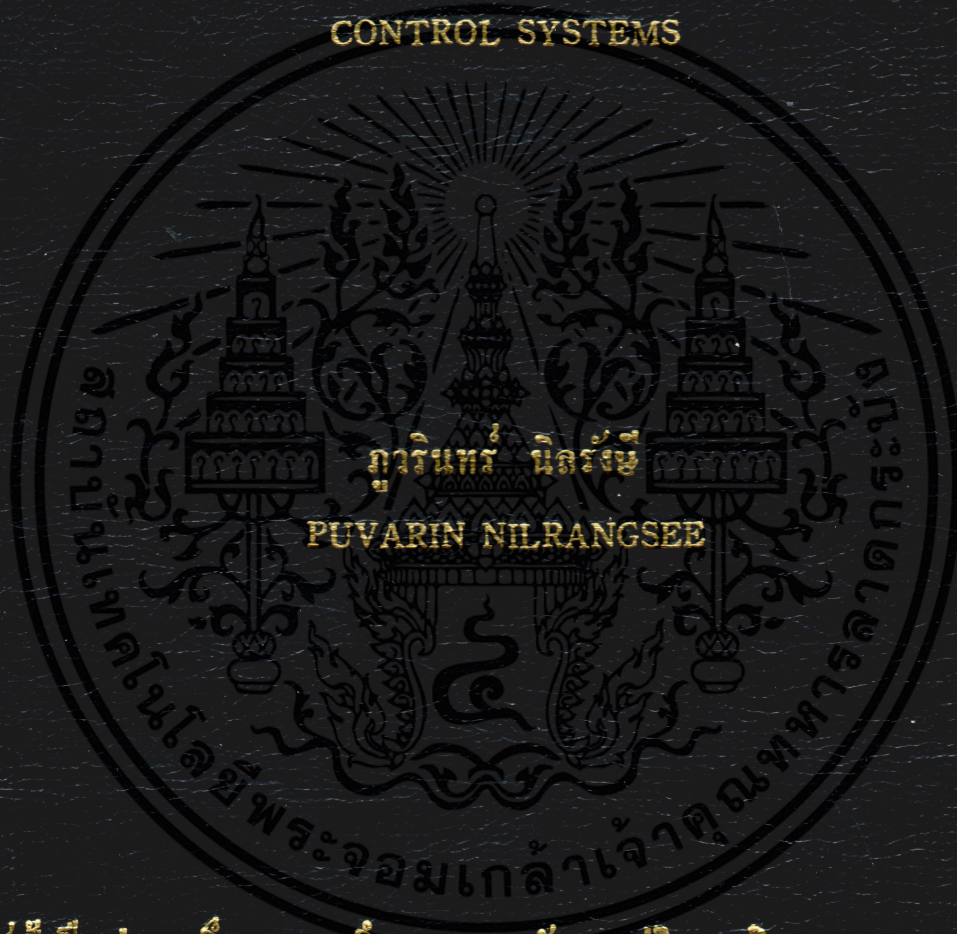


ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม
แบบเครือข่ายเส้นทางเดียว

BUS NETWORK DISTRIBUTED DIGITAL
CONTROL SYSTEMS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-783-1

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม
แบบเครือข่ายเส้นทางเดียว

BUS NETWORK DISTRIBUTED DIGITAL
CONTROL SYSTEMS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2543

ISBN 974-622-783-1

หมู่.....
ทะเบียน..... 35972
เดือน ปี - 3 พ.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**BUS NETWORK DISTRIBUTED DIGITAL
CONTROL SYSTEMS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2000

ISBN 974-622-783-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบควบคุมแบบดิจิทัลอลชนิกกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่าย
เส้นทางเดียว

BUS NETWORK DISTRIBUTED DIGITAL CONTROL
SYSTEMS

ชื่อนักศึกษา นายภูวรินทร์ นิลรัมย์

รหัสประจำตัว 38621217

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.สุเชียร เกียรติสุนทร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปิติเขต	ผู้รักษา	
รศ.ดร.จงกล	งามวิวิทย์	
อาจารย์ประสิทธิ์	จุลเสวีวงศ์	
รศ.ดร.วันชัย	วีรจจา	
รศ.ชวลิต	เบญจางคประเสริฐ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 3 พฤษภาคม 2543 เวลา 12.00-13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ตึก 12 ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.มนัส สัจวารศิริ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 29 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2543

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว
นักศึกษา	นายภูวรินทร์ นิลรัมย์
รหัสประจำตัว	38621217
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ. สุเชียร เกียรติสุนทร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว (*bus network distributed digital control systems*) ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่กระจายหน่วยควบคุม (*control unit*) เพื่อติดตั้งในส่วนต่างๆ ของโรงงานและติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไว้ที่ห้องควบคุม (*control room*) เพื่อทำหน้าที่เป็นสถานีปฏิบัติงานสำหรับวิศวกร (*engineering work station*) และเป็นหน่วยปฏิบัติการ (*operator work station*) ข้อมูลที่ติดต่อระหว่างหน่วยปฏิบัติการและหน่วยควบคุมประกอบด้วยเป้าหมายกระบวนการจากหน่วยปฏิบัติการส่งไปยังหน่วยควบคุม และตัวแปรกระบวนการ (*process variable*) จากหน่วยควบคุมส่งไปยังหน่วยปฏิบัติการ โดยมีรูปแบบในการรับส่งข้อมูลเป็นแบบอนุกรม หน่วยควบคุมทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายการควบคุม และสามารถควบคุมกระบวนการในสถานะที่การติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง

Thesis Title	Bus Network Distributed Digital Control Systems
Student	Mr. Puvarin Nilrangsee
Student ID.	38621217
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2000
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Chawalit Benjangkprasert
Thesis Co-advisor	Assoc. Prof. Sutian Kiatsuntorn

ABSTRACT

This research intends to show the digital control systems called “Bus Network Distributed Digital Control Systems” which distributes the control unit to any locations in the plant and install personal computer as an engineering work station and an operator work station. The serial communication data between the control unit and an operator work station consists of setpoint and process variables. The functions of the control unit are to control the process variables value in order to reach the setpoint value and to continue control the process under communication failure condition.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความเมตตากรุณาจาก
ท่านรองศาสตราจารย์ ชวติต เบญจางคประเสริฐ และท่านรองศาสตราจารย์ สุเชียร เกียรติสุนทร
ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้ทราบซึ่งเป็นอย่างยิ่งในความ
อนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยกราบขอขอบพระคุณ คุณประเสริฐ แพร์ชินวงศ์ ที่กรุณาให้ยืมอุปกรณ์ใช้ในการ
ทดลอง และขอขอบพระคุณ คุณสุภชัย เมืองสง ที่กรุณาแนะนำด้านโปรแกรมภาษาซี
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภูวรินทร์ นิลรัมย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และห้ามอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 วิธีที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย.....	5
บทที่ 2 ระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	6
2.1 บทนำ.....	6
2.2 ระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	6
2.2.1 รูปแบบของระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	8
2.2.1.1 กระบวนการชักตัวอย่าง.....	8
2.2.1.2 คุณลักษณะของระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	10
2.2.1.3 ตัวแปรระบบชักตัวอย่างข้อมูล.....	12
2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	18
2.2.2.1 ข้อดีของระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	18
2.2.2.2 ข้อเสียของระบบควบคุมแบบคิจิตอล.....	20
2.3 การควบคุมแบบคิจิตอลโดยตรง.....	20
2.4 เครื่อง่ายคอมพิวเตอร์.....	23
2.4.1 เครื่อง่ายแบบจุดต่อจุด.....	24

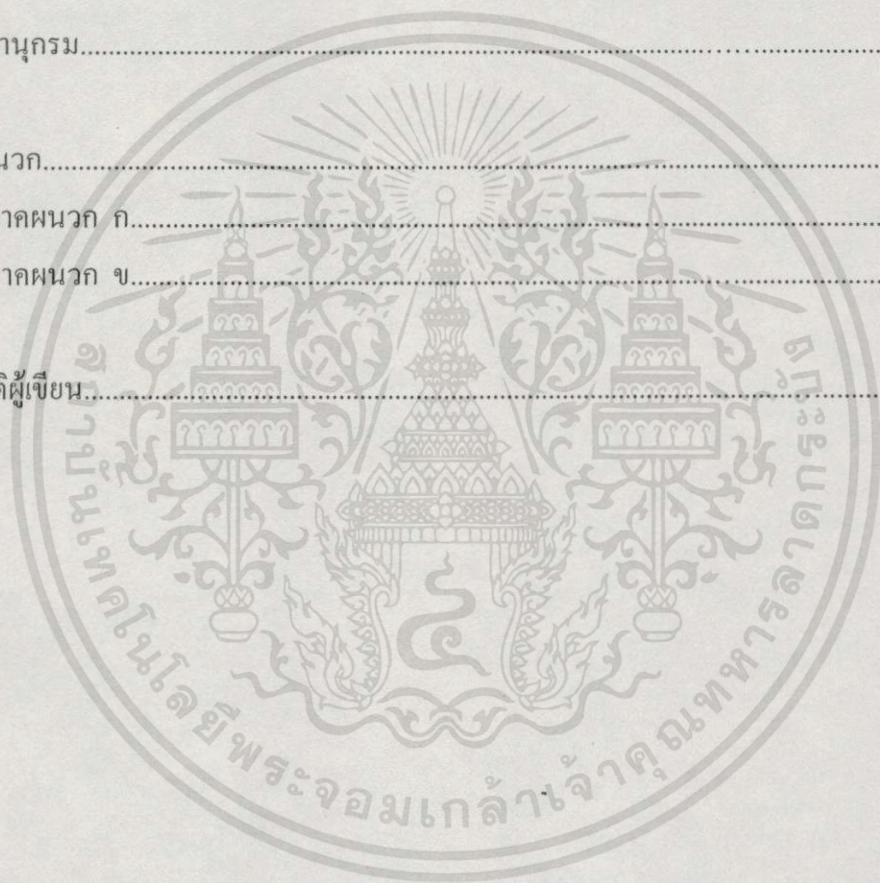
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.2 เครื่องข่ายแบบกระจาย.....	25
2.4.3 เครื่องข่ายแบบเส้นทางเดียว.....	26
2.4.4 เครื่องข่ายแบบวงแหวน.....	27
บทที่ 3 ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม	
แบบเครื่องข่ายเส้นทางเดียว.....	30
3.1 บทนำ.....	30
3.2 หลักการทำงานของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม	
แบบเครื่องข่ายเส้นทางเดียว.....	30
3.2.1 แบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย.....	31
3.2.2 แบบสัญญาณควบคุมสูงสุด.....	31
3.2.3 แบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด.....	31
3.3 ส่วนประกอบระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม	
แบบเครื่องข่ายเส้นทางเดียว.....	32
3.3.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	36
3.3.2 หน่วยควบคุม.....	42
3.3.2.1 วงจรรับส่งสัญญาณควบคุมแบบอนุกรม.....	43
3.3.2.2 หน่วยประมวลผล.....	44
3.3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก.....	44
3.3.2.4 วงจรแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส.....	46
3.3.2.5 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน.....	46
3.3.2.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล.....	47
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	48
4.1 บทนำ.....	48
4.2 การทดลอง.....	48
4.2.1 การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการ.....	49

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.2 การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการในสถานะ	
การรับส่งข้อมูลขัดข้อง.....	54
บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	58
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	74
ประวัติผู้เขียน.....	87



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวแปรระบบชักตัวอย่างข้อมูล.....	12
4.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวควบคุมแบบ P.....	50



สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง.....	2
1.2 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม.....	3
2.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบดิจิทัล.....	7
2.2 สัญญาณแบบต่อเนื่องและสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง.....	9
2.3 กระบวนการชักตัวอย่างสัญญาณ.....	11
2.4 ตัวแปรของระบบตัวอย่าง.....	13
2.5 ตัวอย่างลักษณะของระบบควบคุมการชักตัวอย่างข้อมูลของสัญญาณแอนะล็อก.....	13
2.6 ลักษณะของสัญญาณในระบบควบคุมแบบดิจิทัล.....	15
2.7 ตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกแบบมีอุปกรณ์รักษาสัญญาณ.....	17
2.8 ระบบควบคุม.....	18
2.9 การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรง.....	22
2.10 การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงแบบติดตั้งเครื่องควบคุมสำรอง.....	22
2.11 การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงแบบติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์สำรอง.....	23
2.12 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบจุดต่อจุด.....	24
2.13 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบกระจาย.....	26
2.14 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบเส้นทางเดียว.....	27
2.15 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน.....	28
2.16 เครือข่ายแบบเส้นทางเดียวสองชั้น.....	29
2.17 เครือข่ายแบบวงแหวนสองชั้น.....	29
3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม แบบเครือข่ายเส้นทางเดียว.....	32
3.2 แผนภูมิแสดงการทำงานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	33
3.3 รายการการทำงาน.....	37
3.4 รายละเอียดรายการเมื่อทำงานในโหมด <i>Automatic</i>	38
3.5 รายละเอียดรายการเมื่อทำงานในโหมด <i>Manual</i>	38
3.6 รูปแบบข้อมูลในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม.....	39

