
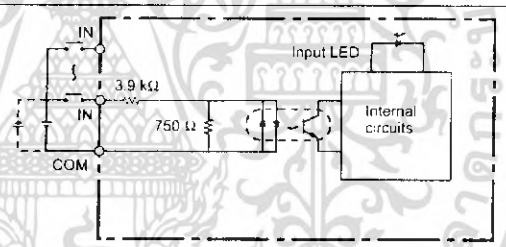
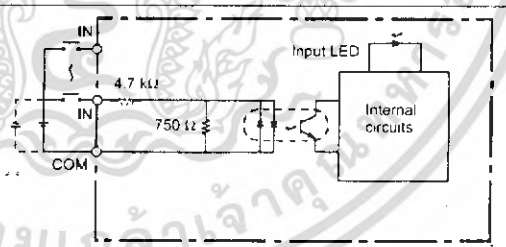
1. The DM area, HR area, AR area, and counter values are backed up by the CPU Unit's built-in battery. If the battery is discharged, the contents of these areas will be lost and the data values will revert to the defaults.
2. The contents of the program area, read-only DM area (DM 6144 to DM 6599), and PC Setup (DM 6600 to DM 6655) are stored in flash memory. The contents of these areas will be read from flash memory the next time the power is turned ON, even if the backup battery is discharged.

   When data has been changed in any of these areas, write the new values to flash memory by switching the CPM2A to MONITOR or RUN mode, or by turning the power OFF and then ON again.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-1-3 I/O Specifications

CPU Unit Input Specifications

Item	Inputs	Specification
Input voltage	All	24 VDC $^{+10\%}/_{-15\%}$
Input impedance	IN00000 to IN00001	2.7 kΩ
	IN00002 to IN00006	3.9 kΩ
	IN00007 and up	4.7 kΩ
Input current	IN00000 to IN00001	8 mA typical
	IN00002 to IN00006	6 mA typical
	IN00007 and up	5 mA typical
ON voltage/current	IN00000 to IN00001	17 VDC min., 5 mA
	IN00002 and up	14.4 VDC min., 3 mA
OFF voltage/current	All	5.0 VDC max., 1 mA
ON delay	All	1 to 80 ms max. Default: 10 ms (See note.)
OFF delay	All	1 to 80 ms max. Default: 10 ms (See note.)
Circuit configuration	IN00000 to IN00001	
	IN00002 to IN00006	
	IN00007 and up	

Note The input time constant can be set to 1, 2, 3, 5, 10, 20, 40, or 80 ms in the PC Setup.

High-speed Counter Inputs

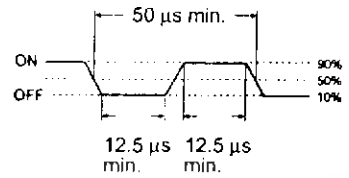
Inputs IN0000Q through IN00002 can be used as high-speed counter inputs, as shown in the following table. The maximum count frequency is 5 kHz in differential phase mode and 20 kHz in the other modes.

Input	Function			
	Differential phase mode	**Pulse plus direction input mode**	**Up/down input mode**	**Increment mode**
IN00000	A-phase pulse input	Pulse input	Increment pulse input	Increment pulse input
IN00001	B-phase pulse input	Direction input	Decrement pulse input	Normal input
IN00002	Z-phase pulse input or hardware reset input (IN00002 can be used as a normal input when it is not used as a high-speed counter input.)			

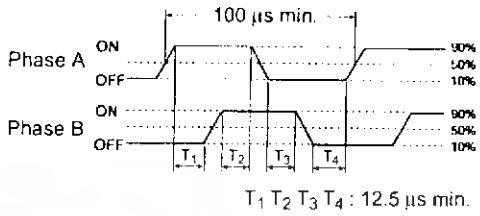
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The minimum pulse widths for inputs IN00000 (A-phase input) and IN00001 (B-phase input) are as follows:

