สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแสดงผลกระบวนการด้วยโปรแกรม WONDERWARE

PROCESS MONITORING BY WONDERWARE PROGRAM

นายดลวัฒน์ พิพุธวัฒน์
นายทิพยเดช วิจิตรกุล
นายนราทิพย์ นิ่มเพ็ง

ส/ว
ว1487
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83178
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2551

b 11962158
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROCESS MONITORING BY WONDERWARE PROGRAM

DOLLAWAT PIPUTWAT

THIPPAYADECH WIJITGUL

NARATHIP NIMPENG

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 MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การแสดงผลกระบวนการด้วยโปรแกรม WONDERWARE

PROCESS MONITORING BY WONDERWARE PROGRAM

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายดลวัฒน์	**พิพุธวัฒน์**	**รหัสนักศึกษา** 47010250
	นายทิพยเดช	วิจิตรกุล	**รหัสนักศึกษา** 47010285
	นายนราทิพย์	นิ่มเพ็ง	**รหัสนักศึกษา** 47010363
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2550		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. เชื้อ นกอยู่ รศ. สักรียา ชิตวงศ์	

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การแสดงผลกระบวนการด้วยโปรแกรม WONDERWARE		
	PROCESS MONITORING BY WONDERWARE PROGRAM		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายคลวัฒน์	พิพุธวัฒน์	รหัสนักศึกษา 47010250
	นายทิพยเดช	วิจิตรกุล	รหัสนักศึกษา 47010285
	นายนราทิพย์	นิ่มเพ็ง	รหัสนักศึกษา 47010363
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.เชื้อ	นกอยู่	
	รศ.สักรียา	ชิตวงศ์	
ปีการศึกษา	2550		

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้นำเสนอกระบวนการแสดงผลของกระบวนการ โดยสร้างแบบจำลองในการควบคุมระดับน้ำในถังน้ำผ่านโปรแกรมแสดงผล "WONDERWARE" ซึ่งมีความสามารถในการสร้างหน้าตาหรือแบบจำลองการควบคุมได้อย่างง่ายดาย รวมถึงความสามารถของRemote tag referencing, ActiveX, Distributed alarmhandling, distributed historical data กับ IndustrialSQL Server และ ปรับปรุงส่วน User Interface ให้เป็นแบบ Application Explorer, เพิ่ม Quick Functions และSuper Tags โดยเชื่อมต่อการทำงานกับ PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER(PLC) ของบริษัท KOYO รุ่น DIRECT LOGIC 05 (DL05) ซึ่งซอฟท์แวร์นี้นิยมใช้ในระบบ SCADA, DCS ในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Process Monitoring by Wonderware Program	
Authors	Mr.Dollawat	Piputwat
	Mr.Thippayadech	Wijitgul
	Mr.Narathip	Nimpeng
Thesis Advisor	Asst.Prof. Chuae	Nokyoo
	Assc.Prof. Sakreya	Chitwong
Year	2007	

ABSTRACT

The article performs the process monitoring of level control simulation. The system is commanded by software called Wonderware Intouch which is can be applied in discrete control, DCS, PLC, SCADA and other applications.

Wonderware can build the window of process monitoring easily included using of tag referencing, ActiveX, Distributed Alarmhandling, Distributed historical data and IndustrialSQL Server Monitoring will be interface with Programable Logic Controller (PLC) of KOYO Company Model Direct Logic 05 (DL05). This software is likely use in SCADA, DCS in worldwide industrial Automation factory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีเพราะผู้ศึกษาวิจัยได้รับคำแนะนำขณะเจอปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่ ตลอดเวลา อีกทั้งยังคอยช่วยหาเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำโครงงานชิ้นนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและถ่ายทอดวิชาความรู้ตลอดระยะเวลา 4 ปี

ขอขอบคุณนายเจษฎา ขันธวรรณา นายเจษฎา เจริญวัฒนโยธิน นายพงษ์เอก อุทธโยธา นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม และนายสามารถ รื่นพิทักษ์ นักศึกษาชั้นปีที่ 2S ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมเป็นอย่างมาก ที่ได้ให้คำปรึกษาทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และโปรแกรม

และคณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่งที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจของการทำวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....2

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

2.1 Wonderware Intouch 9.5..... 3

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของ WONDERWARE.....3

2.1.2 InControl.....6

2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส..... 8

2.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบRS232.....9

2.3.1 คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-9.....11

2.4 Programmable Logic Controller (PLC).....12

2.4.1 ความหมายของ PLC..... 12

2.4.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์(PLC).....12

2.4.3 โครงสร้างของ PLC.....13

2.4.4 ส่วนประกอบของ PLC.....14

2.4.5 วงจรตรรก (Logic).....17

2.4.6 ตัวอย่างการใช้ PLC ในอุตสาหกรรมต่างๆ.....18

2.4.7 ส่วนประกอบของ PLC ของ KOYO รุ่น DL 05.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.8 การต่อ Power Input Wiring ให้กับ PLC 21

2.4.9 การเชื่อมต่อ PLC กับ Computer 21

2.4.10 การแสดงผลของ PLC KOYO รุ่น DL 05.....22

2.5 โปรแกรม DirectSOFT32.....23

2.6 Analog Input Module.....29

2.6.1 การติดตั้งกับเครื่อง PLC DL-05 ของ KOYO.....30

2.6.2 การสร้าง Scale ใช้งาน.....31

2.7 โปรแกรม DSData Server.....33

2.7.1 การตั้งค่าเชื่อมต่อกับ PLC.....33

2.7.2 การสร้างหัวข้อในการติดต่อกับเครื่อง PLC.....36

บทที่ 3 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ.....37

3.1 บทนำ.....37

3.2 การวัดระดับ (Level Measurement).....40

3.2.1 การวัดระดับโดยตรง (Direct Level Measurement) 40

3.2.2 การวัดระดับแบบทางอ้อม (Indirect Level Measurement) 48

บทที่ 4 รายละเอียดในการสร้างและประกอบปริญญานิพนธ์.....53

4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware).....54

4.1.1 Pressure Sensor (Differential Pressure Transmitter).....54

4.1.2 ส่วนของวงจร Instrument Amplifier.....55

4.1.3 Plant กระบวนการ.....57

4.1.4 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC.....57

4.2 ส่วนของซอฟท์แวร์ (Software).....60

4.2.1 โปรแกรมของ PLC.....60

4.2.2 โปรแกรมหน้าจอ WONDERWARE.....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง.....69

5.1 การทดลองและสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter.....69

5.2 การทดลองเปรียบเทียบระดับของเหลวกับกราฟิกที่สร้างด้วยโปรแกรม WONDERWARE.....73

5.3 สรุปผลการทดลอง.....73

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 74

6.1 สรุปผลงาน.....74

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....74

บรรณานุกรม.....75

ภาคผนวก.....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงหน้าพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 แบบ DB-9.....11

2.2 แสดงผลของไฟแสดงผลของ PLC.....22

2.3 แสดงการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก และแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....32

2.4 แสดงรีเลย์พิเศษที่ใช้ใน Analog Input Module.....32

4.1 แสดง I/O Assignment ของ PLC.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงสัญลักษณ์ Wonderware Intouch.....3

2.2 แสดงการจำลองโรงงานอัตโนมัติ.....5

2.3 แสดงการเขียน Script.....6

2.4 แสดงหน้าโปรแกรม Incontrol.....7

2.5 รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัส.....8

2.6 การส่งข้อมูลผ่านมาตรฐาน RS-232.....10

2.7 คอนเน็กเตอร์ แบบ DB-9.....10

2.8 การต่ออุปกรณ์ภายนอกแบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น.....10

2.9 โครงสร้างของ PLC.....14

2.10 ส่วนประกอบของ CPU.....15

2.11 ภาพเครื่องผสมวัตถุดิบที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....18

2.12 ภาพการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....18

2.13 ภาพหุ่นยนต์ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....18

2.14 ภาพการพ่นสีรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....19

2.15 ภาพการตรวจสอบคุณภาพที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....19

2.16 PLC ของ KOYO รุ่น DL 05.....19

2.17 แสดงส่วนประกอบของ PLC ของ KOYO รุ่น DL 05.....20

2.18 แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟ.....21

2.19 แสดงการเชื่อมต่อ PLC กับ PC.....21

2.20 แสดงผลไฟสถานะ CPU ของ PLC.....22

2.21 แสดงการเปิด New Project เพื่อทำการเขียน Ladder Program.....23

2.22 แสดงการเลือกชนิด PLC และรุ่นของPLC หรือชนิดของ CPU 24

2.23 แสดงการเชื่อมต่อ PLC กับคอมพิวเตอร์ กับโปรแกรม DirectSOFT32.....24

2.24 แสดงหน้าจอการรอเขียนโปรแกรมให้กับ PLC.....25

2.25 การเลือกใช้ข้อมูลบน PLC แบบใด.....25

2.26 เลือก Use Disk เพื่อทำการเขียนโปรแกรม PLC ใหม่.....26

2.27 แสดงบล็อกสัญลักษณ์การเขียน Ladder.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.28 แสดงการใช้งาน Mode ใน PLC.....27

2.29 แสดงการเลือกโหมดการทำงาน.....27

2.30 แสดงการทำงานโปรแกรมในโหมด RUN.....28

2.31 แสดง Analog Input Module 4 Channel.....29

2.32 แสดงโครงสร้างภายในของ Analog Input Module 4 channel.....30

2.33 แสดงตัวเครื่อง PLC ยี่ห้อ KOYO รุ่น DL-05.....30

2.34 แสดง V-Memory ของ Analog Input Module DL-05.....31

2.35 แสดงสูตรการทำ Scale ของ Analog Input Module รุ่น F0-04AD-1.....31

2.36 แสดงการเชื่อมโยงข้อมูลโดยการใช้โปรแกรม DSData Server.....33

2.37 แสดงการเลือกเชื่อมต่อของ PLC.....33

2.38 แสดงการเลือกพอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์.....34

2.39 แสดงการเลือกรุ่นต่างๆของ PLC.....34

2.40 แสดงการเลือกชนิดของ Protocol.....35

2.41 แสดงการอ่านข้อมูลของ PLC.....35

2.42 แสดงการตั้งชื่อหัวข้อของโปรแกรมของเครื่อง PLC.....36

2.43 แสดงโปรแกรม DSData Server.....36

3.1 แสดงการควบคุมระดับน้ำในถังแบบ Manual Control.....37

3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมระดับน้ำในถังแบบ Manual Control.....37

3.3 แสดงการควบคุมระดับน้ำในถังด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ.....38

3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยทั่วไป.....39

3.5 แสดง Sight Glass แบบต่างๆ.....41

3.6 แสดงการติดตั้งใช้งานจริง.....41

3.7 แสดง sight glass แบบแผ่นแก้วเรียบ.....43

3.8 แสดง sight glass แบบหลายช่องมอง.....44

3.9 Multi-point sight glass for boiler drum.....45

3.10 การติดตั้งใช้งานโดยมีครอบโลหะป้องกัน level glass component.....45

3.11 เครื่องอ่านค่าระดับแบบใช้ลูกลอย.....46

3.12 สัญลักษณ์การใช้งาน Float Type.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.13 แสดงการติดตั้งเกจวัดระดับแบบลูกลอยและMechanical Tape.....47

3.14 แสดงการใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านที่เป็นแบบดิจิตอล.....47

3.15 แสดงสัญลักษณ์ในการใช้งาน Dip Stick.....48

3.16 แสดงการติดตั้ง Dip Stick (แบบจุ่ม).....48

3.17 เครื่องวัดระดับแบบอาศัยหลักการความดันแตกต่าง.....49

3.18 การวัดระดับแบบถังเปิด (Open Tank).....50

3.19 การวัดระดับในแบบถังปิด (Close Tank) แบบ Dry Leg.....50

3.20 การวัดระดับในแบบถังปิด (Close Tank) แบบ Wet Leg.....51

3.21 แสดงการติดตั้ง Level Transmitter ที่ถัง.....51

3.22 แสดงการติดตั้ง Level Transmitter ที่ถัง.....52

3.23 แสดงการติดตั้ง Level Transmitter ที่ถัง.....52

4.1 แสดง Hardware โดยรวม.....53

4.2 แสดงตัวอุปกรณ์ วงจรภายใน และตำแหน่งขาของ Pressure Sensor.....54

4.3 แสดงวงจรและขาของ IC เบอร์ XTR101.....55

4.3 แสดงวงจรและขาของ IC เบอร์ XTR101(ต่อ).....55

4.4 แสดงรูปการต่อใช้งานของ IC เบอร์ XTR101.....56

4.5 แสดงรูปการต่อใช้งานจริง.....56

4.6 แสดงกระบวนการของโครงงาน.....57

4.7 ตัวรีเลย์ที่ใช้ประกอบในตู้ Control.....58

4.8 แสดงโครงสร้างและวงจรภายใน Magnetic Contactor.....59

4.9 แสดงการเข้าใช้งานโปรแกรม Wonderware.....61

4.10 แสดงการตั้งชื่อหน้าต่าง.....62

4.11 แสดงการสร้างหน้าต่าง Intouch WindowMaker.....62

4.12 อธิบายถึงเครื่องมือในการสร้างกราฟิก.....63

4.13 แสดงการออกแบบ Process & Control Monitoring.....64

4.14 แสดงการออกแบบ Real-time Monitoring.....65

4.15 แสดงลักษณะสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนด.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.16 แสดงการตั้งค่า Access Name เพื่อเชื่อมต่อกับ PLC 66
4.17 แสดงผล Process ในโหมด Run-time 67
4.18 แสดงผลกระบวนการแบบ Real Time ในลักษณะของกราฟ.....68
4.19 หน้าต่างแสดงผลเพื่อเตือนว่าระดับของเหลวเกินค่า SetPoint ที่ได้ตั้งไว้.....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจของการทำวิจัย

ปัจจุบันนี้ระบบควบคุมอัตโนมัตินับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ขาดเสียไม่ได้ สำหรับงานทางด้านการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งระบบที่ให้บริการสาธารณูปโภค เช่น โรงผลิตจ่ายไฟฟ้าและน้ำ เพราะสามารถลดขั้นตอนการทำงานที่ยุ่งยาก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและช่วยอำนวยความสะดวกอย่างมากมายแก่ผู้ปฏิบัติงานควบคุมการผลิต หลักการสำคัญของระบบควบคุมอัตโนมัติ คือ การที่สามารถนำค่าสัญญาณหรือข้อมูลจากกระบวนการผลิตมาทำการประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าหรือผลลัพธ์ควบคุมสำหรับส่งออกไปยังอุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้าย เพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ทันการ และต่อเนื่อง

ในการทำระบบควบคุมการผลิตอย่างอัตโนมัติสำหรับงานประเภทกระบวนการและโรงงานประเภทประกอบชิ้นส่วน เรามักนึกถึงการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เช่น DCS หรือ PLC มาใช้พัฒนา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือพีซี (PC) รวมถึงคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Notebook PC) ได้รับการพัฒนาล้ำหน้าอย่างมาก จึงได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์ร่วมกันเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติก็คงหนีไม่พ้นระบบคอมพิวเตอร์ ที่จัดได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบ และได้รับความไว้วางใจจากมนุษย์ว่าสามารถปฏิบัติงานดังกล่าวได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาด ระบบ SCADA เป็นระบบหนึ่งที่ได้รับการยอมรับมาใช้ในงานระบบควบคุมอัตโนมัติ นิยมนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและสถานีบริการสาธารณูปโภคต่างๆ อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาไม่ต่างจากระบบอื่นมากนักแต่ประสิทธิภาพอาจจะดีกว่าระบบบ้างเป็นบางจุด

โครงงานนี้เป็นการทดลองทำแบบจำลองของระบบหนึ่งโดยใช้ซอฟแวร์ซึ่งเขียนเพื่อใช้ในการแสดงผลและควบคุมกระบวนการชื่อโปรแกรม Wonderware ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้นำด้านระบบควบคุมอัตโนมัติเจ้าหนึ่งของโลก ในเวอร์ชัน DEMO ซึ่งมีขอบเขตในการใช้งานจำกัด ไม่สามารถใช้งานได้ทุกฟังก์ชัน ทำการเชื่อมต่อกับ PLC เพื่อทำการสั่งงานไปยังอุปกรณ์สุดท้ายของระบบทั้งหมดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่งานแบบ ON-OFF

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและทดลองการใช้โปรแกรม Wonderware ซึ่งนิยมใช้ในระบบ DCS มาควบคุมระดับน้ำภายในสถานีจำลอง และแสดงผลในรูปของ Graphics, Real-Time Monitoring, Alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาและประยุกต์ใช้งาน PLC
2. ศึกษาการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Wonderware
3. ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม Wonderware กับ เครื่อง PLC
4. ทำการควบคุม Plant โดยผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ทำแบบจำลอง Plant
2. แสดงหน้าจอการทำงานของ Plant บนเครื่องคอมพิวเตอร์ และสามารถควบคุม Plant ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้
3. สามารถเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม Wonderware กับเครื่อง PLC

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานวิจัยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีขั้นตอนการศึกษา เริ่มจากการศึกษาการทำงานของโปรแกรม Wonderware ก่อนเป็นอันดับแรกเพื่อศึกษาถึงรูปแบบการใช้งานของโปรแกรม Woderware Intouch 9.5 เวอร์ชัน Demo ที่ใช้ในการสร้างกราฟิกแสดงผลว่าสร้างอย่างไร มีฐานข้อมูลแบบไหน รวมไปทั้งการเชื่อมต่อการใช้งานกับ PLC ขั้นต่อมาคือขั้นตอนการศึกษาระบบโดยทั่วไปของ PLC ที่จะใช้งานว่าเป็นรุ่นใด ใช้โปรโตคอลในการสื่อสารซึ่งก็คือโปรโตคอลจากโปรแกรม DSData Server นั่นเอง และทำการสอบเทียบระดับน้ำในถังที่ใช้ Differential Pressure Sensor เป็นตัววัด เพื่อนำไปส่งเข้า Analog Module ของ PLC แล้วส่งข้อมูลต่อไปยังโปรแกรม Wonderware ส่วนขั้นสุดท้ายนั้นก็ตรวจสอบการต่อ Wiring ของตู้ Control ว่าต่ออย่างมิดชิด แน่นหนาหรือไม่ เพื่อที่จะเข้าสู่กระบวนการทดลองควบคุม Plant จริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 Wonderware Intouch 9.5

โปรแกรมแสดงผล Wonderware Intouch9.5 (Demo Version) เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อโดยตรงกับผู้ใช้หรือผู้ควบคุม โดย Wonderware จะมีการติดต่อสื่อสารกันกับ PLC โดยอาศัยโปรแกรม DSData เป็นเซิร์ฟเวอร์ในการจัดการสร้างโปรโตคอลเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างโปรแกรม Wonderware กับ PLC KOYO รุ่น Koyo DirectLogic05 หรือ DL05 ซึ่งใช้ในการทำปริญญานิพนธ์นี้

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของ WONDERWARE

ในปัจจุบันนี้ในวงการอุตสาหกรรมได้มีการแข่งขันทางด้านการผลิตอย่างสูง ในระบบการผลิตนั้นกระบวนการต่าง ๆ ที่จะต้องควบคุมมีความยุ่งยากซับซ้อน จึงได้มีผู้คิดค้นระบบควบคุมที่สะดวกและสามารถควบคุมได้ระยะไกลและระบบ SCADA คือหนึ่งในระบบนั้น ระบบ SCADA จำเป็นต้องมีซอฟแวร์รองรับซึ่งซอฟแวร์ในระบบ SCADA มีหลายอย่างที่ใช้เขียนได้ เช่น Visual basic, CX, GE และ Wondeware ซึ่งใช้ในการทำโครงงานนี้ โดยโปรแกรมWonderware นี้สามารถใช้งานในการสร้างกราฟฟิกได้ง่ายอย่างหนึ่ง

การควบคุมกระบวนการในระบบทำได้โดยการ ติดต่อสื่อสารข้อมูลกันระหว่างเครื่องควบคุมแบบตรรกะ (PLC) กับคอมพิวเตอร์ซึ่งสัญญาณเอาท์พุต PLC จะถูกนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการที่ทำงานเป็นแบบตรรกะ เช่น โซลินอยด์วาล์ว, มอเตอร์, อุปกรณ์ที่ทำงานแบบ ON-OFF เป็นต้น

ภาพที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ Wonderware Intouch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โปรแกรม WONDERWARE

Wonderware คือผู้นำด้านการตลาดซอฟท์แวร์ของระบบ Graphical Human-Machine Interface (HMI) ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ตัวแรกโดยนำออกสู่ตลาดในปี ค.ศ. 1989 ชื่อ Wonderware Intouch ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการได้รับความนิยมแพร่หลายจนมาในวันนี้ได้ถูกติดตั้งไปมากกว่า 180,000 licenses ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่น food processing, beverage semiconductors, oil and gas, automotive, chemicals, pharmaceutical, pulp and paper, transportation, water treatment, utilities และอื่นๆอีกมากมาย

2. The Factory Suite 2000 A New MMI System for the 21 Century

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1997 ทาง Wonderware ได้กำหนดรูปแบบใหม่ของซอฟท์แวร์เพื่อให้เป็นมาตรฐานสำหรับระบบ factory automation หรือ CIM System (Computer Integrated Manufacturing) คือได้รวมชุดของซอฟท์แวร์ทางด้านออโตเมชั่นมาไว้เป็นชุดเดียวกัน กล่าวคือจะไม่เพียงแค่ HMI หรือ Database แต่จะรวมทุกระบบทั้ง Visualization, Optimization และ Control, Plant floor data collection รวมถึง data storage และการ analysis แล้วเรียกว่า Factory Suite ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตในทางอุตสาหกรรม และในปัจจุบันนี้ ชุด Factory Suite ได้ถูกพัฒนามาจนเป็น Factory Suite2000 ซึ่งแบ่งได้เป็น แพ็คเก็จดังนี้คือ

3. Core Components ประกอบด้วย

- Intouch เป็นซอฟท์แวร์ใช้ในการทำกราฟิกในการแสดงผล
- InControl เป็นซอฟท์แวร์ที่เข้ามาช่วยในการควบคุม
- IndustrialSQL Server เป็นซอฟท์แวร์ที่เข้ามาทำการด้านฐานข้อมูล

4. การเก็บ Data เพื่อจัดทำฐานข้อมูล

- Scout เป็นซอฟท์แวร์ที่จะนำกระบวนการเข้าสู่ระบบ Internet/Intranet ในลักษณะ Remote data viewing

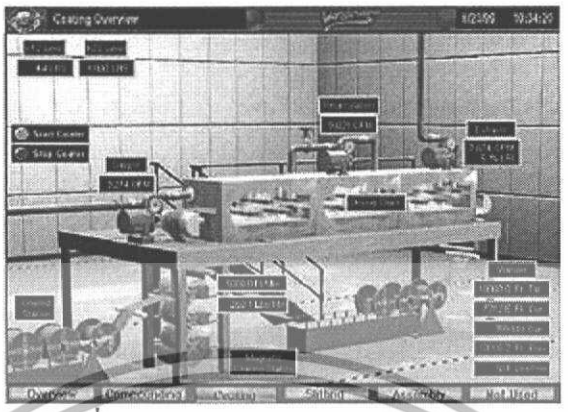
5. Application Components ประกอบด้วย

- Intrack เป็นซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการติดตามการทำงานของกระบวนการทุกขั้นตอนให้กลายเป็นเรื่องง่ายซึ่งจะส่งผลในด้านการควบคุมคุณภาพและการผลิตโดยตรง

- InBatch เป็นซอฟท์แวร์สำหรับการทำงานในลักษณะที่เป็น Batching จะช่วยให้การทำระบบแบทช์มีความยืดหยุ่นกว่าเดิมและใช้งานได้ง่ายขึ้น ซอฟท์แวร์ทุกตัวที่นำมารวมกันนี้จะทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 2000 และสามารถเชื่อมโยงเข้ากับ MS BackOffice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WONDERWARE INTOUCH



ภาพที่ 2.2 แสดงการจำลองโรงงานอัตโนมัติ

6. Wonderware Intouch 9.5

เป็นโปรแกรมสำหรับการติดต่อกับผู้ใช้ในลักษณะกราฟิกที่เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในรูปแบบของ Discrete Control, DCS, SCADA และงานประยุกต์อื่นๆ ตั้งแต่เวอร์ชั่น 7.0 เป็นต้นมาจะมีคุณสมบัติเพิ่มขึ้นดังนี้คือ สนับสนุนRemote tag referencing, สนับสนุน ActiveX, Distributed alarmhandling, สนับสนุน distributed historical data กับ IndustrialSQL Server, ปรับปรุงส่วน User Interface ให้เป็นแบบ Application Explorer เพิ่ม Quick Functions และ Super Tags นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือช่วยในการพัฒนางานประยุกต์อีกมากมายที่ช่วยให้การพัฒนาง่ายกว่าที่เคยเป็นมา

7. Performance Features

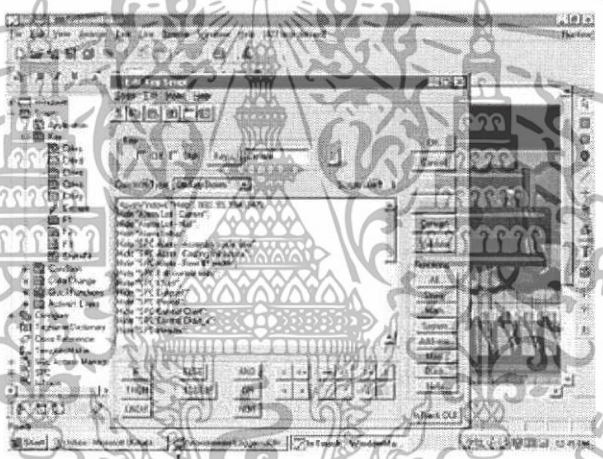
- Object-Oriented Graphics ง่ายต่อการทำ Configure ซึ่งช่วยประหยัดเวลาในการพัฒนางานประยุกต์ส่วนของรูปกราฟิกจะเป็นลักษณะ Objects และGroups ซึ่งสามารถทำการเคลื่อนย้าย , ย่อ , ขยายขนาดของวัตถุและสามารถการทำภาพเคลื่อนไหวได้อย่างง่ายดาย มีเครื่องมือช่วยในการทำกราฟิกสามารถจัดตำแหน่ง จัดแนว เรียง ซ้อนหมุนภาพ กลับข้าง ทำซ้ำ ตัด ทำซ้ำหรือลบออกได้อย่างง่ายดาย นอกจากนี้ยังสนับสนุน ActiveX เทคโนโลยี สามารถนำ Standard ActiveX object มาใช้ในโปรแกรมงานได้ กราฟิกของโปรแกรมสนับสนุนทุกความละเอียดของจอภาพตามความสามารถของการ์ดจอและไดร์ฟเวอร์ของระบบปฏิบัติการวินโดว์ ไม่จำกัดจำนวนของ Animation Object ต่อ Windows (ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระบบ DCS สมัยก่อน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Animation Links เพื่อการทำภาพการเคลื่อนไหว ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของภาพกราฟิกให้เคลื่อนย้ายอย่างเป็นธรรมชาติ การเคลื่อนไหวในแนวตั้งและแนวนอนสำหรับภาพอุปกรณ์เช่น Analog Valve การแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของระดับของเหลว การ Rotate ภาพการหมุนของ Motor ได้เหมือนจริง การเปลี่ยนสีของตัวอักษร ภาพกราฟิกเพื่อให้เห็นสถานะของกระบวนการแบบเวลาจริงและอื่นๆ

- Wizards ระบบ Objects Wizard Library ที่มีเป็นจำนวนมาก สามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขได้อย่างอิสระจัดเก็บไว้ภายในกล่องอุปกรณ์ (Toolbox) เพื่อง่ายต่อการนำไปใช้พัฒนาบนงานประยุกต์ต่าง ๆ และมี Wizards Development kit ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถพัฒนา Configure Wizards ของตนเอง เช่น Faceplates, Timers, Meters, Gageและจัดเก็บไว้ใน Standard Wizards Library

- Scripting



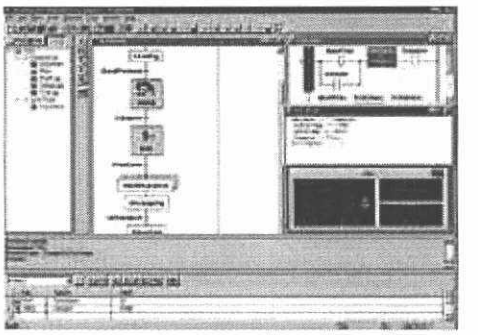
ภาพที่ 2.3 แสดงการเขียน Script

การโปรแกรมจะใช้ภาษา Scripting ในการพัฒนา ช่วยในการควบคุมการสั่งงานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีชี้แล้วคลิกโดยการกำหนดใช้ Script Function แล้วรวมเข้าไปในระบบเมนูด้วย Extensibility Toolkit.

2.1.2 InControl

Windows Based Real-Time Control InControl คือระบบ Real-time Open Architecture Control เพื่อช่วยในการออกแบบ, สร้าง, ทดสอบ และ Execute Application โปรแกรมสำหรับการควบคุมแต่ละโปรเซสซึ่งผู้ใช้งานสามารถสร้างการใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติของตนเองได้อย่างรวดเร็วและง่ายดายอย่างที่ไม่เคยมีมาก่อนด้วยระบบกราฟิกและ Text การควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดงหน้าโปรแกรม Incontrol

1. New Factory Objects

ทำให้การพัฒนางานง่ายขึ้นและมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น ด้วย PID Factory object ทำให้มีความสามารถด้าน PID รวมถึงสามารถ ทำ Loop simulation, Fuzzy Logic Factory Object ช่วยให้มีความถูกต้องและเสถียรภาพสูงในกระบวนการที่มีความซ้ำซ้อน

- Improved Watch Window

เพิ่มคุณสมบัติเพื่อให้ง่ายในการทำ Debug และแก้ปัญหาในงาน

- Enhanced Runtime Engine

เร็วกว่า ยืดหยุ่นกว่า ด้วย C, Visual Basic และ Java apps จาก Runtime engine

- Integrated Tag Brower

การกำหนด Tag สำหรับ FactorySuite เพียง 1 ครั้ง สามารถexport/import ได้

- Peer-to-Peer Connectivity

มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารในแบบ SuiteLink Client /Server

จากคุณสมบัติดังที่กล่าวมาแล้วจึงถือได้ว่า Wonderware program เป็นโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์มากในการสร้างแบบจำลองเพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการ

หมายเหตุ : ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของกระบวนการที่เกิดจากการใช้งานของโปรแกรม Wonderware Intouch (Demo Version) เท่านั้นซึ่งมีขอบเขตจำกัดการใช้งานอยู่พอสมควร ในส่วนของเนื้อหาอื่นๆ อาทิเช่น Incontrol ผู้จัดทำถือว่าเป็นส่วนเพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดโดยรวมของโปรแกรม Wonderware

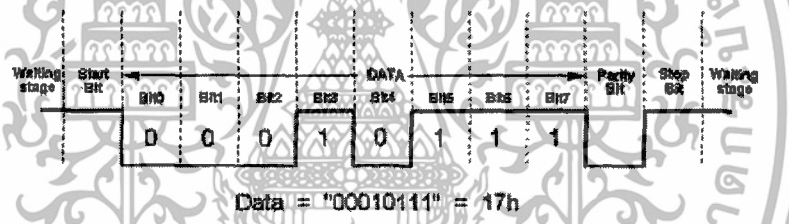
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสายสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยซึ่งแตกต่างกับการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสที่ต้องใช้สายสัญญาณนาฬิกาในการรับและส่งสัญญาณเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งเส้น สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้นจะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ทั้งภาครับและภาคส่งว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต(baudrate) ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (Bit Per Second : bps)

จากภาพที่ 2.5 เป็นรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งมีส่วนประกอบอยู่ด้วยกัน 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) จะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต



ภาพที่ 2.5 รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัส

ซึ่งหลักการทำงานของไดอะแกรมในรูปที่ 1 สามารถอธิบายได้คือขณะที่ไม่มีข้อมูลส่งมานั้นขา Data จะมีสถานะลอจิก “1” (High) ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting Stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา Data มีลอจิก “0” (Low) ด้วยช่วงขนาด 1 บิตเราเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (Start Bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มส่งจากบิต LSB ก่อนจนถึงบิต MSB จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี้ (Parity Bit) ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ Stop Bit ซึ่งจะให้ขา Data มีสถานะลอจิก “1” (High) อีกครั้งเพื่อทำให้ยืนยันสถานะหยุดรอ (Waiting Stage) ด้วยขนาด 1 บิต และเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 หน้าที่สำคัญของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asyncronous)

รับสัญญาณ

1. เปลี่ยนสัญญาณ Input ที่เข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
2. ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับ
3. ตัดสต็อปบิต (Stop Bit) และพาริตี้บิต (Parity Bit)
4. ให้ CPU รับรู้ว่าได้รับสัญญาณแล้ว

ส่งสัญญาณ

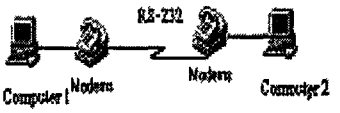
1. เปลี่ยนสัญญาณแบบขนาดจาก CPU ค่อย ๆ ทยอยส่งออกเป็นแบบอนุกรม
2. เพื่อสต็อปบิตและพาริตี้บิต
3. เพื่อสัญญาณควบคุมโมเด็มที่เชื่อมต่อ (ถ้ามี)

2.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

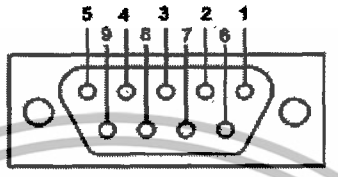
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง ในการนำเอามาตรฐาน RS-232 ไปประยุกต์ใช้งาน จะถูกใช้งานในการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อกับโมเด็มดังภาพที่ 2.6 มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

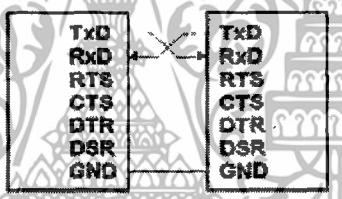
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 การส่งข้อมูลผ่านมาตรฐาน RS-232



ภาพที่ 2.7 คอนเน็กเตอร์ แบบ DB-9



ภาพที่ 2.8 การต่ออุปกรณ์ภายนอกแบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงการจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 แบบDB-9

คอนเน็กเตอร์ DB-9	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดสายสัญญาณ
1	Data Carrier Detect : DCD	Input
2	Received Data : RxD	Input
3	Transmitted Data : TxD	Output
4	Data Terminal Ready : DTR	Output
5	Signal Ground : GND	-
6	Data Set Ready : DSR	Input
7	Request To Send : RTS	Output
8	Clear To Send : CTS	Input
9	Ring Indicator : RI	Input

2.3.1 คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-9

Transmit Data (TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นเมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอกจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่า Stop Bit

Received Data (RD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น "1"

Request to Send (RTS) ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทาง TD สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS ที่อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมที่จะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมก็จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

Clear to Send (CTS) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะ OFF (Negative Valtage หรือลอจิก "1" หมายความว่าอุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมจะรับข้อมูลแล้ว