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.7 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485.....	39
3.8 แผนภูมิแสดงการทำงานของหน่วยควบคุม.....	40
3.9 โครงสร้างของหน่วยควบคุม.....	43
3.10 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232.....	44
3.11 หน่วยประมวลผล.....	45
3.12 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก.....	45
3.13 วงจรแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส.....	46
3.14 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน.....	46
3.15 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล.....	47
4.1 โครงสร้างของกระบวนการ.....	49
4.2 วาล์วควบคุมแบบนิวเมติก.....	50
4.3 โพลีชั้นเนอร์แบบนิวเมติก.....	51
4.4 อุปกรณ์วัดความดันแบบความดันแตกต่าง.....	51
4.5 การต่ออุปกรณ์วัดความดันกับ SFC.....	52
4.6 การควบคุมกระบวนการของหน่วยควบคุมที่ 1.....	53
4.7 การควบคุมกระบวนการของหน่วยควบคุมที่ 2.....	53
4.8 คุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย.....	54
4.9 คุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมสูงสุด.....	55
4.10 คุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด.....	55

บทที่ 1

บทนำ

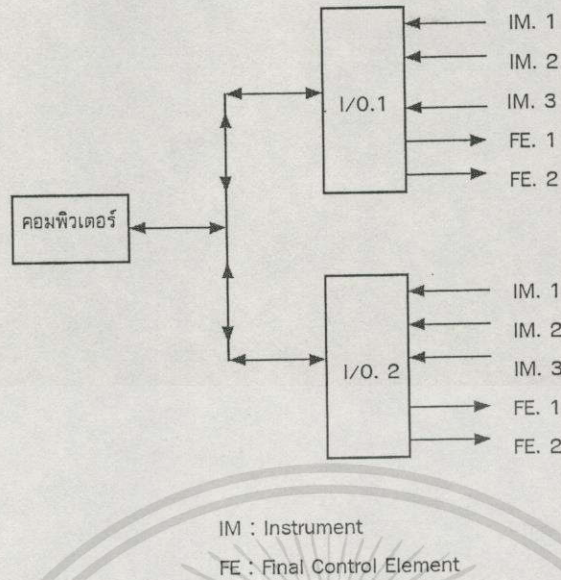
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาถึงระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว (*bus network distributed digital control systems*) ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่ออกแบบเพื่อแก้ไขข้อด้อยของระบบควบคุมแบบดิจิทัลแบบเดิมที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ ระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง (*centralized control*) และระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม (*Distributed Control Systems (DCS)*)

1.1.1 ระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง

ระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง เป็นระบบควบคุมที่รวมอุปกรณ์ควบคุม (*control instrument*) ทั้งหมดไว้ในห้องควบคุมกลางของโรงงานอุตสาหกรรมเพียงที่เดียว รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง โดยที่โปรแกรมควบคุมทั้งหมดถูกบรรจุภายในคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว และคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ในการควบคุมกระบวนการทั้งหมด โดยจะรับส่งสัญญาณควบคุมแบบดิจิทัลกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต (*Input / Output device (I/O)*) อุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตทำหน้าที่ส่งสัญญาณแบบแอนะล็อกสู่อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (*final control element*) และรับสัญญาณแบบแอนะล็อกจากอุปกรณ์เครื่องมือวัด ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายทุกตัวจะต้องติดตั้งสายสัญญาณควบคุมโดยตรงกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

ระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง มีข้อด้อยของระบบควบคุมคือ เมื่อคอมพิวเตอร์เกิดการขัดข้องหรือเสียหาย จะส่งผลให้การควบคุมกระบวนการทั้งหมดมีผลกระทบตามไปด้วย และเมื่อการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตใดเกิดการขัดข้อง กระบวนการที่ถูกควบคุมผ่านอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตนั้น ๆ ก็จะมีผลกระทบในขอบเขตที่กว้าง เนื่องจากอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตหนึ่งตัวต้องใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย และอุปกรณ์เครื่องมือวัดเป็นจำนวนมาก การรับส่งสัญญาณจากอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตไปยังอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายและอุปกรณ์เครื่องมือวัดซึ่งเป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกที่มีระยะทางไกลจะส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวน (*noise*) ได้ง่าย อีกทั้งต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนสำหรับสายสัญญาณควบคุม

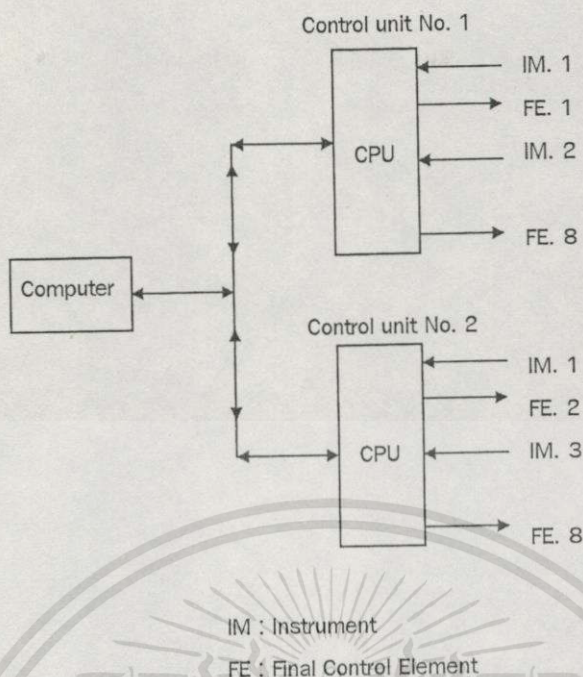


รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง

1.1.2 ระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม

ระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม เป็นระบบควบคุมที่กระจายหน่วยควบคุมออกเป็นหลาย ๆ หน่วยควบคุม โดยในแต่ละหน่วยควบคุมจะมีวงจรถวล (control loop) หลาย ๆ วงจรถวล โดยที่โปรแกรมควบคุมถูกบรรจุไว้ในแต่ละหน่วยควบคุมและมีการติดตั้งคอมพิวเตอร์เพื่อบรรจุโปรแกรมควบคุมความเกี่ยวพัน (interlocking) ของระบบควบคุมและแสดงสถานะของกระบวนการ ระบบควบคุมแบบนี้ถึงแม้คอมพิวเตอร์จะเกิดการเสียหายก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของหน่วยควบคุม หน่วยควบคุมอาจจะถูกติดตั้งไว้ที่ห้องควบคุมกลางหรือห้องควบคุมย่อยก็ได้ รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม

ระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุมมีข้อดีของระบบควบคุมคือ หน่วยควบคุมแต่ละหน่วยจะต้องทำหน้าที่ในการควบคุมวงจรถวลหลาย ๆ วงจรถวล นั้นหมายถึงเมื่อหน่วยควบคุมเกิดการขัดข้องหรือเสียหายจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของกระบวนการในขอบเขตที่กว้าง อีกทั้งการรับส่งสัญญาณจากหน่วยควบคุมสู่อุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายและอุปกรณ์เครื่องมือวัดซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมแบบแอนะล็อกซึ่งมีระยะทางที่ไกลจะส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย อีกทั้งต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนสำหรับสายสัญญาณควบคุม



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม

ดังนั้นจากข้อดีของระบบควบคุมทั้งแบบระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง และระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุมที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงทำให้ระบบควบคุมแบบนี้มีความน่าเชื่อถือ (*reliability*) ในการควบคุมต่ำ เกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย และต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนสำหรับสายสัญญาณควบคุม

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ระบบควบคุมแบบดิจิตอลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว” มีอยู่ด้วยกัน 2 ประการคือ

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมกระบวนการแบบดิจิตอล
2. เพื่อนำเสนอระบบควบคุมแบบดิจิตอลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่ออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่อระบบควบคุมต่ำ มีความน่าเชื่อถือในการควบคุมกระบวนการสูงและสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมากสำหรับสายสัญญาณควบคุม

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ระบบควบคุมแบบดิจิตอล ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการควบคุมกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันสองแบบคือ ระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง และระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม ซึ่งระบบควบคุมทั้งสองแบบดังกล่าวมีข้อเสียเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.1 ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาของระบบควบคุมเหล่านี้ให้หมดไป จึงได้นำเสนอหลักการของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่มีโครงสร้างที่เล็กกระทัดรัด มีสัญญาณรบกวนต่อระบบควบคุมต่ำ มีความน่าเชื่อถือในการควบคุมสูง และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมากสำหรับสายสัญญาณควบคุม

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียวเป็นระบบควบคุมที่ออกแบบ โดยอาศัยหลักการกระจายหน่วยควบคุมไปติดตั้งในส่วนต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม ผ่านสายสัญญาณเพียงสองเส้นด้วยขั้วสายเครือข่าย RS-485 มีการติดตั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สำหรับใช้เป็นสถานีการปฏิบัติงานสำหรับวิศวกรและใช้เป็นหน่วยปฏิบัติการ และการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและหน่วยควบคุมเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบอนุกรมขนาดแปดบิต หน่วยควบคุมออกแบบโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ร่วมกับวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก วงจรแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษา ออกแบบ จัดสร้าง และทดสอบการทำงานของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว โดยการทดสอบกับกระบวนการและระบบควบคุมจริง การทดสอบจะสามารถแบ่งได้เป็นสองกรณีด้วยกันคือ

1.5.1 การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการได้ ของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว

1.5.2 การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการได้ ของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียวในสถานะที่การรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้องหรือสายรับส่งสัญญาณชำรุด ซึ่งสามารถแบ่งการทดสอบออกได้เป็นสามกรณีคือ

1.5.2.1 การทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย

1.5.2.2 การทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมสูงสุด

1.5.2.3 การทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด

1.6 วิธีที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ศึกษาคุณสมบัติ และหลักการทำงานของระบบควบคุมแบบดิจิทัลแบบเดิมที่นิยมใช้งาน โดยทั่วไปว่าเป็นอย่างไร เพื่อทำการพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของระบบควบคุม ซึ่งจะพบว่าทั้งระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง และระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุมนั้นต่างก็มีข้อด้อย คือ ระบบควบคุมมีความเสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณรบกวนสูง มีความน่าเชื่อถือในการควบคุมกระบวนการต่ำ และต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนสำหรับสายสัญญาณควบคุม และโดยเฉพาะระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง ซึ่งรวมอุปกรณ์ควบคุมทั้งหมดไว้ในคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว เมื่อคอมพิวเตอร์เกิดการขัดข้องหรือเสียหาย จะส่งผลให้การควบคุมกระบวนการทั้งหมดมีผลกระทบตาม วิทยานิพนธ์นี้จึงได้ออกแบบระบบควบคุมแบบใหม่ “ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว” โดยอาศัยหลักการกระจายหน่วยควบคุมติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย ผ่านเครือข่ายแบบเส้นทางเดียวเพื่อประโยชน์ในการประหยัดสายสัญญาณควบคุม และใช้หลักการกระจายหน่วยควบคุมแบบหนึ่งหน่วยควบคุมต่อหนึ่งวงจรควบคุมเท่านั้น ซึ่งจะสามารถลดความเสี่ยงต่อผลกระทบในการเสียและการขัดข้องของหน่วยควบคุมใด ๆ ต่อหน่วยควบคุมอื่น ๆ และขอบเขตปริมาณของกระบวนการ ออกแบบและสร้างระบบควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งเขียน โปรแกรมควบคุมภายในหน่วยปฏิบัติการสำหรับวิศวกรและหน่วยควบคุม และสุดท้ายเป็นการทดลองกับอุปกรณ์ต่าง ๆ และกระบวนการจริงจำนวนสองวงจรควบคุม โดยจะทดสอบความสามารถในการควบคุมกระบวนการได้ และการควบคุมกระบวนการอย่างเป็นอิสระต่อกันในเวลาเดียวกันของหน่วยควบคุมสองหน่วย และการทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการได้ในสถานะที่การรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง หรือสายรับส่งสัญญาณชำรุด โดยในสถานะการควบคุมปกติ ให้ถอดสายสัญญาณค่าเป้าหมายกระบวนการออก ซึ่งจะทำการรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง ทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย คุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมสูงสุดและคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด ทั้งการทดลองเพื่อทดสอบความสามารถในการควบคุมกระบวนการอย่างเป็นอิสระ และการทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการได้ในสถานะที่การรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง

บทที่ 2

ระบบควบคุมแบบดิจิทัล

2.1 บทนำ

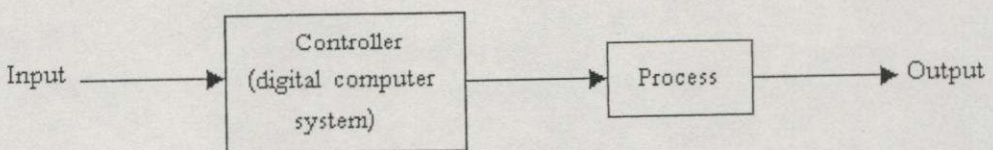
การควบคุมกระบวนการ (process control) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ระบบควบคุมเข้ามามีบทบาทโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ระบบควบคุมกระบวนการ ได้ถูกพัฒนามาโดยตลอด ในสมัยเริ่มแรกการควบคุมกระบวนการต้องเสียเวลาเป็นอย่างมากในการใช้คนเปิดปิดวาล์วควบคุม และตรวจสอบบันทึกค่าจากเกจวัดที่ตั้งอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโรงงาน จึงได้มีการพัฒนาเครื่องควบคุมแบบนิวเมติก (pneumatic control) ขึ้นมา ทำให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการทั้งหมดรวมไว้ในห้องควบคุมเพียงที่เดียว จึงทำให้เกิดความสะดวกในการควบคุมกระบวนการทั้งหมดภายในห้องควบคุมเพียงแห่งเดียว ต่อมาได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมชนิดอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control) มาใช้ทดแทนเครื่องควบคุมแบบนิวเมติก ซึ่งมีข้อดีก็คือมีขนาดเล็ก อายุการใช้งานยาวนานและสามารถส่งสัญญาณควบคุมได้ระยะทางที่ไกลขึ้น และต่อมาได้มีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัล (digital control) ซึ่งใช้วิธีการเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อกำหนดโครงสร้างและวิธีการควบคุมแทนวิธีการติดตั้งสายสัญญาณระหว่างอุปกรณ์และเครื่องควบคุมเหมือนระบบควบคุมแบบเดิม การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลจึงสามารถออกแบบระบบควบคุมให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการได้ โดยไม่จำกัดด้วยคุณสมบัติพื้นฐานของอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ

2.2 ระบบควบคุมแบบดิจิทัล

วิศวกรและนักวิทยาศาสตร์มีความมุ่งมั่นและใช้ความพยายามเป็นอย่างสูงในการพัฒนาการออกแบบระบบควบคุม ให้การทำงานมีความสมบูรณ์แบบในทางอุดมคติมากที่สุด แต่สำหรับการนำระบบควบคุมมาใช้งานจริงแล้ว [5] การสร้างระบบควบคุมถูกจำกัดด้วยขอบเขตความสามารถของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดิจิตอลคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมและคำนวณ ที่สามารถทำงานได้ถูกต้องแม่นยำสูงแต่ก็ยังคงถูกจำกัดด้วยความสามารถด้านความเร็วในการทำงาน อย่างไรก็ตามการทำงานที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำของคอมพิวเตอร์สามารถยืนยันได้ด้วยการทดลองในสถานะวิกฤตของนักวิจัยแล้ว ไมโครโปรเซสเซอร์ และ ไมโครคอมพิวเตอร์ ได้รับการส่งเสริมการวิจัยพัฒนาทั้งทางด้านการวิเคราะห์ทางทฤษฎี และเทคนิคการสร้าง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการนำไปใช้ออกแบบระบบควบคุมให้มีลักษณะการทำงานที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุด

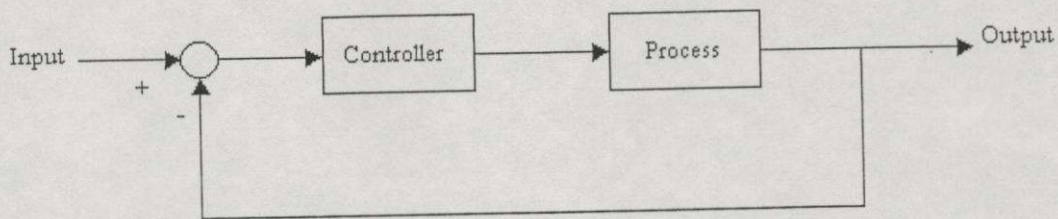
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในระบบควบคุม คอมพิวเตอร์ก็มีบทบาทเป็น
 อย่างสูงต่อการออกแบบระบบควบคุมแบบดิจิทัล ส่งผลให้การพัฒนา ระบบควบคุมก้าว
 หน้าอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องตลอดมา มนุษย์ได้พยายามคิดค้นวิธีการคำนวณมาตั้งแต่สมัย
 โบราณ อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณในยุคแรก ๆ คือ นิ้วมือ ก้อนหิน และแท่งไม้
 จากประวัติการพัฒนาอุปกรณ์คำนวณจากอดีตสู่ปัจจุบัน อุปกรณ์คำนวณถูกพัฒนาให้มี
 ความเร็วในการทำงานที่สูงขึ้น มีความเที่ยงตรงสูง และสามารถทำงานซ้ำ ๆ ได้อย่างมีประ
 สติธิภาพ เริ่มตั้งแต่การใช้ลูกคิด (*abacus*) พัฒนามาเป็นเครื่องบวกแบบแมคานิค
 (*mechanical address*) และการ์ดความจำ (*card storage device*) ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา
 อุปกรณ์คำนวณถูกพัฒนาให้มีพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลได้มากขึ้นและมีขนาดเล็กลง โดยใช้อุปกรณ์
 อิเล็กทรอนิกส์ เช่น หลอดสุญญากาศ (*tube*) ทรานซิสเตอร์ และวงจรรวม (*integrate circuit*)
 ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ได้ถูกพัฒนาให้มีความเร็วในการทำงานสูง สิ้นเปลืองพลังงานน้อย มีความ
 เที่ยงตรงในการทำงานสูง และราคาต่ำ คำนโพรแกรมคอมพิวเตอร์ในช่วงสามทศวรรษที่
 ผ่านมา ได้มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ โดยเฉพาะการคำนวณทางด้านระบบ
 ควบคุมแบบดิจิทัล การนำดิจิทัลคอมพิวเตอร์มาใช้ในระบบควบคุมถือเป็นความเหมาะสม
 ที่สุดเนื่องจากเป็นระบบที่เข้าใจง่าย สะดวกต่อการพัฒนาปรับปรุง ทำงานได้รวดเร็ว ค่าใช้
 จ่ายในการตัดแปลงและซ่อมบำรุงต่ำ
 ในระบบควบคุมแบบดิจิทัล เวลาในการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมจะมีผลกระทบ
 ต่อการควบคุมการทำงานของระบบเป็นอย่างมาก ดังนั้นอุปกรณ์ควบคุมสมัยใหม่จึงมีความ
 จำเป็นที่ต้องใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีขนาดเล็ก ความเร็วในการทำงานสูง และใช้เทคโนโลยี
 ขั้นสูงในการออกแบบ สถาปัตยกรรมของระบบควบคุมแบบดิจิทัลสามารถแสดงได้ดังรูป
 ที่ 2.1 โดย รูปที่ 2.1(a) เป็นระบบควบคุมแบบวงจรมีเปิด (*open loop system*) รูปที่ 2.1(b) เป็น
 ระบบควบคุมแบบ *Unity - Feedback* และรูปที่ 2.1(c) เป็นระบบควบคุมแบบ *Nonunity -*
Feedback

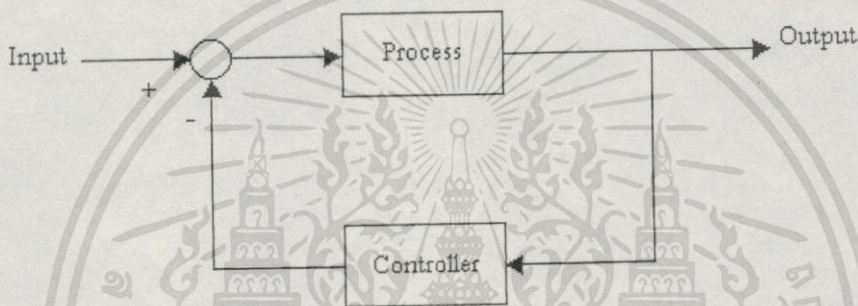


รูปที่ 2.1(a) *Feed Forward or Open Loop System*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1(b) Unity-Feedback System



รูปที่ 2.1(c) Nonunity-Feedback System

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

2.2.1 รูปแบบของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

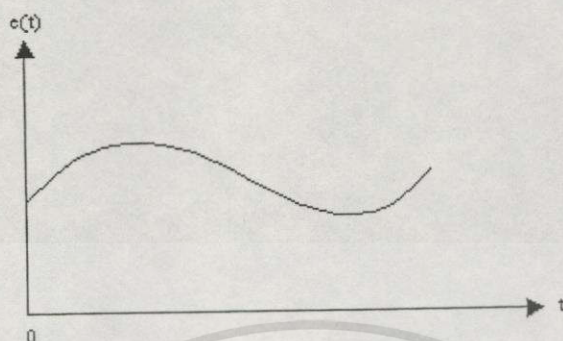
ระบบควบคุมแบบดิจิทัลสามารถแสดงได้ในรูปแบบที่แตกต่างกันได้หลายรูปแบบ เช่น ในรูปของสมการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดเมน (domain) การเปลี่ยนแปลงระหว่าง สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล และการทำงานของระบบ ลักษณะที่มีความสำคัญ เป็นอย่างมากในการศึกษาระบบควบคุมแบบดิจิทัลคือ กระบวนการชั่งตัวอย่างซึ่งจะได้ กล่าวอย่างละเอียดต่อไป

2.2.1.1 กระบวนการชั่งตัวอย่าง (sampling)

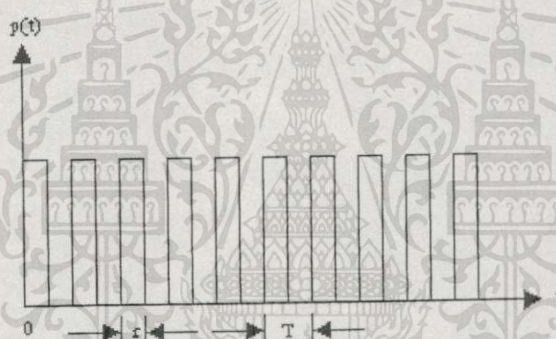
ระบบควบคุมแบบสัญญาณต่อเนื่องเป็นระบบควบคุมที่ค่าตัวแปรของระบบมีสัญญาณ แบบต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 2.2(a) ซึ่งเป็นลักษณะของระบบที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิง เส้น โดยที่ค่าของตัวแปรทุกตัวมีค่าต่อเนื่องตลอดเวลา และระบบควบคุมอีกแบบหนึ่งซึ่ง จำนวนตัวแปรจำนวนหนึ่งตัวหรือมากกว่าเป็นสัญญาณแบบชั่งตัวอย่างคือไม่ต่อเนื่องดังแสดงใน รูปที่ 2.2(b) และผลการชั่งตัวอย่างสัญญาณจะได้ออกมาเป็นสัญญาณขบวนพัลส์ (pulse train)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