Pulse plus direction input mode, Up/down input mode, Increment mode

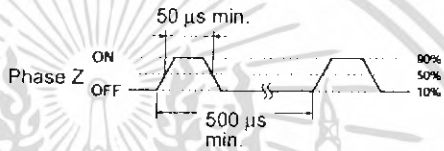


Differential phase mode



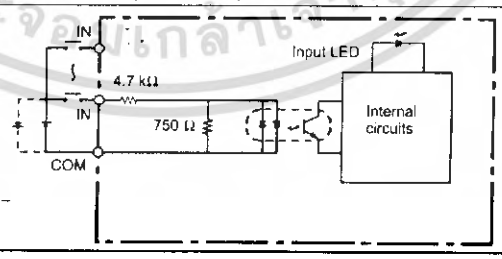
T_1 T_2 T_3 T_4 : 12.5 µs min.

The minimum pulse width for input IN00002 (Z-phase input) is as follows:



Interrupt Inputs
Inputs IN00003 through IN00006 can be used as interrupt inputs (interrupt input mode or counter mode) and quick-response inputs. The minimum pulse width for these inputs is 50 µs.

Expansion I/O Unit Input Specifications

Item	Specification
Input voltage	24 VDC $^{+10\%}_{-15\%}$
Input impedance	4.7 kΩ
Input current	5 mA typical
ON voltage	14.4 VDC min.
OFF voltage	5.0 VDC max.
ON delay	1 to 80 ms max. Default: 10 ms (See note.)
OFF delay	1 to 80 ms max. Default: 10 ms (See note.)
Circuit configuration	

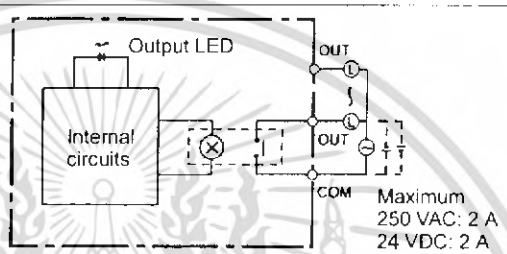
Note The input time constant can be set to 1, 2, 3, 5, 10, 20, 40, or 80 ms in the PC Setup.

⚠ Caution Do not apply voltage in excess of the rated voltage to the input terminal. It may result in damage to the product or fire.

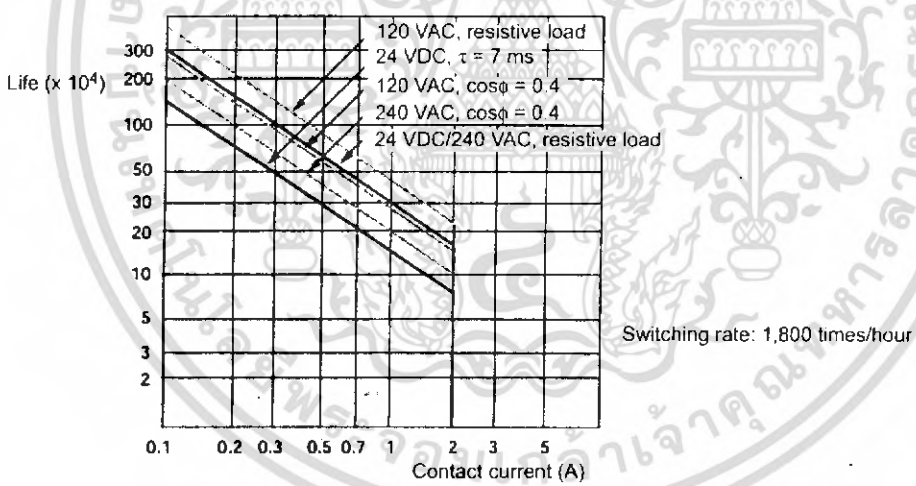
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU Unit and Expansion I/O Unit Output Specifications