Data Set Ready (DSR) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ไนสภาวะ ON (ลอกจิก"0") จะเป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่าพร้อมที่จะส่งได้แล้ว

Signal Ground (SG) ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุก ๆ สายสัญญาณจะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสายสัญญาณอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Terminal Ready (DTR) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ ON (ลอจิก"0") เมื่อพร้อมที่จะติดต่อรับส่งข้อมูล

2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

2.4.1 ความหมายของ PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิทช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุตส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่นเครื่องอ่านบาร์โค๊ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

2.4.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 โครงสร้างของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูลและหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียวแต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ ได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

1. **RAM** (Random Access Memory)

หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมากจึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อย ๆ

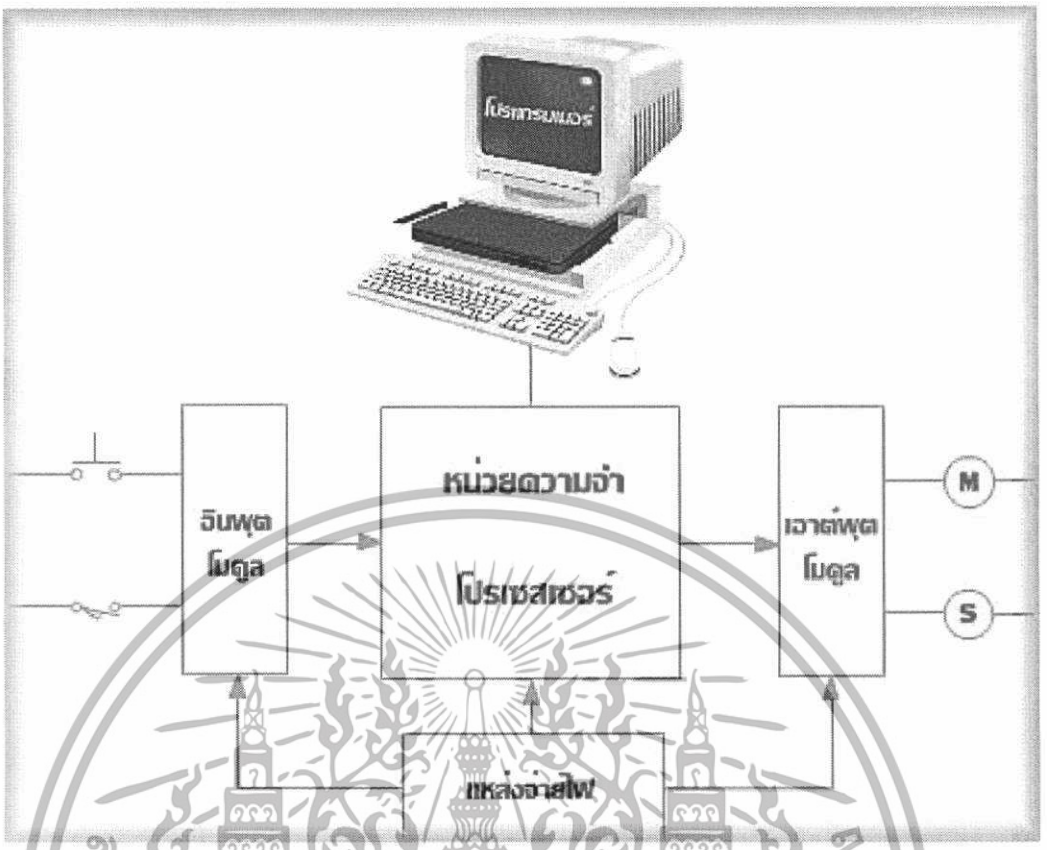
2. **EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความจำชนิดEPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือตากแดดร้อน ๆ นาน ๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม

3. **EEPROM** (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรมโดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของ PLC

2.4.4 ส่วนประกอบของ PLC

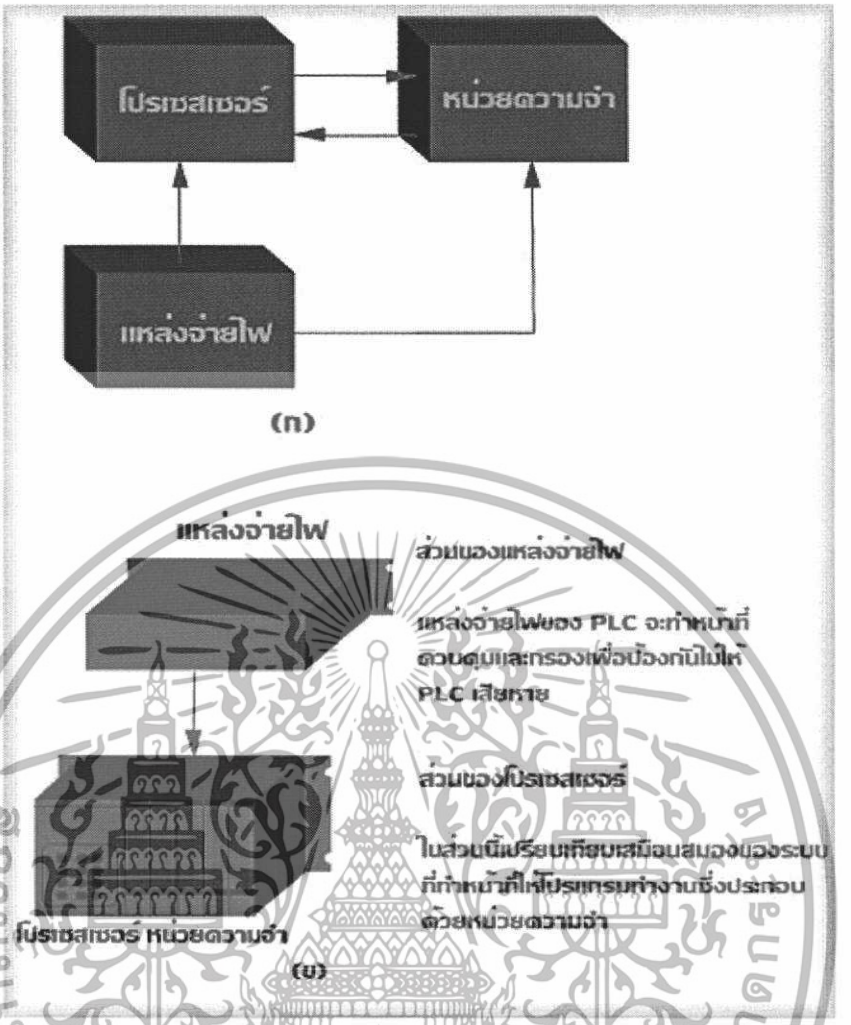
PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)
2. ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)
3. ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

1. CPU

CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบภายใน CPU จะประกอบไปด้วยวงจร Logic Gate ชนิดต่างๆ หลายชนิดและมี Microprocessor-based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีเควนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์แลดเดอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบของ CPU

CPU จะยอมรับ (Read) อินพุตเดต้า (Input Data) จากอุปกรณ์ให้สัญญาณ (Sensing Device) ต่าง ๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่เหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระแสไฟฟ้าตรง (DC Current) สำหรับใช้สร้างโวลต์ต่ำ (Low Level Voltage) ซึ่งใช้โดยโปรเซสเซอร์ (Processor) และไอโอโมดูล (I/O Modules) และแหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ CPU หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย

การประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุทและเอาท์พุท และส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปยังหน่วยเอาท์พุทเรียกว่าการสแกน (Scan) ซึ่งใช้เวลาจำนวนหนึ่ง เรียกว่า เวลาสแกน (Scan Time) เวลาในการสแกนแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 100 msec. (0.001-0.1วินาที) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความยาวของโปรแกรม หรือจำนวนอินพุท/เอาท์พุทหรือจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อจาก PLC เช่น เครื่องพิมพ์ จอภาพ เป็นต้น อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้จะทำให้เวลาในการสแกนยาวนานขึ้น การเริ่มต้นการสแกนเริ่มจากรับคำสั่งของสภาวะของอุปกรณ์จากหน่วยอินพุทมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) เสร็จแล้วจะทำการปฏิบัติการตามโปรแกรมที่เขียนไว้ทีละคำสั่งจากหน่วยความจำนั้นจนสิ้นสุดแล้วส่งไปที่หน่วยเอาท์พุทซึ่งการสแกนของ PLC ประกอบด้วย

1. I/O Scan คือ การบันทึกสภาวะข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นอินพุท และให้อุปกรณ์เอาท์พุททำงาน

2. Program Scan คือ การให้โปรแกรมทำงานตามลำดับก่อนหลัง

2. ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่าง ๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสภาวะแล้วส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผลเมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุตเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่าง ๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่อันเหมาะสมถูกต้องไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้นสัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1. ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC

2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร

3. หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุท ได้แก่ พรอกซิมิตี้สวิตช์(Proximity Switch) ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) ไทเมอร์(Timer) โฟโตอิเล็กตริกสวิตช์(Photoelectric Switch) เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เคาน์เตอร์(Counter) เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณเอาท์พุท ได้แก่ รีเลย์(Relay) มอเตอร์ไฟฟ้า(Electric Motor) โซลินอยด์(Solenoid) ขดลวดความร้อน(Heat Coil) หลอดไฟ(Lamp) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องป้อนโปรแกรม (Programming Device)

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) ทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของ PLC นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับ PLC เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของ PLC และผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นได้อีกด้วย

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) แต่ละยี่ห้อจะไม่เหมือนกันแต่มีจุดประสงค์ในการใช้งานที่เหมือนกัน

2.4.5 วงจรตรรก (Logic)

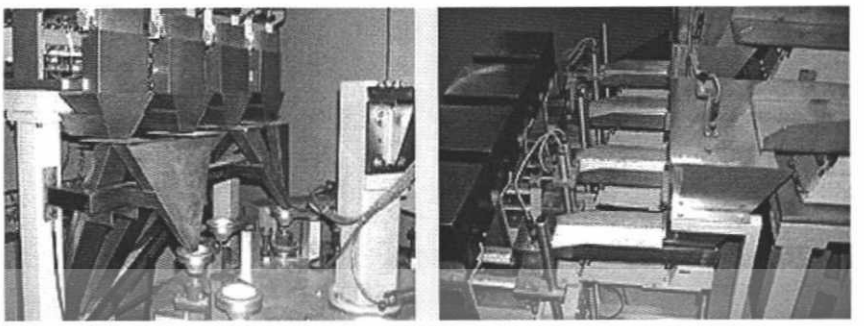
PLC ใช้วงจรตรรก เพื่อให้เกิดเอาท์พุทที่มีเงื่อนไข (สัญญาณอินพุท) ชนิดต่าง ๆ หลักการของวงจรตรรก มีดังต่อไปนี้

วงจรตรรก หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบรีเลย์ที่มีสัญญาณเพียง 2 ระดับ หรือ 2 สภาวะเท่านั้น PLC ใช้สัญญาณไฟฟ้า 2 ระดับ แทน 2 เหตุการณ์ที่ต่างกัน เช่น การปิดเปิดวาล์ว การปิดเปิดสวิตช์ เป็นต้น วงจรตรรกมี 2 ชนิด คือ แบบบวก (Positive Logic) ที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสภาวะลอจิก “1” และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสภาวะลอจิก “0” และอีกแบบคือ แบบลบ (Negative Logic) ที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสภาวะลอจิก และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสภาวะลอจิก “0”

สภาวะทางลอจิก คือ สภาวะ “1” หรือ “0” แทนการทำงานของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลง 2 สภาวะ ระบบควบคุมที่ใช้ระบบรีเลย์ และ PLC จะนำเอาสภาวะของอุปกรณ์เหล่านี้มาปฏิบัติลิจิกด้วยกัน เพื่อให้เข้ากันกับเงื่อนไขการควบคุม ปฏิบัติการลอจิกประกอบด้วย AND OR และ NOT เพื่อทำให้สภาวะอินพุทต่างๆ เช่น A, B ทำให้เกิดเอาท์พุท Y เป็นต้น

83178
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 ตัวอย่างการใช้ PLC ในอุตสาหกรรมต่างๆ

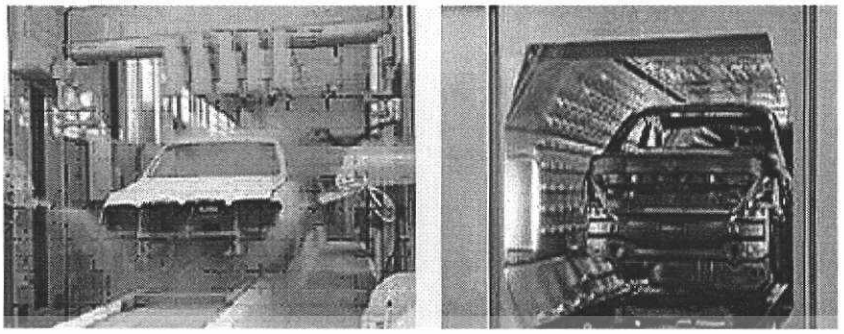


ภาพที่ 2.11 ภาพเครื่องผสมวัตถุดิบที่ใช้ PLC ในการควบคุม

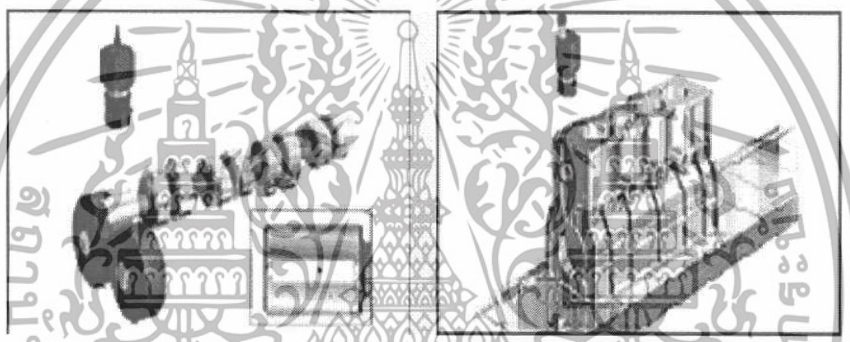
ภาพที่ 2.12 ภาพการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม

ภาพที่ 2.13 ภาพหุ่นยนต์ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 ภาพการพ่นสีรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม



ภาพที่ 2.15 ภาพการตรวจสอบคุณภาพที่ใช้ PLC ในการควบคุม

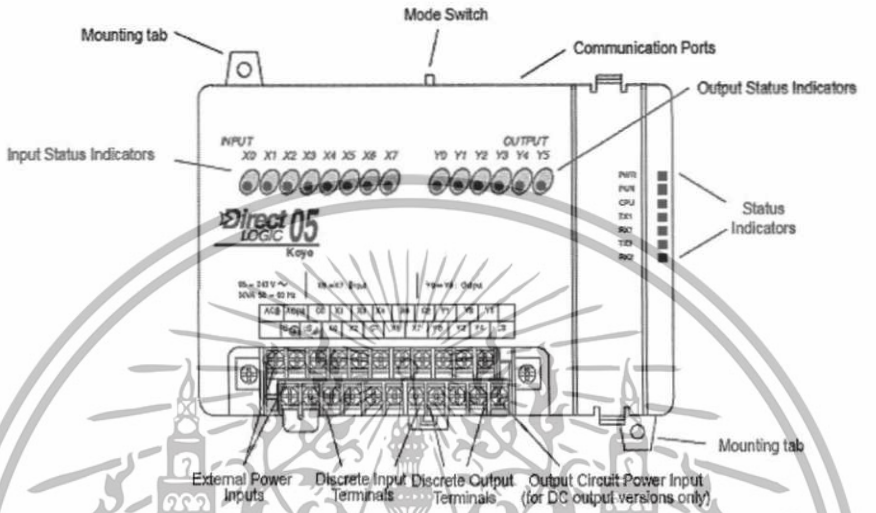
ในส่วนของโครงงานจะใช้ PLC ของ KOYO รุ่น DL 05

ภาพที่ 2.16 PLC ของ KOYO รุ่น DL 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 ส่วนประกอบของ PLC ของ KOYO รุ่น DL 05

ประกอบด้วย ส่วนขอการติดต่อ ส่วนแสดงผล ไฟแสดงสถานะและสัญลักษณ์คำอธิบาย แสดงอยู่บนด้านหน้าของ PLC ขนาดเล็กรุ่น DL 05 พอร์ตการติดต่อจะอยู่ด้านบนของ PLC ดังภาพข้างล่าง



ภาพที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของ PLC ของ KOYO รุ่น DL 05

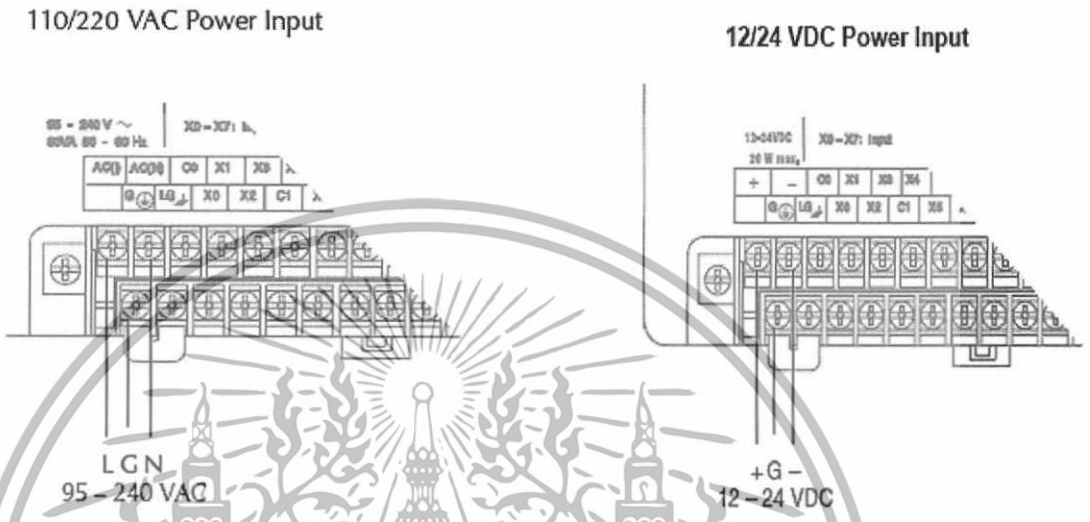
ส่วนของการติดต่อแถวบนด้านซ้ายสุดจะได้รับอินพุทจากแหล่งจ่ายภายนอก จากด้านซ้ายไปด้านขวาถัดไป 5 ช่อง ช่องแรกเป็นอินพุทคอมมอน (C0) ที่เหลืออีก 4 ช่องเป็นช่องอินพุท X1, X3, X4, X6 ที่เหลืออีก 4 ช่อง ด้านขวาสุดเป็นเอาท์พุทคอมมอน (C2) และ Y1, Y3, Y5

ส่วนการติดต่อแถวล่าง 2 ช่องซ้ายสุดเป็น กราวด์ภับลอจิกกราวด์ 2 ช่องถัดมาเป็น X0 และ X2 ถัดมาเป็นอินพุทคอมมอนที่ 2 คือ C3 DC เอาท์พุทด้านขวาสุดจะยอมรับแหล่งจ่ายจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8 การต่อ Power Input Wiring ให้กับ PLC

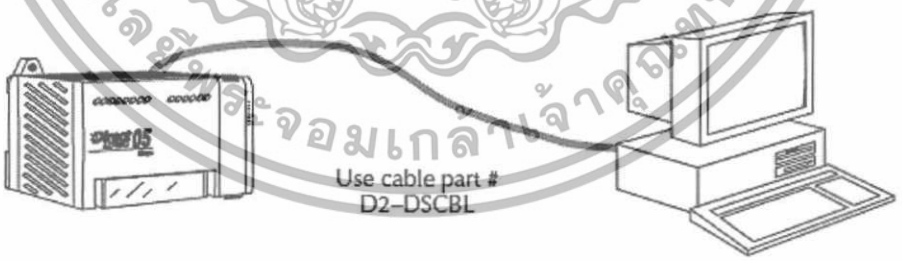
สำหรับ PLC รุ่น KOYO DL 05 มีการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าดังภาพ เมื่อเชื่อมสายเสร็จแล้วให้เอาฉนวนคลุมส่วนของการ ติดต่อ ห้ามเปิดเครื่องในการทำขั้นตอนนี้



ภาพที่ 2.18 แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟ

2.4.9 การเชื่อมต่อ PLC กับ Computer

PLC ขนาดเล็กรุ่น DL 05 สามารถโปรแกรมได้จาก Directsoft บนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้สายเคเบิลต่อดังภาพข้างล่าง



ภาพที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อ PLC กับ PC

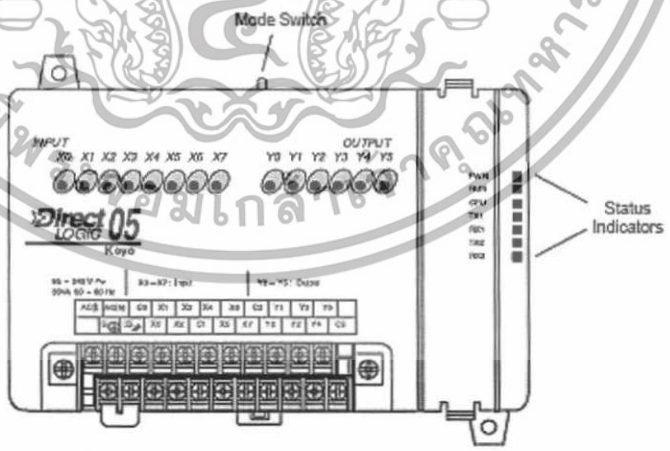
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 การแสดงผลของ PLC KOYO รุ่น DL 05

การแสดงผลของไฟแสดงผลของ PLC จะบอกให้ทราบถึงสถานการณ์ทำงานของ PLC ในขณะนั้น ซึ่งจะมีไฟแสดงสถานะดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงผลของไฟแสดงผลของ PLC

Indicator	Status	Meaning
PWR	ON	Power good
	OFF	Power failure
RUN	ON	CPU is in Run Mode
	OFF	CPU is in Stop or program Mode
CPU	ON	CPU self diagnostics error
	OFF	CPU self diagnostics good
TX1	ON	Data is being transmitted by the CPU - Port 1
	OFF	No data is being transmitted by the CPU - Port 1
RX1	ON	Data is being received by the CPU - Port 1
	OFF	No data is being received by the CPU - Port 1
TX2	ON	Data is being transmitted by the CPU - Port 2
	OFF	No data is being transmitted by the CPU - Port 2
RX2	ON	Data is being received by the CPU - Port 2
	OFF	No data is being received by the CPU - Port 2



ภาพที่ 2.20 แสดงผลไฟสถานะ CPU ของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

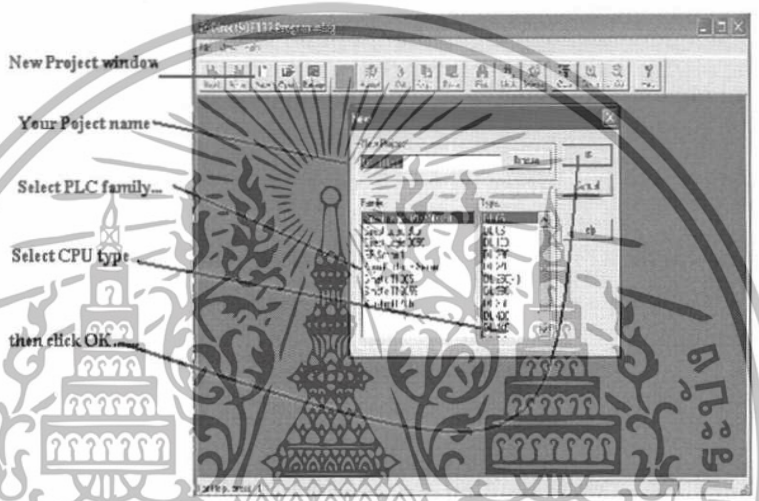
2.5 โปรแกรม DirectSOFT32

ในการเขียนโปรแกรมลงในPLCขนาดเล็กรุ่นDirectLogic05นั้นจะใช้โปรแกรมDirectSOFT32 ในการเขียนLadder ซึ่งเป็นโปรแกรมการทำงานของ PLC แล้วทำการ Memory ลงไปใน CPU ของ PLC

การใช้งานโปรแกรม DirectSOFT32

ขั้นตอนแรก

เมื่อทำการเปิดโปรแกรม DirectSOFT32 ขึ้นมาก็จะปรากฏหน้าต่างดังภาพ



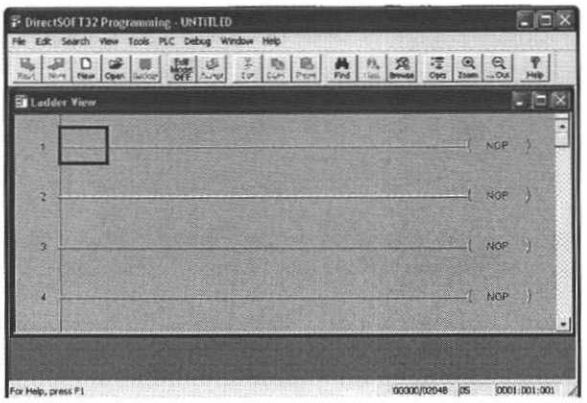
ภาพที่ 2.21 แสดงการเปิด New Project เพื่อทำการเขียน Ladder Program

ซึ่งหน้าต่างนี้จะเป็นการสร้าง New Project ขึ้นมาเพื่อทำการเขียนโปรแกรม โดยการคลิกที่ช่อง Name เพื่อตั้งชื่อ New Project หลังจากนั้น เลือกชนิดและรุ่นของ PLC รวมไปถึงชนิดของ CPU แล้วคลิก OK ก็จะปรากฏหน้าต่างตามภาพที่ 2.21

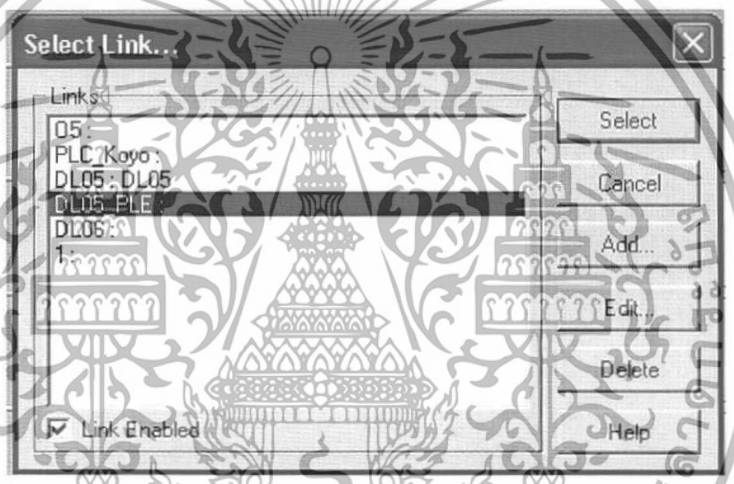
ขั้นตอนที่สอง

ทำการต่อ PLC เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วทำการเชื่อมต่อเข้าหากัน โดยใช้โปรแกรม DirectSOFT32 โดยหลังจาก RUN โปรแกรม DirectSOFT32 ขึ้นมาก็ไปเลือกที่แถบเมนูด้านบน เลือกที่ PLC→Connect จะได้ผลตามภาพ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

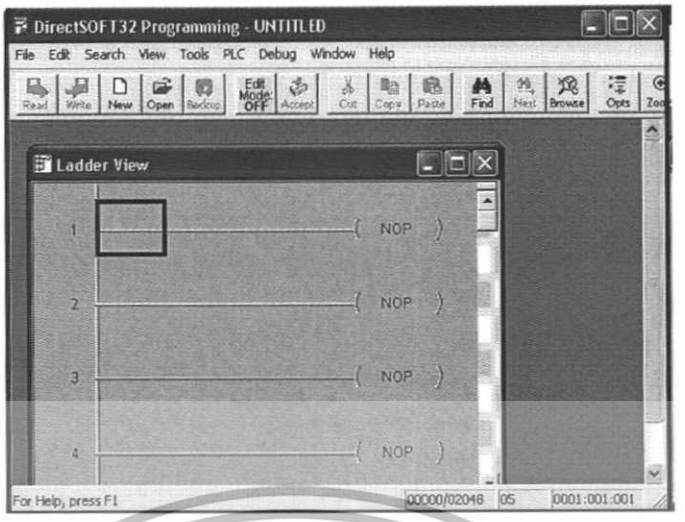


ภาพที่ 2.22 แสดงการเลือกชนิด PLC และรุ่นของPLC หรือชนิดของ CPU แล้วคลิก OK



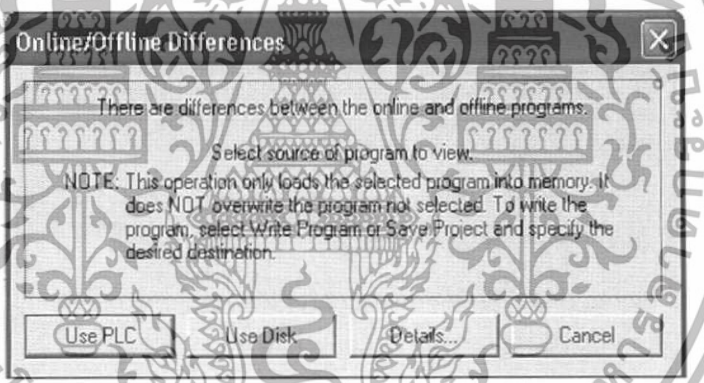
ภาพที่ 2.23 แสดงการเชื่อมต่อ PLC กับคอมพิวเตอร์ และทำการ Link กับโปรแกรมDirectSOFT32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.24 แสดงหน้าจอการรอเขียนโปรแกรมให้กับ PLC

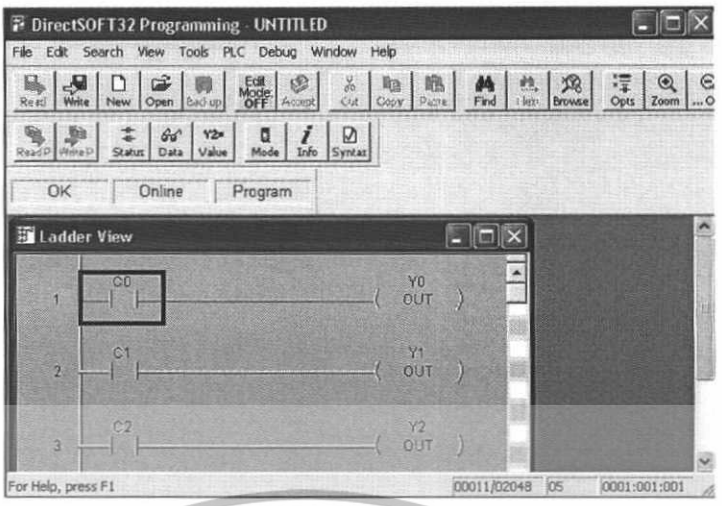
หลังจากนั้นคลิกเลือกที่ Name ในช่อง Link แล้วคลิก Select จะได้ผลตามภาพที่ 2.25



ภาพที่ 2.25 การเลือกใช้ข้อมูลบน PLC แบบใด

แล้วคลิกเลือก Use PLC โปรแกรมก็จะทำการอ่านโปรแกรมที่อยู่ใน CPU ของ PLC เพื่อที่จะทำการ RUN โปรแกรมที่ค้างอยู่ใน PLC ล่าสุด แต่ถ้าเลือก Use Disk โปรแกรมก็จะทำการเตรียมพร้อมที่จะบันทึกโปรแกรมใหม่ลงใน CPU ของ PLC ดังแสดงในภาพที่ 2.26

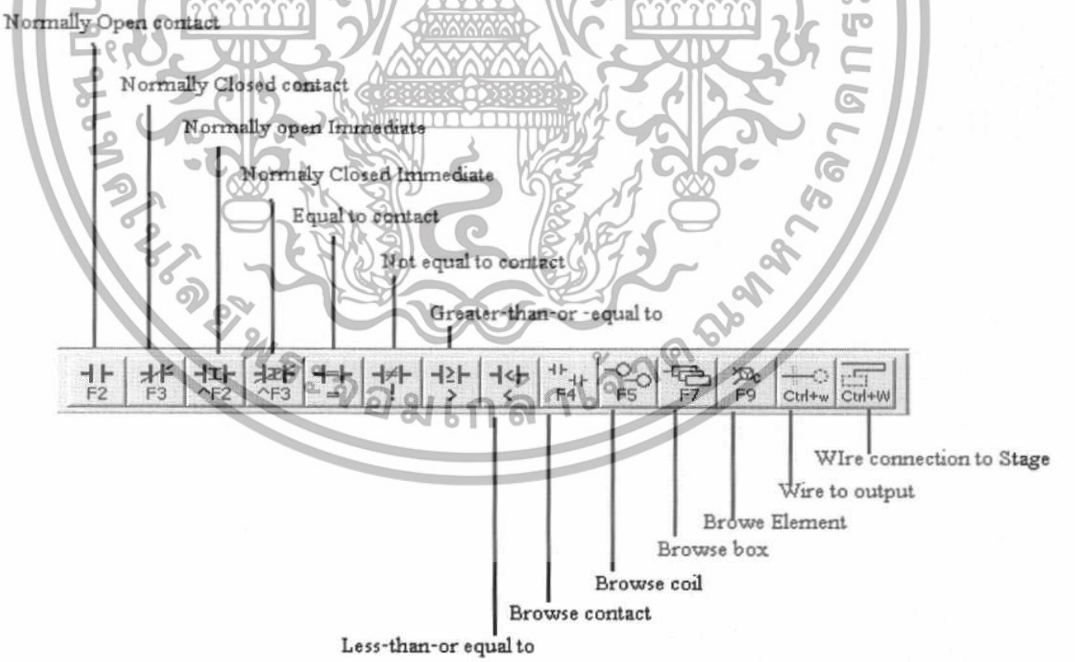
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.26 เลือก Use Disk เพื่อทำการเขียนโปรแกรม PLC ใหม่

ขั้นตอนที่สาม

การเขียนโปรแกรมทำได้โดยการคลิกที่ Edit Mode Off หนึ่งครั้งแล้วตัวหนังสือจะเปลี่ยนเป็น Edit Mode On นั่นแสดงว่าพร้อมที่จะทำการเขียนแล้วแล้วจะปรากฏสัญลักษณ์การเขียน Ladder ดังภาพที่ 2.27

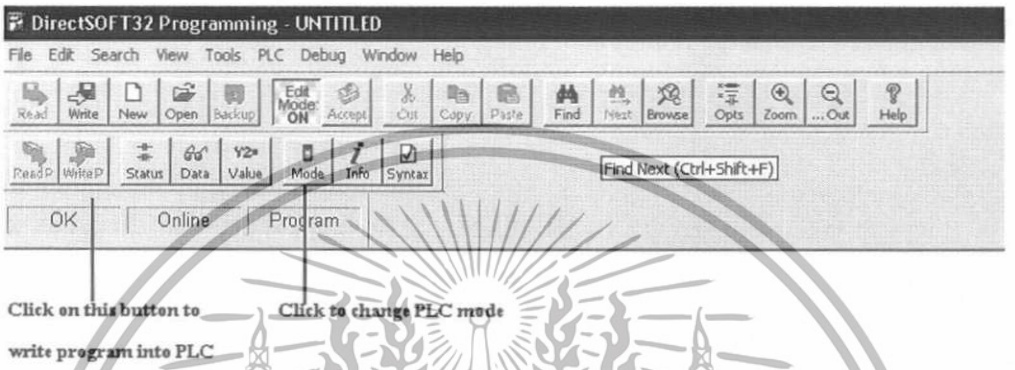


ภาพที่ 2.27 แสดงบล็อกสัญลักษณ์การเขียน Ladder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