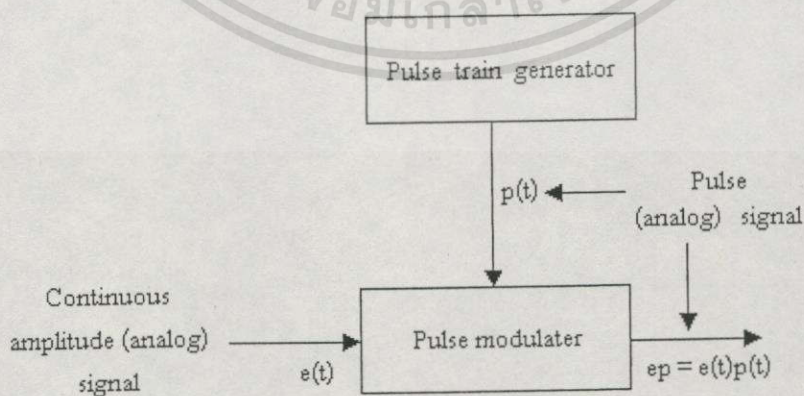
ที่เปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด (*amplitude*) ดังแสดงในรูปที่ 2.2(d) และสามารถเขียนส่วนประกอบของอุปกรณ์ชักตัวอย่างสัญญาณ (*sampling device*) ได้ดังรูปที่ 2.2(c)



รูปที่ 2.2(a) สัญญาณแอนะล็อกต่อเนื่อง $e(t)$

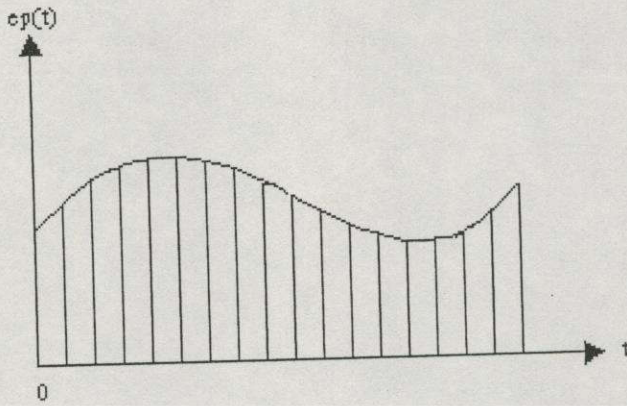


รูปที่ 2.2(b) การชักตัวอย่างเป็นขบวนพัลส์ $p(t)$



รูปที่ 2.2(c) อุปกรณ์ชักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2(d) สัญญาณขบวนพัลส์เปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด

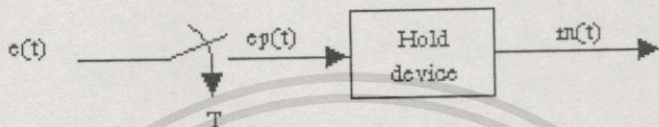
รูปที่ 2.2 สัญญาณแบบต่อเนื่องและสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง

2.2.1.2 คุณลักษณะของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

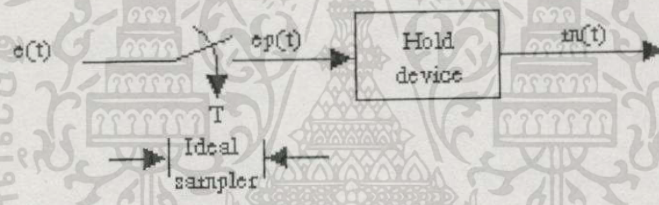
ผลงานการวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับระบบดิจิทัลซึ่งส่วนมากจะกล่าวถึงระบบข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (*discrete - data*) ระบบควบคุมแบบดิจิทัล ระบบการชักตัวอย่างข้อมูล (*sample - data*) ระบบเวลาไม่ต่อเนื่อง (*discrete - time*) ซึ่งเรื่องราวดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกัน ในระยะเริ่มแรกของการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้จะเป็นการพัฒนาทางด้านแอนะล็อกเพียงอย่างเดียวโดยยังไม่มีอุปกรณ์ดิจิทัล เมื่อมีการนำระบบดิจิทัลคอมพิวเตอร์มาใช้งานก็ได้มีการใช้ระบบเวลาไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสัญญาณทุกสัญญาณจะอยู่ในรูปของรหัสดิจิทัล (*digital code*) ในลักษณะการใช้งานจริงในปัจจุบันเป็นการผสมผสานกันระหว่างอุปกรณ์แอนะล็อกและอุปกรณ์ดิจิทัล ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้งานด้านการคำนวณที่ยุ่ยากซับซ้อนและสำคัญในระบบควบคุม เช่น การชักตัวอย่างสัญญาณแอนะล็อกให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัลโดยการใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (*Analog to Digital converter (A/D)*) และอุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (*Digital to Analog converter (D/A)*) เพื่อให้สามารถนำสัญญาณแบบต่อเนื่องไปควบคุมกระบวนการได้ การใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ควบคุมโดยตรง เราเรียกว่าระบบควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง (*Direct Digital Control (DDC)*)

เอาต์พุตจากส่วนมอดูเลตสัญญาณพัลส์ (*pulse modulator*) แสดงได้ดังรูปที่ 2.2(c) จะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์จับข้อมูล (*data hold device*) ดังแสดงในรูปที่ 2.3(a) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง บล็อกไดอะแกรมของการชักตัวอย่างสัญญาณและวางจรับข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 2.3(b) เมื่อ "Ideal Sampler" คือหนึ่ง

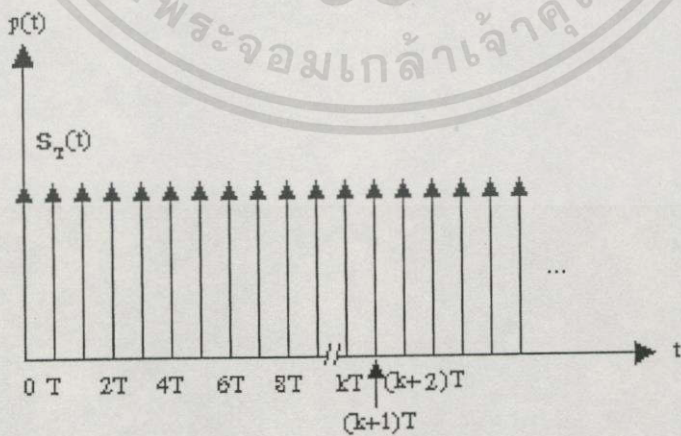
คาบเวลาของสัญญาณพัลส์ดังแสดงในรูปที่ 2.3(c) ส่วนรูปที่ 2.3(d) แสดงเอาต์พุตของการชักรตัวอย่างสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด (*amplitude varying*) ประโยชน์ของวงจรชักรตัวอย่างสัญญาณคือ ทำให้เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ต่อการชักรตัวอย่างสัญญาณของระบบควบคุมอย่างง่าย ดังนั้นจากโครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 2.1 สามารถเขียนระบบควบคุมที่ประกอบไปด้วยส่วนชักรตัวอย่างสัญญาณ และส่วนรักษาค่าข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.3(a) ซึ่งก็คือระบบควบคุมแบบข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (*sample - data control system*)



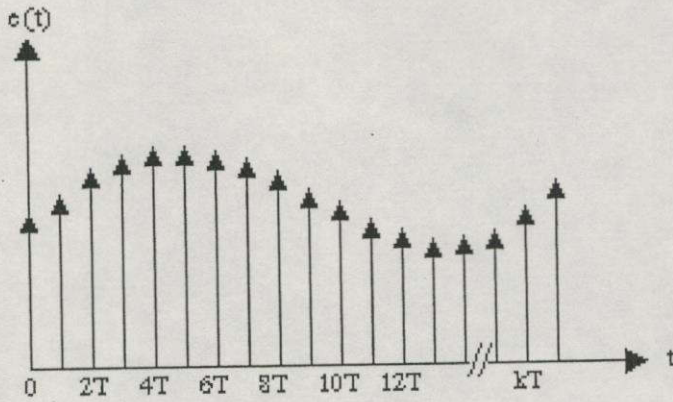
รูปที่ 2.3(a) อุปกรณ์ชักรสัญญาณพัลส์และอุปกรณ์จับข้อมูล



รูปที่ 2.3(b) Simplified Representation ของรูปที่ 2.3(a)



รูปที่ 2.3(c) หนึ่งคาบเวลาของสัญญาณพัลส์



รูปที่ 2.3(d) สัญญาณเอาต์พุตของกระบวนการซิกตัวอย่าง

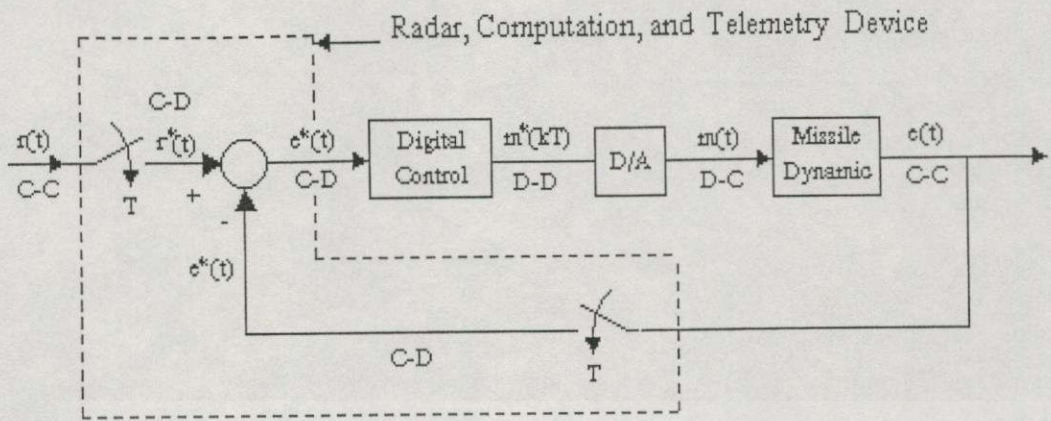
รูปที่ 2.3 กระบวนการซิกตัวอย่างสัญญาณ

2.2.1.3 ตัวแปรระบบซิกตัวอย่างข้อมูล

ตัวแปรระบบซิกตัวอย่างข้อมูลสามารถแสดงได้ในรูปคุณสมบัติของเวลา และแอมพลิจูด ดังเช่นตัวแปรของระบบตามรูปที่ 2.4 สามารถแบ่งออกได้เป็นสี่กลุ่มด้วยกัน คือ แอมพลิจูดไม่ต่อเนื่องเวลาไม่ต่อเนื่อง (*Discrete amplitude - Discrete time (D-D)*) แอมพลิจูดไม่ต่อเนื่องเวลาต่อเนื่อง (*Discrete amplitude - Continuous time (D-C)*) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาไม่ต่อเนื่อง (*Continuous amplitude - Discrete time (C-D)*) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาต่อเนื่อง (*Continuous amplitude - Continuous time (C-C)*) ความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรทั้งสี่กลุ่มสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวแปรระบบซิกตัวอย่างข้อมูล

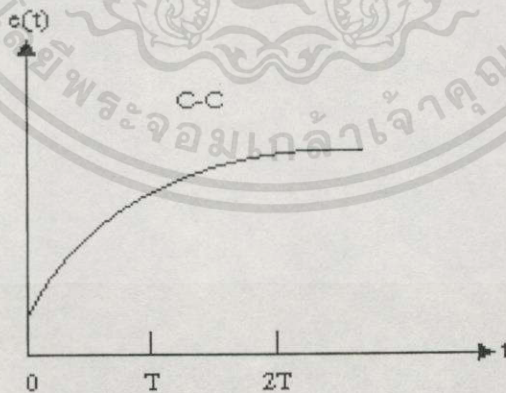
Amplitude	Time	
	Discrete, D	Continuous, C
Discrete, D	D-D	D-C
Continuous, C	C-D	C-C



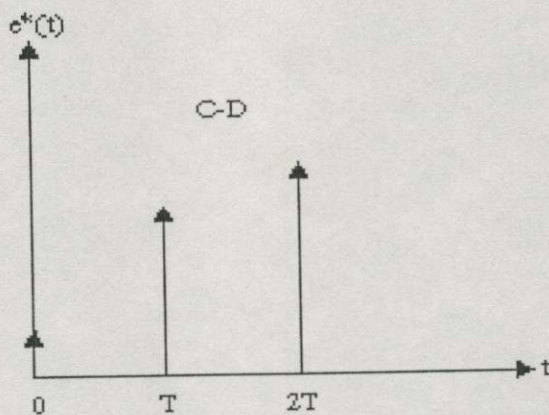
รูปที่ 2.4 ตัวแปรของระบบตัวอย่าง



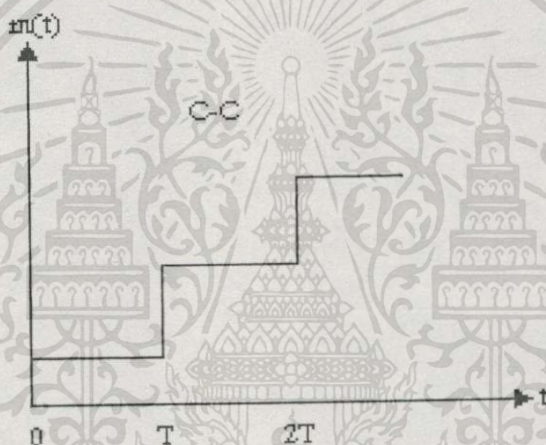
รูปที่ 2.5(a) ตัวอย่างกระบวนการควบคุมการซักรหัสข้อมูลของสัญญาณแอนะล็อก