Relay Outputs

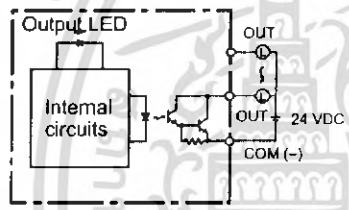
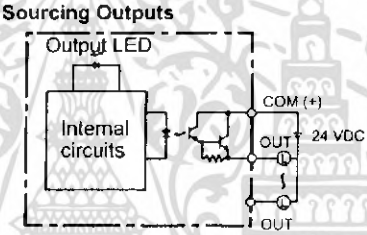
Item	Specification					
	20CDR-[ ]	30CDR-	40CDR-[ ]	60CDR- [ ]	8ER	20EDR1
Max. switching capacity	2 A, 250 VAC (cosφ = 1) 2 A, 24 VDC (4 A/common)					
Min. switching capacity	10 mA, 5 VDC					
Service life of relay (See note.)	Electrical: 150,000 operations (24-VDC resistive load) 100,000 operations (240-VAC inductive load, cosφ = 4) Mechanical: 20,000,000 operations					
ON delay	15 ms max.					
OFF delay	15 ms max.					
Circuit configuration						

Note The service life of relay output contacts shown in the table assumes the worst conditions. The following graph shows the results of OMRON's service life tests at a switching rate of 1,800 times/hour.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transistor Outputs (Sinking or Sourcing)

Item	Specification					
	20CDT-D 20CDT1-D	30CDT-D 30CDT1-D	40CDT-D 40CDT1-D	60CDT-D 60CDT1-D	8ET 8ET1	20EDT 20EDT1
Max. switching capacity	OUT01000 and OUT01001: 4.5 to 30 VDC, 0.2 A/output (See note 1.) OUT01002 and up: 4.5 to 30 VDC, 0.3 A/output					24 VDC $^{+10\%}/_{-5\%}$, 0.3 A/output
	0.8 A/common 1.6 A/Unit (See note 2.)	0.8 A/common 2.4 A/Unit (See note 2.)	0.8 A/common 3.2 A/Unit (See note 2.)	0.8 A/common 4.8 A/Unit (See note 2.)	0.9 A/common 1.8 A/Unit (See note 2.)	0.9 A/common 1.8 A/Unit
Leakage current	0.1 mA max.					
Residual voltage	1.5 V max.					
ON delay	OUT01000 and OUT01001: 20 µs max. OUT01002 and up: 0.1 ms max.					0.1 ms max.
OFF delay	OUT01000 and OUT01001: 40 µs max. for 4.5 to 26.4 V, 10 to 100 mA 0.1 ms max. for 4.5 to 30 V, 10 to 200 mA OUT01002 and up: 1 ms max.					1 ms max. (24 VDC $^{+10\%}/_{-5\%}$, 5 to 300 mA)
Fuse	1 fuse/output (cannot be replaced by user)					1 fuse/common (cannot be replaced by user)
Circuit configuration	**Sinking Outputs** 			**Sourcing Outputs** 		

Note
1. When using OUT01000 or OUT01001 as a pulse output, connect a dummy resistor as required to bring the load current between 0.01 and 0.1 A. If the load current is below 0.1 A, the ON-to-OFF response time will be shorter and high-speed pulses (source-type transistor outputs) will not be output. If the load current is above 0.1 A, the transistor will generate more heat and components may be damaged.
2. The total for OUT01000 to OUT 01003 must be 0.8 A maximum. If the ambient temperature is maintained below 50 °C, however, up to 0.9 A/common can be used.