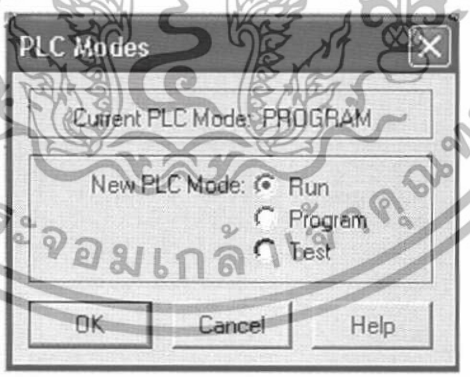
ขั้นตอนที่สี่

การเขียนโปรแกรมลงใน PLC เมื่อเครื่อง PLC และคอมพิวเตอร์ได้เชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้วก็สามารถที่จะเขียนโปรแกรมลงใน PLC ได้โดยผ่านโปรแกรม DirectSOFT32 ซึ่งทำได้โดยการคลิกที่ไอคอนที่สองในแถวที่สองทางซ้ายมือของแถบเมนูด้านบนซึ่งเป็นการ Write โปรแกรมลงใน PLC ดังภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 แสดงการใช้งาน Mode ใน PLC

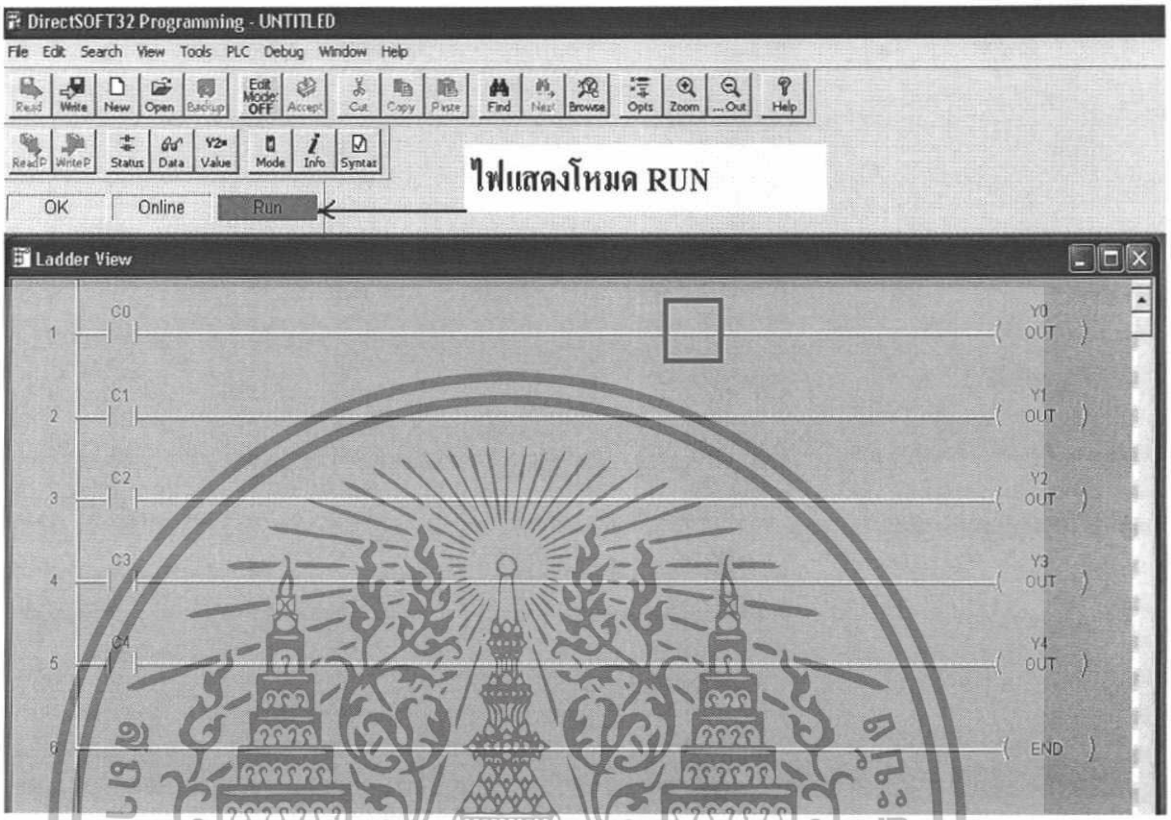
และหลังจากนั้นทำการ RUN โปรแกรมโดยคลิกที่ไอคอน Mode ดังแสดงในภาพที่ 2.29 แล้วคลิก RUN PLC ก็จะเข้าสู่โหมด RUN



ภาพที่ 2.29 แสดงการเลือกโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโปรแกรมอยู่ใน RUN Mode โปรแกรมก็จะแสดงผลดังภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.30 แสดงการทำงานโปรแกรมในโหมด RUN

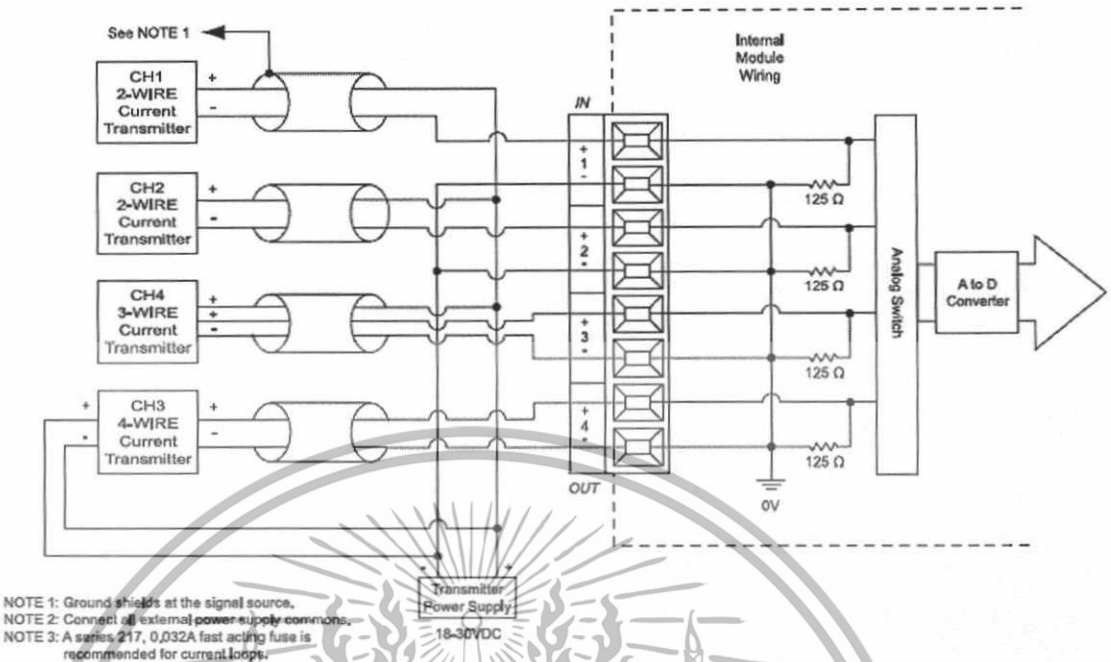
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Analog Input Module

Analog Input Module เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณอนาล็อกจากภายนอกแล้วทำการแปลงมาเป็นสัญญาณ ดิจิตอล เพื่อทำให้ CPU ของเครื่อง PLC สามารถทำการประมวลผลได้ ดังนั้น Analog Input Module จึงมีความจำเป็นเมื่อต้องการที่จะทำการควบคุมขบวนการที่มีการส่งสัญญาณควบคุมออกมาเป็นสัญญาณอนาล็อก เราสามารถเลือกใช้ Analog Input Module ได้ตามความเหมาะสมกับความต้องการได้ เนื่องจากในท้องตลาดจะมีให้เลือกจำนวน Channel ได้ เช่น 2 Channel , 4Channel หรือจะมีทั้ง Input และ Output ใน Module ตัวเดียวกันได้ ซึ่งในโครงงานนี้ จะทำการเลือกใช้ Analog Input Module 4 Channel ตามภาพที่ 2.31

ภาพที่ 2.31 แสดง Analog Input Module 4 Channel

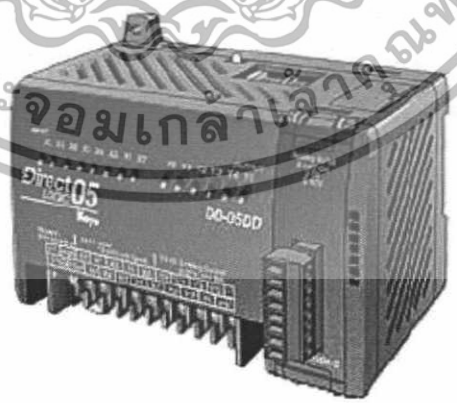
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.32 แสดงโครงสร้างภายในของ Analog Input Module 4 channel

2.6.1 การติดตั้งกับเครื่อง PLC DL-05 ของ KOYO

ในตัวเครื่อง PLC DL-05 ของ KOYO จะมีช่องสำหรับที่จะใช้ต่อกับ Module พิเศษอยู่แล้ว 1 ช่อง การที่จะติดตั้งจึงสามารถที่จะทำได้ง่ายมากเพียงแค่ทำการเสียบลงในช่อง Module บนตัว PLC ก็จะสามารถใช้งานได้ทันที



ภาพที่ 2.33 แสดงตัวเครื่อง PLC ยี่ห้อ KOYO รุ่น DL-05

V-Memory ที่เกี่ยวข้องกับ Analog Input Module ก็จะมี Data type เลขของ Channel อยู่ที่ V7700 และที่ Storage Pointer อยู่ที่ V7701

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Input Module DL05 Special V-memory Locations	
Data Type and Number of Channels	V7700
Storage Pointer	V7701

ภาพที่ 2.34 แสดง V-Memory ของ Analog Input Module DL-05

Data Type / Number of Channel (V7700) มีไว้สำหรับการเลือกชนิดของข้อมูลที่เป็นค่ามาจากภายนอก เลือกค่าว่าจะใช้ Channel ไหน เช่น

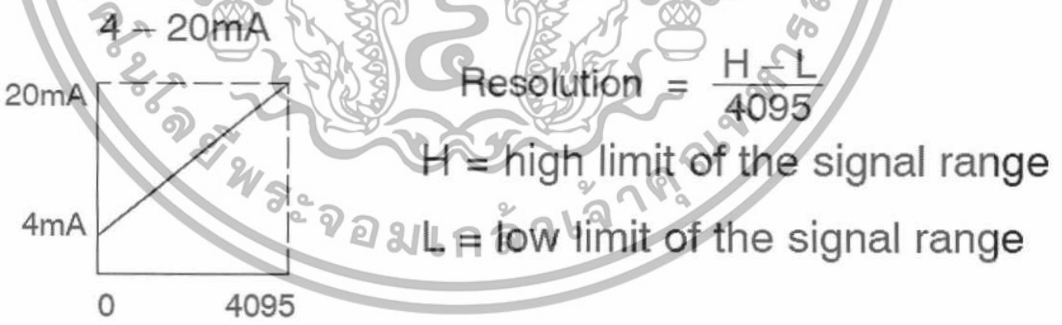
V7700 = 0400(BCD) จะเป็น Analog Channel ที่ 4 และข้อมูลเป็นแบบ BCD

V7700 = 8400(BCD) จะเป็น Analog Channel ที่ 4 และข้อมูลเป็นแบบ Binary

Storage Point (V7701) ใช้สำหรับ SET ให้นำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ V-Memory ตำแหน่งต่างๆ

2.6.2 การสร้าง Scale ใช้งาน

ความไวของการ Scale ค่าจะมีสูตรการคำนวณหาดังภาพ โดยค่าความไวจะมีผลต่อค่าประสิทธิภาพในการนำกลับมาแสดงผลถ้ามีค่าความละเอียดต่อหน่วยมากก็จะทำให้กราฟิกที่จะแสดงผลมีความละเอียดมากขึ้นด้วย



ภาพที่ 2.35 แสดงสูตรที่ใช้ในการทำ Scale ของ Analog Input Module รุ่น F0-04AD-1

การคำนวณหาค่าเมื่อเราทำการแปลงค่าสัญญาณอนาล็อก ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล และการคำนวณหาค่า เมื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อกก็จะมีการคำนวณดังภาพข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก และแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล

Range	If you know the digital value	If you know the analog signal level
4 to 20mA	$A = \frac{16D}{4095} + 4$	$D = \frac{4095}{16}(A - 4)$
0 to 20mA	$A = \frac{20D}{4095}$	$D = \frac{4095}{16}$

For example, if you have measured the signal as 10mA, you can use the formula to determine the digital value that will be stored in the V-memory location that contains the data.

$$D = \frac{65535}{20} \cdot A$$

$$D = \frac{65535}{20} \cdot 10mA$$

$$D = 32767$$

ตารางที่ 2.4 แสดงรีเลย์พิเศษที่ใช้ใน Analog Input Module

DL05 Special Relays

DL05 Special Relays			
SP600	Chan 1 input type	0 = 0 - 20mA	1 = 4 - 20mA
SP601	Chan 2 input type	0 = 0 - 20mA	1 = 4 - 20mA
SP602	Chan 3 input type	0 = 0 - 20mA	1 = 4 - 20mA
SP603	Chan 4 input type	0 = 0 - 20mA	1 = 4 - 20mA
SP610	Chan 1 input open	1 = xmitter signal open	0 = xmitter signal good
SP611	Chan 2 input open	1 = xmitter signal open	0 = xmitter signal good
SP612	Chan 3 input open	1 = xmitter signal open	0 = xmitter signal good
SP613	Chan 4 input open	1 = xmitter signal open	0 = xmitter signal good

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โปรแกรม DS Data Server

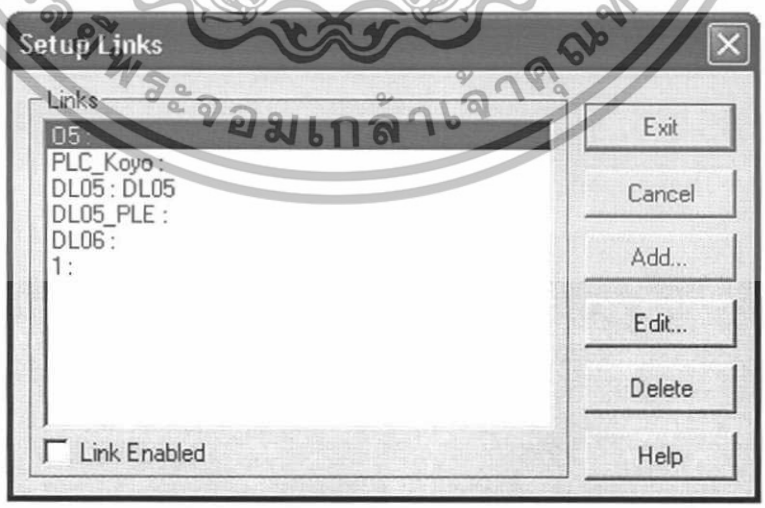
โปรแกรม DSData Server เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการที่จะให้ Software window แลกเปลี่ยนข้อมูลกับเครื่อง PLC ซึ่งเปรียบเสมือนว่าโปรแกรม DSData Server จะเป็นล่ามที่ช่วยในการแปลข้อมูล จาก Software Window เพื่อที่จะให้เครื่อง PLC เข้าใจซึ่งเรียกว่า โปรโตคอล นั่นเอง เพื่อที่จะทำการแปลข้อมูลจากเครื่อง PLC เพื่อให้ Software Window เข้าใจ และสามารถนำไปแสดงผล การใช้โปรแกรม DSData Server จะใช้ได้เฉพาะกับ PLC ยี่ห้อ KOYO เท่านั้น

ภาพที่ 2.36 แสดงการเชื่อมโยงข้อมูลโดยการใช้โปรแกรม DSData Server

การติดต่อสื่อสารกันระหว่างโปรแกรม จะใช้การติดต่อได้ 2 แบบ คือ DDE หรือ OPC ของแต่ละโปรแกรม ซึ่ง DDE และ OPC จะเป็นโปรโตคอล ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

2.7.1 การตั้งค่าเชื่อมต่อกับ PLC

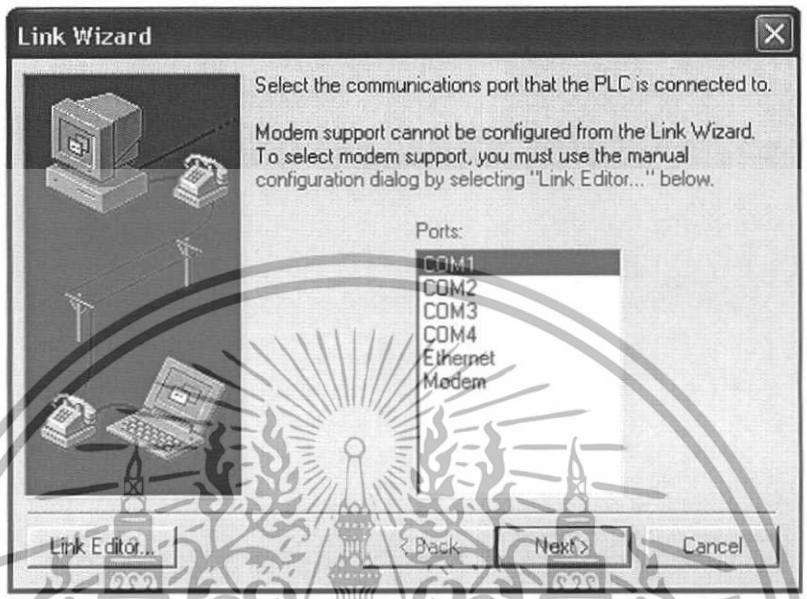
การที่เราจะทำการใช้ DSData Server ทำงานได้ต้องทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อเสียก่อน โดยการคลิก จะปรากฏหน้าจอดังภาพ ถ้าไม่มีการติดต่อสื่อสารมาก่อนจะปรากฏ เพียงแค่หน้าจอว่าง ถ้ามีการตั้งค่าไว้แล้วให้ทำการกด Select ได้ทันที



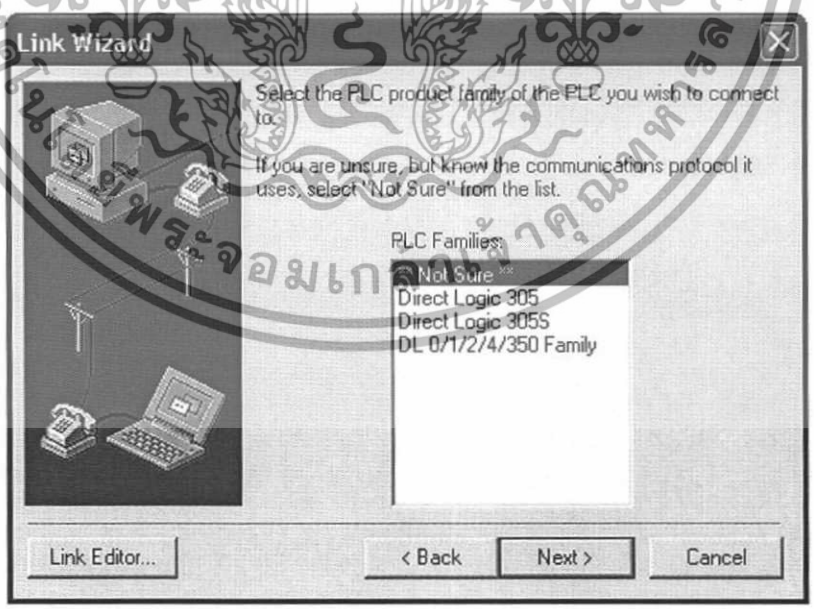
ภาพที่ 2.37 แสดงการเลือกเชื่อมต่อของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้ายังไม่ได้มีการตั้งค่าเอาไว้ จะต้องสร้างการเชื่อมต่อใหม่ โดยการคลิก Add เพื่อสร้างการเชื่อมต่อใหม่ จะปรากฏหน้าจอดังภาพ ก็ให้ทำตามขั้นตอนไปเรื่อย ๆ โดยสามารถที่จะเรียกว่าจะติดต่อกับเครื่อง PLC รุ่นไหน และทำการเลือก Protocol ว่าจะใช้ Protocol อะไรในการเชื่อมต่อ

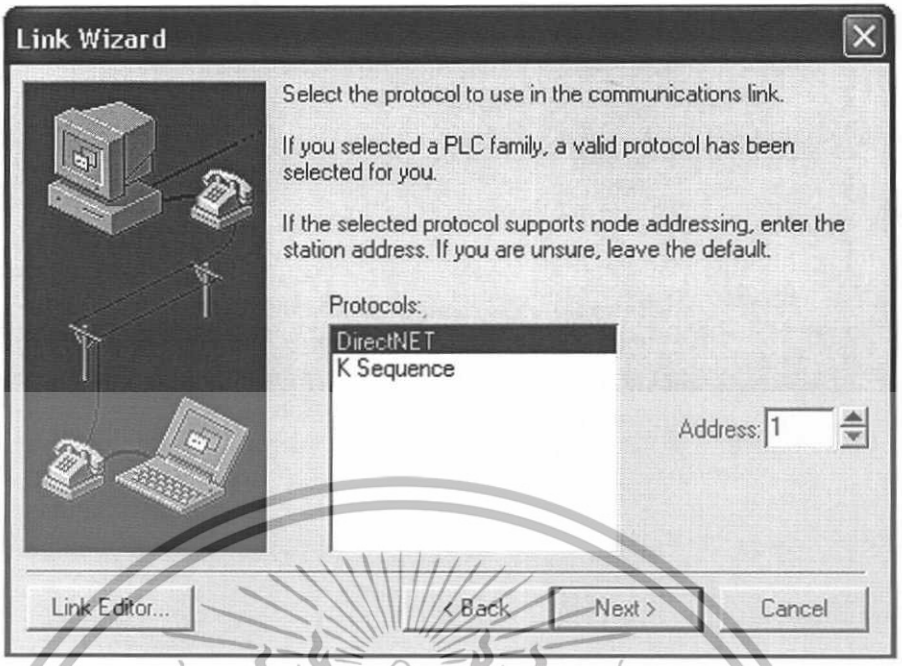


ภาพที่ 2.38 แสดงการเลือกพอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์

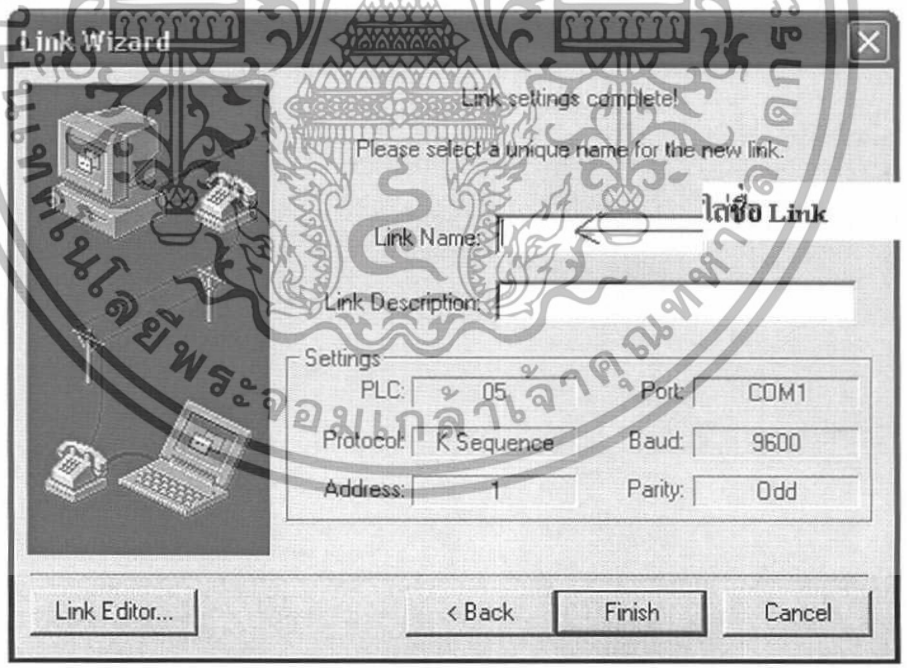


ภาพที่ 2.39 แสดงการเลือกรุ่นต่างๆของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.40 แสดงการเลือกชนิดของ Protocol

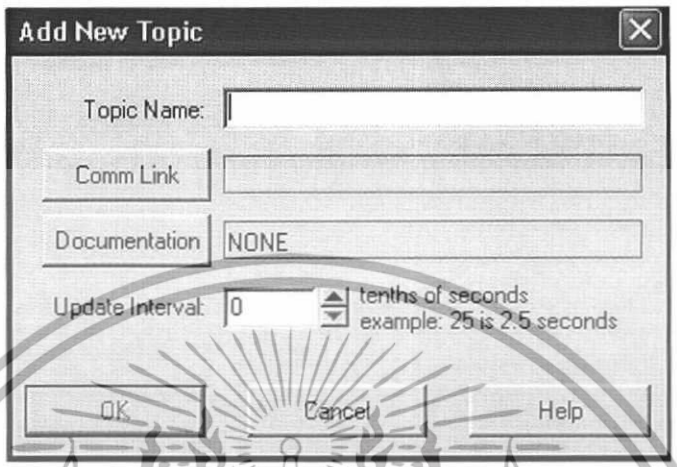


ภาพที่ 2.41 แสดงการอ่านข้อมูลของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การสร้างหัวข้อในการติดต่อกับเครื่อง PLC

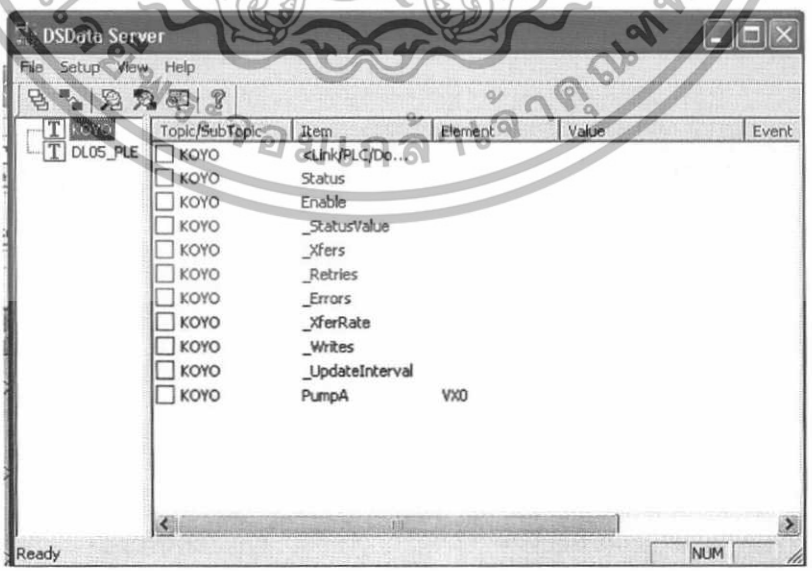
หัวข้อ หรือ Topic ที่เราทำการสร้างไว้จะถูกนำไปในโปรแกรม Wonderware ต่อไปซึ่งการสร้าง Topic จะทำได้โดยการคลิกที่ ADD ก็จะขึ้นหน้าดังภาพที่ 2.42



ภาพที่ 2.42 แสดงการตั้งชื่อหัวข้อของโปรแกรมของเครื่อง PLC

ให้เราใส่ชื่อของ Topic นั้น ๆ เช่น Demo Topic เป็นชื่อของ Topic ถ้าเราได้สร้างการเชื่อมต่อไว้แล้วก็สามารถเลือกได้ทันทีว่าจะใช้การติดต่อแบบไหนเมื่อเราทำการสร้าง Topic เสร็จแล้ว ให้เราทำการคลิกขวา ที่ Topic นั้นแล้วเลือก Edit Item จะขึ้นมาให้เราเขียนชื่อ Item และทำการเลือกว่าจะให้แทนส่วนใดของเครื่อง PLC เช่น C, T, V เป็นต้น

ตัวอย่างเช่น



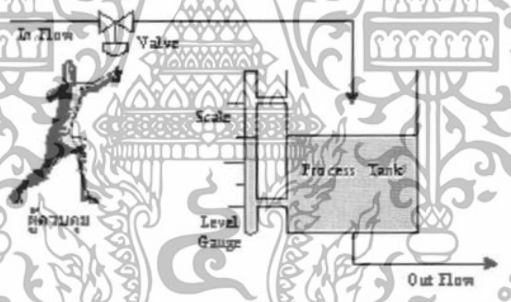
ภาพที่ 2.43 แสดงโปรแกรม DSData Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

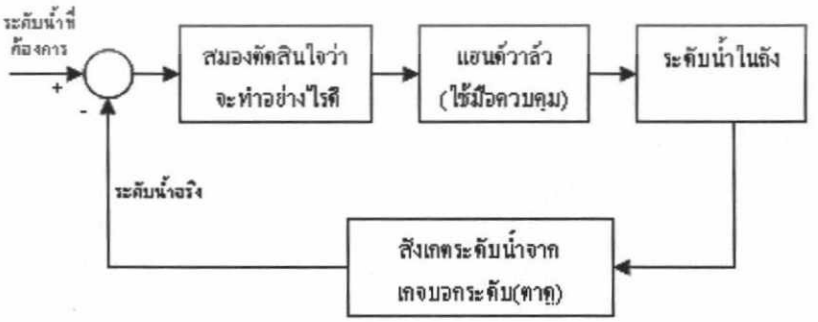
บทที่ 3
หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

3.1 บทนำ

โดยทั่วไปเป้าหมายของระบบควบคุมกระบวนการต่างๆในอุตสาหกรรมนั้น คือการรักษาปริมาณทางฟิสิกส์อันได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความดัน (Pressure) ระดับ (Level) อัตราการไหล (Flow Rate) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และอื่นๆให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย (Set point) หรือค่าที่ต้องการมากที่สุด แม้ว่าสภาวะการทำงานและสภาพแวดล้อมอาจเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาก็ตาม ซึ่งการควบคุมที่ดีย่อมเริ่มจากการเลือกแบบการควบคุมที่เหมาะสม ในอดีตการควบคุมกระบวนการต่างๆ จะเลือกใช้การควบคุมแบบง่าย ๆ ด้วยมือ (Manual Control) ซึ่งอาศัยพนักงานหรือผู้ควบคุม (Operator) คอยทำหน้าที่เกี่ยวกับการตรวจวัดและเปลี่ยนแปลงการควบคุม ให้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมระดับน้ำในถังดังภาพที่ 3.1



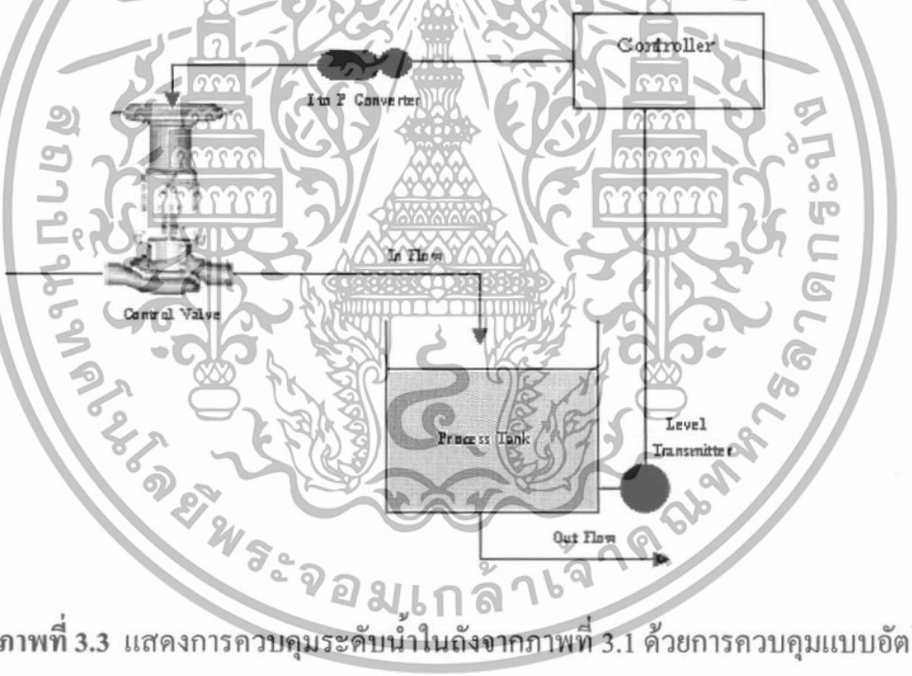
ภาพที่ 3.1 แสดงการควบคุมระดับน้ำในถังแบบ Manual Control



ภาพที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมระดับน้ำในถังแบบ Manual Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.1 การควบคุมระดับน้ำในถังจะอาศัยพนักงานคอยทำหน้าที่ในการตรวจวัดระดับน้ำในถังว่าได้ระดับที่ต้องการหรือไม่ โดยใช้สายตาดูจากเกจวัดระดับ (Level Gauge) จากนั้นสมองจะตัดสินใจสั่งการให้มือทำหน้าที่เปิด-ปิดวาล์ว เพื่อให้ระดับน้ำเป็นไปตามต้องการ ซึ่งขั้นตอนของการควบคุมสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังภาพที่ 3.2 จะเห็นว่าการควบคุมแบบง่าย ๆ ด้วยมือวิธีนี้ จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของพนักงาน ดังนั้น การควบคุมจะดีหรือไม่อย่างไรจะขึ้นอยู่กับพนักงานผู้ควบคุมเป็นหลัก ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงแล้วพนักงานควบคุมไม่สามารถทำงานได้ดีเท่ากันตลอดเวลาจึงทำให้ประสิทธิภาพของการควบคุมลดลง ดังนั้นปัจจุบันโรงงานที่ต้องการควบคุมที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงจำเป็นต้องนำการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control) มาใช้งาน ซึ่งจากกระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบ Manual Control ตามภาพที่ 3.1 ถ้านำมาทำการควบคุมแบบอัตโนมัติ สามารถแสดงการควบคุมได้ดังภาพที่ 3.3