รูปที่ 2.5(b) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาต่อเนื่อง



รูปที่ 2.5(c) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 2.5(d) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาต่อเนื่อง

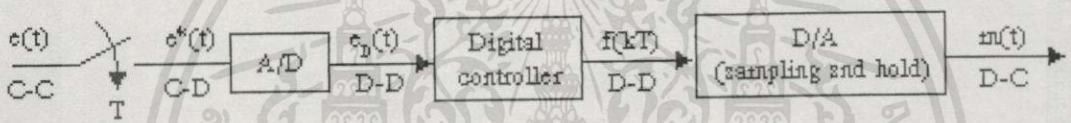
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างลักษณะของระบบควบคุมการชักตัวอย่างข้อมูลของสัญญาณแอนะล็อก

ตัวอย่างลักษณะของระบบควบคุมการชักตัวอย่างข้อมูลของสัญญาณแอนะล็อกแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งสัญญาณอินพุต $e(t)$ ที่เข้ามามีความต่อเนื่องทั้งเวลาและแอมพลิจูด เมื่อผ่านการชักตัวอย่างสัญญาณแบบอิมพัลส์ (impulse - sample) จะได้สัญญาณเป็นแบบแอมพลิจูดต่อเนื่องเวลาไม่ต่อเนื่อง (C-D) ส่วนอุปกรณ์จับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะกำเนิดสัญญาณแบบขั้นบันได (staircase) โดยข้อมูลที่ได้จากการชักตัวอย่าง $e^*(t)$ จะมีหลายค่าซึ่งแต่ละค่าจะอยู่ในช่วงของแอมพลิจูดที่กำหนด

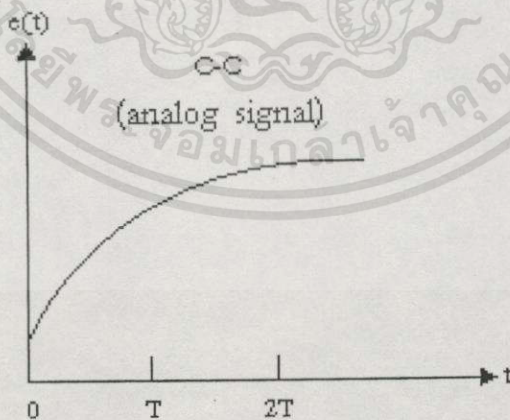
รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในระบบควบคุมที่ใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ (digital computer control system) เมื่อมีการชักตัวอย่างสัญญาณแบบอิมพัลส์ ก็จะได้สัญญาณแบบแอมพลิจูดต่อเนื่องเวลาไม่ต่อเนื่อง วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็น

สัญญาณดิจิทัลทำหน้าที่ในการเปลี่ยนค่า $e^*(t)$ เป็นค่า $e_D(KT)$ ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ถูกกำหนดจำนวนบิต (*bit*) ด้วยความยาวของคำ (*word length*) ในระบบของคอมพิวเตอร์ จากนั้นดิจิทัลคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนค่าสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องทางแอมพลิจูดและไม่ต่อเนื่องทางเวลา $f(KT)$ และท้ายสุดสัญญาณ $f(KT)$ จะถูกส่งผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก $m(t)$ ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องทางแอมพลิจูดและเวลา ในวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกจะมีอุปกรณ์จับข้อมูลรวมอยู่ด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.7

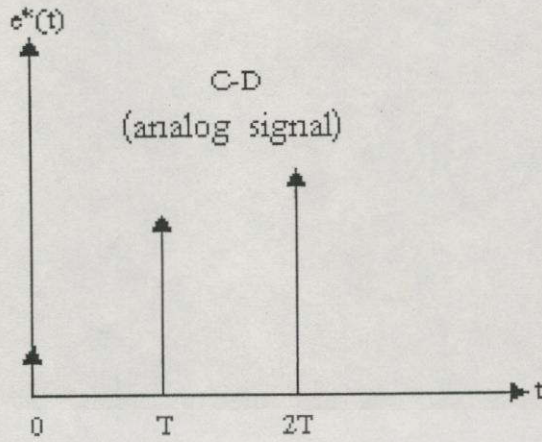
ดิจิทัลคอมพิวเตอร์จะต้องใช้เวลาในกระบวนการคำนวณและแปลงสัญญาณเป็นช่วงเวลา τ_D โดยช่วงเวลาค่า τ_D ต้องมีค่าน้อยกว่าช่วงเวลาซีกตัวอย่างสัญญาณ T มาก ๆ แล้ว จะให้ $\tau_D = 0$ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ระบบควบคุมมีความยุ่งยากน้อยลง



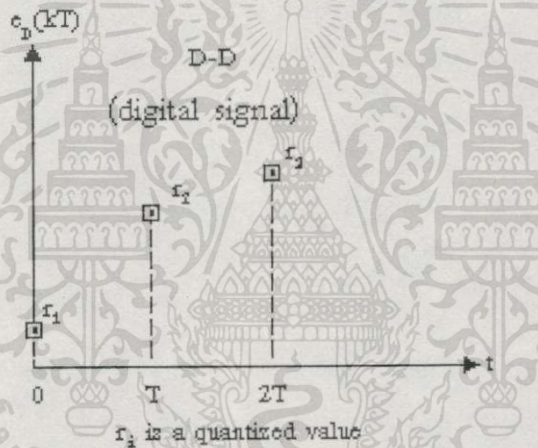
รูปที่ 2.6(a) กระบวนการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในระบบควบคุมที่ใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์



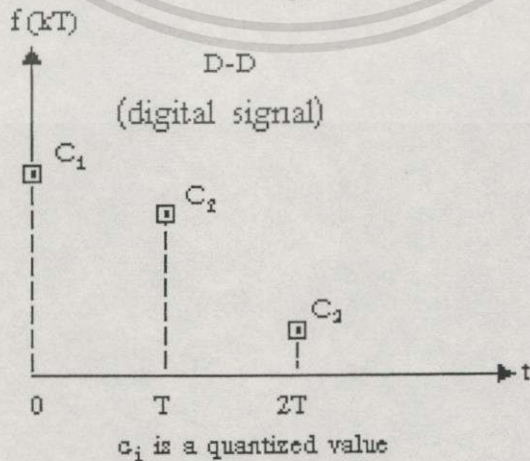
รูปที่ 2.6(b) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาต่อเนื่อง



รูปที่ 2.6(c) แอมพลิจูดต่อเนื่องและเวลาไม่ต่อเนื่อง

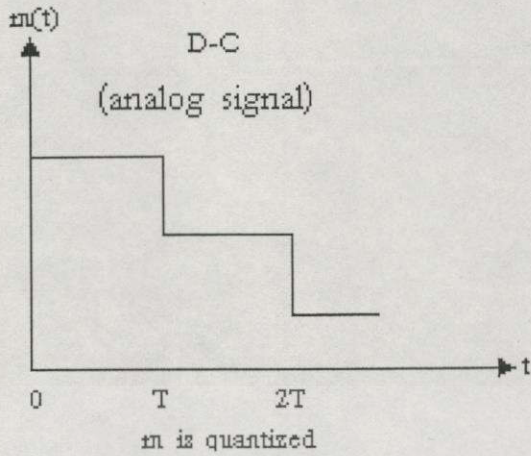


รูปที่ 2.6(d) แอมพลิจูดไม่ต่อเนื่องเวลาไม่ต่อเนื่อง



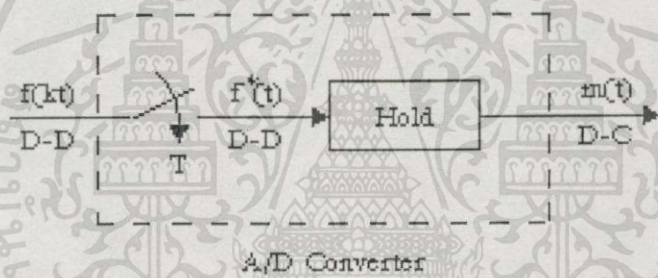
รูปที่ 2.6(e) แอมพลิจูดไม่ต่อเนื่องเวลาไม่ต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

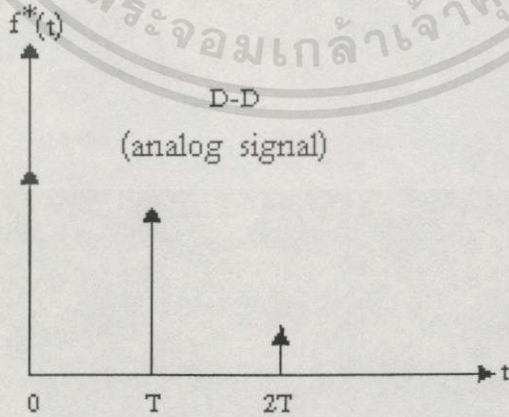


รูปที่ 2.6(f) แอมพลิจูดไม่ต่อเนื่องเวลาต่อเนื่อง

รูปที่ 2.6 ลักษณะของสัญญาณในระบบควบคุมแบบดิจิทัล



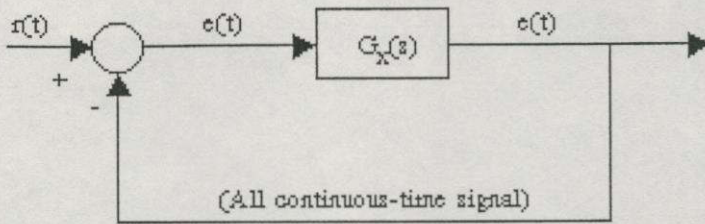
รูปที่ 2.7(a) กระบวนการตัวอย่างการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



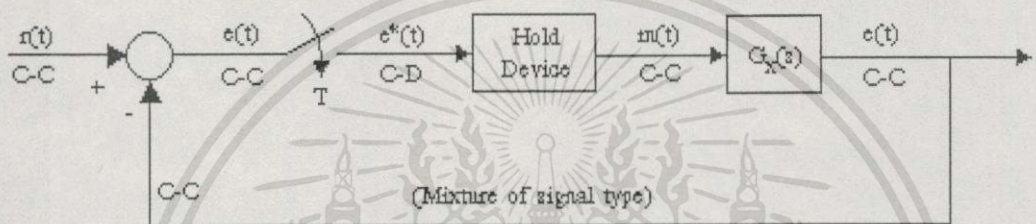
รูปที่ 2.7(b) แอมพลิจูดไม่ต่อเนื่องเวลาไม่ต่อเนื่อง

รูปที่ 2.7 ตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกแบบมีอุปกรณ์จับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8(a) ระบบควบคุมแบบสัญญาณต่อเนื่อง



รูปที่ 2.8(b) ระบบควบคุมแบบชักตัวอย่างสัญญาณ

รูปที่ 2.8 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมแบบสัญญาณควบคุมต่อเนื่องสามารถแสดงโครงสร้างได้ดังรูปที่ 2.8(a) และระบบควบคุมแบบชักตัวอย่างสัญญาณสามารถแสดงโครงสร้างได้ดังรูปที่ 2.8(b)

2.2.2. ข้อดีและข้อเสียของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

การเลือกระบบควบคุมเพื่อนำไปใช้งานระหว่างระบบควบคุมแบบดิจิทัลและระบบควบคุมแบบสัญญาณต่อเนื่องจะต้องคำนึงถึงข้อดีและข้อเสียของระบบควบคุมดังนี้

2.2.2.1 ข้อดีของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

1. มีความไวสูง (*improved sensitivity*)

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลเป็นระบบควบคุมที่มีความไวต่อสัญญาณสูง ทำให้ระบบควบคุมสามารถต่อใช้งานโดยตรงกับอุปกรณ์ควบคุมที่มีความไวสูงและมีระดับของสัญญาณต่ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะทำให้เกิดภาระ (*load*) ต่ออุปกรณ์ควบคุมน้อยลง