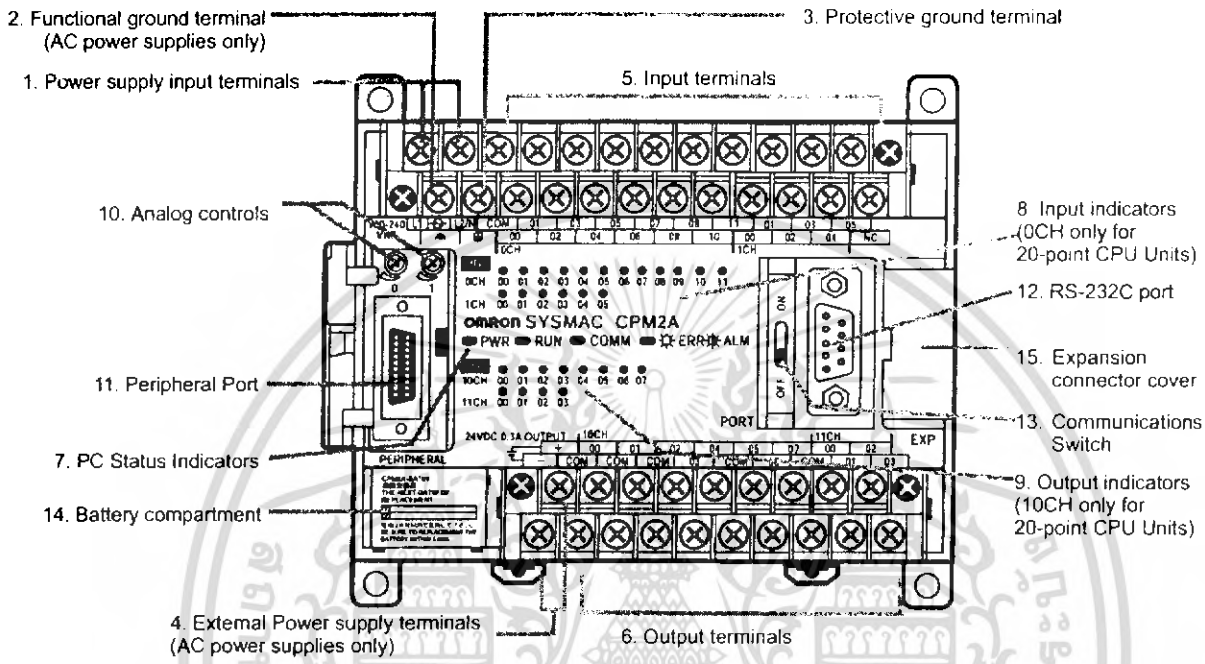
⚠ **Caution** Do not apply voltage in excess of the maximum switching capacity to an output terminal. It may result in damage to the product or fire.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

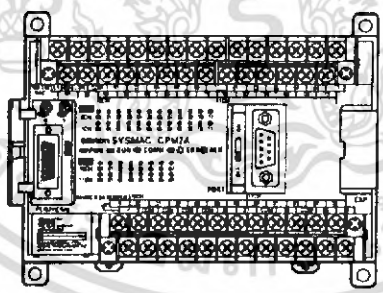
2-2 Unit Components

2-2-1 CPU Unit Components

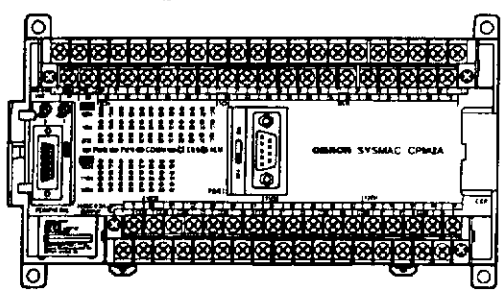
CPU Units with 20 or 30 I/O Terminals



CPU Units with 40 I/O Terminals



CPU Units with 60 I/O Terminals



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU Unit Component Descriptions

1, 2, 3...

1. Power Supply Input Terminals
   Connect the power supply (100 to 240 VAC or 24 VDC) to these terminals.
2. Functional Ground Terminal (⏚)
   Be sure to ground this terminal (AC-type PCs only) to enhance immunity to noise and reduce the risk of electric shock.
3. Protective Ground Terminal (⏚)
   Be sure to ground this terminal to reduce the risk of electric shock.
4. External Power Supply Terminals
   CPM2A PCs are equipped with these 24-VDC power output terminals to supply power to input devices. (AC-type PCs only.)
5. Input Terminals
   Connects the CPU Unit to external input devices.
6. Output Terminals
   Connects the CPU Unit to external output devices.
7. PC Status Indicators
   These indicators show the operating status of the PC, as shown in the following table.