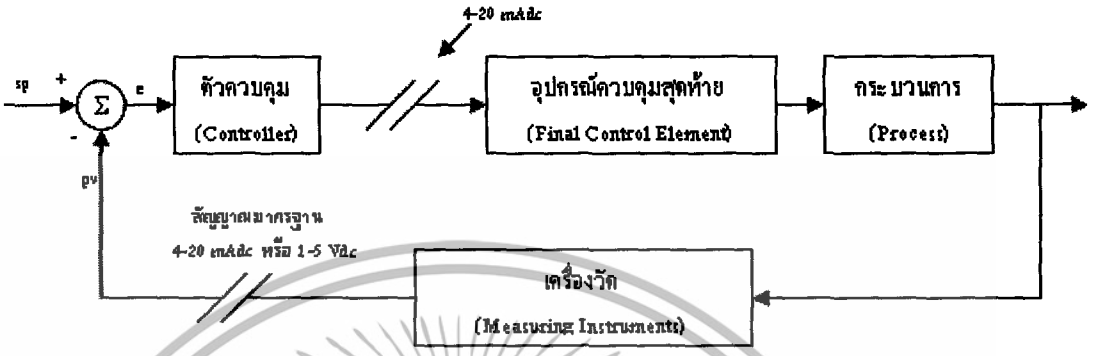


ภาพที่ 3.3 แสดงการควบคุมระดับน้ำในถังจากภาพที่ 3.1 ด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 3.3 ระดับน้ำในถังกระบวนการจะถูกวัดโดยเครื่องวัดระดับ (Level Transmitter) และส่งสัญญาณในการวัดให้กับเครื่องควบคุม (Controller) ซึ่งเครื่องควบคุมจะนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจสั่งให้วาล์วควบคุมเปิด-ปิด เพื่อให้ระดับน้ำเป็นไปตามต้องการ โดยเครื่องควบคุมจะทำหน้าที่ หลักในการคำนวณหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมตามกฎเกณฑ์การควบคุม (Control Law) ที่พนักงานได้กำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับระบบควบคุมแบบอัตโนมัติที่เราพบเห็นกันอยู่บ่อย ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมคือ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ที่มีตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแบบ PID (PID Controller) เป็นเครื่องควบคุม โดยรูปแบบการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบป้อนกลับโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยทั่วไป

จากบล็อคไดอะแกรมดังภาพที่ 3.4 จะสังเกตเห็นว่ามีลักษณะคล้ายกับบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 3.2 ซึ่งถ้าจะกล่าวไปแล้วแนวความคิดของการควบคุมแบบอัตโนมัตินั้นก็มาจากรูปแบบการควบคุมในลักษณะตามภาพที่ 3.2 นั่นเองโดยระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมแบบป้อนกลับทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์ 4 ส่วน คือ

1. **ตัวควบคุม (Controller)** เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุมเพื่อทำหน้าที่ ควบคุมให้ระบบที่ต้องการควบคุมมีเอาท์พุตหรือผลตอบสนองเป็นไปตามต้องการ โดยเครื่องควบคุมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ตัวควบคุมแบบ PID

2. **อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)** คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระบวนการด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับกระบวนการ ตามคำสั่งหรือสัญญาณควบคุมที่ได้รับจากตัวควบคุม อุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายนั้นมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น วาล์วควบคุม (Control Valve) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) และตัวกระทำ (Actuator) เป็นต้น แต่ที่พบเห็นกันมากในกระบวนการอุตสาหกรรม ได้แก่ วาล์วควบคุม

3. **กระบวนการ (Plant or Process)** หมายถึง ระบบหรือกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ต้องการควบคุมให้มีสถานะเป็นไปตามที่ต้องการ เช่น กระบวนการเกี่ยวกับการควบคุมระดับของของเหลว กระบวนการเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งสถานะของกระบวนการแสดงด้วยตัวแปรกระบวนการ (Process Variable: pv)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์วัด (Measuring Instrument) หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งอาจจะได้แก่ เซนเซอร์ (Sensor) ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรืออุปกรณ์แปลง (Transmitter) หรือเครื่องวัดสัญญาณอื่นๆในกระบวนการ เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปใช้ในตัวแปรในการควบคุม โดยสัญญาณขาออกของอุปกรณ์วัดทั่วไปจะเป็นสัญญาณมาตรฐานทางอุตสาหกรรม เช่น สัญญาณกระแสไฟฟ้า 4-20 mAdc สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1-5 Vdc หรือสัญญาณลมขนาด 3-15 psi เป็นต้น

การควบคุมแบบอัตโนมัติจากภาพที่ 3.4 มีขั้นตอนการทำงานคือ อุปกรณ์วัดค่าตัวแปรกระบวนการ (pv) เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล และระดับของของเหลว เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบค่าอ้างอิงหรือค่าเป้าหมาย (Setpoint : sp) จากนั้นตัวควบคุมจะนำค่าความคลาดเคลื่อน (Error : e) ในการควบคุมมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมที่จะไปควบคุมกระบวนการให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งจะเห็นว่าก่อนที่จะทำการควบคุมกระบวนการใด ๆ นั้น จะต้องศึกษาถึงการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบควบคุมและลักษณะกระบวนการก่อนนั่นก็คือจะต้องศึกษาถึงชนิดและการทำงานของอุปกรณ์วัด ตัวควบคุม และอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย รวมถึงวิธีควบคุมและวิธีการปรับแต่งต่าง ๆ เสียก่อน เพื่อที่จะได้เลือกใช้อุปกรณ์และรูปแบบของการควบคุมได้อย่างถูกต้องในอันที่จะทำให้การควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุด

3.2 การวัดระดับ (Level Measurement)

การวัดระดับเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท เนื่องจากค่าของระดับจะส่งผลกระทบต่อพารามิเตอร์อื่น ได้แก่ ความดันและอัตราการไหล เป็นต้น

สำหรับวิธีการวัดระดับมี 2 ลักษณะ คือ

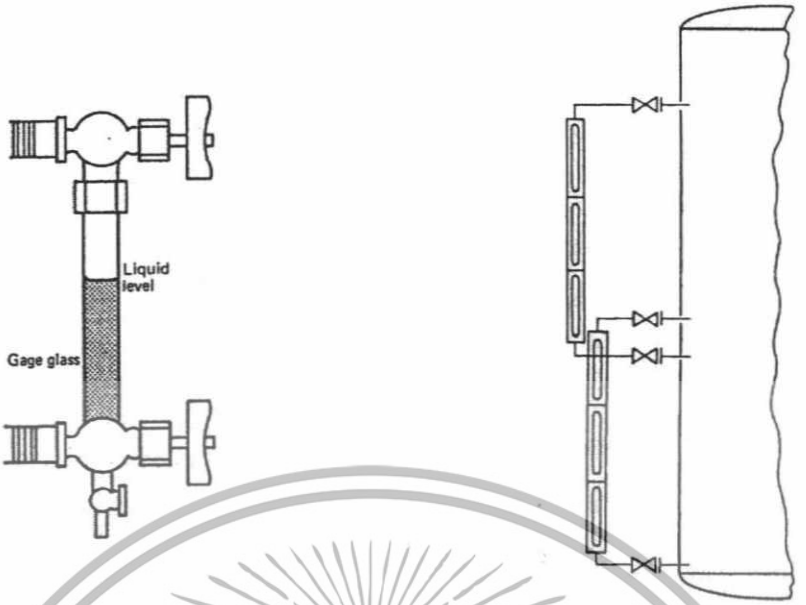
3.2.1 การวัดระดับโดยตรง (Direct Level Measurement) สามารถวัดได้ด้วยวิธีการหลายรูปแบบ ดังนี้

1. Sight Glass (แบบใช้กระจกมองระดับ)
2. Float Type (แบบลูกลอย)
3. Dip Stick (แบบจุ่ม)
4. Hook Type

1. Sight Glass

ลักษณะที่สำคัญย่านการวัดมาตรฐานทั่วไปจะใช้วัดระดับไม่เกิน 900 mm หากเกินกว่านี้จะต้องใช้ Sight Glass มากกว่า 2 อัน มาต่อเรียงกันในลักษณะ Overlapping กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



sight glass sight glass 2 อันติดต่อกัน

ภาพที่ 3.5 แสดง Sight Glass แบบต่างๆ

ภาพที่ 3.6 แสดงการติดตั้งใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ Sight Glass

1. อ่านค่าได้โดยตรง

2. สามารถออกแบบพิเศษให้สามารถทนความดันได้ถึง 10,000 psi และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 750°F

3. วัสดุที่ใช้ทำ Sight Glass สามารถออกแบบให้ทนต่อสภาพการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดีเช่นใช้พลาสติก หรือแก้ว เป็นต้น

ข้อจำกัดของ Sight Glass

1. การอ่านค่าโดยตรงอาจไม่สะดวก เช่นกรณีที่ติดตั้งไว้บนที่สูงหรือด้านบนของถัง เป็นต้น

2. ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ขึ้นอยู่กับความสะอาดของช่องมอง, สภาพของของไหล เช่นความใสและผู้อ่าน ซึ่งควบคุมได้ยาก

3. กรณีของเหลวมีสีใส ทำให้ยากสำหรับการอ่านค่า

4. ในสภาพที่มีอากาศหนาวจัด อาจทำให้ของเหลวบริเวณ Sight Glass เกิดการแข็งตัว ในกรณีที่ Sight Glass ติดตั้งไว้ภายนอก

5. การกระเพื่อมของของเหลว ทำให้การอ่านค่ากระทำได้ยาก

Sight glass มี 2 แบบ คือ

1.1 แบบหลอดแก้ว (Tubular Glass) ใช้ติดตั้งโดยตรงกับภาชนะที่ต้องการวัดระดับของของเหลวภายใน

ข้อดี

1. ราคาถูก ติดตั้งง่าย ค่าบำรุงรักษาต

2. สามารถอ่านค่าได้โดยตรงทันที มีความน่าเชื่อถือได้

ข้อจำกัด

1. ใช้งานที่อุณหภูมิสูงไม่ได้

2. ใช้งานที่ความดันสูงไม่ได้

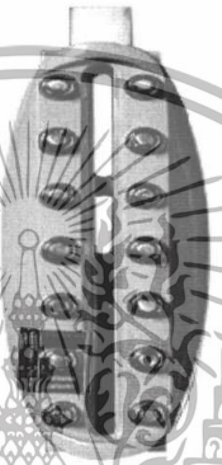
3. แตกง่าย ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับระบบที่มีความสำคัญมาก ๆ หรือไม่เหมาะกับการวัดระดับของสารที่เป็นอันตราย เช่น กรดเข้มข้น หรือในบริเวณที่มีอันตรายสูง

4. การมองระดับต้องเข้าไปอ่านค่าใกล้ ๆ บางครั้งก็ยากแต่การสังเกต (ในกรณีที่เป็นสีใส) แต่สามารถแก้ไขโดยใช้แถบสีสะท้อนแสงติดไว้ด้านหลังของหลอดแก้วพร้อม Scale และใช้เลนส์นูนทำเป็นหลอดแก้ว ทำให้การอ่านค่าได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 แบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) มี 2 แบบ คือ

1.2.1 แบบแผ่นแก้วเรียบสะท้อน (Flat Refection Glass) แบบนี้เหมาะสำหรับการวัดระดับของของเหลวที่มีสีใส, สะอาด, ค่าความหนืดต่ำ โดยส่วนที่เป็นของเหลวจะปรากฏเป็นทึบแสง ส่วนที่เป็นช่องว่างหรือเหนือระดับของเหลวจะปรากฏเป็นลักษณะโปร่งใสดังภาพ แผ่นแก้วจะทำจากวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำมาก ดังนั้น จึงสามารถใช้งานในบริเวณที่มีความร้อนได้ นอกจากนี้ยังสามารถรับแรงกระทำได้ดีอีกด้วย สามารถออกแบบให้ทนความดันได้สูงถึง 4000 psi และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 400°C

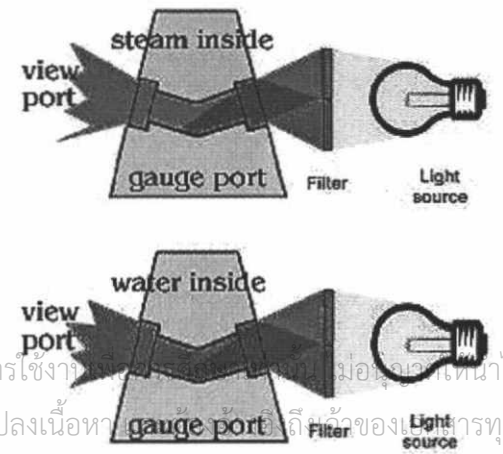


ภาพที่ 3.7 แสดง sight glass แบบแผ่นแก้วเรียบ

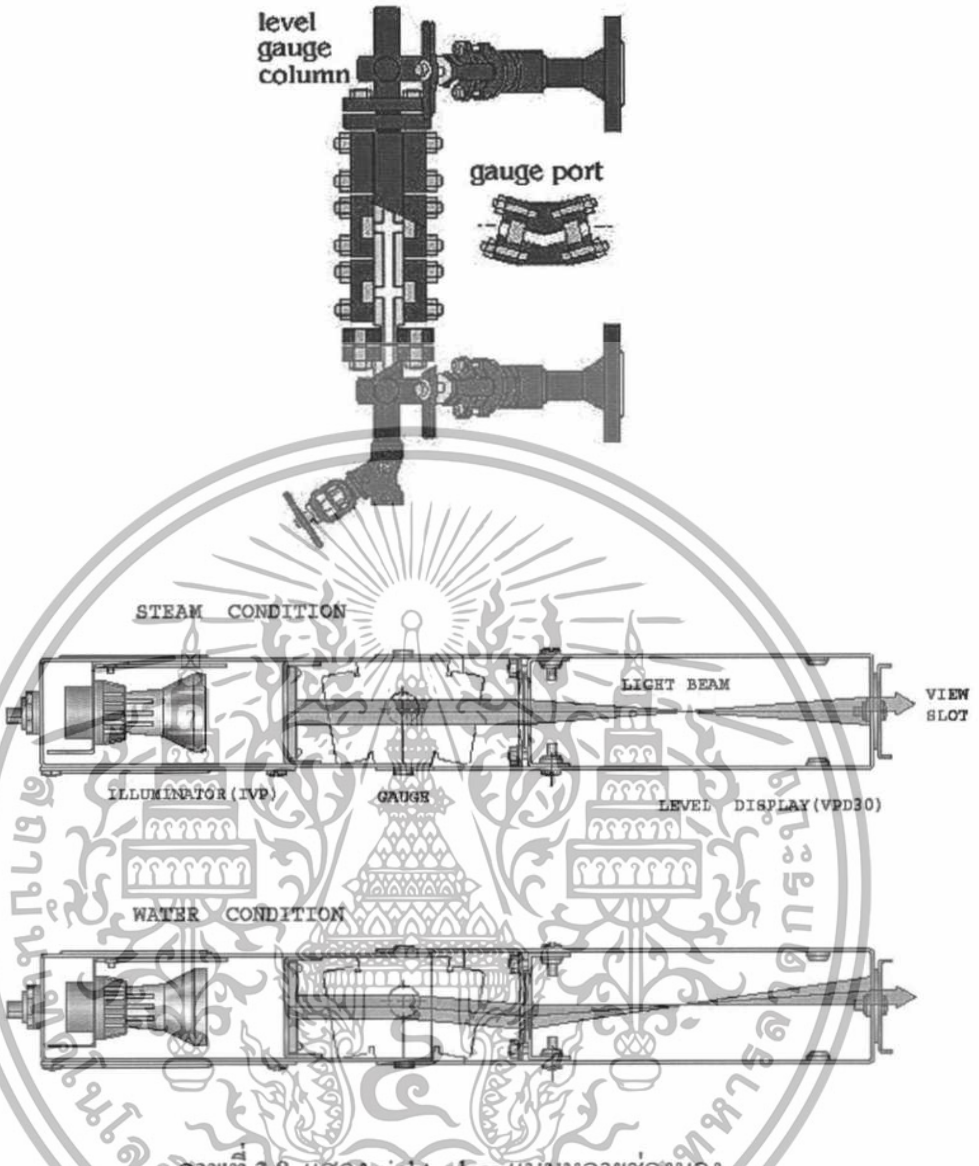
1.2.2 แบบหลายช่องมอง (Multi-port Sight Glass) แบบนี้เหมาะสำหรับการวัดระดับของของเหลวที่อยู่ภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะ เช่น Boiler Drum หลักการวัดระดับของ Boiler Drum โดยใช้ Multiport Sight Glass ใช้หลักการหักเหของแสงในน้ำและไอน้ำ โดยกำหนดให้น้ำเป็นสีเขียว ไอน้ำเป็นสีแดง

หลักการทำงาน

ตัว Gauge Body จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยมี Glass Filter สีเขียว และสีแดง ติดตั้งอยู่ด้านข้างในลักษณะที่ไม่ขนานกับตัว Gauge Body ดังภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

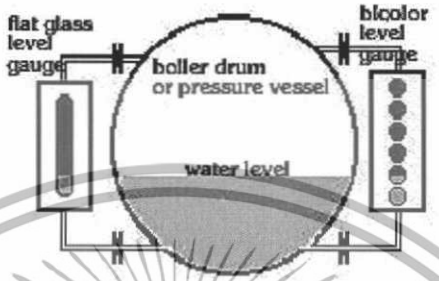


ภาพที่ 3.8 แสดง sight glass แบบหลายช่องมอง

ภายใน Gauge Port จะต่อเชื่อมเข้ากับ Process ใน Boiler Drum ตัวหลอดไฟ (Illuminator) จะติดตั้งไว้ด้านหลังของ Glass Filter ด้านตรงข้ามกับจุดที่ช่องมองระดับ (Indicator) หลอดไฟจะส่องแสงผ่าน Glass Filter ที่ยอมให้แสงสีเขียวและสีแดงผ่านเท่านั้นเมื่อ Gauge Port มี Steam อยู่ภายในแสงสีเขียวที่ส่องผ่านมาจะเกิดการหักเหส่วนแสงสีแดงจะส่องผ่านไปยังส่วนช่องมองระดับ (Indicator) ทำให้เห็นเป็นสีแดงซึ่งหมายถึงส่วนที่เป็น Steam และเมื่อ Gauge Port มีน้ำอยู่ภายในแสงสีแดงจะหักเหออกไปเหลือแต่แสงสีเขียวที่ส่องผ่านไปยังช่องมองระดับได้จึงเห็นเป็นสีเขียว ซึ่งหมายถึงน้ำโดยตัว Gauge Port จะติดตั้งเรียงกันไว้หลาย ๆ วันติดต่อกันดังภาพ จึงเรียกว่า Multi Port Level Gauge การออกแบบ Gauge ชนิดนี้ต้องเป็นไปตาม ASME Boiler and Pressure Vessel Code ด้วย โดยทั่วไปสามารถทนความดันได้ถึง 3000psi ที่อุณหภูมิ 700°F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดระดับน้ำของ Boiler Drum หรือ Pressure Vessel อื่น ๆ เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิและความดันภายในนั้นสูงมาก จึงใช้วิธีการวัดระดับแบบปกติไม่ได้ จำเป็นต้องมีเครื่องมือพิเศษ ดังที่กล่าวติดตั้งไว้ นอกจากนี้ยังมี Level Transmitter อีก อย่างน้อย 2 ตัว ที่ติดตั้งคอยตรวจจับระดับน้ำและส่งสัญญาณไปยังห้องควบคุม เพื่อประมวลผลสั่งการต่อไประดับของน้ำใน Boiler Drum มีความสำคัญต่อระบบการผลิตไอน้ำเป็นอย่างมากดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 Multi-point sight glass for boiler drum

ภาพที่ 3.10 การติดตั้งใช้งานโดยมีครอบโลหะป้องกัน level glass component

2. Float Type (แบบลูกลอย)

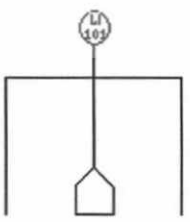
การวัดระดับของของเหลวแบบลูกลอย (Float) เป็นแบบที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่งซึ่งเป็นการวัดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง มีโครงสร้างง่ายๆ สามารถใช้ได้กับงานในสภาพที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ง่ายต่อการใช้ ในการวัดระดับของของเหลวโดยอาศัยการลอยตัวของลูกลอย การที่ลูกลอยสามารถลอยได้นิ่งอยู่บนของเหลว แสดงว่าแรงที่กดลงมาซึ่งก็คือน้ำหนักของลูกลอยซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกกระทำด้วยแรงดึงดูดของโลก จะต้องมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่ลูกลอยจมในของเหลว เมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามไปด้วยจึงสามารถต่อแกนขึ้นในแนวตั้งเพื่อชี้บอกค่าระดับได้ซึ่งวิธีการอ่านค่าระดับทำได้โดยลูกลอยจะถูกต่อด้วยเชือก เส้นลวด โซ่หรือเทป คล้องผ่านรอก (Pulley) และอีกปลายต่อเข้ากับลูกตุ้มเพื่อรักษาให้เชือกตึงอยู่ตลอดเวลา การหมุนของรอกจะสัมพันธ์โดยตรงกับการเคลื่อนที่ของลูกลอย ขณะที่ระดับเปลี่ยนแปลง ลูกลอยจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในแนวดิ่งส่งผลให้รอกหมุน แกนของรอกสามารถต่อไปขยับเข็มชี้ที่ติดอยู่เพื่อเทียบกับสเกลที่แสดงค่าของระดับ โดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตออกมาหลายๆ รูปแบบ แต่ก็มีหลักการคล้ายๆกัน เกจวัดระดับชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับการวัดระดับของของเหลวในภาชนะปิด (Closed Tank) ในปัจจุบันได้พัฒนาให้ส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วโดยใส่อุปกรณ์ Encoder เข้ามาช่วยแล้วแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐาน

ภาพที่ 3.11 เครื่องอ่านค่าระดับแบบใช้ลูกลอย

- สัญลักษณ์ในการใช้งาน



ภาพที่ 3.12 สัญลักษณ์การใช้งาน Float Type

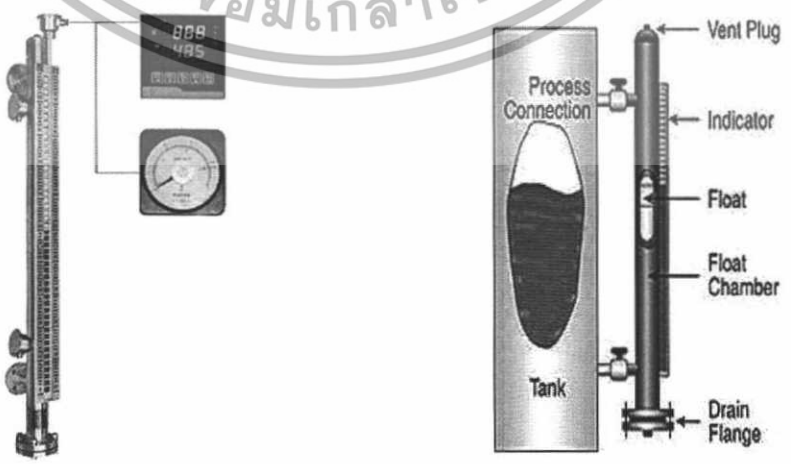
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การติดตั้งการใช้งาน

ภาพที่ 3.13 แสดงการติดตั้งเกจวัดระดับแบบลูกลอยและลูกลอยและ Mechanical Tape

3. Dip Stick (แบบจุ่ม)

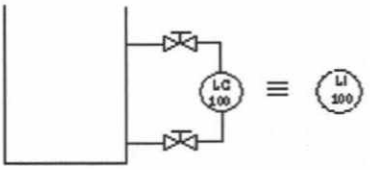
ในกรณีที่ของเหลวที่ต้องการทราบค่าระดับที่มีสภาพอันตราย ซึ่งถ้าให้รั่วออกมาข้างนอกก็จะเป็นอันตราย จึงจำเป็นต้องแยกส่วนที่วัดออกจากตัวอ่านค่า เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วขึ้นได้ วิธีการใช้ลูกลอยติดแท่งแม่เหล็กจะแก้ปัญหานี้ได้ ตัววัดแบบนี้ประกอบด้วยท่อรูปทรงกระบอกที่แข็งแรงไม่ใช่สารแม่เหล็กหรือต้านทานต่อเส้นแรงแม่เหล็ก ต่อออกมาลักษณะเดียวกับแบบกระจกมองระดับ ภายในมีลูกลอยซึ่งมีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ ลูกลอยสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ตามระดับน้ำได้อย่างอิสระ ด้านนอกมีที่ดูระดับที่ประกอบด้วยแผ่นโลหะชิ้นเล็กๆ ที่เป็นสารแม่เหล็กตั้งเรียงกันอยู่ในแนวระดับ แผ่นโลหะเหล่านี้ขยับได้โดยอิสระ ขณะที่ลูกลอยเคลื่อนที่ไปอยู่ ณ จุดใด สนามแม่เหล็กจากลูกลอยจะทำให้แผ่นโลหะในจุดนั้นถูกดูดเอียงทำมุมทำให้ทราบค่าระดับของของเหลวนั้นได้ วิธีการนี้ไม่เหมาะสมถ้าของเหลวนั้นมีอุณหภูมิสูงเพราะจะทำให้แม่เหล็กเสื่อมในเวลาอันรวดเร็วแต่ปัจจุบันได้พัฒนาการแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิตอลและบาร์กราฟ



ภาพที่ 3.14 แสดงการใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านที่เป็นแบบดิจิตอล

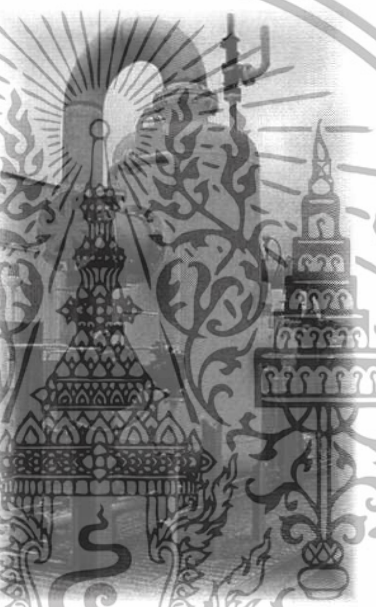
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญลักษณ์ในการใช้งาน



ภาพที่ 3.15 แสดงสัญลักษณ์ในการใช้งาน Dip Stick

- การติดตั้งใช้งาน



ภาพที่ 3.16 แสดงการติดตั้ง Dip Stick (แบบจุ่ม)

3.2.2 การวัดระดับแบบทางอ้อม (Indirect Level Measurement)

1. หลักการวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

การวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่างเป็นวิธีที่แพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม สามารถใช้กับของเหลวที่สกปรก มีความดันหรืออุณหภูมิสูงได้ดี โดยหลักการวัดระดับแบบนี้ใช้หลักการวัดความดันที่เกิดจากความสูงของระดับของของเหลวที่ต้องการวัดดังสมการ

$$P = h \cdot SG_m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P คือ ค่าความดันมีหน่วยเป็น เมตรน้ำ

h คือ ค่าความสูงของของเหลวมีหน่วยเป็น เมตร

SG_m คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่ต้องการวัด (ไม่มีหน่วย)

ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity: SG) ของสารเป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น เช่น น้ำมีค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 1 ปรอทมีค่าความถ่วงจำเพาะ 13.6 ดังนั้น ความดันที่เกิดขึ้นจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของของเหลวนั้น ทำให้สามารถหาความสูงของของเหลวได้

จาก $h = \frac{P}{SGm}$

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่างนี้เรียกว่า Differential Pressure transmitter ซึ่งถ้าแบ่งชนิดอุปกรณ์วัดนี้ตามโครงสร้างของผู้ผลิตที่ผลิตออกมาจำหน่ายจะสามารถแบ่งได้ 3 แบบด้วยกันคือ Standard Type, Flange Mounting, Remote Diaphragm

Standard Type **Flange Mounting** **Remote Diaphragm**

ภาพที่ 3.17 เครื่องวัดระดับแบบอาศัยหลักการความดันแตกต่าง

2. การวัดระดับแบบถังเปิด (Open Tank)

ในการวัดระดับของเหลวในถังเปิด ความดันที่ Transmitter จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความสูงของของเหลวในถัง ซึ่งเหมาะสำหรับวัดของเหลวที่มีอัตราการระเหยต่ำ

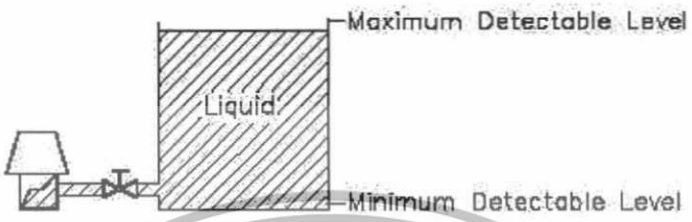
การสอบเทียบ D/P Transmitter ที่ถูกติดตั้งในภาพที่ 12-3 สามารถคำนวณ Span และ Suppressed Zero ได้ตามสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Span = xSG

Suppressed Zero = ySG

โดยที่ SG คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวในถัง

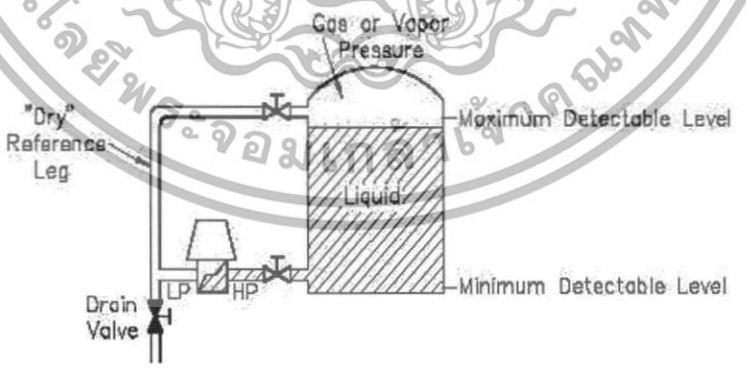


ภาพที่ 3.18 การวัดระดับแบบถังเปิด (Open Tank)

3. การวัดระดับในแบบถังปิด (Close Tank) แบบ Dry Leg

การวัดระดับของของเหลวในถังปิดแบบ Dry Leg ท่อระหว่างถังและ Transmitter ทางด้านความดันต่ำจะถูกต่อถึงกันเพื่อลดความดันที่เกิดจากความดันของก๊าซที่เกิดขึ้นภายในถัง การวัดระดับแบบ Dry Leg เหมาะสำหรับการวัดระดับของเหลวที่เปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้

การสอบเทียบ D/P Transmitter ที่ถูกติดตั้งในภาพที่ 12-4 การคำนวณ Span และ Suppressed Zero สามารถคำนวณได้เหมือนกับการวัดระดับของเหลวแบบถังเปิด

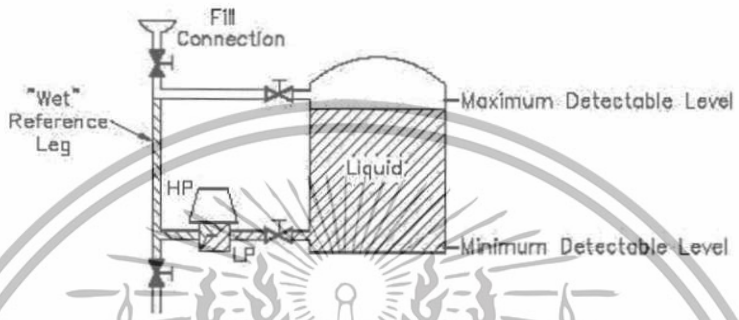


ภาพที่ 3.19 การวัดระดับในแบบถังปิด (Close Tank) แบบ Dry Leg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวัดระดับในแบบถังปิด (Close Tank) แบบ Wet Leg

การวัดระดับของของเหลวในถังปิดแบบ Wet Leg เหมาะสำหรับของเหลวที่เปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซและก๊าซสามารถควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวได้สามารถทำได้โดยการเติมของเหลวในท่อทางด้านความดันต่ำของ Transmitter ของเหลวที่เติมลงไปจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าของเหลวที่อยู่ในถังและจะต้องไม่สามารถผสมกับของเหลวในถังได้



ภาพที่ 3.20 การวัดระดับในแบบถังปิด (Close Tank) แบบ Wet Leg

ภาพที่ 3.21 แสดงการติดตั้ง Level Transmitter ที่ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.22 แสดงการติดตั้ง Level Transmitter ที่ถัง

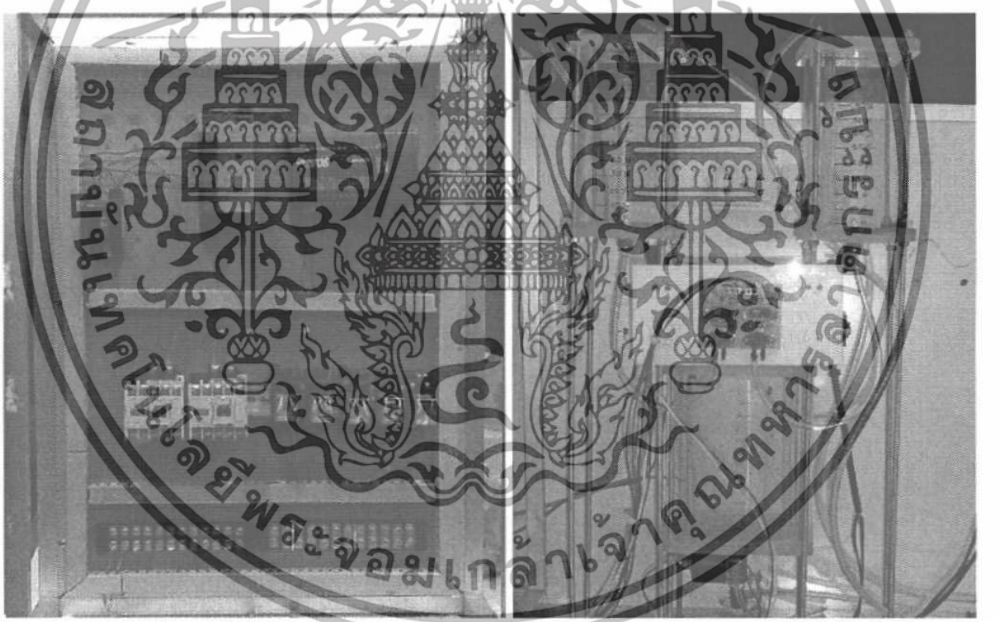
ภาพที่ 3.23 แสดงการติดตั้ง Level Transmitter ที่ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
รายละเอียดในการสร้างและประกอบปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่
    - 1.1 วงจรของตัว Pressure Sensor
    - 1.2 วงจร Instrument Amplifier
    - 1.3 ส่วนของ Plant กระบวนการ
2. ส่วนของซอร์ฟแวร์ (Software)
    - 2.1 โปรแกรมของ PLC
    - 2.2 โปรแกรมหน้าจอ SCADA (Wonderware)

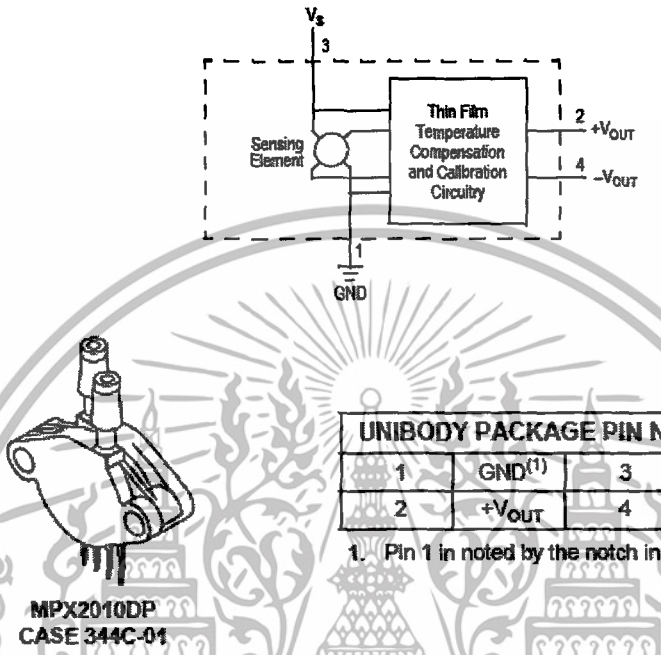


ภาพที่ 4.1 แสดง Hardware โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

4.1.1 Pressure Sensor (Differential Pressure Transmitter) เป็นอุปกรณ์วัดความดันที่มีวงจรภายในดังภาพ



UNIBODY PACKAGE PIN NUMBERS			
1	GND(1)	3	Vs
2	+VOUT	4	–VOUT

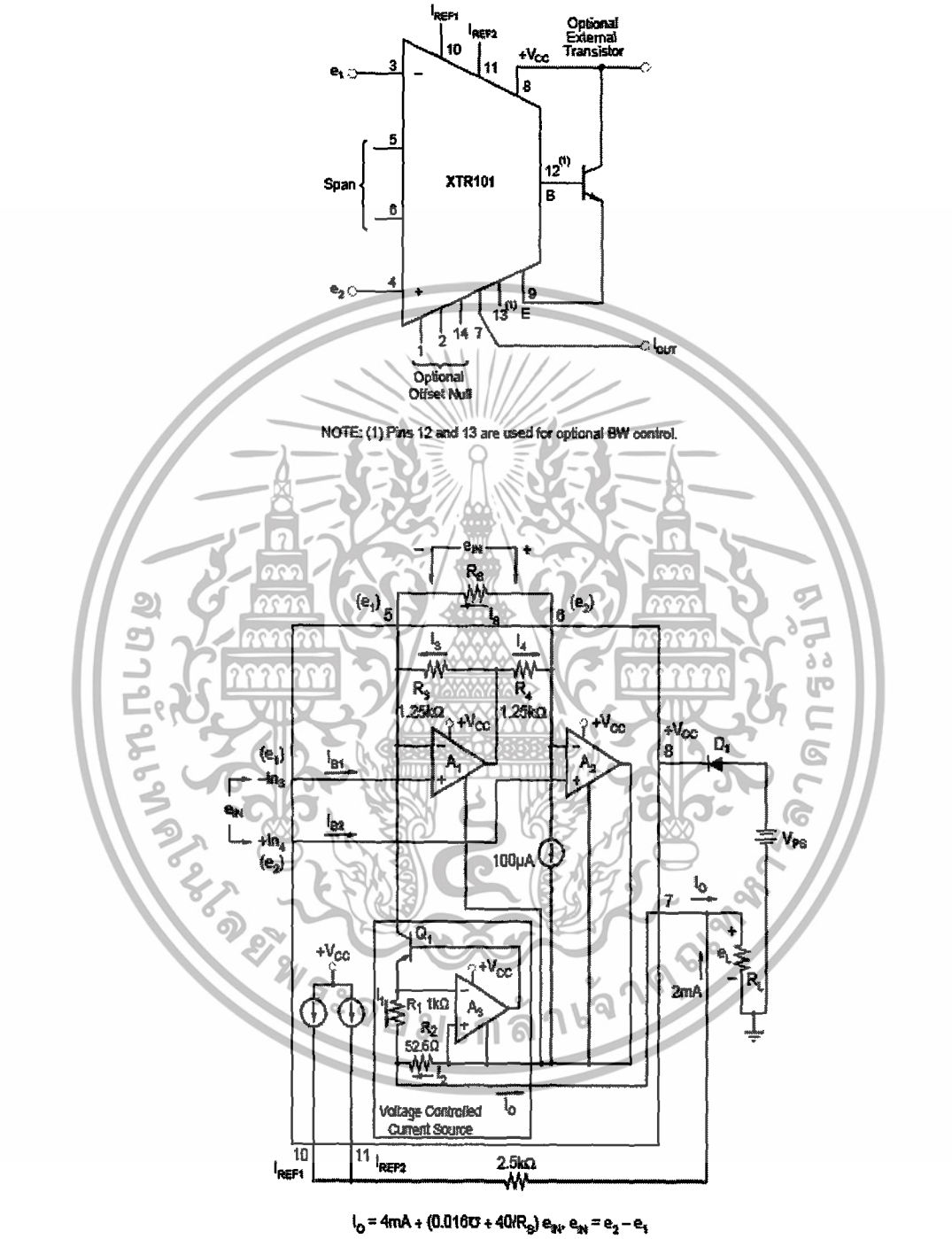
1. Pin 1 in noted by the notch in the lead.