2. สามารถต่อใช้งานได้โดยตรงกับดิจิทัลทรานสดิวเซอร์ (*digital transducer*)

ทรานสดิวเซอร์ ตัวอย่างเช่น ดีซีเทค โคมิเตอร์ (*DC - tachometer*) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงค่าความเร็วเชิงมุม (*radians per second*) เป็นสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้า ดิจิทัลทรานสดิวเซอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอุปกรณ์ที่ให้สัญญาณเอาต์พุตแบบสัญญาณไม่ต่อเนื่อง หรือสัญญาณดิจิทัลที่เป็นรหัสเลขฐานสอง ข้อดีของดิจิทัลทรานควิวเซอร์ คือ มีสัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบดิจิทัลซึ่งการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลจะเกิดสัญญาณรบกวนน้อยกว่าการส่งสัญญาณแบบแอนะล็อก

3. ใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์

กระบวนการทางดิจิทัลเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมแนวใหม่ โดยระบบควบคุมกระบวนการที่ออกแบบได้จะต้องมีราคาประหยัด ขนาดเล็ก เช่น ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีราคาต่ำ น้ำหนักเบาและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยรวมถึงการชดเชยและการกรองสัญญาณของระบบได้อย่างต่อเนื่องด้วย

4. ส่งสัญญาณได้ระยะทางที่ไกล (telemetry)

การส่งสัญญาณแบบดิจิทัลสามารถส่งสัญญาณได้ไกลโดยต้องการช่องสัญญาณเพียงหนึ่งช่องก็สามารถส่งสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องไปสู่ระบบควบคุมได้หลาย ๆ ระบบควบคุมโดยอาศัยหลักการมัลติเพล็กซ์ (multiplexing)

5. ใช้รหัสสัญญาณแบบดิจิทัล (digital coded signal)

สัญญาณดิจิทัลจะสามารถช่วยให้เกิดความสะดวกในการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ซึ่งคุณสมบัตินี้เป็นผลมาจากวิธีที่ระบบควบคุมแบบดิจิทัลสามารถรักษาข้อมูลแบบดิจิทัลไว้ได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน รวมทั้งการที่สามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่ยากและการส่งข้อมูลแบบดิจิทัลที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงสูง นอกจากนี้แล้วดิจิทัลคอมพิวเตอร์สมัยใหม่มีขนาดเล็กและมีความเร็วในการคำนวณ การชดเชยและการกรองสัญญาณสูง

6. การออกแบบระบบ (system design)

การประยุกต์ใช้งานระบบควบคุมให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นอยู่กับการออกแบบการควบคุมการชักตัวอย่างสัญญาณดิจิทัลจากสัญญาณแบบต่อเนื่อง ซึ่งระบบควบคุมแบบสัญญาณต่อเนื่องมีการใช้อุปกรณ์แบบแอคทีฟ (active device) ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) เพิ่มขึ้นหรืออาจจะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณรบกวนเสียเอง แต่ในระบบควบคุมแบบดิจิทัลกระบวนการควบคุมการชักตัวอย่างข้อมูลจะใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ซึ่งปราศจากสัญญาณรบกวน

7. เป็นระบบควบคุมที่ใช้การชักตัวอย่างสัญญาณ (control system with inherent sampling)

ในระบบเรดาร์ติดตาม (radar tracking) การรับส่งสัญญาณเป็นแบบสัญญาณพัลส์ โดยหน่วยเรดาร์กวาดตรวจจะทำงานเป็นสวิตช์ชักตัวอย่าง (sampling switch) โดยมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทิศทาง การโคจรและระดับความสูงซึ่งเป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ข้อเสียของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

1. การออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการออกแบบระบบควบคุมการชักตัวอย่างข้อมูลในบางครั้งมีความยุ่งยากมากเกินไปและต้องใช้เวลาานานมากเมื่อเทียบกับระบบควบคุมแบบสัญญาณต่อเนื่อง

2. เกิดความล่าช้าในการแปลงสัญญาณ

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลต้องใช้เวลารับการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

3. การผิดพลาดทางด้านซอฟต์แวร์ (software error)

ในระบบควบคุมกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยากอาจทำให้ขั้นตอนการคำนวณทางซอฟต์แวร์ผิดพลาดได้ นั่นคือซอฟต์แวร์อาจจะไม่ถูกต้อง

4. ส่วนประกอบของสัญญาณไม่ครบถ้วน

อุปกรณ์จับข้อมูลตามรูปที่ 2.8(b) ใช้สำหรับสร้างสัญญาณแบบต่อเนื่อง $e(t)$ จากสัญญาณดิจิทัล $e^*(t)$ โดยการสร้างสัญญาณ $m(t)$ แล้วประมาณค่าออกมาเป็น $e(t)$ ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวอาจเกิดการสูญเสีย (loss) ของสัญญาณได้

5. ความมีเสถียรภาพของระบบ (system stability)

โดยทั่วไปข้อแตกต่างของระบบควบคุมแบบสัญญาณต่อเนื่องดังรูปที่ 2.8(a) และระบบควบคุมแบบชักตัวอย่างข้อมูลหรือดิจิทัลดังรูปที่ 2.8(b) คืออุปกรณ์จับข้อมูล ซึ่งอุปกรณ์จับข้อมูลจะทำให้ระบบควบคุมแบบดิจิทัลมีเสถียรภาพของระบบต่ำ

6. ให้กำลังงานได้ต่ำ

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลสามารถให้กำลังงานได้ต่ำกว่าระบบควบคุมแบบแอนะล็อก

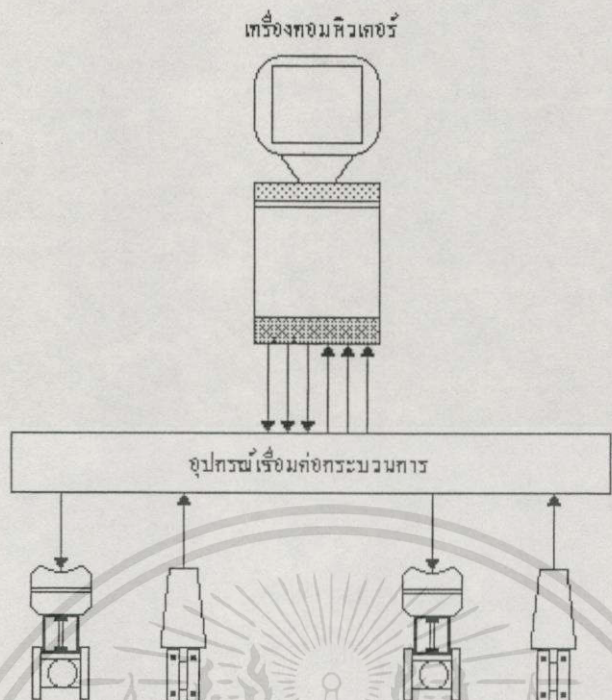
2.3 การควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง

การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงเครื่องแรกใช้ควบคุมกระบวนการผลิตแทนเครื่องควบคุมแบบเดิมและอุปกรณ์อื่น ๆ ของโรงงานผลิตโซดาแอมโมเนียในประเทศอังกฤษ เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงประกอบด้วย อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลสำหรับสัญญาณวัดจากกระบวนการผลิต และอุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกสำหรับส่งสัญญาณควบคุมกลับไปยังกระบวนการผลิต [3]

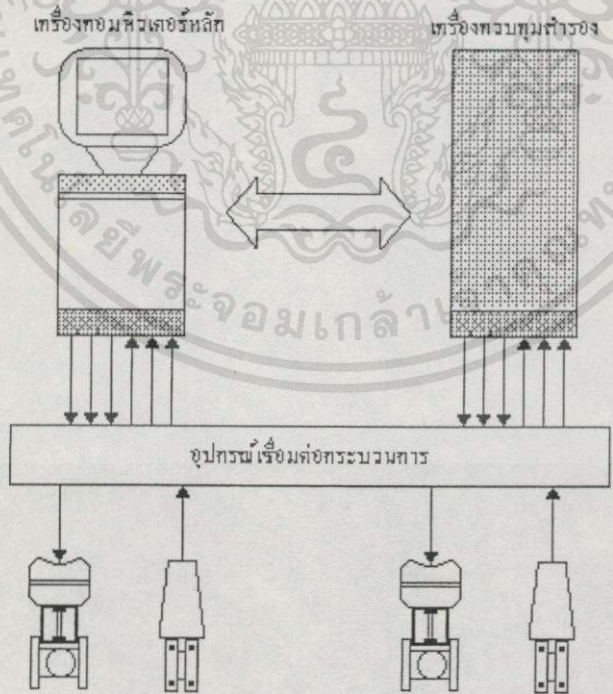
การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงแทนอุปกรณ์และเครื่องควบคุมแบบเดิม ทำให้สามารถออกแบบและกำหนดโครงสร้างของระบบควบคุมที่มีการคำนวณซับซ้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น ซึ่งไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้กับเครื่องควบคุมแบบเดิมได้ แต่การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตทั้งหมดแทนเครื่องควบคุม และอุปกรณ์อื่นอีกเป็นจำนวนมาก จะทำให้ความน่าเชื่อถือต่อการทำงานของระบบควบคุมลดลง เพราะเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ได้รับความเสียหายเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้กระบวนการทั้งหมดต้องได้รับผลเสียหายหรือหยุดการผลิต ซึ่งต่างจากระบบควบคุมแบบเดิมที่แบ่งหน้าที่การควบคุมกระบวนการผลิตให้กับเครื่องมือต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากแบ่งความรับผิดชอบ เมื่ออุปกรณ์หรือเครื่องควบคุมบางส่วนได้รับความเสียหาย จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตส่วนที่เครื่องมือดังกล่าวเกี่ยวข้องอยู่เท่านั้น ในเวลาเดียวกันที่กระบวนการผลิตส่วนอื่น ๆ ยังคงสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ตามปกติ การควบคุมกระบวนการผลิตแบบดิจิทัลโดยตรงจึงติดตั้งระบบควบคุมสำรองสำหรับทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์หลักสำหรับควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงได้รับความเสียหายและไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ตามปกติ ระบบควบคุมสำรองจะรับหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบควบคุมสำรองอาจเป็นเครื่องควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุมอื่นเช่นเดียวกับระบบควบคุมแบบเดิม หรือเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงสำรองเช่นเดียวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมหลักก็ได้ แต่การแก้ปัญหาของระบบควบคุม แบบใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงโดยติดตั้งระบบควบคุมสำรองเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมดีขึ้น แต่กลับเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การลงทุนสำหรับระบบควบคุมรวมมีราคาแพงมาก การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัล โดยตรงในระยะแรกจึงไม่ได้รับความนิยมมากนัก

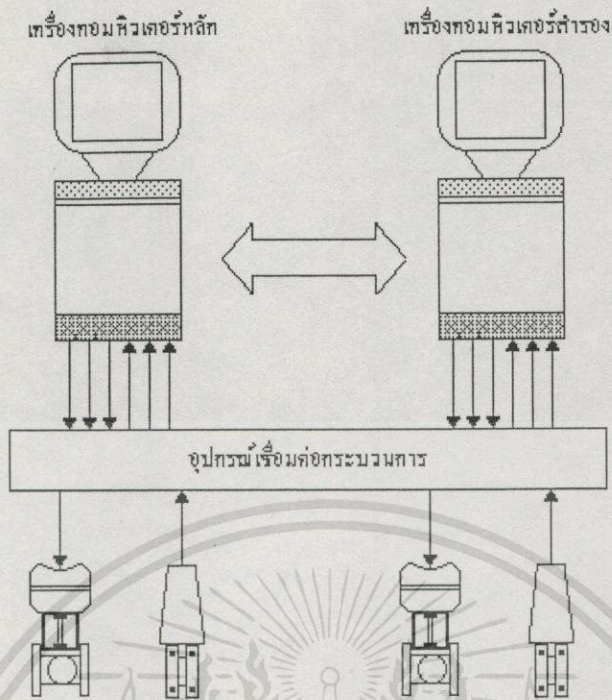


รูปที่ 2.9 การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรง



รูปที่ 2.10 การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงแบบติดตั้งเครื่องควบคุมสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรงแบบติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์สำรอง