Indicator	Status	Meaning
PWR (green)	ON	Power is being supplied to the PC.
	OFF	Power isn't being supplied to the PC.
RUN (green)	ON	The PC is operating in RUN or MONITOR mode.
	OFF	The PC is in PROGRAM mode or a fatal error has occurred.
COMM (yellow)	Flashing	Data is being transferred via the Peripheral port or RS-232C port.
	OFF	Data isn't being transferred via the Peripheral port or RS-232C port.
ERR/ALARM (red)	ON	A fatal error has occurred. (PC operation stops.)
	Flashing	A non-fatal error has occurred. (PC operation continues.)
	OFF	Indicates normal operation.

8. Input Indicators
   The input indicators are lit when the corresponding input terminal is ON. The indicators are lit during I/O refreshing.
   When a fatal error occurs, the input indicators change as follows:

Fatal error	Input indicators
CPU Unit error, I/O bus error, or too many I/O Units	Turn OFF.
Memory error or FALS (fatal system) error	The indicators will change with the status of the input signal, but input status will not be updated in memory.

Note a) When interrupt inputs are used in interrupt input mode, the indicator may not light even when the interrupt condition is met if the input is not ON long enough.

b) When high-speed counters are used, the input indicator may not light if the input pulse is too fast.

9. Output Indicators
   The output indicators are lit when the corresponding output terminal is ON. The indicators are lit during I/O refreshing. When pulse outputs are being used, the indicator will remain lit continuously while the pulses are being output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Analog Controls

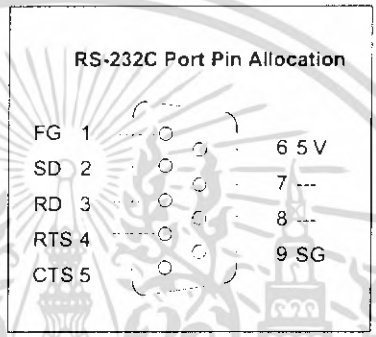
Turn these controls to change the analog settings (0 to 200) in IR 250 and IR 251.

11. Peripheral Port

Connects the PC to a Programming Device (including Programming Consoles), host computer, or standard external device.

12. RS-232C Port

Connects the PC to a Programming Device (excluding Programming Consoles), host computer, Programmable Terminal, or standard external device.



13. Communications Switch

This switch selects whether the Peripheral port and RS-232C port will use the communications settings in the PC Setup or the standard settings.

(Factory-set to OFF)

OFF	The Peripheral port and RS-232C port operate according to the communications settings in the PC Setup, except for a Programming Console connected to the Peripheral port.
ON	The Peripheral port and RS-232C port operate according to the standard communications settings, except for Programming Consoles connected to the Peripheral port.

Note This switch's setting has no effect on communications with a Programming Console connected to the Peripheral port. It affects the RS-232C port.

14. Battery

This battery backs up memory in the CPU Unit and is connected when the Unit is shipped.

15. Expansion Connector

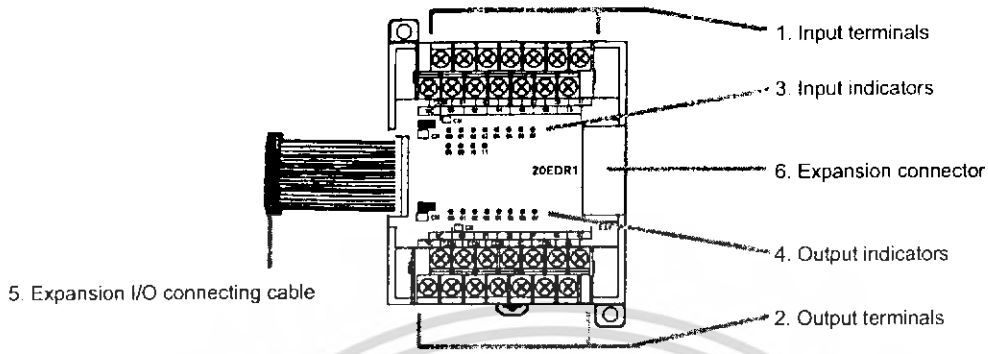
Connects the PC's CPU Unit to an Expansion I/O Unit or Expansion Unit (Analog I/O Unit, Temperature Sensor Unit, or CompoBus/S I/O Link Unit). Up to 3 Expansion Units or Expansion I/O Units can be connected to a CPU Unit.