ภาพที่ 4.2 แสดงตัวอุปกรณ์วงจรภายในและตำแหน่งขาของ Pressure Sensor

โดยหลักการทำงานคือ เมื่อมีการจ่าย Vs ให้แก่ตัวอุปกรณ์ และจ่ายแรงดันให้กับตัวอุปกรณ์ ซึ่งวัดได้เป็นความดันแตกต่าง โดยอาจจะเทียบกับความดันบรรยากาศก็ได้ ก็จะได้ค่า Vout ออกมาเป็นค่าแรงดันเป็น mV ซึ่งจะต้องนำมาขยายแรงดันอีกที โดยการป้อนเข้าวงจร Instrument Amp เพื่อที่จะขยายแรงดันออกมาเป็น 1-5 V แล้วจากนั้นนำค่าแรงดันไปแปลงเป็นกระแส 4-20 mA เพื่อที่จะจ่ายค่าที่รับได้จาก Plant ในรูปของกระแสให้กับ PLC เพื่อที่จะใช้ในการควบคุม Process อีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

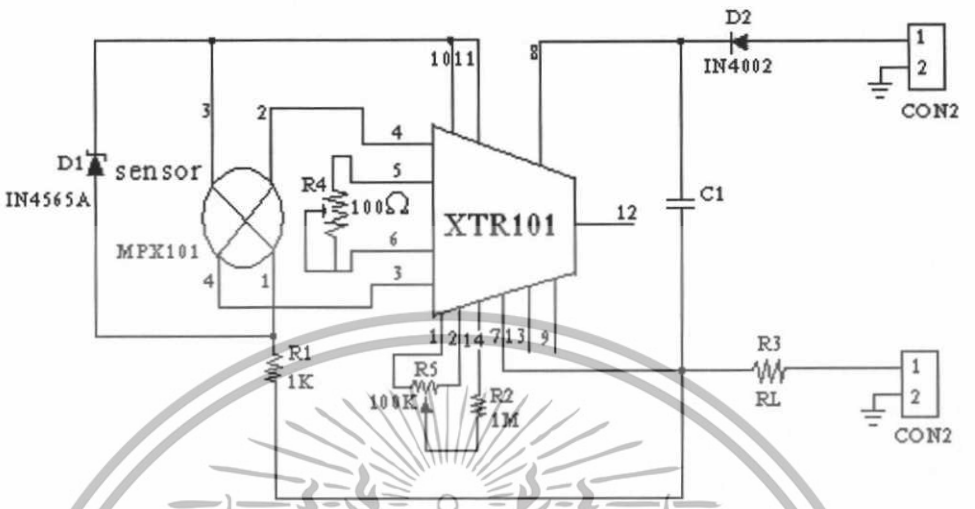
4.1.2 ส่วนของวงจร Instrument Amplifier จะใช้ IC เบอร์ XTR101 ซึ่งเป็น IC ที่ทำหน้าที่ในการขยายแรงดันและแปลงเป็นกระแส 4-20 mA ได้ในตัว ซึ่งมีวงจรภายในดังภาพ



ภาพที่ 4.3 แสดงวงจรและขาของ IC เบอร์ XTR101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบวงจรที่ใช้ในการวัดค่าความดันและส่ง Output ในรูปกระแสจ่ายให้กับ PLC ดังภาพ



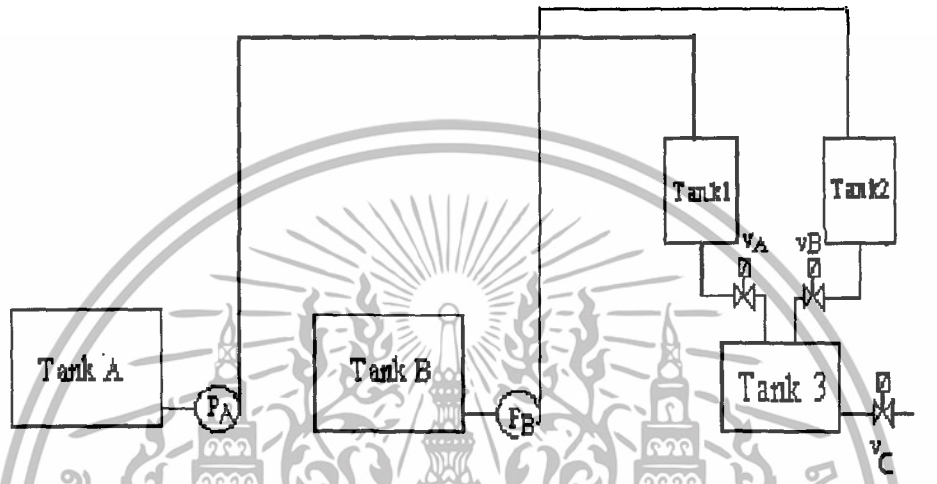
ภาพที่ 4.4 แสดงการต่อใช้งานของ IC เบอร์ XTR101

เมื่อเราทำการต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องทำการปรับ Zero และ Span ให้ได้ความดัน (ความสูงของน้ำ) ที่ต้องการตามที่ออกแบบไว้

ภาพที่ 4.5 แสดงการต่อใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 Plant กระบวนการ จะจำลองกระบวนการผสมของเหลว 2 ชนิด ลักษณะการทำงาน Tank A และ Tank B จะเป็นที่เก็บของเหลวที่จะทำการผสมซึ่งของเหลวทั้ง 2 ชนิดถูกดูดโดยปั๊ม PA และ PB เพื่อส่งไปยัง Tank 1 และ Tank 2 ซึ่งจะเป็นที่พักของของเหลวก่อนทำการผสม เมื่อของเหลวทั้ง 2 ถังเต็มแล้ว วาล์ว VA และ VB จะทำการปล่อยของเหลวที่อยู่ในถังพักลงไปยังถังผสม Tank 3



ภาพที่ 4.6 แสดงกระบวนการของโครงงาน

4.1.4 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC

1. ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่น ๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อม หรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์การกัดกร่อน
2. มีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่าง ๆ
3. ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
4. มีสายดิน
5. ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
6. ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่
7. ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น
8. ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60°C ควรติดพัดลมเป่าระบายความร้อน
9. ควรต่อสายดินแยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่น คือ สายดินควรมีขนาด 2 ตาราง มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า และค่าความต้านทานของสายดินไม่ควรเกิน 100 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า

1. รีเลย์ (Relay)

ภาพที่ 4.7 ตัวรีเลย์ที่ใช้ประกอบในตู้ Control

รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรคล้ายกับสวิตซ์โดยใช้หลักการหน้าสัมผัสและการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนดเพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิดและตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มันมันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด

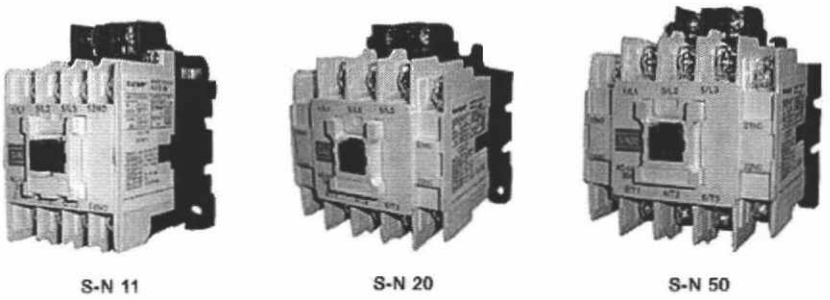
รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

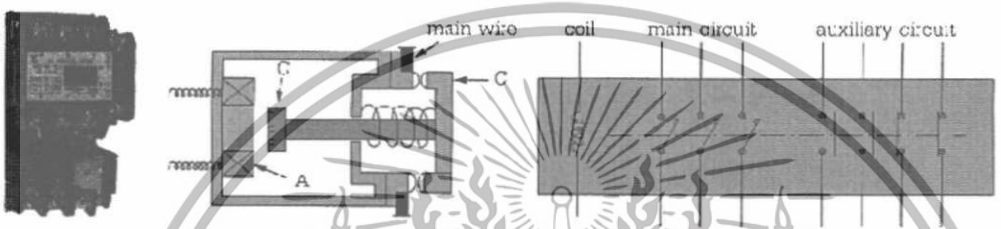
1.1 รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

1.2 รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic Contactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Contactor)





ภาพที่ 4.8 แสดงโครงสร้างและวงจรภายใน Magnetic Contactor

หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ตัดต่อเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในวงจรไฟฟ้า เช่น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลม มอเตอร์ปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยลดกระแสที่จะผ่านหน้าสัมผัสของอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ได้แก่ สวิตช์ควบคุม เทอร์โมสตัท สวิตช์ควบคุมความดัน รีเลย์หน่วงเวลา

การเลือกใช้ Magnetic contactor มีข้อกำหนดต่างๆดังนี้

1. ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก (coil) เช่น 24V , 220V ,380V เป็นต้น

2. ความสามารถในการรับกระแสของหน้าสัมผัสหลัก (main contact) เช่น 20A , 30A , 60A เป็นต้น

3. ความต้องการในการใช้งานของหน้าสัมผัสช่วย (auxiliary contact)

4. จำนวนขั้วของหน้าสัมผัสหลักที่ต้องการใช้งาน เช่น 2 ขั้ว สำหรับระบบไฟฟ้า 220V หรือ 3 ขั้ว สำหรับระบบไฟ 380 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนของซอฟท์แวร์ (Software)

4.2.1 โปรแกรมของ PLC จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของกระบวนการโดยตรง PLC สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้งานเพื่อควบคุมกระบวนการ

การออกแบบจะต้องทำการกำหนด I/O และหน่วยความจำว่าจะใช้งานอย่างไรซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบและลักษณะการนำไปใช้งาน ในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ PLC ของ KOYO DL05โดยทำการกำหนดการแบ่ง I/O และหน่วยความจำดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดง I/O Assignment ของ PLC

PLC I/O Assignment

ตำแหน่งหน่วยความจำ อินพุท- เอาท์พุท	รายการอุปกรณ์และการใช้งาน	หมายเหตุ
Y0	Pump A	สูบของเหลวไปใน Tank1
Y1	Pump B	สูบของเหลวไปใน Tank2
Y2	Solenoid Valve A	ปล่อยของเหลวใน Tank1
Y3	Solenoid Valve B	ปล่อยของเหลวใน Tank2
Y4	Solenoid Valve C	ปล่อยของเหลวใน Tank3
V40400	หน่วยความจำอินพุท	
V40500	หน่วยความจำเอาท์พุท	
V40600-V40605	Control Relay	
V2000	เก็บข้อมูลจาก Analog CH1	ข้อมูลก่อนทำสเกล
V2001	เก็บข้อมูลจาก Analog CH2	ข้อมูลก่อนทำสเกล
V2002	เก็บข้อมูลจาก Analog CH3	ข้อมูลก่อนทำสเกล
V2010	เก็บข้อมูลจาก Analog CH1	ข้อมูลหลังทำสเกล
V2011	เก็บข้อมูลจาก Analog CH2	ข้อมูลหลังทำสเกล
V2012	เก็บข้อมูลจาก Analog CH3	ข้อมูลหลังทำสเกล
V2110-V2111	เก็บค่า Limit Level Tank1	รับข้อมูลจาก Wonderware
V2112-V2113	เก็บค่า Limit Level Tank2	รับข้อมูลจาก Wonderware
V2114-V2115	เก็บค่า Limit Level Tank3	รับข้อมูลจาก Wonderware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 โปรแกรมหน้าจอ WONDERWARE

โปรแกรมแสดงผล Wonderware Intouch9.5 (Demo Version) เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อโดยตรงกับผู้ใช้หรือผู้ควบคุมโดย Wonderware จะมีการติดต่อสื่อสารกันกับ PLC โดยอาศัยโปรแกรม DSData เป็นเซิร์ฟเวอร์ในการจัดการสร้างโปรโตคอลเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างโปรแกรม Wonderware กับ PLC รุ่น Koyo DirectLogic05 หรือ DL05 ซึ่งใช้ในการทำปริญญานิพนธ์นี้

ส่วนประกอบของโปรแกรมที่จะได้ทำการสร้างกราฟิกมีดังนี้

- กราฟิกแสดงกระบวนการทำงานของระบบ (Process & Control Monitoring)
- กราฟิกแสดงแผนภูมิเส้น ซึ่งอ้างอิงถึงระดับของเหลวในกระบวนการ(Real Time Monitoring)
- กราฟิกแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถังที่1
- กราฟิกแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถังที่2
- กราฟิกแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถังที่3

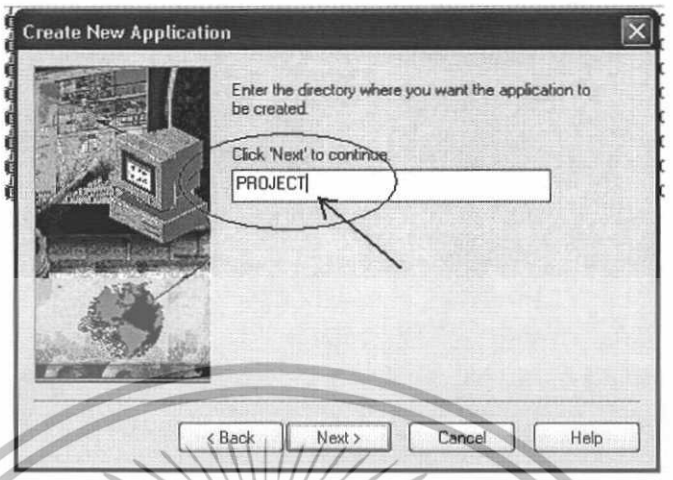
4.2.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Wonderware Intouch เบื้องต้น

1. เรียกใช้โปรแกรม Wonderware Intouch จากเมนู Start

ภาพที่ 4.9 แสดงการเข้าใช้งานโปรแกรม Wonderware

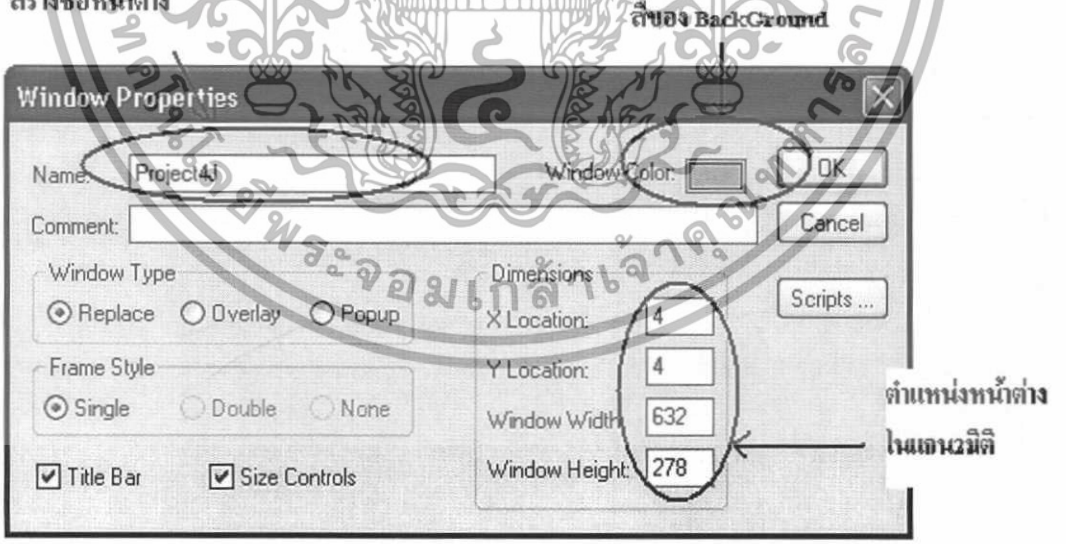
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งชื่อหัวข้อโครงงานและรายละเอียดทุกอย่างครบแล้วจะนำเข้าสู่หน้าต่าง Intouch WindowMaker



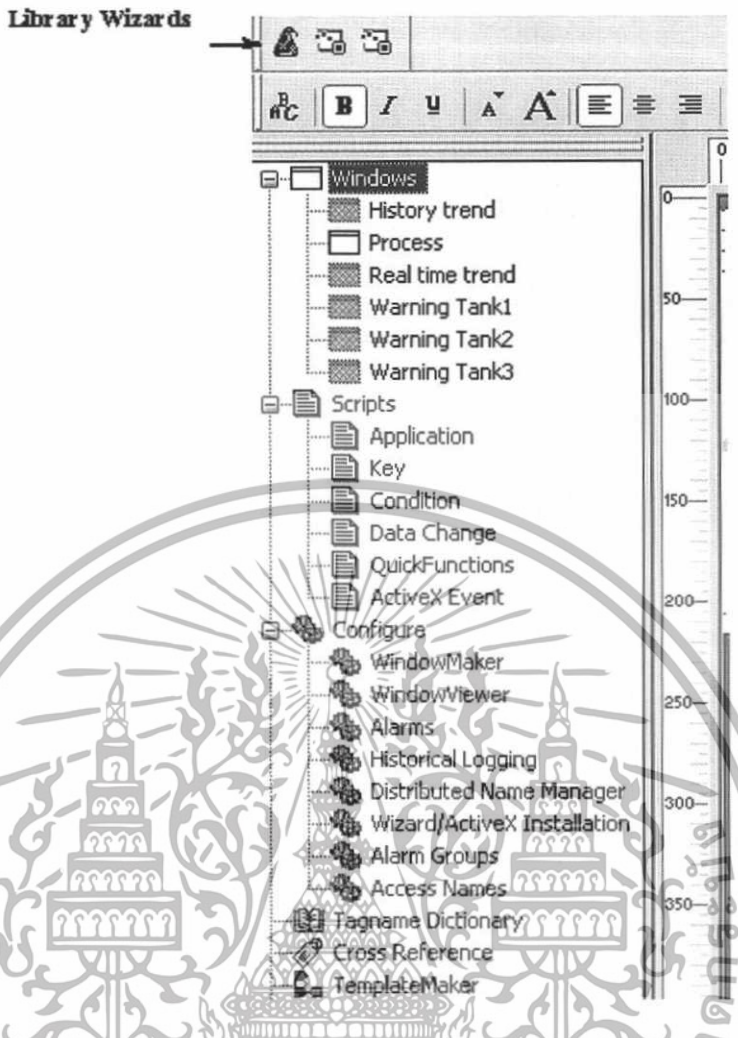
ภาพที่ 4.10 แสดงการตั้งชื่อหน้าต่าง

3. ในหน้า Intouch WindowMaker ทำการสร้างหน้าต่างใหม่ขึ้นมา ไปที่File→ New window เมื่อเข้าสู่ Window Properties แล้วทำการตั้ง ชื่อ, สี ของ Background และตำแหน่งของหน้าต่างที่จะปรากฏในแกน 2 มิติ x-Location และ y-Location



ภาพที่ 4.11 แสดงการสร้างหน้าต่าง Intouch WindowMaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 อธิบายถึงเครื่องมือในการสร้างกราฟิกและเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ Wonderware ทำงาน

4.2.4 คำอธิบายเกี่ยวกับเมนูต่างๆที่จะใช้งานใน Wonderware Intouch

- **Windows** เป็นส่วนที่บอกว่าใน Window Maker นั้น มีหน้าต่างที่เราทำการสร้างกี่หน้าต่าง เช่น จากรูปมีหน้าต่างทั้งหมด 5 หน้า คือ Process , Real time trend , Warning Tank1, Warning Tank2 และ Warning Tank3

- **Scripts** เป็นส่วนที่เขียนควบคุมการติดต่อสื่อสารกันระหว่างข้อมูลภายในโปรแกรม ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบเลยก็ว่าได้ องค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้ Scripts นั้นทำงานได้คือ Tagname ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าจะให้ตัวแปรตัวไหนทำงานอย่างไร โดยปกติแล้วคำสั่งใน Intouch จะใช้ Statements เป็น If … then ; เป็นส่วนใหญ่

- **Configure** เป็นส่วนของการสร้างเงื่อนไขในการติดต่อกับController ซึ่งในที่นี้กระบวนการเป็นการควบคุมแบบตรรกะจึงใช้ Programmable Logic Controller เป็น Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

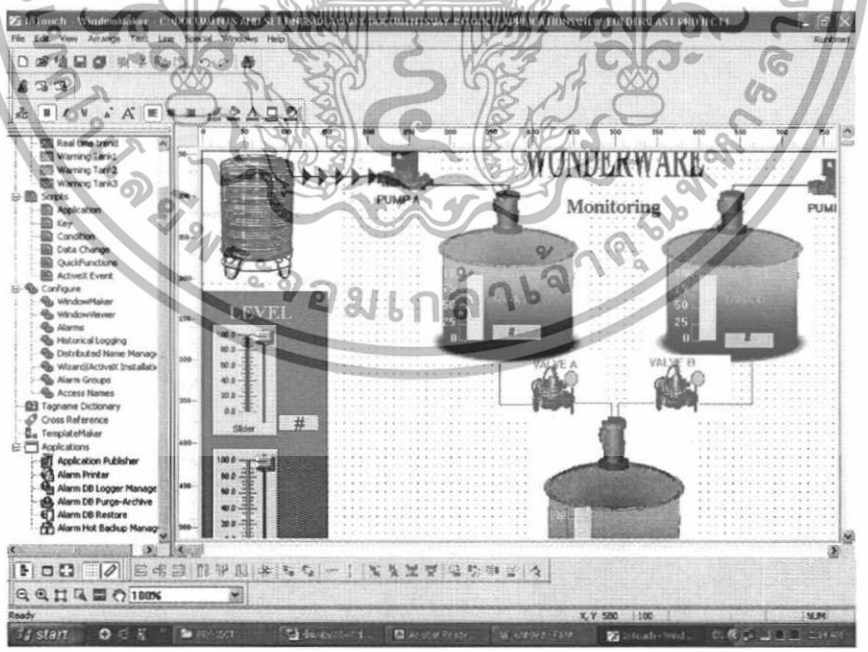
ของระบบ เนื่องจากว่า โปรแกรม Wonderware ที่ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้ เป็น Demo version จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งานพอสมควรซึ่งในส่วนของ configure นี้สามารถใช้งานได้เฉพาะในการตั้งค่า Access Names เพื่อสื่อสารการทำงานกับ Controller ได้เท่านั้น

- **Tagname Dictionary** เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ Scripts ที่ทำการเขียนขึ้นมาทำงานได้ โดย Tagname Dictionary นี้เป็นส่วนในการสร้างตัวแปรต่างๆ และกำหนดค่าตัวแปรนั้นว่าเป็นประเภทใด เช่น กำหนดตัวแปร Tagname = PumpA ให้เป็น ประเภท I/O = Discrete เป็นต้น

เนื่องจากเกิดความจำกัดในการใช้งานขึ้น ส่วนของเมนูต่างๆ ที่ใช้งานได้ใน Demo Version จึงมีเพียงที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

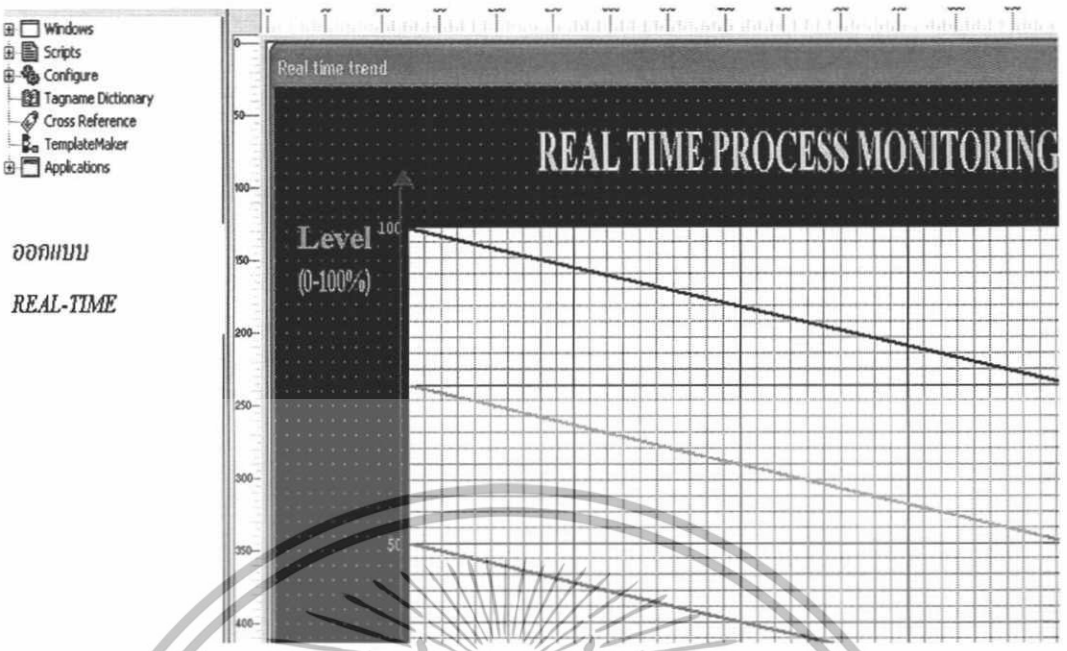
4.2.5 ทำการออกแบบกราฟฟิกแสดงผลกระบวนการเสร็จแล้วจะได้มาตามรูปกราฟฟิกที่ทำสำเร็จในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย

- กราฟิกแสดงกระบวนการทำงานของระบบ (Process & Control Monitoring)
- กราฟิกแสดงแผนภูมิเส้น ซึ่งอ้างอิงถึงระดับของเหลวในกระบวนการ(Real Time Monitoring)
- กราฟิกแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถังที่ 1
- กราฟิกแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถังที่ 2
- กราฟิกแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถังที่ 3

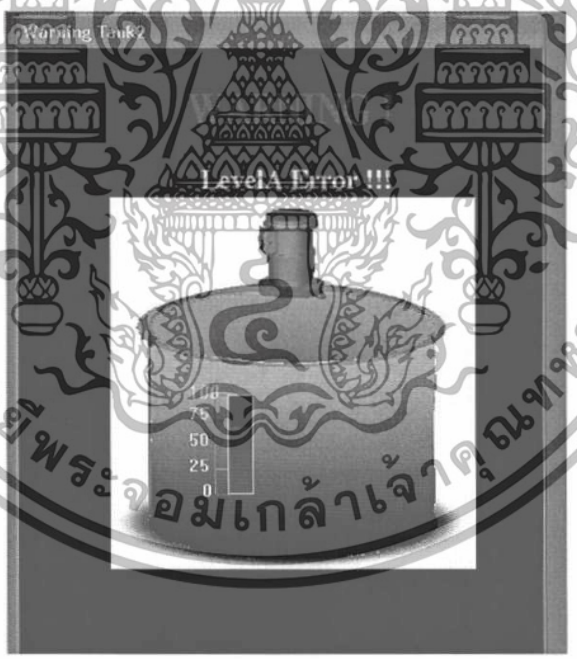


ภาพที่ 4.13 แสดงการออกแบบ Process & Control Monitoring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 แสดงการออกแบบ Real-time monitoring



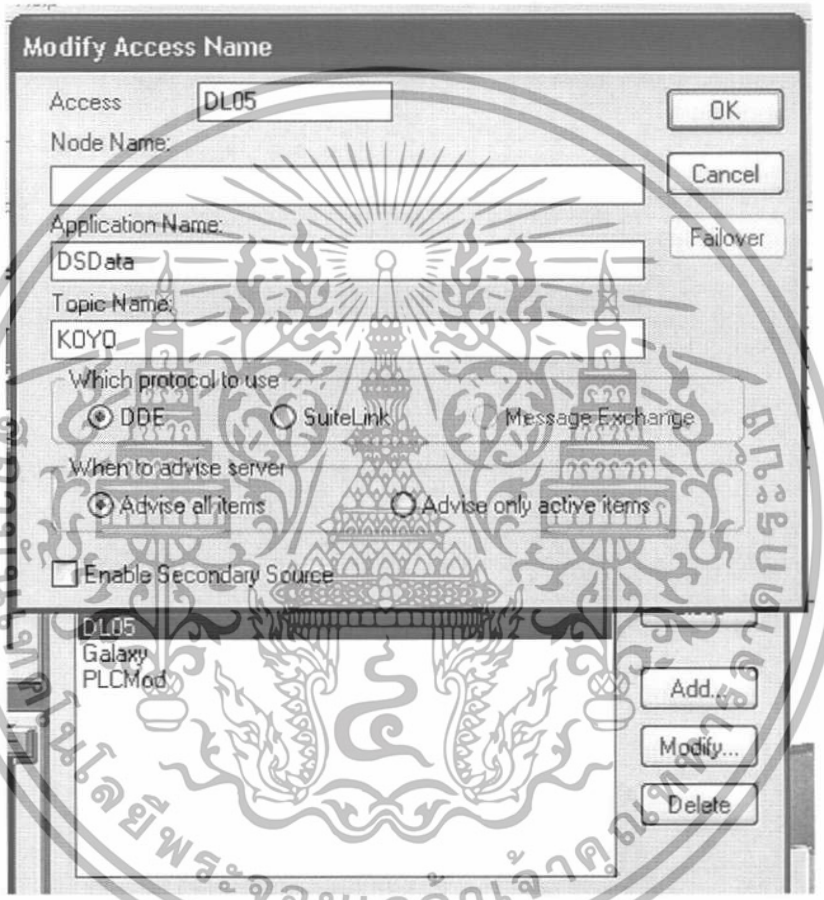
ภาพที่ 4.15 แสดงลักษณะสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวเกินกำหนดในถัง A, B และ C ซึ่งทำการออกแบบเหมือนกันทั้ง 3 ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 กำหนดค่า Tagname ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ

โดยเข้าไปที่ Tagname แล้วดับเบิ้ลคลิกที่รูป Object เพื่อทำการตั้งค่า Animation Link เพื่อบอกว่าให้ Tagname ไหนแสดงเอาท์พุตแบบใด

4.2.7 การตั้งค่า Access Name เพื่อทำการติดต่อกันระหว่างโปรแกรม Wondeware กับ PLC โดยผ่านโปรโตคอลของ DSData Server