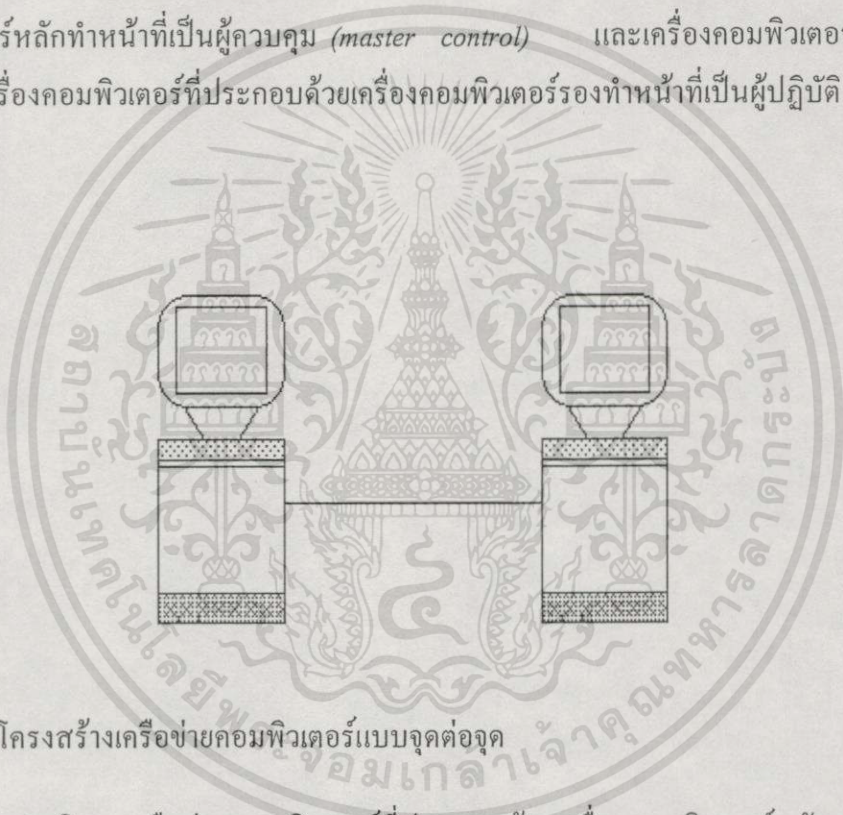
2.4 เครื่องข่ายคอมพิวเตอร์

การติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีการลงทุนสูงมากและต้องประสบปัญหาในระหว่างการดำเนินการติดตั้งมากมาย แต่โรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งยังจำเป็นและต้องอาศัยความสามารถในการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาของกระบวนการผลิตที่มีขนาดใหญ่ หรือซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ดีขึ้น บริษัทผู้ผลิตระบบควบคุมและเครื่องมือในโรงงานอุตสาหกรรมจึงพัฒนาและออกแบบระบบควบคุมขึ้นมาใหม่ โดยแบ่งหน้าที่การควบคุมกระบวนการผลิตและบริหารระบบควบคุมของเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องปฏิบัติหน้าที่และแบ่งความรับผิดชอบร่วมกัน โครงสร้างของระบบควบคุมตามแนวความคิดนี้จะประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดและเครื่องควบคุมจำนวนมากแยกกันติดตั้งทั่วโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบร่วมกัน และในขณะเดียวกันเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องสามารถติดต่อกันได้เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นข้อมูลเดียวกัน โดยการใช้เครือข่ายคมนาคม (*communication network*) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องมืออื่นทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรม โครงสร้างของเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม แบ่งเป็นเครือข่ายแบบต่าง ๆ ดังนี้

1. เครือข่ายแบบจุดต่อจุด (*point to point network*)
2. เครือข่ายแบบกระจาย (*star network*)
3. เครือข่ายแบบเส้นทางเดียว (*linear network* หรือ *bus network*)
4. เครือข่ายแบบวงแหวน (*ring network* หรือ *loop network*)

2.4.1 เครือข่ายแบบจุดต่อจุด

เครือข่ายแบบจุดต่อจุด เป็นโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายคมนาคมระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ง่ายที่สุด เครือข่ายแบบจุดต่อจุดประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เพียง 2 เครื่อง เชื่อมโยงกันโดยใช้สัญญาณเครือข่าย 1 เส้น เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หลักทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุม (*master control*) และเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์รองทำหน้าที่เป็นผู้ปฏิบัติ (*slave control*)



รูปที่ 2.12 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบจุดต่อจุด

การบริหารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเครื่องเดียว และเครื่องคอมพิวเตอร์รองเครื่องเดียวหรือหลายเครื่อง เรียกว่าเครือข่ายแบบผู้ควบคุมเวียนตรวจสอบผู้ปฏิบัติ (*master slave polling network* หรือ *centralized polling network*) โดยเครื่องคอมพิวเตอร์หลักทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมการติดต่อและสื่อสารข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ในระบบเครือข่ายทั้งหมด โดยเป็นผู้ส่งคำสั่งสำหรับควบคุมให้เครื่องคอมพิวเตอร์อื่นปฏิบัติตามและคอยตรวจสอบเพื่อรอรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น เครื่องคอมพิวเตอร์รองจะทำหน้าที่เป็นผู้ปฏิบัติ คอยรับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลักและส่งข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเมื่อได้รับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเท่านั้น การสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่ายแบบผู้ควบคุมเวียนตรวจสอบผู้ปฏิบัตินั้น การติดต่อโดยตรงระหว่างเครื่อง

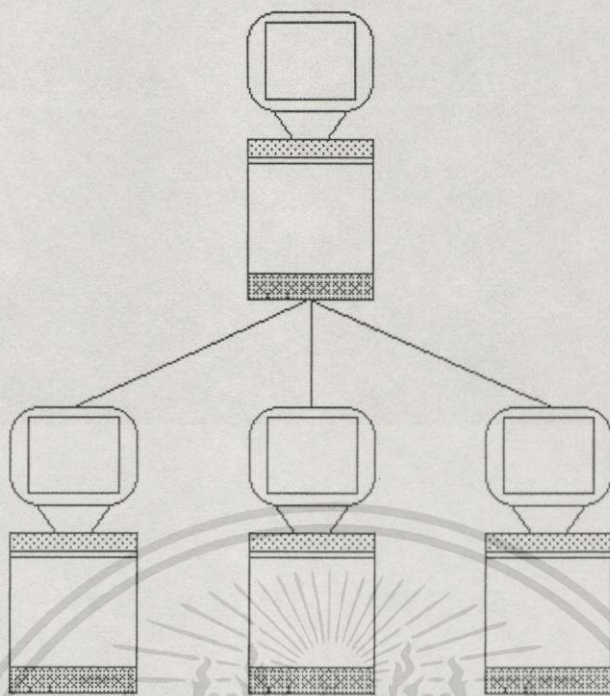
คอมพิวเตอร์รองในเครือข่ายด้วยกันไม่สามารถทำได้ เครื่องคอมพิวเตอร์รองจะต้องติดต่อกันโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเสมอ ถ้าระบบเครือข่ายประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์รองจำนวนหลาย ๆ เครื่อง เครื่องคอมพิวเตอร์หลักจะเวียนตรวจสอบและส่งคำสั่งควบคุมไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์รองทีละเครื่องตลอดเวลา

เครือข่ายแบบจุด ในโรงงานอุตสาหกรรมมักจะติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์หลักภายในห้องควบคุมกลาง สำหรับทำหน้าที่ตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล หรือบริหารระบบควบคุม และเครื่องคอมพิวเตอร์รองติดตั้งภายในบริเวณกระบวนการผลิตเพื่อเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตหรือควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัลโดยตรง

2.4.2 เครือข่ายแบบกระจาย

เครือข่ายแบบกระจาย ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเพียงเครื่องเดียว และเครื่องคอมพิวเตอร์รองจำนวนมากกว่าหนึ่งเครื่อง เครื่องคอมพิวเตอร์หลักติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์รองในระบบเครือข่าย โดยมีสายสัญญาณเครือข่ายเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์รองทุกเครื่องตลอดเวลา แต่เครื่องคอมพิวเตอร์หลักสามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์รองได้เพียงครั้งละหนึ่งเครื่องเท่านั้น ระบบเครือข่ายที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์รองจำนวนมากกว่าหนึ่งเครื่อง เครื่องคอมพิวเตอร์หลักจะต้องติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์รองโดยวิธีเวียนผลัดกันครั้งละหนึ่งเครื่องเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะมีสายสัญญาณเครือข่ายเชื่อมโยงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หลักกับเครื่องคอมพิวเตอร์รองทุกเครื่องก็ตาม

เครือข่ายแบบกระจายในโรงงานอุตสาหกรรม มักจะมีการติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์หลักในห้องควบคุมกลาง เพื่อตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการผลิตหรือควบคุมกระบวนการแบบดิจิทัล โดยตรงเช่นเดียวกับเครือข่ายแบบจุดต่อจุด แต่เครือข่ายแบบกระจายจะติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่จำเป็นต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์รองหลายเครื่องติดตั้งในกระบวนการผลิตกระจายตามจุดต่าง ๆ ทั่วโรงงานอุตสาหกรรม



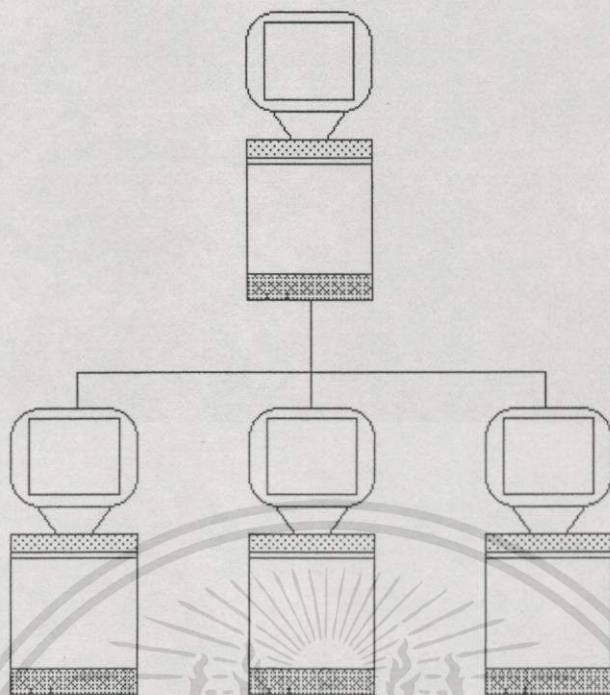
รูปที่ 2.13 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบกระจาย

2.4.3 เครือข่ายแบบเส้นทางเดียว

เครือข่ายแบบเส้นทางเดียว จะประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเพียงเครื่องเดียว และเครื่องคอมพิวเตอร์รองจำนวนหลายเครื่องเช่นเดียวกับเครือข่ายกระจาย แต่ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หลักกับเครื่องคอมพิวเตอร์รอง จะเชื่อมโยงโดยใช้สายสัญญาณเครือข่ายเส้นทางเดียว เครื่องคอมพิวเตอร์หลักจึงสามารถรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์รองได้เพียงครั้งละหนึ่งเครื่องเช่นเดียวกับเครือข่ายแบบกระจาย แต่สามารถส่งคำสั่งควบคุมไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์รองได้พร้อมกันครั้งละหลาย ๆ เครื่อง และโดยปกติการติดต่อกันภายในระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์รองในระบบเครือข่ายไม่สามารถทำได้เช่นเดียวกับเครือข่ายแบบกระจาย

เครือข่ายแบบเส้นทางเดียว ในโรงงานอุตสาหกรรมมักติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเพื่อทำหน้าที่เช่นเดียวกับเครือข่ายแบบกระจาย โดยติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์หลักในห้องควบคุมกลาง และเชื่อมโยงสายสัญญาณเครือข่ายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์รองทั่วโรงงานอุตสาหกรรมโดยสายสัญญาณเส้นทางเดียวกัน ซึ่งช่วยให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับติดตั้งเครือข่ายแบบกระจาย แต่ปัญหาของเครือข่ายแบบเส้นทางเดียวคือเมื่อเกิดการชำรุดหรือตัดขาดของสายสัญญาณเพียงจุดเดียว อาจทำให้การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายทั้งหมดต้องหยุดชะงักลงทันที โรงงานอุตสาหกรรมจึงมักเลือกติดตั้งเครือข่ายที่มีโครงสร้างผสมระหว่างเครือข่ายแบบกระจายและเครือข่ายแบบเส้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