Note If an NT-AL001 is connected to the CPM2A's RS-232C port, only one Expansion Unit or Expansion I/O Unit can be connected to the CPU Unit because the NT-AL001 draws its 5-VDC power from the CPU Unit.

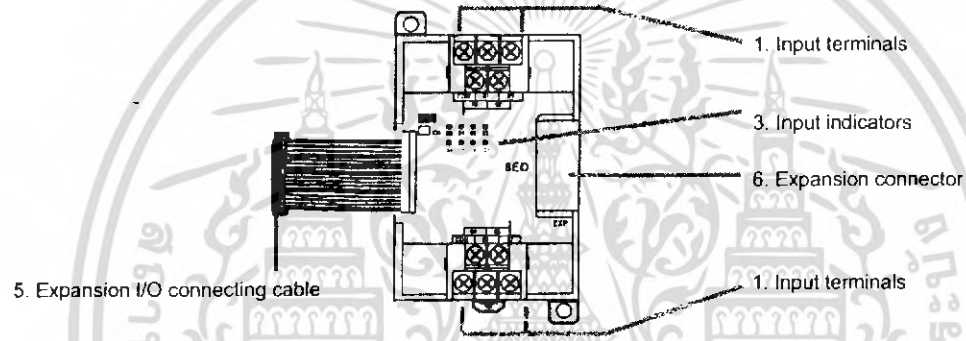
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-2-2 Expansion I/O Unit Components

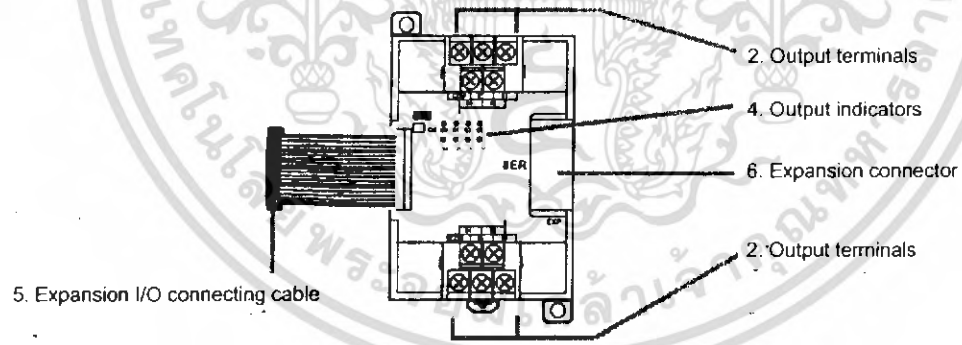
Expansion I/O Unit with 20 I/O Terminals



Expansion I/O Unit with 8 Input Terminals



Expansion I/O Unit with 8 Output Terminals



1, 2, 3... 1. Input Terminals

Connects the CPU Unit to external input devices.

2. Output Terminals

Connects the CPU Unit to external output devices.

3. Input Indicators

The input indicators are lit when the corresponding input terminal is ON.

4. Output Indicators

The output indicators are lit when the corresponding output terminal is ON.

5. Expansion I/O Connecting Cable

Connects the Expansion I/O Unit to the expansion connector on the PC's CPU Unit, an Expansion Unit, or another Expansion I/O Unit.