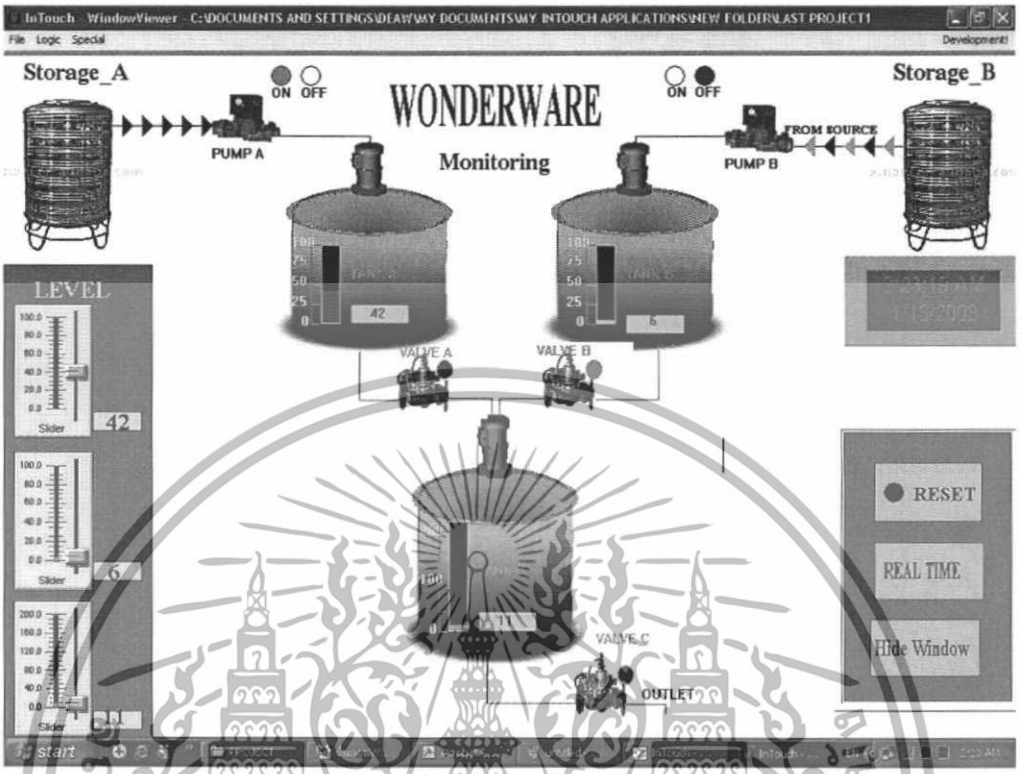


ภาพที่ 4.16 แสดงการตั้งค่า Access Name เพื่อเชื่อมต่อกับ PLC

ทำการตั้งชื่อ Access ก่อนซึ่งสามารถตั้งเป็นชื่ออะไรก็ได้ แต่ที่สำคัญคือ Application name ให้ตั้งเป็น DSData เนื่องจากเป็นโปรโตคอลที่ Wonderware รองรับและได้ระบุไว้อย่างชัดเจน และส่วนที่สองคือ Topic name ซึ่งต้องตั้งให้ตรงกับ Topic ของ DSData ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ในการตั้งค่าต่างๆให้ของ Wonderware กับ DSData ตรงกันทุกประการเพื่อการสื่อสารกันอย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 การแสดงผลเมื่ออยู่ในโหมด RUN TIME



ภาพที่ 4.17 แสดงผล Process ใน โหมด Run-time

จากภาพที่ 4.17 ทำการ RUN ขึ้นมาจะเห็นถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้วข้างต้น อุปกรณ์ที่สามารถสั่งการ ON-OFF ได้ในกระบวนการประกอบด้วย

วาล์วควบคุม A ทำหน้าที่ปล่อยของเหลวจากถัง A ลงสู่ถัง C

วาล์วควบคุม B ทำหน้าที่ปล่อยของเหลวจากถัง B ลงสู่ถัง C

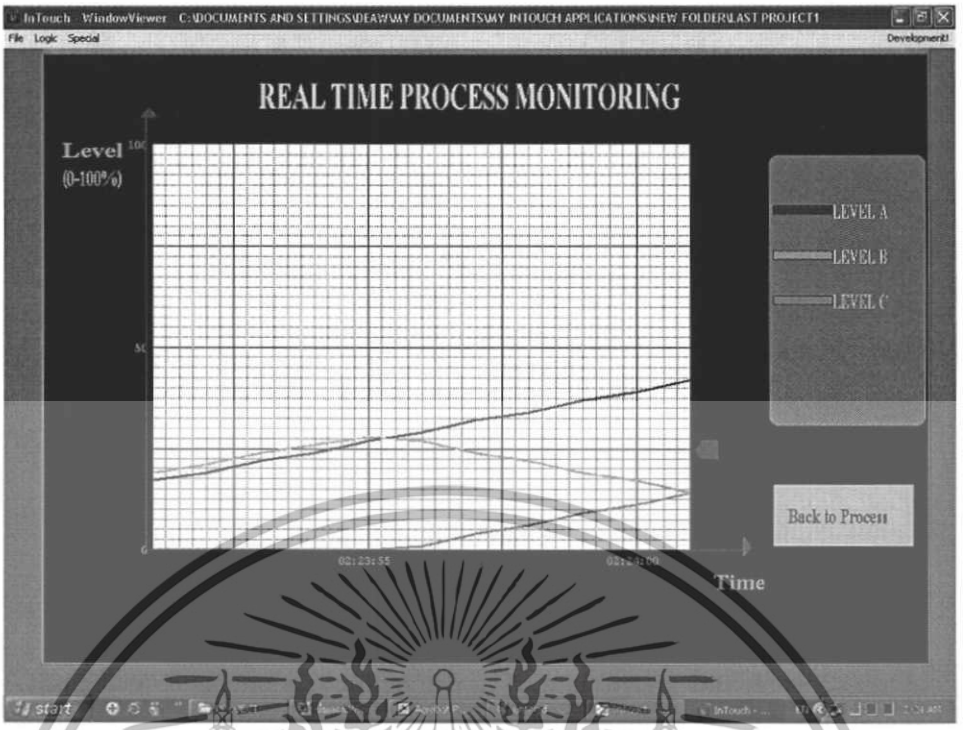
วาล์วควบคุม C ทำหน้าที่ปล่อยของเหลวจากถัง C ลงสู่ถังบรรจุผลิตภัณฑ์

ปั๊ม A ทำหน้าที่ดูดของเหลวจากถังพักมาลงที่ถัง A

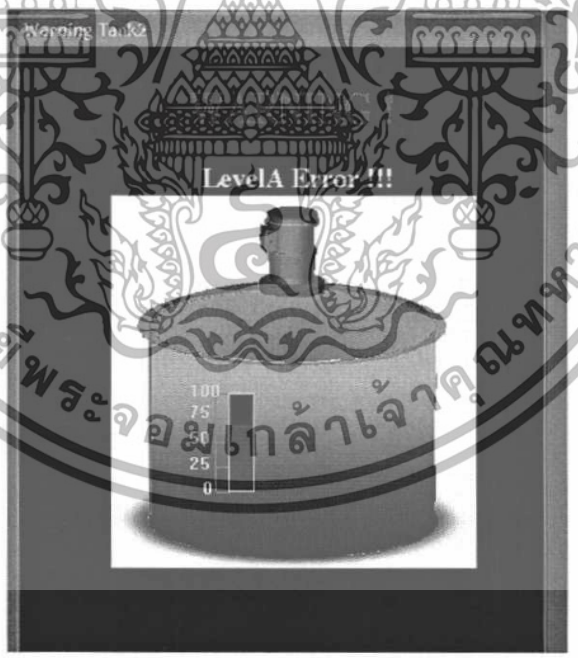
ปั๊ม B ทำหน้าที่ดูดของเหลวจากถังพักมาลงที่ถัง B

เมื่อทำการ Run หน้าต่าง Real Time ขึ้นมาจะแสดงถึงกราฟเส้นแสดงผลของระดับของเหลวในกระบวนการของถัง A, B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 แสดงผลกระบวนการแบบ Real Time ในลักษณะของกราฟ



ภาพที่ 4.19 หน้าต่างแสดงผลเพื่อเตือนว่าระดับของเหลวเกินค่า SetPoint ที่ได้ตั้งไว้

เมื่อระดับน้ำในถังใดถังหนึ่งเกินค่า SetPoint ที่ได้ตั้งไว้ก็จะแสดงหน้าต่าง"WARNING" ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลองและสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter

ในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ Differential Pressure Transmitter เป็นตัววัดระดับของเหลวในที่กระบวนการที่จะควบคุมซึ่งจะทำการแปลงระดับของของเหลวเป็นสัญญาณไฟฟ้า 4-20 mA. เพื่อส่งสัญญาณอินพุตของ Analog Card ของ PLC ดังนั้นจึงจะต้องสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการสอบเทียบเริ่มจัดแบ่งสเกลของระดับของเหลวเป็น 0% ,25% , 50% ,75% ,100% แล้วปล่อยของเหลวจนถึงระดับที่ค่าสเกลต่างๆ ซึ่งค่าที่ได้จะไม่ถูกต้องจึงทำการปรับ Zero และ Span จนกว่าจะได้ค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีมากที่สุด โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการปรับค่า Input โดยการเติมระดับน้ำไปใน Tank ให้ได้ระดับที่ 0 % แล้วดูที่ค่า Output คือ ดูค่าที่ออมมาจากวงจรที่ทำการทดลอง ซึ่งปกติแล้วจะต้องมีค่า 4 mA แต่ถ้าค่าที่ได้ไม่ถูกต้องก็ใช้ไขควงปรับที่ตำแหน่ง Zero adjustment ให้มีค่าเท่ากับค่าStandard Signal คือ 4 mA
2. ทำการปรับค่า Input โดยการเติมระดับน้ำไปใน Tank ให้ได้ระดับที่ 100 % แล้วดูที่ค่า Outputคือดูค่าที่ออกมาจากงจรที่ทำการทดลอง ซึ่งปกติแล้วจะต้องมีค่า 20 mA แต่ถ้าค่าได้ไม่เท่าก็เอาค่าที่อ่านได้นั้นเป็นค่า A1
3. นำค่า A1 ที่ได้มาแทนค่าในสูตรเพื่อหาค่ากระแสที่เราจะต้องทำการปรับเพื่อหาค่า A2

$$A2 = \{(Zero*Range)/(A1 - Zero)\} + (Span - Zero)$$

4. ทำการใช้ไขควงปรับที่ตำแหน่ง Span Adjustment ให้มีค่าเท่ากับ A2
5. ทำการใช้ไขควงปรับที่ตำแหน่ง Zero Adjustment ให้มีค่าที่ค่า 100% ของค่า Standard Signal คือ 20 mA
6. ให้ทำตามขั้นตอนที่ 1-5 ซ้ำจนได้ค่าตามค่า Standard Signal คือค่า 4 mA ถึง 20 mA

เช่น จากการทดลองที่ Tank ที่ 2 เมื่อเราทำการปรับค่ามาที่ค่า 100% แล้วทำการอ่านค่าที่เอาท์พุทได้ค่าเท่ากับ 16.52 mA แล้วเมื่อนำค่าที่ได้ไปเข้าสูตรเพื่อหาค่า A2 จะได้ค่าเท่ากับ 21.112 mA แล้วเราก็ทำการปรับค่า Span ให้ได้เท่ากับ 21.112 mA โดยการปรับที่ Span Adjustment และทำการปรับที่ Zero Adjustment ให้ได้ค่าเท่ากับ 20 mA แล้วก็ทำตามขั้นตอนขั้นต่อไป

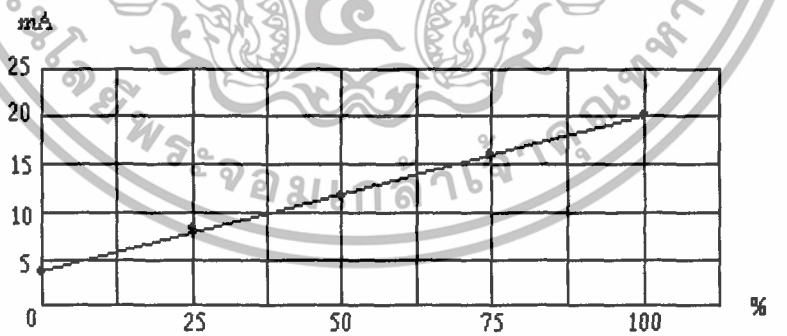
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. ผลการทดลองของ Tank ที่ 1

INPUT		OUTPUT				
		ก่อน	หลังจากการ Calibration			
%	mA	Calibration	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	4	4.26	4.01	4.00	4.00	4.003
25	8	8.87	7.98	7.98	8.01	7.990
50	12	12.66	12.02	12.01	12.01	12.013
75	16	16.45	16.04	16.07	16.03	16.047
100	20	19.89	20.01	20.05	20.00	20.020
75	16	16.37	16.09	16.07	16.06	16.073
50	12	12.54	12.04	12.06	12.08	12.060
25	8	8.63	8.03	8.05	8.06	8.047
0	4	4.17	4.04	4.03	4.03	4.033

กราฟแสดงกระแสเอาต์พุทเทียบกับระดับของเหลว Tank 1

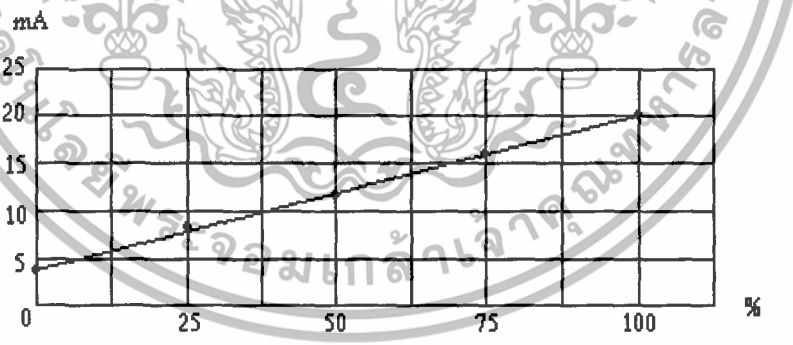


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลองของ Tank ที่ 2

INPUT		OUTPUT				
%	mA	ก่อน Calibration	หลังจากการ Calibration			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	4	4.34	3.98	4.01	4.00	3.997
25	8	8.56	8.02	8.00	8.01	8.010
50	12	12.24	12.02	12.01	12.00	12.010
75	16	16.89	16.04	16.02	16.01	16.023
100	20	19.88	20.01	20.03	20.01	20.017
75	16	16.91	16.05	16.02	16.01	16.027
50	12	12.31	12.04	12.03	12.01	12.027
25	8	8.48	8.04	8.02	8.02	8.027
0	4	4.27	4.02	4.03	4.01	4.020

กราฟแสดงกระแสเอาต์พุทเทียบกับระดับของเหลว Tank 2

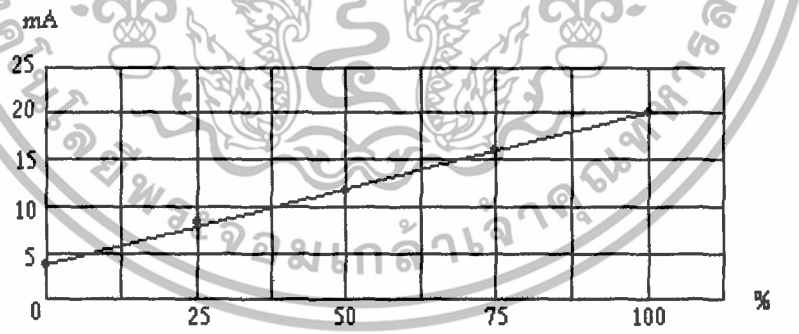


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดลองของ Tank ที่ 3

INPUT		OUTPUT				
%	mA	ก่อน Calibration	หลังจากการ Calibration			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	4	5.12	4.01	4.02	4.01	4.013
25	8	9.24	8.02	8.01	8.01	8.013
50	12	12.76	12.00	12.01	12.00	12.003
75	16	16.95	16.01	16.01	16.00	16.007
100	20	21.04	20.00	20.01	20.01	20.007
75	16	17.32	16.02	16.01	16.01	16.013
50	12	12.31	12.03	12.02	12.03	12.027
25	8	8.93	8.01	8.03	8.02	8.020
0	4	5.29	4.01	4.01	4.02	4.013

กราฟแสดงกระแสเอาต์พุทเทียบกับระดับของเหลว Tank 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองเปรียบเทียบระดับของเหลวกับกราฟิกที่สร้างด้วยโปรแกรม WONDERWARE

ทำการเปรียบเทียบค่าระดับของเหลวจากหน้าจอกราฟิกกับระดับของเหลวจริงที่ปรากฏอยู่ในกระบวนการควบคุมซึ่งใช้หลักการ Differential Pressure วัดระดับของเหลวในถังจริงแล้วแปลงเป็นสัญญาณ 4-20 mA เพื่อส่งค่าให้ตัวควบคุม PLC แล้วคอมพิวเตอร์จะทำการดึงข้อมูลจาก PLC ไปแสดงผลบนหน้าจออีกทีหนึ่ง โดยจะทำการสังเกตว่าค่ากราฟิกที่แสดงบนหน้าจอตรงกับค่าที่แสดงหรือไม่

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองซึ่งเป็นการจำลองการออกแบบกราฟิกแสดงผลโดยใช้โปรแกรม Wonderware โดยทำการสอบเทียบอุปกรณ์วัดคือ Differential Pressure Sensor ตามระดับของเหลวในถังทั้งสามถัง จะมีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าจริง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อระดับของเหลวในถังจริงมีการเปลี่ยนแปลงไปเท่าไรนั้น ค่าที่ปรากฏในกราฟิกก็จะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่ทั้งนี้อาจมีค่าที่ผิดพลาดเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น อุณหภูมิภายในห้องที่ทำการทดลองมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ค่าความต้านทานซึ่งประกอบอยู่บนวงจร Sensor ทำให้ค่าที่แสดงออกมามีการผิดพลาดเกิดขึ้น อีกสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการสอบเทียบภายใต้สภาวะที่ไม่เหมือนกับห้องทดลองจริง เช่น อุณหภูมิ รวมไปถึงการสื่อสารข้อมูลของสายสัญญาณที่ทำให้เกิดการรับ- ส่ง ข้อมูลอีกด้วย

โปรแกรม Wonderware นั้นเป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อโดยตรงกับผู้ใช้หรือผู้ควบคุม โดยโปรแกรม Wonderware จะทำการสร้างกราฟิกจำลองการควบคุมระบบแบบ Real-time Control จากการสอบเทียบ (Calibration) ของอุปกรณ์ Differential Pressure Sensor จะได้ค่าใกล้เคียงกับค่าสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงาน

จากการทดลองเราสามารถสร้างกราฟิกจำลองระบบควบคุมของกระบวนการ เพื่อที่จะทำการควบคุมระดับของของเหลวโดยใช้โปรแกรม Wonderware แล้วทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับ PLC เพื่อนำสัญญาณ Discrete จาก PLC ไปสั่งงานอุปกรณ์ที่อยู่ใน Plant จำลอง ได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว และปั๊ม ส่วนสัญญาณ Analog จาก Analog Module ของ PLC เราจะนำไปควบคุมระดับของของเหลว ในกราฟฟิกที่สร้างขึ้นนี้ ประกอบไปด้วย หน้าต่าง 5 หน้า ประกอบด้วย

1. หน้าแสดงระบบการควบคุมทั้งหมด
2. หน้าแสดงกราฟการควบคุม Real-time control
3. หน้าแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของถังที่ 1 เกินระดับที่ตั้งไว้
4. หน้าแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของถังที่ 2 เกินระดับที่ตั้งไว้
5. หน้าแสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของถังที่ 3 เกินระดับที่ตั้งไว้

จากการทดลองที่กล่าวมาแล้วนั้นบอกได้ว่า Wonderware เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการนำไปพัฒนาระบบควบคุม เรียกได้ว่าเป็น Object Oriented Graphic และ เราสามารถสร้างรูปแบบการแสดงผลหรือ Animation Link ได้อย่างง่ายดายรวมไปถึงการสร้าง Object Library เพื่อนำ Object นั้นๆไปพัฒนาระบบต่อไป ดังนั้น Wonderware จึงเป็นที่ได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการในโรงงานทั่วไป และเป็นการควบคุมระบบที่มีประสิทธิภาพโปรแกรมหนึ่งในปัจจุบัน

นอกจากนี้ในปริญญานิพนธ์นี้ได้สร้างอุปกรณ์วัดระดับ Differential Pressure Transmitter เพื่อวัดระดับของเหลวของกระบวนการแล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณควบคุมมาตรฐาน 4-20 mA โดยอุปกรณ์วัดระดับที่ใช้นี้มีความแม่นยำและความเป็นเชิงเส้นที่ดี

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ระบบการควบคุมอัตโนมัติที่ใช้กันในปัจจุบันมีการพัฒนาจากเดิมมาเป็นอย่างมาก ซึ่งแน่นอนว่าก็จะต้องรวมถึงโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลและควบคุมด้วย ซึ่งอาจพัฒนาไปถึงระบบ SCADA , DCS ซึ่งทำการควบคุมแบบ Real-time control

ในปริญญานิพนธ์นี้โปรแกรม Wonderware ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งของระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับระบบควบคุมขนาดใหญ่ ที่มีอุปกรณ์ต่างๆเพิ่มเข้ามา อาจจะนำโปรแกรมไปพัฒนาต่อไป เช่น การควบคุมผ่านอินเตอร์เน็ต หรือ การระบบการจัดการเชิงสถิติ SPC (Statistic Process Control) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

2. รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์, เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมการวัดคุม (Instrumentation Engineering) ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. practical process instrumentation and control, The staff of chemical engineering, Mc Graw-hill

4. หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม โดย สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์, พิมพ์ครั้งที่ 18 2546

5. DL 05/06 Option Modules USER MANUAL, www.automationdirect.com

6. www.thaiplc.com/viewarticles.php?articles_id=8 (PLC)

7. mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Plc/unit_2-2.htm (PLC)

8. pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/3073/MOTOROLA/LM358N.html (Sensor)

9. pirun.ku.ac.th/~b4655145/new_page_18.htm (solenoid valve)

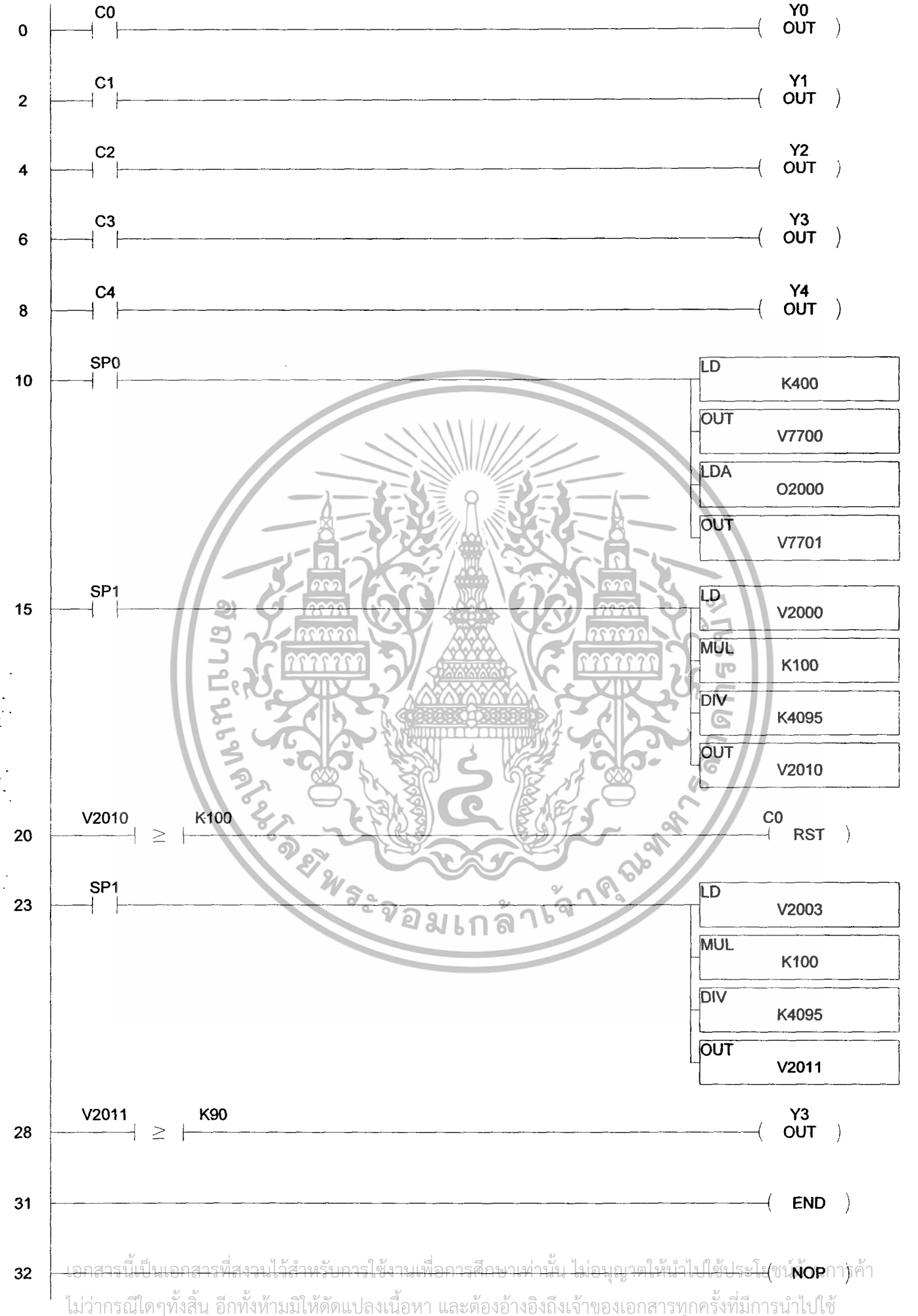
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InTouch 9.5

Visualization Software

- *Easy to use and extremely powerful*
- *Unrivaled Connectivity*
- *Flexible and Scalable*
- *SmartSymbols Technology*
- *Lowest Total Cost of Ownership*

Visualize Analyze Optimize

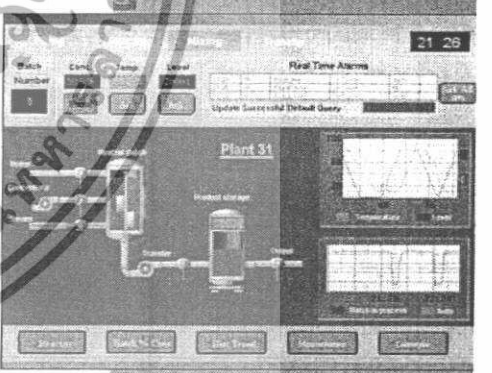
Wonderware's InTouch 9.5 visualization software combines the world's leading HMI software with cutting-edge graphical advances to enable customers to obtain tremendous improvements in operational and engineering productivity. The InTouch 9.5 HMI continues to outshine its competition with advances that include easy-to-use, object-oriented programmable graphics and powerful communication connectivity. InTouch software is an open and extensible HMI that enables flexibility in custom application design with connectivity to the broadest set of automation devices in the industry.

PRODUCT HIGHLIGHTS

- Operational enhancements that streamline graphical windows while greatly expanding the amount of information available
- Leverages ArchestrA technology, decreasing the amount of time and cost of creating, modifying, deploying, maintaining and standardizing software applications
- Easy-to-use, open HMI solution that seamlessly integrates with legacy and new plant systems, enabling fast connectivity to real-time and historical information
- Preserves engineering efforts through re-use and standardization of graphical information
- Robust, intuitive script editor enables expert software engineers as well as non-programmers to quickly customize application functions
- Flexible and scalable architectures for small and large systems that can be easily expanded to meet future requirements

GAIN A COMPETITIVE ADVANTAGE WITH A UNIFIED APPLICATION ENVIRONMENT

InTouch 9.5 software is built on the groundbreaking ArchestrA architecture. ArchestrA technology enables users to have a unified environment that integrates information from multiple disparate sources and provides a common infrastructure and set of services. A significant competitive advantage is gained with the ability to design, build, deploy, maintain and standardize applications with the lowest total cost of ownership. Benefits include:



- Easy updates to existing applications
- Dramatically decreased costs to develop new automation projects
- Substantially reduced implementation time

This architectural approach facilitates the easy extension and expansion of existing systems to stay competitive and increase manufacturing agility. In addition, users can quickly create applications that conform to company standards yet are versatile enough to be strategically deployed throughout an organization via the best-suited devices for increasing productivity and efficiency.

ARCHITECTURE BY ARCHESTRA
Every system in your plant, working in concert.

invensys Wonderware
Powering intelligent plant decisions in real ti

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CREATE AND DEPLOY EASY-TO-USE APPLICATIONS

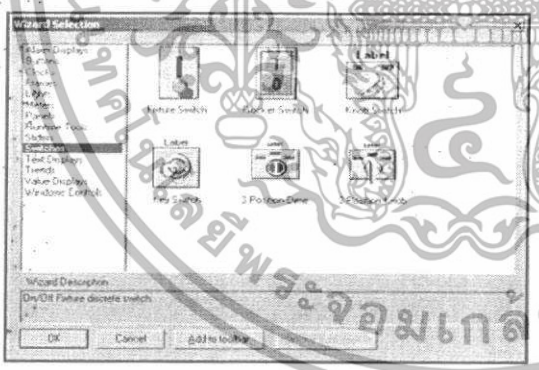
InTouch software enables users to quickly create and deploy graphical representations of real-time industrial processes. The InTouch HMI is used throughout the world, in virtually every country and industry. Wonderware's InTouch software is the proven world leader for HMI visualization and control of information.

Expansive Graphical User Interface (GUI) for Flexibility

The InTouch HMI empowers users to quickly and easily develop custom graphical views of their processes. Users can develop graphics with a variety of tools in Wonderware's WindowMaker graphical editing program, which includes:

- Standard graphical components
- Bitmap images
- ActiveX controls
- A graphics library that contains thousands of pre-configured industrial images
- SmartSymbol technology

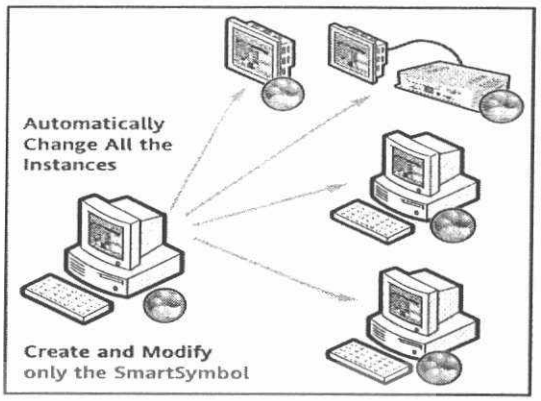
Plant employees also can leverage advanced development tools such as pan and zoom and rubber-banding to improve the speed and accuracy of application development.



Powerful Wizards and Templates

SmartSymbols for Increased Productivity

Wonderware's InTouch HMI is SmartSymbol-enabled, which represents an enormous advancement in the creation, deployment and modification of graphical elements inside an application. SmartSymbols offer considerable savings by significantly reducing application engineering, testing and deployment time, and enabling the creation of reusable templates from graphics. These object-oriented graphics contain all the graphical, script and tag controls that an application object needs to be useful in a production environment.



Rapid Change Propagation

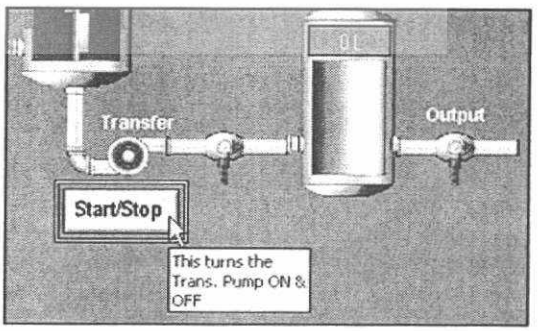
SmartSymbol graphics enable rapid propagation of changes throughout the application and even across multiple networked PC nodes. Users only modify the SmartSymbol template and the changes automatically propagate throughout the application. This makes changing, upgrading, and modifying – as well as validating and revalidating applications after modification – very fast and simple.

Productivity Improvements

Using SmartSymbols increases productivity when creating new applications and modifying existing applications. New applications can be quickly created using standard SmartSymbol libraries, facilitating easier compliance with standard operating procedures. Existing applications can easily be enhanced by modifying the SmartSymbol template. Customers benefit from improved flexibility and greater productivity.

More Information, Less Screen Clutter

New "tooltips" and "mouse-over" capabilities enable users to obtain more information about the real-time data and graphics being displayed in the window. This results in streamlined, uncluttered screens that can quickly display vital information. Additionally, these capabilities provide context to data, enable faster analysis, and facilitate better understanding of displayed information.



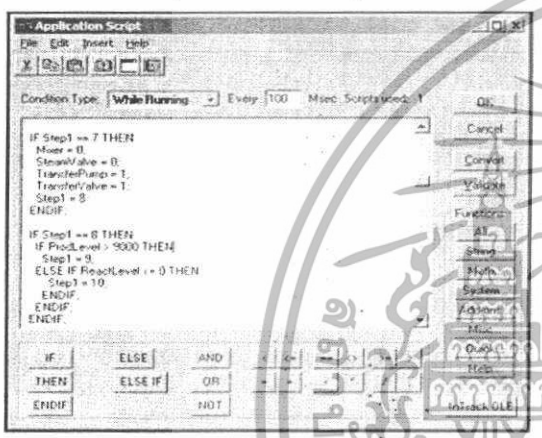
Powerful QuickScript Editor

With the QuickScript Editor, an InTouch application can be extended and customized to address specific system requirements, making InTouch software one

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of the most flexible HMI products on the market. Scripts can be configured to execute based on numerous parameters, such as specific process conditions, data changes, application and windows events, keyboard strokes and ActiveX events. Users can also develop a library of scripts that can be re-used, simplifying the application and resulting in decreased initial engineering and application maintenance time as well as deployment.

The QuickScript Editor is simple-to-use and extremely powerful, enabling complete customization of applications with common expressions and structures, such as "greater than," "less than," "for-next" and "if-then-else" as well as advanced functions including mathematical expressions and string conversions.



Easy-to-Use QuickScript Editor

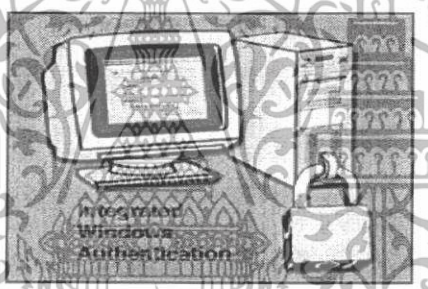
A built-in validation engine enables the user to check scripts before deploying them, preventing runtime errors. In addition, for more advanced users, scripts can be written and edited directly in the script editor, or cut and pasted from other applications, encouraging re-use and saving engineering time.

The QuickScript Editor gives users the flexibility to quickly and easily customize applications. From novice to expert programmer, everyone benefits from InTouch scripting.

PROTECT YOUR SYSTEM WITH INTEGRATED SECURITY

Different levels of security are required, depending on the application's function, who needs access and the type of access required. InTouch 9.5 software provides many integrated options that enable users to choose security models and options that match their requirements. These include:

- **Access-Level Password Security** – limits user capabilities in the InTouch application based on areas of responsibility and authority
- **Microsoft Windows Authentication** – grants permissions to InTouch users authenticated on a domain controller or local computer, based on user identity and group affiliations
- **Data Level Security** – customers who have adopted Wonderware's Industrial Application Server also enjoy secure integration between InTouch software and Industrial Application Server applications, all the way down to the data level
- **FDA 21 CFR Part 11 Functionality** – built-in authentication fields, security script functions and variables make it easier for users to comply with government regulations
- **Enhanced Password Encryption** – passwords entered through the application can be encrypted and masked to provide a greater level of security and protection against unwarranted access to the application
- **FactoryFocus Read Only Software** – a view-only runtime version of the InTouch application that increases system security because no data can be changed
- **No Security** – for non-critical applications and specific situations where security of the information is not needed



Strong Security for Applications

BENEFIT FROM UNRIVALED CONNECTIVITY

InTouch software can connect to virtually any industrial automation control device using hundreds of available I/O and OPC servers that are designed to connect to Wonderware products. In addition, the InTouch HMI can communicate via the SuiteLink protocol. Wonderware's SuiteLink communication protocol is written specifically for the high demands and reliability needs of fast-paced automation.