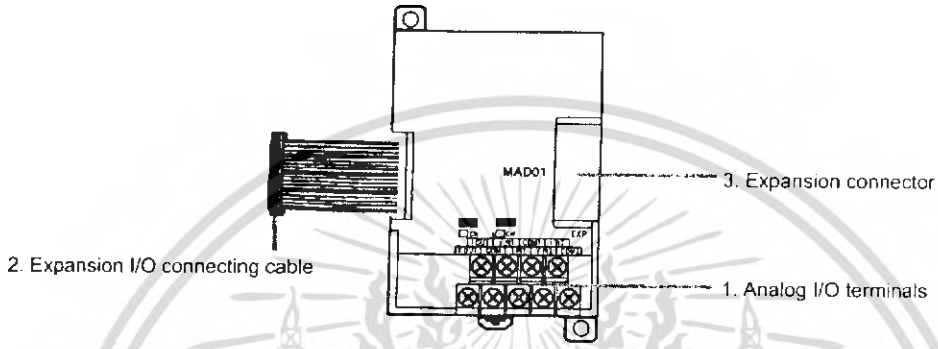
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Caution Do not touch the expansion I/O connecting cable while the power is being supplied in order to prevent any malfunction due to static electricity.

6. Expansion Connector

Connects to another Expansion I/O Unit or an Expansion Unit (Analog I/O Unit, Temperature Sensor Unit, or CompoBus/S I/O Link Unit). Up to 3 Expansion Units or Expansion I/O Units can be connected to a CPU Unit.

2-2-3 Analog I/O Unit Components



1, 2, 3... 1. Analog I/O Terminals

Connects the Unit to analog input devices and analog output devices.

2. Expansion I/O Connecting Cable

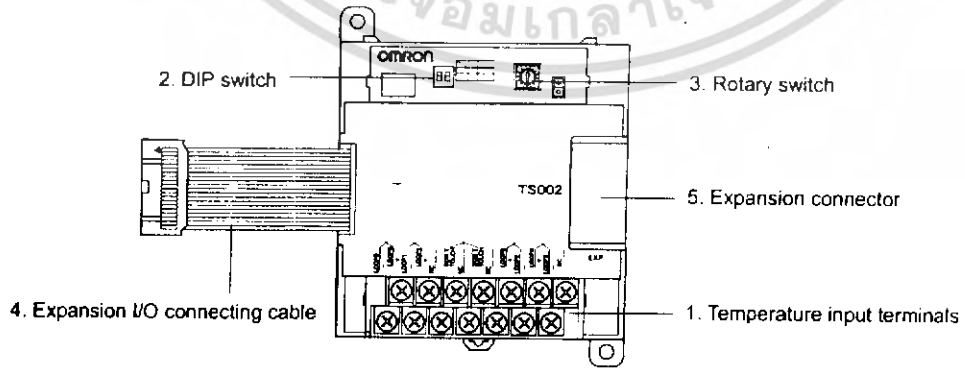
Connects the Analog I/O Unit to the expansion connector on the PC's CPU Unit, an Expansion I/O Unit, or another Expansion Unit. The cable is connected to the Analog I/O Unit and cannot be removed.

Caution Do not touch the expansion I/O connecting cable while the power is being supplied in order to prevent any malfunction due to static electricity.

3. Expansion Connector

Connects to an Expansion I/O Unit or another Expansion Unit (Analog I/O Unit, Temperature Sensor Unit, or CompoBus/S I/O Link Unit). Up to 3 Expansion Units or Expansion I/O Units can be connected to a CPU Unit.

2-2-4 Temperature Sensor Unit Components



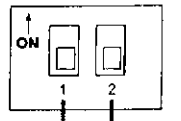
1, 2, 3... 1. Temperature Input Terminals

Connect to a thermocouple or a platinum resistance thermometer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. DIP Switch

Sets the temperature unit (°C or °F), and the number of decimal places used.



Number of decimal places used
OFF: Normal (0 or 1); ON: 2

Temperature unit
OFF: °C; ON: °F

3. Rotary Switch

Sets the temperature range. Set the range in accordance with the specifications of the temperature sensor used.

CPM1A-TS001/002

Set value	Thermocouple	Range (°C)	Range (°F)
0	K	–200 to 1,300	–300 to 2,300
1		0.0 to 500.0	0.0 to 900.0
2	J	–100 to 850	–100 to 1,500
3		0.0 to 400.0	0.0 to 750.0
4 to F	---	Setting not possible	

CPM1A-TS101/102

Set value	Platinum resistance thermometer	Range (°C)	Range (°F)
0	Pt100	–200.0 to 650.0	–300.0 to 1,200.0
1	JPt100	–200.0 to 650.0	–300.0 to 1,200.0
2 to F	---	Setting not possible	

4. Expansion I/O Connecting Cable

Connects the Temperature Sensor Unit to the expansion connector on the PC's CPU Unit, an Expansion I/O Unit, or another Expansion Unit. The cable is connected to the Temperature Sensor Unit and cannot be removed.