The InTouch HMI is capable of serving as an OPC client or an OPC server, and Wonderware servers provide access to InTouch application data through:

- Microsoft DDE communications
- Wonderware's SuiteLink protocol
- OPC technology

InTouch software offers connectivity to major hardware manufacturers including Rockwell, Siemens, Schneider and others. Third-party developers can also use the ArchestrA DAS (DA Server) Toolkit to create additional servers that incorporate one or all of the communication methods listed above.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TROUBLESHOOT EFFECTIVELY WITH ADVANCED ALARM CAPABILITIES

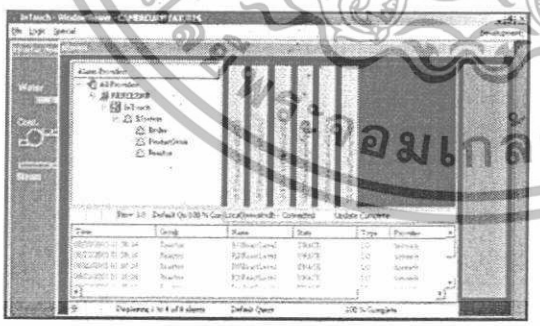
Knowledge of system alarms and the ability to acknowledge them in a timely manner can save hours of costly downtime and enable faster responses in critical situations. InTouch software includes several analysis tools and views into alarms, giving people the information they need to proactively correct situations before they worsen and to analyze events before, during and after an alarm situation. Troubleshooting tools include:

- **Distributed Alarm Display** – provides summary information of current alarms
- **Database View Control** – displays historical alarms that have been logged in the InTouch alarm logger database
- **Alarm Viewer Control** – an ActiveX control that provides both current summary and historical session alarm information

InTouch 9.5 software also contains several built-in and runtime configurable tools to enable users to quickly answer questions about specific alarm conditions. The tools assist plant employees in determining the nature of an alarm, its location and options for supporting fast analysis of alarm conditions coupled with immediate response capabilities.

Alarm Analysis Tools

- Built-In Pareto Charts
- Alarm Tree Navigation Windows
- Alarms Sortable at Runtime



Easy-to-use Wizards and dialog boxes make alarm configuration simple to implement. An InTouch user gains complete control over the current alarms in a system and retrieval of historical alarm information.

Alarm Acknowledgement

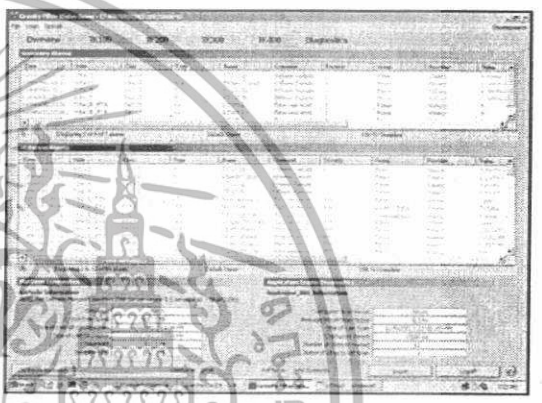
InTouch software offers three alarm acknowledgement models:

- Traditional, condition-oriented alarms
- Event alarms, which are compatible with the OPC alarm model and require an acknowledgment for the most recent transition to an alarmed state
- Expanded Summary alarms, which support acknowledgment of each transition into and out of an alarmed state.

Alarm Flexibility

Users have a lot of flexibility when configuring and viewing alarms, including

- Alarm Inhibitor Tags that facilitate the enabling or disabling of alarms directly or indirectly
- Alarm suppression, which prohibits the display of alarm information on a specific view node and can be applied to single alarm classes, tags or groups
- System-wide disablement, which can block alarm activity at the source



Powerful Distributed Alarm Subsystems

Alarm Toolkit

The Alarm Toolkit enables third parties, system integrators (SIs) and end-users to enhance InTouch systems by writing custom Alarm Providers and Alarm Consumers that work with their devices. Alarm Providers determine alarm conditions and publish the alarms to the InTouch Distributed Alarm Subsystem. Alarm Consumers are clients that receive information from the InTouch Distributed Alarm Subsystem. By using the toolkit, a hardware device interface can be constructed and integrated into an InTouch environment, allowing the hardware device to publish and manage alarms using the Distributed Alarm Subsystem.

SuiteLink Time-Stamping

InTouch 9.5 software offers alarming up to the millisecond -- when the alarm is generated, not when the consumer receives the alarm.

Alarm Database

The InTouch Distributed Alarm Subsystem supports logging alarms and events to a Microsoft SQL Server 7.0, 2000 or MDSE database. This function gives users the power of a relational database regardless of the application size or project budget.

Support for AlarmSuite users is still available. However, to enable maximum flexibility, the InTouch 9.5 HMI also provides migration tools from existing AlarmSuite databases to the Wonderware Alarm Database.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Local Variables

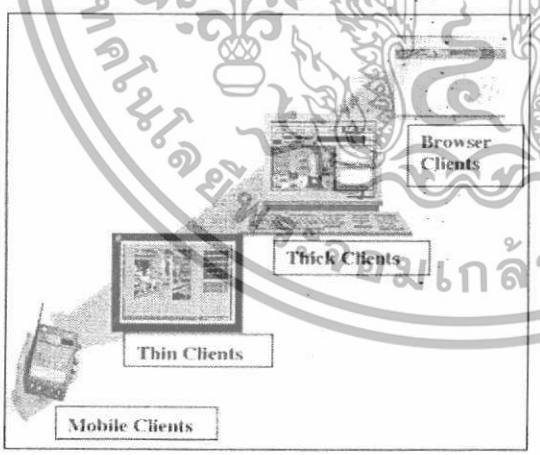
InTouch 9.5 software supports the use of local variables in scripts to store temporary results and create complex calculations with intermediate scripting values.

"Designed for Windows XP" Certification

InTouch software is the first HMI to qualify for Microsoft's prestigious "Designed for Windows XP" certification. This means that InTouch applications will install and run on the Windows XP platform.

INTEGRATE INTOUCH SOFTWARE WITH OTHER WONDERWARE COMPONENTS

InTouch 9.5 software can function as a universal client. It can be used as a front end for the Industrial Application Server, InTrack resource tracking software, InBatch production management software, the IndustrialSQL Server historian, InControl real-time control software and DT Analyst asset monitoring software. InTouch graphical windows can be viewed over a PDA, Tablet PC, thin-client terminals, standard computer displays and over a browser. In addition, client tools such as ActiveFactory analysis tools, SuiteVoyager Web analysis portal QI Analyst SPC/SQC software and SCADAlarm event-notification software collaborate with the InTouch HMI to provide additional information about the industrial process.



Agile Applications

ENJOY DEDICATED CUSTOMER SUPPORT

The Wonderware Customer Support Services Program makes it easy to maintain up-to-date Wonderware software and associated applications. To learn more about this valuable program, which often increases the value of industrial software applications, please contact your local Wonderware sales representative.

SYSTEM REQUIREMENTS

To run InTouch 9.5 software, we recommend the following hardware and software configurations:

HARDWARE

Minimum

- 1.2 GHz Pentium III or greater
- 512 MB of RAM, plus 5MB of additional RAM per 5K tags
- 2 GB Free Hard Disk Space

OPERATING SYSTEMS*

- Microsoft Windows 2003 Server, Standard and Enterprise Editions
- Microsoft Windows 2000 Professional, Server, and Advanced Server
- Microsoft Windows XP
- Microsoft Windows XP Tablet Edition

*with the latest service packs applied

Contact Wonderware or your local Distributor for information about software products for industrial automation.
Wonderware Corporation • 26561 Rancho Parkway South, Lake Forest, CA 92630 • Tel: (949) 727-3200 • Fax: (949) 727-3270
www.wonderware.com

© 2005 Invensys Systems, Inc. All rights reserved. No part of the material protected by this copyright may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, broadcasting, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from Invensys Systems, Inc.
Invensys; Wonderware; ActiveFactory; ArchestrA; DT Analyst; FactorySuite; FactorySuite A²; InBatch; InControl; IndustrialSQL Server; InTouch; InTrack; QI Analyst; SCADAlarm; SuiteLink; SuiteVoyager; WindowMaker; WindowViewer; WonderWorld; "Every system in your plant, working in concert."; the Visualize, Analyze, Optimize symbols; and "Visualize, Analyze, Optimize" are trademarks or service marks of Invensys plc, its subsidiaries and affiliated companies. All other brands and product names may be the trademarks or service marks of their respective owners.

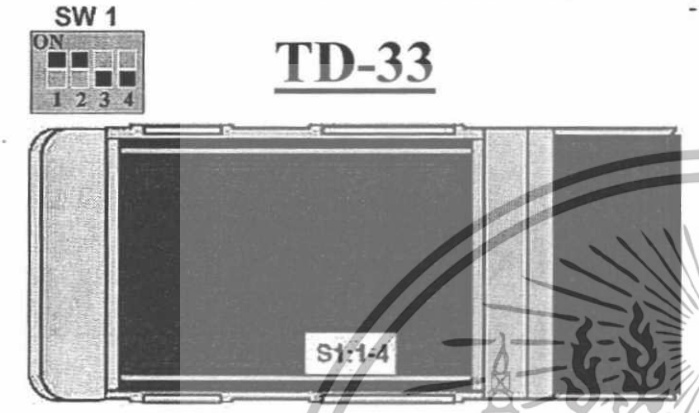
PN 15-0156

Rev. 9/05

westermo.us

PHONE: 262-446-0000
FAX: 262-446-0300
E-MAIL: support@westermo.us

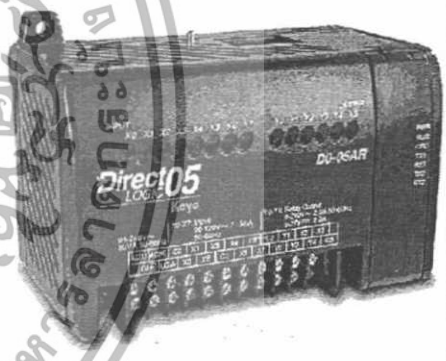
Connecting an AutomationDirect / Koyo DL05, DL06, DL105, or DL205 PLC with Telephone Modem TD-33



NOTES

- Baud Rates on TD-33 and PLC must match. This example uses default settings on DL05 Port 1: 9600,Odd,8,1. Other configurations are possible.
- Configure DirectSoft programming software for modem dial-up.

DB-9 Female Port



RJ-11 Female Port

9-pos. D-sub	Screw terminal	Direction DCE-DTE	Description
1	3	→	DCD/Data carrier detect
2	7	→	RXD/Receive data
3	8	←	TXD/Transmit data
4	4	←	DTR/Data terminal ready
5	1, 9	- - -	SG/Signal ground
6	2	→	DSR/Data Set Ready
7	6	←	RTS/Request to send
8	5	→	CTS/Clear to send
9		→	RI/Ring indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX2010 SERIES

Motorola Preferred Device

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

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

The MPX2010/MPXT2010 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.

Features

- Temperature Compensated over 0°C to +85°C
- Unique Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Ratiometric to Supply Voltage
- Differential and Gauge Options

Application Examples

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

UNIBODY PACKAGES
MPX2010

BASIC CHIP CARRIER ELEMENT
CASE 344–15, STYLE 1

DIFFERENTIAL PORT OPTION
CASE 344C–01, STYLE 1

PIN NUMBER			
1	2	3	4
Ground	$+V_{out}$	V_S	$-V_{out}$

NOTE: Pin 1 is the notched pin.

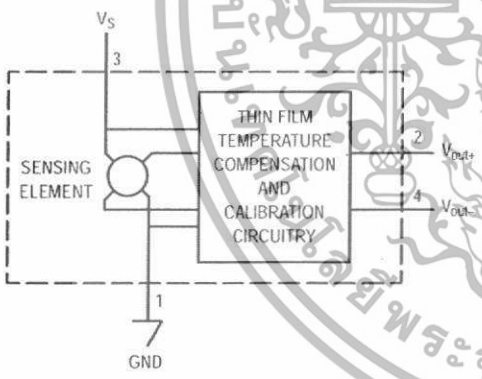


Figure 1. Temperature Compensated and Calibrated Pressure Sensor Schematic

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.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© Motorola, Inc. 2000

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Overpressure[8] (P1 > P2)	P_{max}	75	kPa
Burst Pressure[8] (P1 > P2)	P_{burst}	100	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	−40 to +125	°C
Operating Temperature	T_A	−40 to +125	°C

OPERATING CHARACTERISTICS (V_S = 10 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range[1]		P_{OP}	0	—	10	kPa
Supply Voltage[2]		V_S	—	10	16	Vdc
Supply Current		I_o	—	6.0	—	mAdc
Full Scale Span[3]		V_{FSS}	24	25	26	mV
Offset[4]	MPX2010 MPXT2010	V_{off}	−1.0 −1.0	— —	1.0 1.0	mV
Sensitivity		ΔV/ΔP	—	2.5	—	mV/kPa
Linearity[5]		—	−1.0	—	1.0	$\%V_{FSS}$
Pressure Hysteresis[5] (0 to 10 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	Ω
Output Impedance		Z_{out}	1400	—	3000	Ω
Response Time[6] (10% to 90%)		t_R	—	1.0	—	ms
Warm-Up		—	—	20	—	ms
Offset Stability[9]		—	—	±0.5	—	$\%V_{FSS}$

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Weight (Basic Element Case 344–15)	—	—	2.0	—	Grams
Weight (Basic Element Case 473A–01)	—	—	2.0	—	Grams
Common Mode Line Pressure[7]	—	—	—	690	kPa

NOTES:

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 rated 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, using end point method, 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 at full rated pressure 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.
6. Response Time is defined as the time for 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. Common mode pressures beyond specified may result in leakage at the case–to–lead interface.
8. Exposure beyond these limits may cause permanent damage or degradation to the device.
9. Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON–CHIP TEMPERATURE COMPENSATION and CALIBRATION

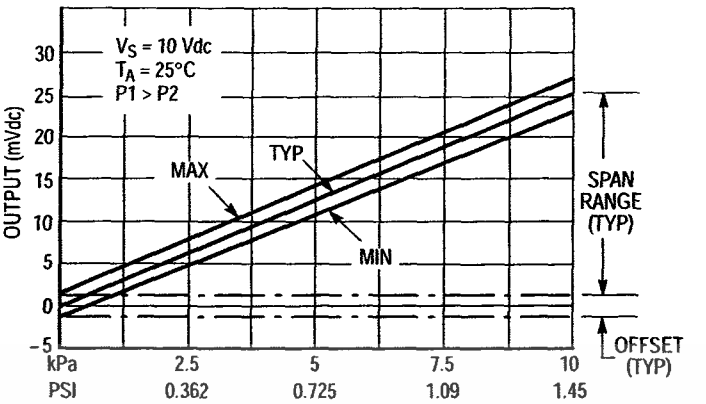


Figure 2. Output versus Pressure Differential

Figure 2 shows the output characteristics of the MPX2010 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.

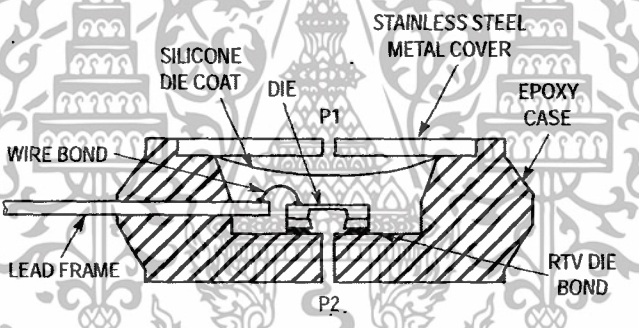


Figure 3. Unibody Package — Cross–Sectional Diagram (not to scale)

Figure 3 illustrates the differential/gauge die in the basic chip carrier (Case 344–15). 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 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINEARITY

Linearity refers to how well a transducer's output follows the equation: $V_{out} = V_{off}$ + sensitivity x P over the operating pressure range. There are two basic methods for calculating nonlinearity: (1) end point straight line fit (see Figure 5) 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. Motorola's specified pressure sensor linearities are based on the end point straight line method measured at the midrange pressure.

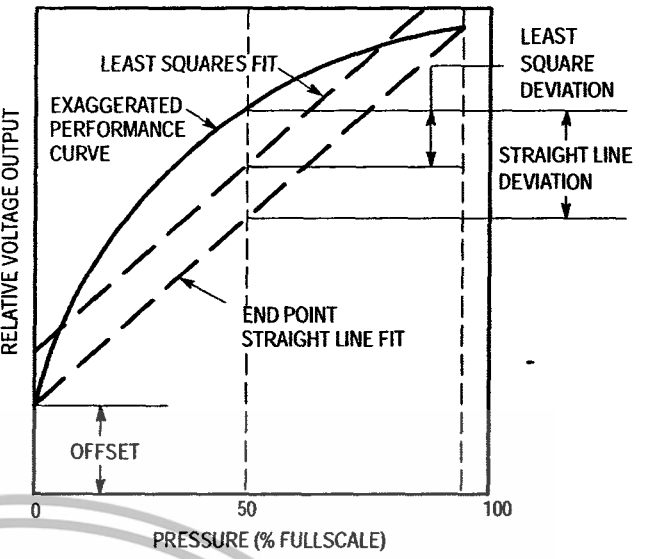


Figure 4. Linearity Specification Comparison

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

Motorola 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 Motorola MPX pressure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, P1 > P2.

The Pressure (P1) side may be identified by using the table below:

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX2010D	344–15	Stainless Steel Cap
MPX2010DP	344C–01	Side with Part Marking
MPX2010GP	344B–01	Side with Port Attached
MPXT2010G7U	473A–01	Side with Part Marking

ORDERING INFORMATION — UNIBODY PACKAGE

MPX2010 series pressure sensors are available in differential and gauge configurations. Devices are available in the basic element package or with pressure port fittings which provide printed circuit board mounting ease and barbed hose pressure connections.

Device Type	Options	Case Type	MPX Series	
			Order Number	Device Marking
Basic Element	Differential	Case 344–15	MPX2010D MPX2012D	MPX2010D MPX2012D
Ported Elements	Differential	Case 344C–01	MPX2010DP MPX2012DP	MPX2010DP MPX2012DP

ORDERING INFORMATION — TOP PISTON FIT PACKAGE

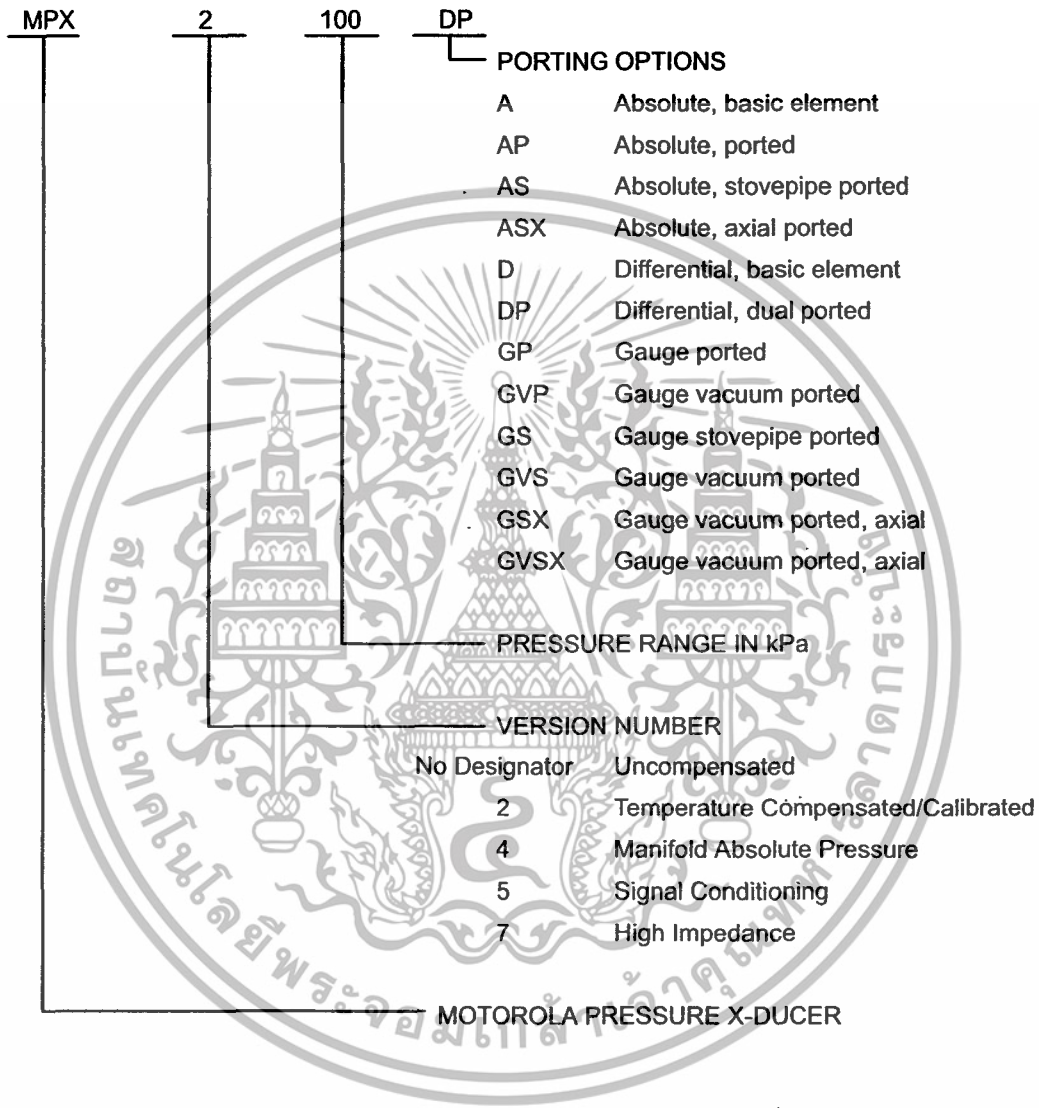
The MPXT2010G7U pressure sensor is available to be shipped in Rails.

Packing Options	Port Options	Leadform	Case Type	MPXT Series Order No.	Marking
Rails	Element	84 degree	473A–01	MPXT2010G7U	MPXT2010G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX 1

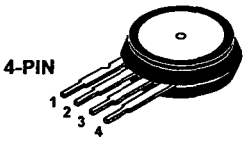
Device Numbering System for Pressure Sensors



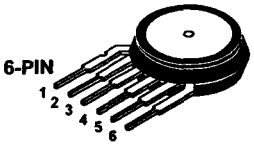
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX 3

Pinout Diagrams for Pressure, Temperature and Accelerometer Sensors



CASE 344–08, Style 1

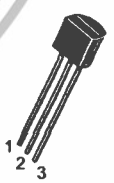


CASE 867–04, Style 1

PRESSURE SENSORS

Case Type	Package Style	PIN STYLE	PIN 1	PIN 2	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 6
344–08	4 PIN Unibody	1	Ground	+Output	Supply	–Output	—	—
344–08	4 PIN Unibody	2	V_{CC}	–Supply	+ Supply	Ground	—	—
350-03	4 PIN Unibody	1	Ground	+Output	Supply	–Output	—	—
352–02	4 PIN Unibody	1	Ground	+Output	Supply	–Output	—	—
371-05	4 PIN Unibody	1	Ground	+Output	Supply	–Output	—	—
371C–02	4 PIN Unibody	1	Ground	+Output	Supply	–Output	—	—
371D–02	4 PIN Unibody	1	Ground	+Output	Supply	–Output	—	—
423–03	4 PIN Chip–Pak	1	V_{CC}	+Output	–Output	Ground	—	—
867–04	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867A–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867B–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867C–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867D–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867E–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867F–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867G–02	6 PIN Unibody	1	V_{out}	Ground	V_{source}	*N/C	*N/C	*N/C
867H–02	6 PIN Unibody	1	*N/C	Ground	–Output	V_{source}	+Output	*N/C

* Note: Pins are used for internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground.



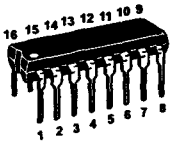
Temperature Sensor

TEMPERATURE SENSORS

Case Type	Package Style	PIN 1	PIN 2	PIN 3
29-04	TO-226AA	Emitter	Base	Collector

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix 3 — Pinout Diagrams for Pressure, Temperature and Accelerometer Sensors (continued)



CASE 648C–03

ACCELEROMETER

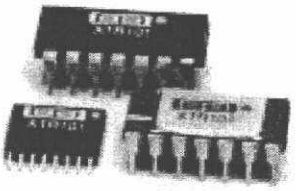
Case Type	Package Style	PIN 1	PIN 2	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 6	PIN 7
447–01	16 PIN DIP	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	Self–Test	Output	Bypass (2)	Ground
648C–01	SIP	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	Self–Test	Output	Bypass (2)	Ground

PIN 8	PIN 9	PIN 10	PIN 11	PIN 12	PIN 13	PIN 14	PIN 15	PIN 16
V_S (2)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)
V_S (2)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)	N/C (1)

Notes:
1. Internal connections. All N/C must remain floating, except DIP's pin 11 which must be tied to pin 8.
2. Bypass to ground with 0.1 µF ceramic capacitor to improve noise performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BURR-BROWN®



XTR101

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
- –40°C to +85°C SPECIFICATION RANGE
- SMALL 14-PIN DIP PACKAGE, CERAMIC AND PLASTIC

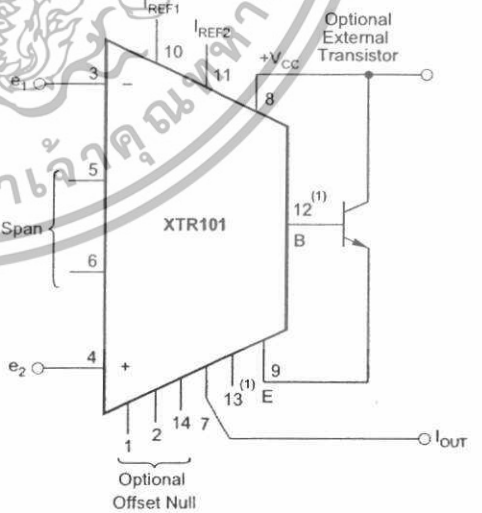
APPLICATIONS

- 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.

International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
Internet: http://www.burr-brown.com/ • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

©1986 Burr-Brown Corporation PDS-627G Printed in U.S.A. October, 1993

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

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

PARAMETER	CONDITIONS	XTR101AG			XTR101BG			XTR101AP			XTR101AU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
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			*			600			*	Ω
	At V_{CC} = +40V, I_O = 20mA			1400			*			1400			*	Ω
SPAN														
Output Current Equation	R_S in Ω, e_1 and e_2 in V						$i_O = 4mA + [0.016Ω + (40/R_S)] (e_2 - e_1)$							
Span Equation	R_S in Ω						$S = [0.016Ω + (40/R_S)]$							A/V
vs Temperature	Excluding TCR of R_S		±30	±100		*	*		*	*		*	*	ppm/°C
Untrimmed Error[2]	ε_{SPAN}	–5	–2 5	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	%
Nonlinearity	$\varepsilon_{NONLINEARITY}$			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		110	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	$\Delta I_{OS}/\Delta T$		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, Fig. 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	With Respect to Pin 7	0		V_{CC} – 3.5	*		*	*		*	*		*	V
Ratio Match	Tracking													
Accuracy	$(1 - I_{REF1}/I_{REF2})$ X 100%		±0.014	±0.06		±0.009	±0.04		±0.031	±0.088		±0.031	±0.088	%
vs Tempeature				±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	*		*	–40		+85	*		*	°C
Operating		–55		+125	*		*	–40		+85	–40		+85	°C
Storage		–55		+165	*		*	–55		+125	–55		+125	°C

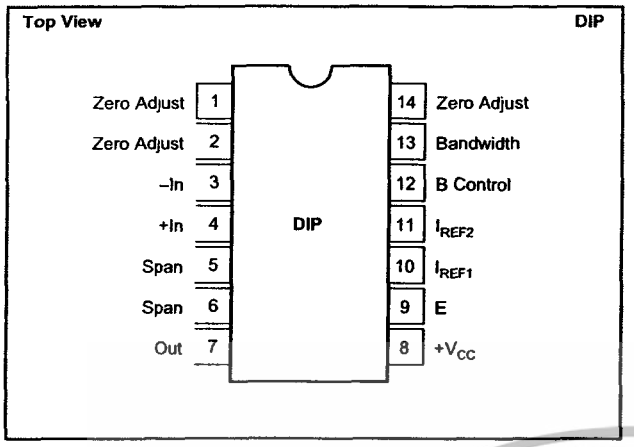
* Same as XTR101AG.

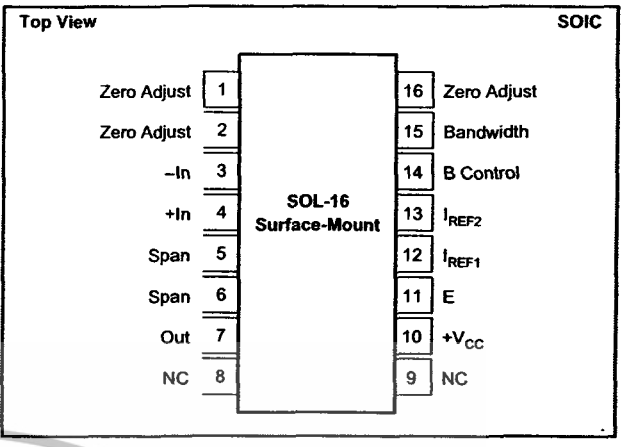
NOTES: (1) See Typical Performance Curves. (2) Span error shown is untrimmed and may be adjusted to zero. (3) e_1 and e_2 are signals on the –In and +In terminals with respect to the output, pin 7. While the maximum permissible Δe is 1V, it is primarily intended for much lower input signal levels, e.g., 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 Application Information section.

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATION





ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

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

PACKAGE/ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER(1)	TEMPERATURE RANGE
XTR101AG	14-Pin Ceramic DIP	169	–40°C to +85°C
XTR101BG	14-Pin Ceramic DIP	169	–40°C to +85°C
XTR101AP	14-Pin Plastic DIP	010	–40°C to +85°C
XTR101AU	16-Lead SOIC	211	–40°C to +85°C

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book.

ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

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

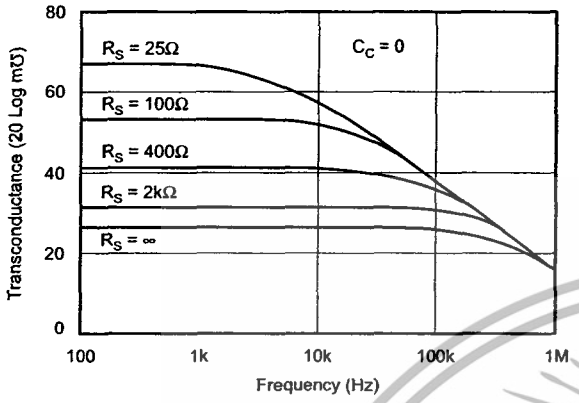
ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

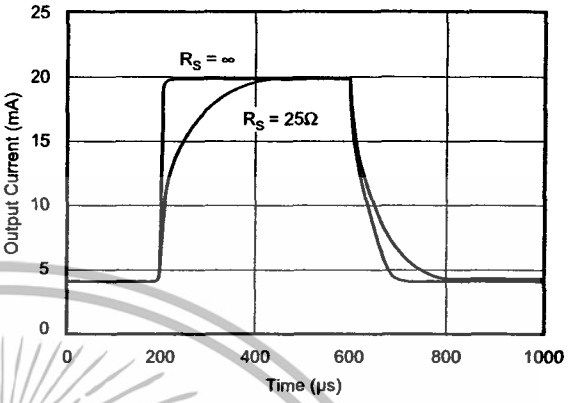
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

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

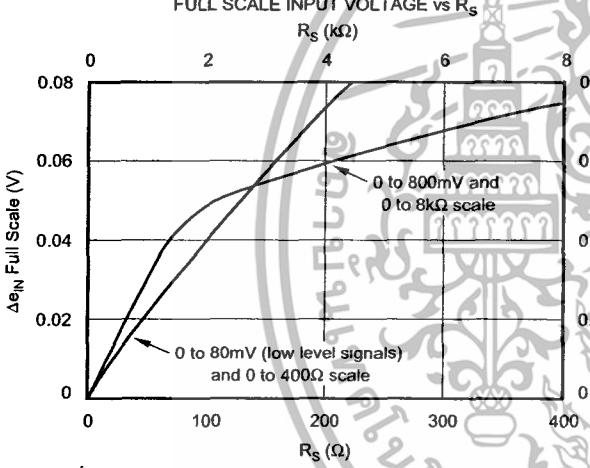
SPAN vs FREQUENCY



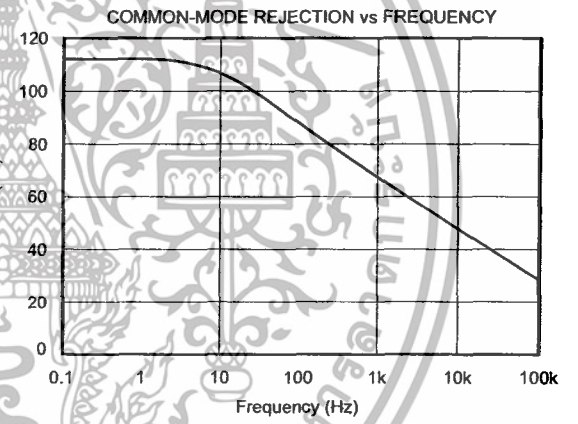
STEP RESPONSE



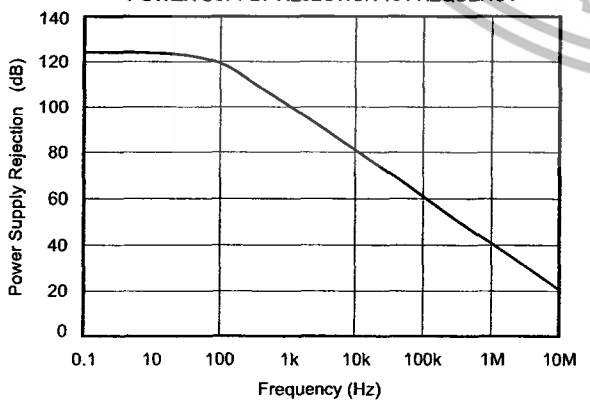
FULL SCALE INPUT VOLTAGE vs R_S



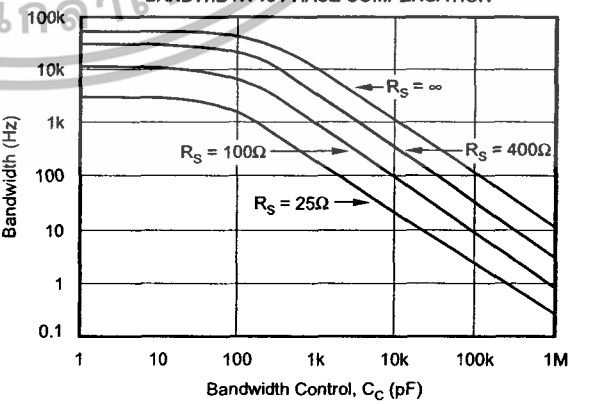
COMMON-MODE REJECTION vs FREQUENCY



POWER SUPPLY REJECTION vs FREQUENCY



BANDWIDTH vs PHASE COMPENSATION

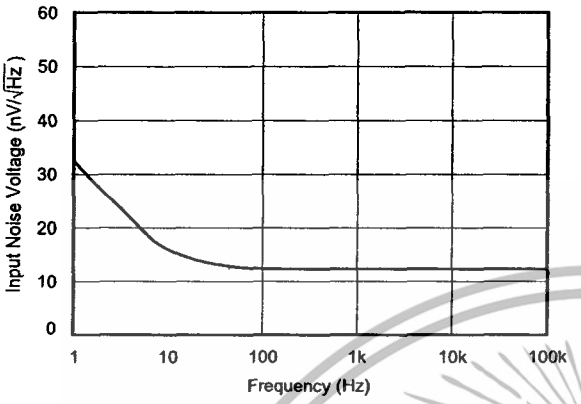


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แสวงหาผลกำไรทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

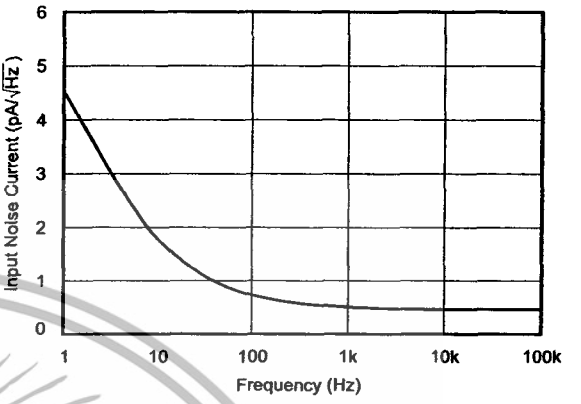
TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

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

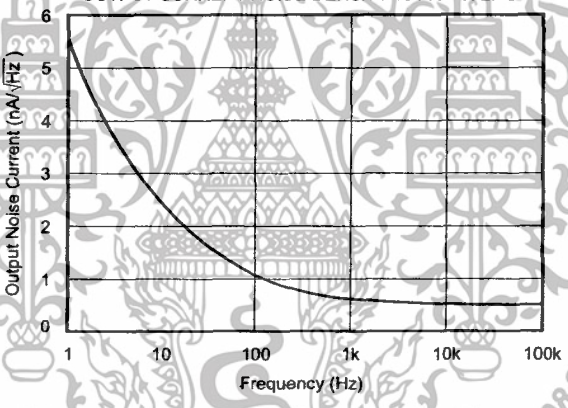
INPUT VOLTAGE NOISE DENSITY vs FREQUENCY



INPUT CURRENT NOISE DENSITY vs FREQUENCY



OUTPUT CURRENT NOISE DENSITY vs FREQUENCY



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; i.e., $(0.016\mathfrak{V} + 40/R_S)(e_{IN}$ full scale) = 16mA. Note that since I_O is unipolar e_2 must be kept larger than e_1; i.e., $e_2 \geq e_1$ 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.

INSTALLATION AND OPERATING INSTRUCTIONS

BASIC CONNECTION

The basic connection of the XTR101 is shown in Figure 1. 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

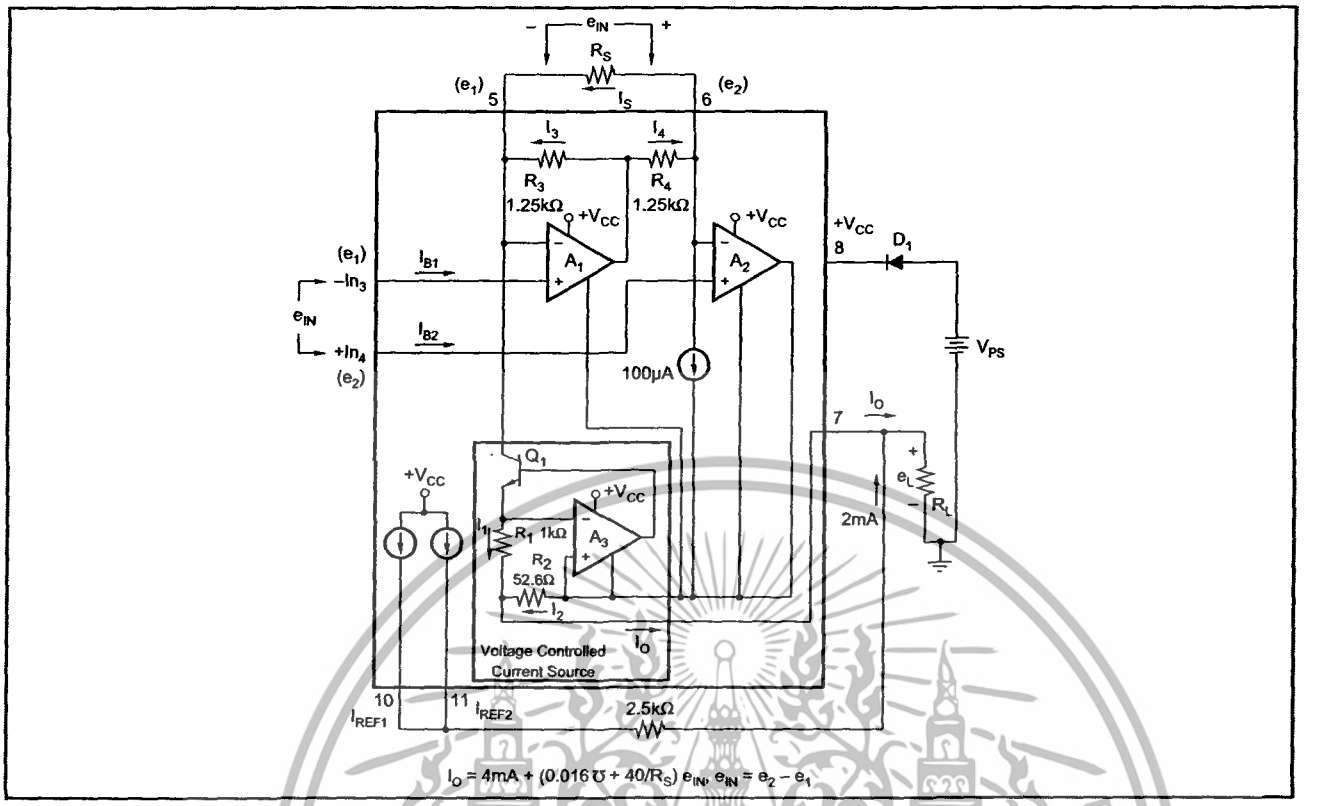


FIGURE 1. Simplified Schematic of the XTR101.

and minimizes thermal feedback to the input stage. Also in such applications where 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's 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.

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 shown in 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 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.

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 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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหาผลกำไรทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

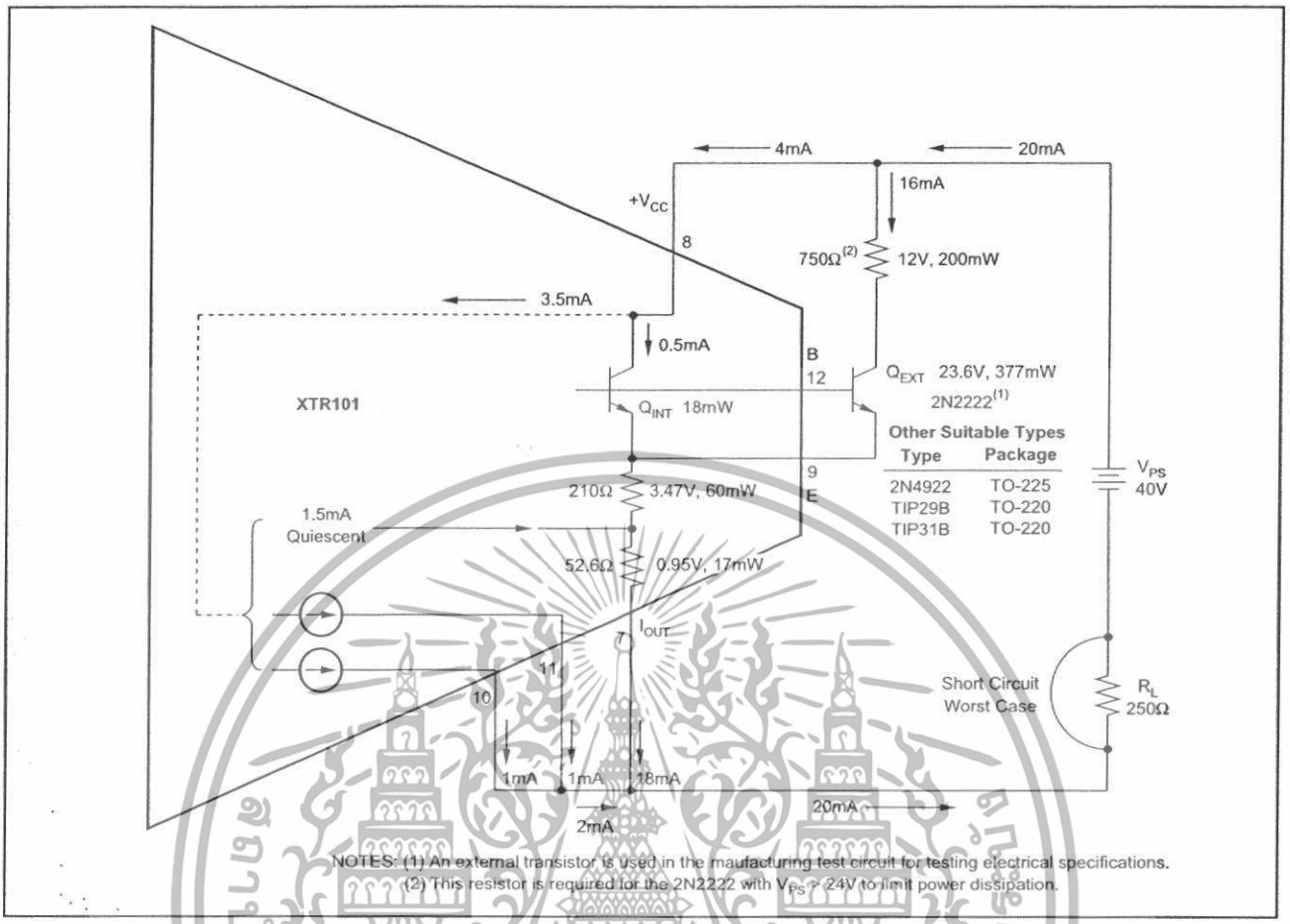


FIGURE 2. Power Calculation of XTR101 with External Transistor.

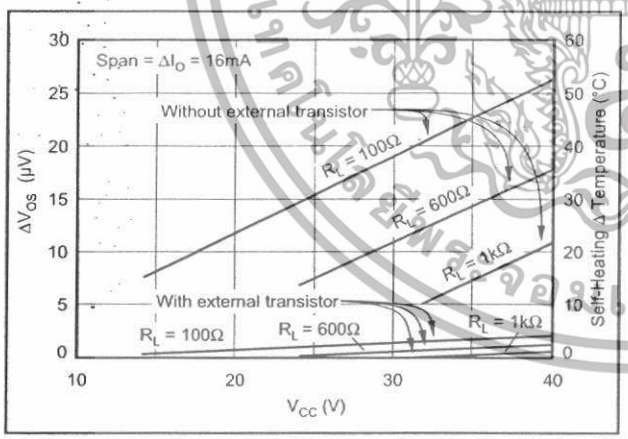


FIGURE 3. Thermal Feedback Due to Change in Output Current.

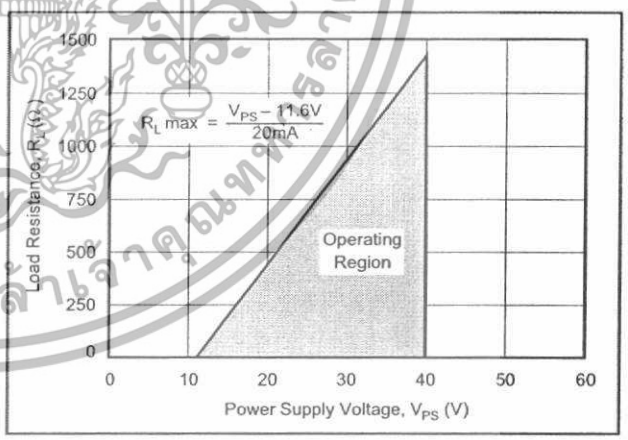


FIGURE 4. Power Supply Operating Range.

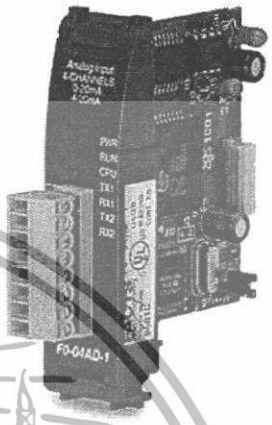
4. The maximum input signal level (e_{INFS}) is 1V with $R_S = \infty$ and proportionally less as R_S decreases.
5. Always return the current references (pins 10 and 11) to the output (pin 7) through an appropriate resistor. If the references are not used for biasing or excitation, connect them together 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 (see 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 (e.g., transient) or long term application of the wrong polarity of voltage between pins 7 and 8.

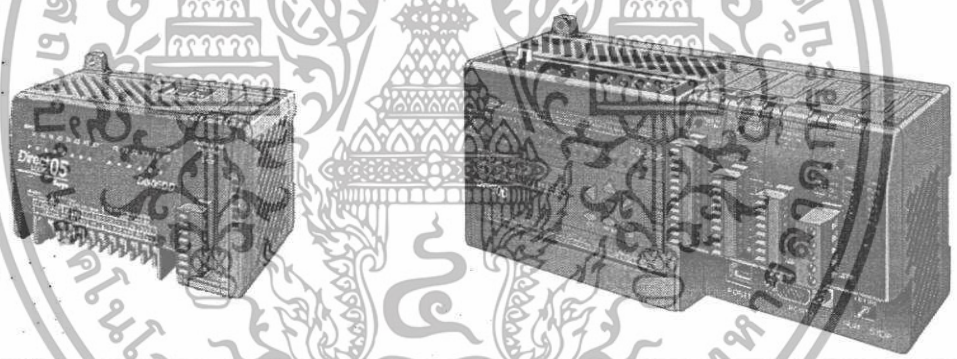
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module Specifications

The F0-04AD-1 Analog Input module offers the following features:

- The DL05 and DL06 will read all four channels in one scan.
- The removable terminal block makes it possible to remove the module without disconnecting the field wiring.
- Analog inputs can be used as process variables for the four (4) PID loops in the DL05 and the eight (8) PID loops in the DL06 CPUs.
- Field device burn–out is detected on all four channels when 4–20mA range is selected.
- On-board active analog filtering and RISC-like microcontroller provide digital signal processing to maintain precise analog measurements in noisy environments.





***NOTE:** The DL05 CPU's analog feature for this module requires **DirectSOFT32** Version 3.0c (or later) and firmware version 2.10 (or later). The DL06 requires **DirectSOFT32** version V4.0, build 16 (or later) and firmware version 1.00 (or later). See our website for more information: **www.automationdirect.com**.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The following tables provide the specifications for the F0–04AD–1 Analog Input Module. Review these specifications to make sure the module meets your application requirements.

Input Specifications	
Number of Channels	4, single ended (one common)
Input Range	0 to 20 mA or 4 to 20 mA current (jumper selectable)
Resolution	12 bit (1 in 4096) for 0-20mA, scaled for 4-20mA
Step Response	25.0 mS (typ) to 95% of full step change
Crosstalk	-80 dB, 1/2 count maximum *
Active Low-pass Filtering	-3 dB at 40Hz (-12 dB per octave)
Input Impedance	125 Ohm ± 0.1%, 1/8 W current input
Absolute Maximum Ratings	-30 mA to +30 mA current input
Converter type	Successive approximation
Linearity Error (End to End)	± 2 counts maximum *
Input Stability	± 1 count *
Full Scale Calibration Error (Offset error not included)	± 10 counts maximum, @ 20mA current input*
Offset Calibration Error	± 5 counts maximum @ 4mA current input *
Maximum Inaccuracy	±.4% @ 25°C (77°F) ±.85% 0 to 60°C (32 to 140°F)
Accuracy vs. Temperature	±100 ppm/ °C maximum full scale calibration (including maximum offset change)
Recommended Fuse (external)	0.032 A Series 217 fast-acting current inputs

* One count in the specification table is equal to one least significant bit of the analog data value (1 in 4096).

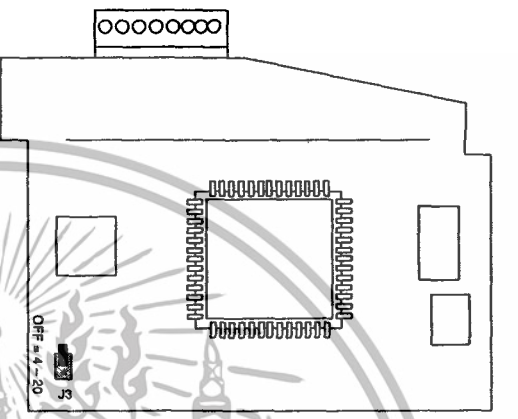
General Specifications	
PLC Update Rate	4 channels per scan
16-bit Data Word	12 binary data bits 2 channel ID bits 2 diagnostic bits
Operating Temperature	0 to 60° C (32 to 140°F)
Storage Temperature	-20 to 70°C (-4 to 158°F)
Relative Humidity	5 to 95% (non-condensing)
Environmental air	No corrosive gases permitted
Vibration	MIL STD 810C 514.2
Shock	MIL STD 810C 516.2
Noise Immunity	NEMA ICS3-304
Power Budget Requirement	50 mA @ 5VDC (supplied by base)
Connector	Phoenix Mecano, Inc. Part No. AK1550/8-3.5 - green
Connector Wire Size	28 - 16 AWG
Connector Screw Torque	0.4 Nm
Connector Screwdriver Size	DN-SS1 (recommended)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Setting the Module Jumper

The position of jumper J3 determines the input signal level. You can choose between 4–20mA and 0–20mA. The module ships with the jumper not connecting the two pins. In this position, the expected input signal is 4–20mA. To select 0–20mA signals, use the jumper to cover both pins.

The default jumper setting selects a 4–20mA signal source. The default jumper setting does not connect the two pins.



WARNING: Before removing the analog module or the terminal block on the face of the module, disconnect power to the PLC and all field devices. Failure to disconnect power can result in damage to the PLC and/or field devices.

Connecting and Disconnecting the Field Wiring

Wiring Guidelines

Your company may have guidelines for wiring and cable installation. If so, you should check those before you begin the installation. Here are some general things to consider:

- Use the shortest wiring route whenever possible.
- Use shielded wiring and ground the shield at the transmitter source. *Do not* ground the shield at both the module and the source.
- Do not run the signal wiring next to large motors, high current switches, or transformers. This may cause noise problems.
- Route the wiring through an approved cable housing to minimize the risk of accidental damage. Check local and national codes to choose the correct method for your application.

The F0–04AD–1 does not supply power to field devices. You will need to power transmitters separately from the PLC.

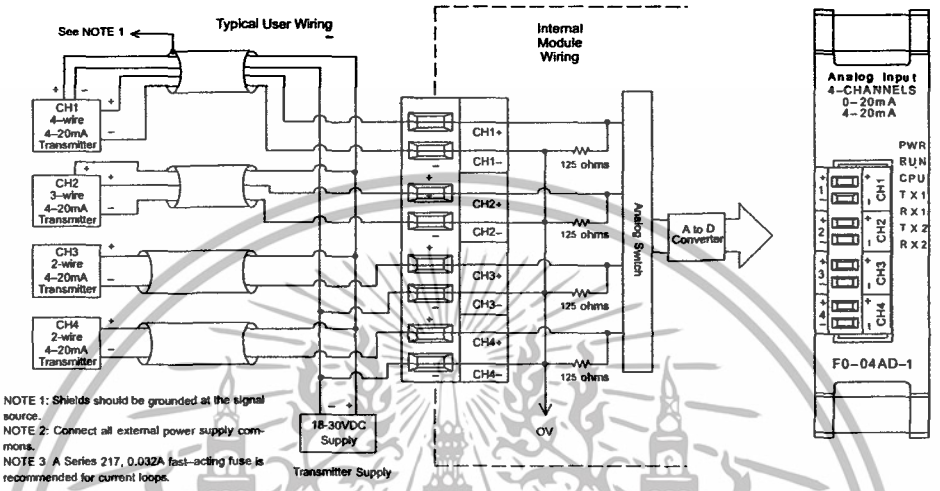
To remove the terminal block, disconnect power to the PLC and the field devices. Pull the terminal block firmly until the connector separates from the module.

You can remove the analog module from the PLC by folding out the retaining tabs at the top and bottom of the module. As the retaining tabs pivot upward and outward, the module's connector is lifted out of the PLC socket. Once the connector is free, you can lift the module out of its slot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wiring Diagram

Use the following diagram to connect the field wiring. If necessary, the F0–04AD–1 terminal block can be removed to make removal of the module possible without disturbing field wiring.



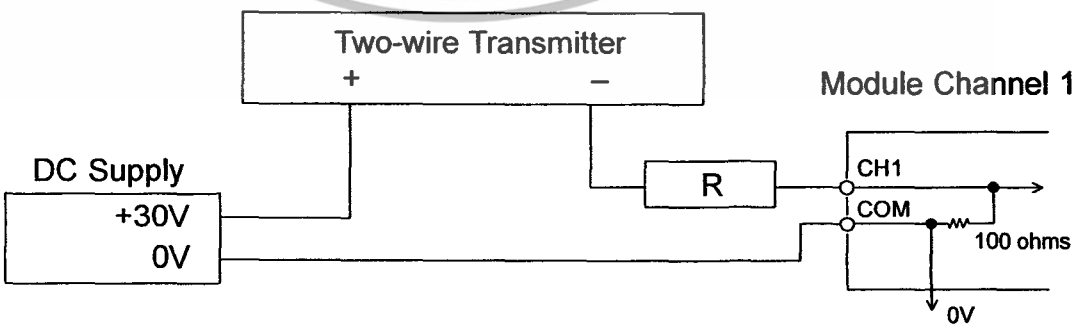
Current Loop Transmitter Impedance

Manufacturers of transmitters and transducers specify a wide variety of power sources for their products. Follow the manufacturer's recommendations.

In some cases, manufacturers specify a minimum loop or load resistance that must be used with the transmitter. The F0-04AD-1 provides 125 ohm resistance for each channel. If your transmitter requires a load resistance below 125 ohms, you do not have to make any changes. However, if your transmitter requires a load resistance higher than 125 ohms, you need to add a resistor in series with the module.

Consider the following example for a transmitter being operated from a 30 VDC supply with a recommended load resistance of 750 ohms. Since the module has a 125 ohm resistor, you need to add an additional resistor.

R = Tr – Mr	R = resistor to add
R = 750 – 125	Tr = Transmitter Requirement
R ≥ 625	Mr = Module resistance (internal 125 ohms)

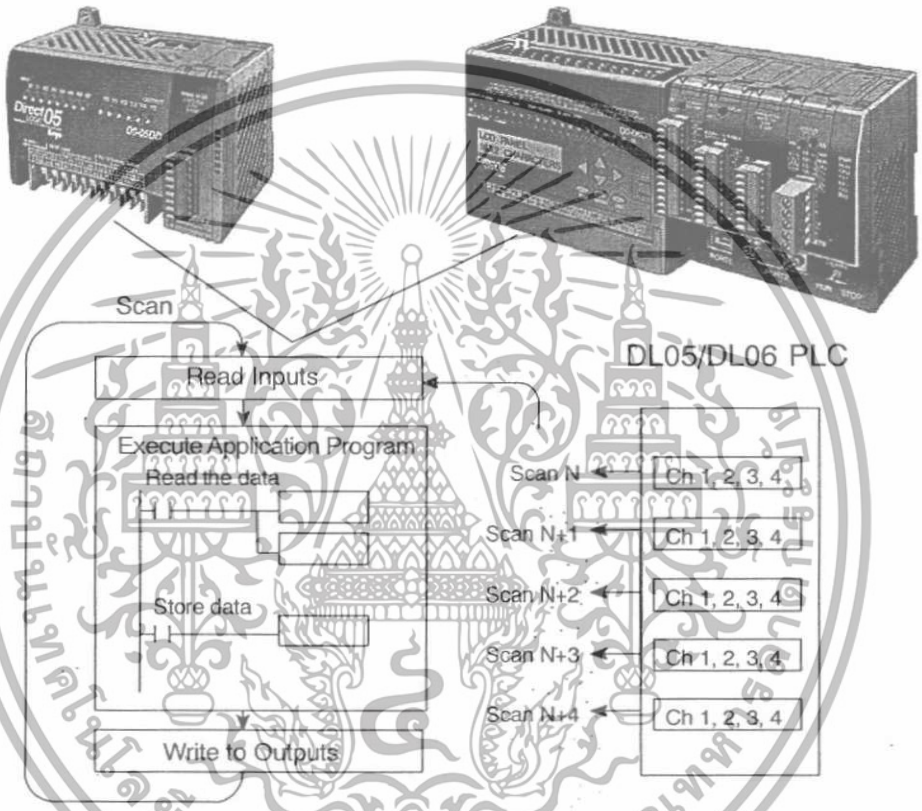


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module Operation

Channel Scanning Sequence

The DL05 and DL06 will read all four channels of input data during each scan. Each CPU supports special V-memory locations that are used to manage the data transfer. This is discussed in more detail beginning in the section on "Special V–memory Locations".



Analog Module Updates

Even though the channel updates to the CPUs are synchronous with the CPU scan, the module asynchronously monitors the analog transmitter signals and converts each signal into a 12-bit binary representation. This enables the module to continuously provide accurate measurements without slowing down the discrete control logic in the RLL program.

The module takes approximately 25 milliseconds to sense 95% of the change in the analog signal. For the vast majority of applications, the process changes are much slower than these updates.

NOTE: *If you are comparing other manufacturers' update times (step responses) with ours, please be aware that some manufacturers refer to the time it takes to convert the analog signal to a digital value. Our analog to digital conversion takes only a few microseconds. It is the settling time of the filter that is critical in determining the full update time. Our update time specification includes the filter settling time.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special V-memory Locations

Formatting the Module Data

The DL05 and DL06 PLCs have special V-memory locations assigned to their respective option slots. These V-memory locations allow you to:

- specify the data format (binary or BCD)
- specify the number of channels to scan (4 channels for the F0–04AD–1)
- specify the V-memory locations to store the input data

DL05 Data Formatting

The table below shows the special V-memory locations used by the DL05 PLC for the F0–04AD–1.

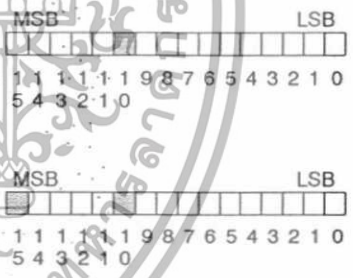
Analog Input Module DL05 Special V-memory Locations	
Data Type and Number of Channels	V7700
Storage Pointer	V7701

Structure of V7700

Special V–memory location 7700 identifies that a F0–04AD–1 module is installed in the DL05 option slot and the data type to be either binary or BCD.

Loading a constant of 400 into V7700 identifies a 4 channel analog input module is installed in the DL05 option slot, and reads the input data values as BCD numbers.

Loading a constant of 8400 into V7700 identifies a 4 channel analog input module is installed in the DL05 option slot, and reads the input data values as binary numbers.



Structure of V7701

V7701 is a system V–memory location used as a pointer to a user V-memory location where the analog input data is stored. The V–memory location loaded into V7701 is an octal number identifying the first user V–memory location for reading the analog input data. This V–memory location is user selectable. For example, loading O2000 causes the pointer to write Ch 1's data value to V2000, Ch 2's data value to V2001, Ch 3's data value to V2002, and Ch 4's data value to V2003.

You will find an example program that loads appropriate values to V7700 and V7701 on page 3–9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

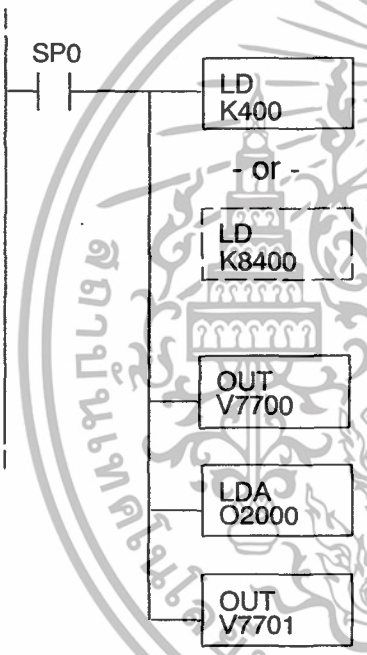
Using the Pointer in Your Control Program

DL05 Pointer Method

The DL05 CPU examines the pointer values (the memory locations identified in V7700 and V7701) on the first scan only.

The example program below shows how to setup these locations. This rung can be placed anywhere in the ladder program or in the initial stage if you are using stage programming instructions.

This is all that is required to read the analog input data into V-memory locations. Once the data is in V-memory you can perform math on the data, compare the data against preset values, and so forth. V2000 is used in the example but you can use any user V-memory location.



Loads a constant that specifies the number of channels to scan and the data format. The upper byte selects the data format (i.e. 0=BCD, 8=Binary) and the number of channels (set to 4 for the F0–04AD–1).

The binary format is used for displaying data on some operator interface units. The DL05 PLCs support binary math functions.

Special V-memory location assigned to the option slot contains the data format and the number of channels to scan.

This loads an octal value for the first V-memory location that will be used to store the incoming data. For example, the O2000 entered here would designate the following addresses.
Ch1 – V2000, Ch2 – V2001, Ch3 – V2002, Ch 4 – V2003

The octal address (O2000) is stored here. V7701 is assigned to the option slot and acts as a pointer, which means the CPU will use the octal value in this location to determine exactly where to store the incoming data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detecting Input Signal Loss

Analog Signal Loss

The F0–04AD–1 analog module can sense the loss of analog input signals in 4–20mA loops. The Special Relays described on page 3–14 allow you to use this feature in your ladder program. For example, in the rung below SP610 is used to pull-in coil Y1, which would be used to open or close an external circuit.

The Special Relay SP610 detects a loss of input signal to channel 1. Use SP610 to trigger an alarm or shut down a machine.

NOTE: *The F0–04AD–1 analog module cannot sense the loss of analog input signals in 0–20mA loops. See page 3–4 for information about setting the jumper to select your input type.*

Scale Conversions

Scaling the Input Data

Many applications call for measurements in engineering units, which can be more meaningful than raw data. Convert to engineering units using the formula shown to the right.

You may have to make adjustments to the formula depending on the scale you choose for the engineering units.

$$\text{Units} = A \frac{H - L}{65535} + L$$

H = High limit of the engineering unit range

L = Low limit of the engineering unit range

A = Analog value (0 – 65535)

For example, if you wanted to measure pressure (PSI) from 0.0 to 99.9 then you would have to multiply the analog value by 10 in order to imply a decimal place when you view the value with the programming software or a handheld programmer. Notice how the calculations differ when you use the multiplier.

Analog Value of 2024, slightly less than half scale, should yield 49.4 PSI

Example without multiplier

$$\text{Units} = A \frac{H - L}{65535} + L$$

$$\text{Units} = 32375 \ \frac{100 - 0}{65535} + 0$$

$$\text{Units} = 49$$

Example with multiplier

$$\text{Units} = 10\,A \frac{H - L}{65535} + L$$

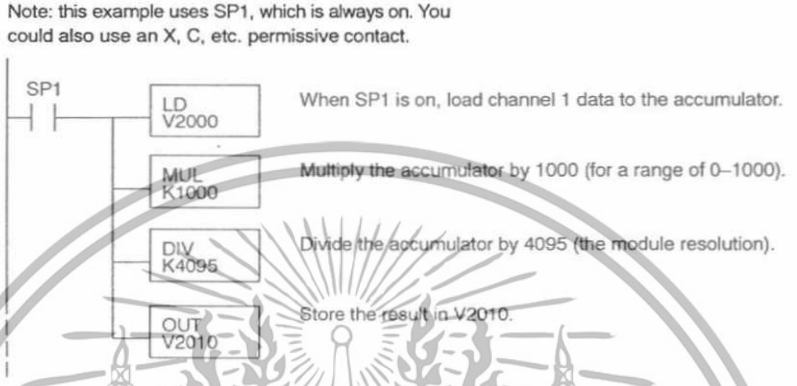
$$\text{Units} = 323750 \ \frac{100 - 0}{65535} + 0$$

$$\text{Units} = 494$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Conversion Program

The following example shows how you would write the program to perform the engineering unit conversion. This example assumes you have BCD data loaded into the appropriate V-memory locations using instructions that apply for the model of CPU you are using.



Analog and Digital Value Conversions

Sometimes it is useful to convert between the signal levels and the digital values. This is especially helpful during machine startup or troubleshooting. The following table provides formulas to make this conversion easier.

Range	If you know the digital value	If you know the analog signal level
4 to 20mA	$A = \frac{16D}{4095} + 4$	$D = \frac{4095}{16}(A-4)$
0 to 20mA	$A = \frac{20D}{4095}$	$D = \frac{4095}{16}$

For example, if you have measured the signal as 10mA, you can use the formula to determine the digital value that will be stored in the V-memory location that contains the data.

$$D = \frac{65535}{20} \cdot A$$

$$D = \frac{65535}{20} \cdot 10mA$$

$$D = 32767$$

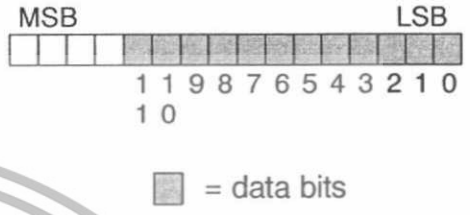
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module Resolution

Analog Data Bits

The first twelve bits represent the analog data in binary format.

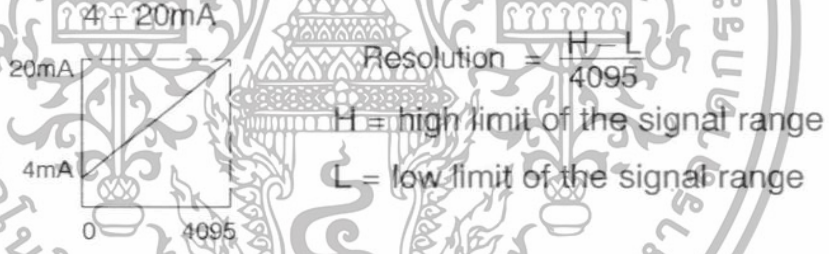
Bit	Value	Bit	Value
0	1	6	64
1	2	7	128
2	4	8	256
3	8	9	512
4	16	10	1024
5	32	11	2048



Resolution Details

Since the module has 12-bit resolution, the analog signal is converted into 4096 counts ranging from 0 - 4095 (2^{12}). For example, a 4mA signal would be 0 and a 20mA signal would be 4095. This is equivalent to a binary value of 0000 0000 0000 to 1111 1111 1111, or 000 to FFF hexadecimal.

Each count can also be expressed in terms of the signal level by using the following equation:



The following table shows the smallest detectable signal change that will result in one LSB change in the data value for each increment of the signal change.

mA Range	Signal Span (H - L)	Divide By	Smallest Detectable Change
4 to 20mA	16mA	4095	3.907µA
0 to 20mA	10mA	4095	4.884µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้