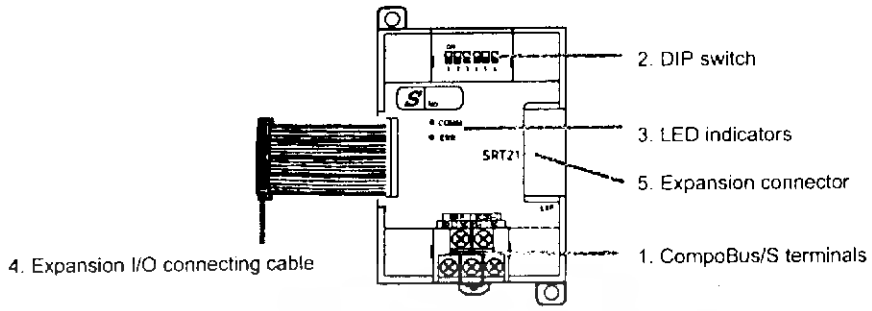
⚠ **Caution** Do not touch the expansion I/O connecting cable while the power is being supplied in order to prevent any malfunction due to static electricity.

5. Expansion Connector

Connects to an additional Expansion I/O Unit or another Expansion Unit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-2-5 CompoBus/S I/O Link Unit Components

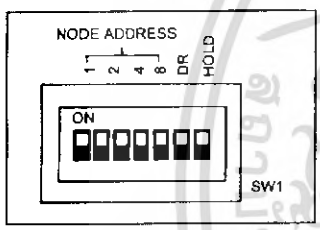


1, 2, 3... 1. CompoBus/S Terminals

Include the CompoBus/S communications data high/low terminal, communications power supply +/– terminals, and NC terminals. Power is supplied to the Unit internally, so the power supply terminals can be used as relay terminals.

2. DIP Switch

The DIP switch sets the Unit's node address, sets the communications mode, and determines whether or not the outputs will be cleared in the event of a communications error.



Pin(s)	Function
1 to 4 (labeled 1, 2, 4, and 8)	These pins set the Unit's node address using the DIP switch pins as binary digits. (1 = ON) 0: 0000 1: 0001 2: 0010 3: 0011 4: 0100 5: 0101 6: 0110 7: 0111 8: 1000 9: 1001 10: 1010 11: 1011 12: 1100 13: 1101 14: 1110 15: 1111
DR	ON: Long-distance Communications Mode OFF: High-speed Communications Mode (See note.)
HOLD	ON: Retain outputs when a communications error occurs. OFF: Clear outputs when a communications error occurs.

Note The Long-distance Communications Mode can be used only when connected to one of the following Master Units: C200HW-SRM21-V1, CQM1-SRM21-V1, or SRM1-C0□-V2.

3. LED Indicators

These indicators show the status of CompoBus/S communications.

Indicator	Status	Meaning
COMM (yellow)	ON	Communications in progress.
	OFF	Communications error or stopped.
ERR (red)	ON	A communications error has occurred.
	OFF	Indicates normal or no communications.

4. Expansion I/O Connecting Cable

Connects the CompoBus/S I/O Link Unit to the expansion connector on the PC's CPU Unit, an Expansion I/O Unit, or another Expansion Unit.

⚠ **Caution** Do not touch the expansion I/O connecting cable while the power is being supplied in order to prevent any malfunction due to static electricity.

5. Expansion Connector

Connects to an Expansion I/O Unit or another Expansion Unit (Analog I/O Unit, Temperature Sensor Unit, or CompoBus/S I/O Link Unit). Up to 3 Expansion Units or Expansion I/O Units can be connected to a CPU Unit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้