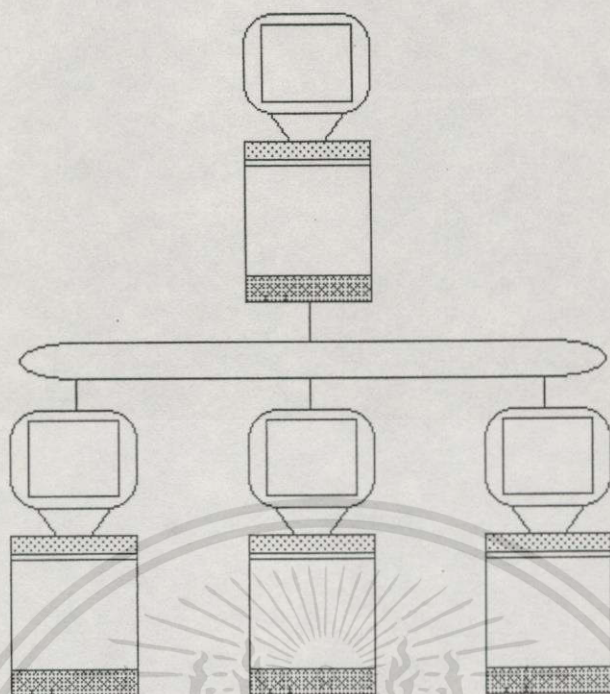


รูปที่ 2.14 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบเส้นทางเดียว

2.4.4 เครือข่ายแบบวงแหวน

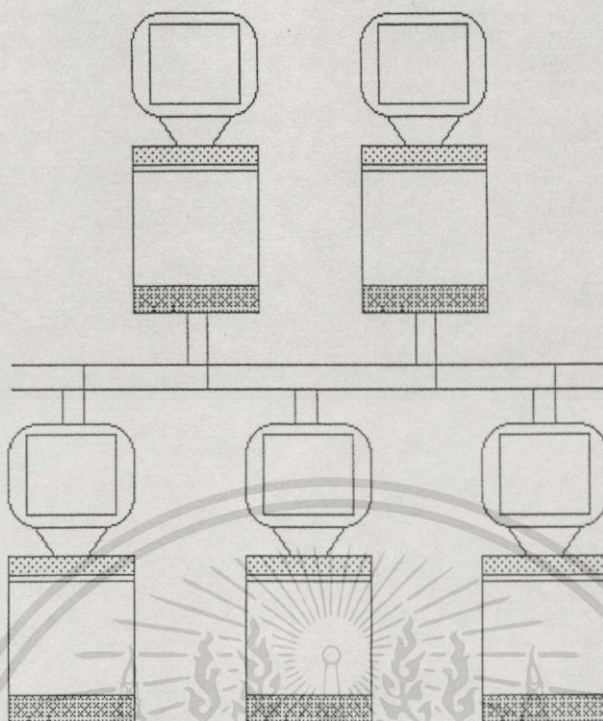
เครือข่ายแบบวงแหวน ได้ถูกพัฒนาโดยปรับปรุงจากเครือข่ายแบบเส้นทางเดียว เพื่อชดเชยจุดบกพร่องของเครือข่ายแบบเส้นทางเดียว เมื่อสายสัญญาณเครือข่ายชำรุดหรือขาด และทำให้การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายต้องหยุดชะงักลง โดยเชื่อมโยงปลายสองด้านของสายสัญญาณเครือข่ายบรรจบกันเป็นวง ทำให้การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายยังสามารถดำเนินต่อไปได้ตามปกติ โดยผ่านจุดต่อใหม่ที่ปลายทั้งสองด้านของสายสัญญาณเครือข่ายเดิม

โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปมักไม่สามารถติดตั้งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยยึดถือโครงสร้างของเครือข่ายแบบใดแบบหนึ่งโดยเฉพาะได้ แต่มักจะต้องใช้โครงสร้างของเครือข่ายหลายแบบประกอบกันเสมอ

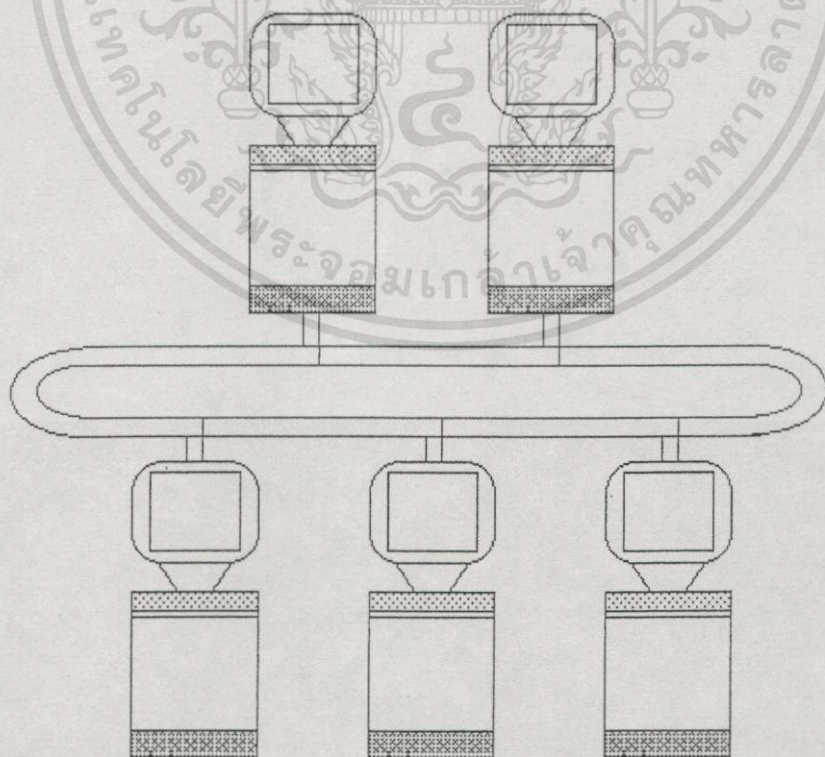


รูปที่ 2.15 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน

การบริหารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยวิธีให้ผู้ควบคุมเวียนตรวจสอบผู้ปฏิบัติโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หลักเพียงเครื่องเดียวเป็นผู้ควบคุมระบบเครือข่ายทั้งหมด อาจเกิดปัญหา ระหว่างการสื่อสารของเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่าย เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเสียหายและไม่สามารถควบคุมระบบเครือข่ายได้ตามปกติ จึงมีการปรับปรุงวิธีสื่อสารในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขึ้นใหม่เพื่อชดเชยจุดบกพร่องของวิธีบริหารระบบเครือข่ายแบบเดิม โดยไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดในระบบเครือข่ายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หลัก และเครื่องคอมพิวเตอร์รองเป็นการถาวร แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในระบบเครือข่ายจะผลัดกันทำหน้าที่เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หลักและเครื่องคอมพิวเตอร์รองตลอดเวลา เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ควบคุมระบบเครือข่ายเสียหาย หน้าที่การควบคุมระบบเครือข่ายจะถูกโอนผ่านไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นเองโดยอัตโนมัติ ทำให้การสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายสามารถดำเนินต่อไปได้ตามปกติ การบริหารระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ตามวิธีการนี้ เรียกว่า เครือข่ายแบบสลับผู้ควบคุมและผู้ปฏิบัติ (*token passing network* หรือ *peer to peer network*) การสื่อสารของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เป็นโครงสร้างแบบเส้นทางเดียวและแบบวงแหวน สามารถใช้การบริหารระบบเครือข่ายแบบสลับผู้ควบคุมและปฏิบัติได้



รูปที่ 2.16 เครือข่ายแบบเส้นทางเดียวสองชั้น



รูปที่ 2.17 เครือข่ายแบบวงแหวนสองชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม แบบเครือข่ายเส้นทางเดียว

3.1 บทนำ

ปัจจุบันระบบควบคุมแบบดิจิทัลเป็นที่นิยมเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ควบคุมกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยระบบควบคุมแบบดิจิทัลที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีด้วยกันสองแบบคือ ระบบควบคุมแบบศูนย์ควบคุมกลาง และระบบควบคุมแบบกระจายหน่วยควบคุม แต่ระบบควบคุมทั้งสองแบบมีข้อด้อยดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 1.1 จึงทำให้ระบบควบคุมมีความน่าเชื่อถือในการควบคุมต่ำ มีความเสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณรบกวนสูง และต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนสำหรับสายสัญญาณควบคุม ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่ออกแบบเพื่อแก้ไขข้อด้อยของระบบควบคุมทั้งสองแบบดังที่กล่าวมาแล้ว

3.2 หลักการทำงานของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว เป็นระบบควบคุมที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อด้อยและจุดบกพร่องของระบบควบคุมแบบเดิมที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การออกแบบระบบควบคุมจะเน้นการกระจายหน่วยควบคุมและกระจายการควบคุมให้มากที่สุด [4] นั่นคือหน่วยควบคุมแต่ละหน่วยมีหน้าที่ในการควบคุมวงจรควบคุมเพียงหนึ่งวงจรควบคุมเท่านั้น จึงทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการควบคุมกระบวนการต่ำ เนื่องจากเมื่อหน่วยควบคุมใดเกิดการขัดข้องก็จะมีผลกระทบเฉพาะในวงจรควบคุมนั้น ๆ เท่านั้น มีการติดตั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยปฏิบัติงานสำหรับวิศวกร หน่วยปฏิบัติการและแสดงสถานะของกระบวนการ ในส่วนของการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และหน่วยควบคุมเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบอนุกรมขนาดแปดบิต หน่วยควบคุมได้ถูกกระจายไปติดตั้งในส่วนต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมผ่านบัสเครือข่าย RS-485 เป็นมาตรฐานการรับส่งสัญญาณแบบ *Half Duplex Communication* ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 4,000 ฟุต หรือประมาณ 1,200 เมตร [13] และสามารถสร้างเครือข่ายได้สูงถึง 32 จุด โดยใช้สายสัญญาณควบคุมเพียงสองเส้น จึงเป็นระบบควบคุมที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับสายควบคุมได้เป็นอย่างมาก และการกระจายหน่วยควบคุมเพื่อติดตั้งในตำแหน่งที่มีระยะทางใกล้เคียงกับ

อุปกรณ์ควบคุมสวิตช์และอุปกรณ์เครื่องมือวัด ซึ่งจะทำให้ความเสียหายต่อการเกิดสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณควบคุมแอนะล็อกน้อยลง อีกทั้งโปรแกรมควบคุมถูกกระจายอยู่ในหน่วยควบคุมต่าง ๆ จึงมีขนาดเล็กสะดวกในการสร้างและแก้ไข จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียวเป็นระบบควบคุมมีความน่าเชื่อถือในการควบคุมกระบวนการสูงและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับสายสัญญาณควบคุมที่ต่ำมาก

หน่วยควบคุม มีหน้าที่หลักในการควบคุมให้ค่าตัวแปรกระบวนการมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายกระบวนการ และนอกจากนี้แล้วยังมีหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่น่าสนใจในงานวิจัยนี้ คือความสามารถควบคุมกระบวนการในสภาวะที่การรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง โดยเมื่อเกิดสภาวะการรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง หรือสายสัญญาณชำรุดจะทำให้หน่วยควบคุมไม่สามารถรับสัญญาณเลือกหน่วยควบคุมจากหน่วยปฏิบัติการได้ โดยหน่วยควบคุมได้ถูกออกแบบให้มีรูปแบบ (mode) การทำงานเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและปลอดภัยต่อการควบคุมกระบวนการสามแบบด้วยกันคือ

3.2.1 แบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย

การควบคุมแบบนี้ หน่วยควบคุมจะถูกออกแบบให้สามารถควบคุมกระบวนการต่อไปได้ โดยรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้ายก่อนที่การติดต่อรับส่งข้อมูลจะขัดข้องมาเป็นค่าสัญญาณควบคุมกระบวนการ จนกว่าการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมจะใช้งานได้ และหน่วยควบคุมได้รับค่าเป้าหมายกระบวนการค่าใหม่จากหน่วยปฏิบัติการ การควบคุมแบบนี้จะเหมาะสมกับกระบวนการที่ต้องการการควบคุมต่อเนื่องหลังจากกระบวนการส่วนอื่น ๆ หยุดทำงานไปแล้ว เช่น การควบคุมความเร็วรอบในการหมุนของเตาเผา (rotary kiln) เพื่อให้ความร้อนภายในเตาเผากระจายทั่วเปลือกเตาเผา

3.2.2 แบบสัญญาณควบคุมสูงสุด

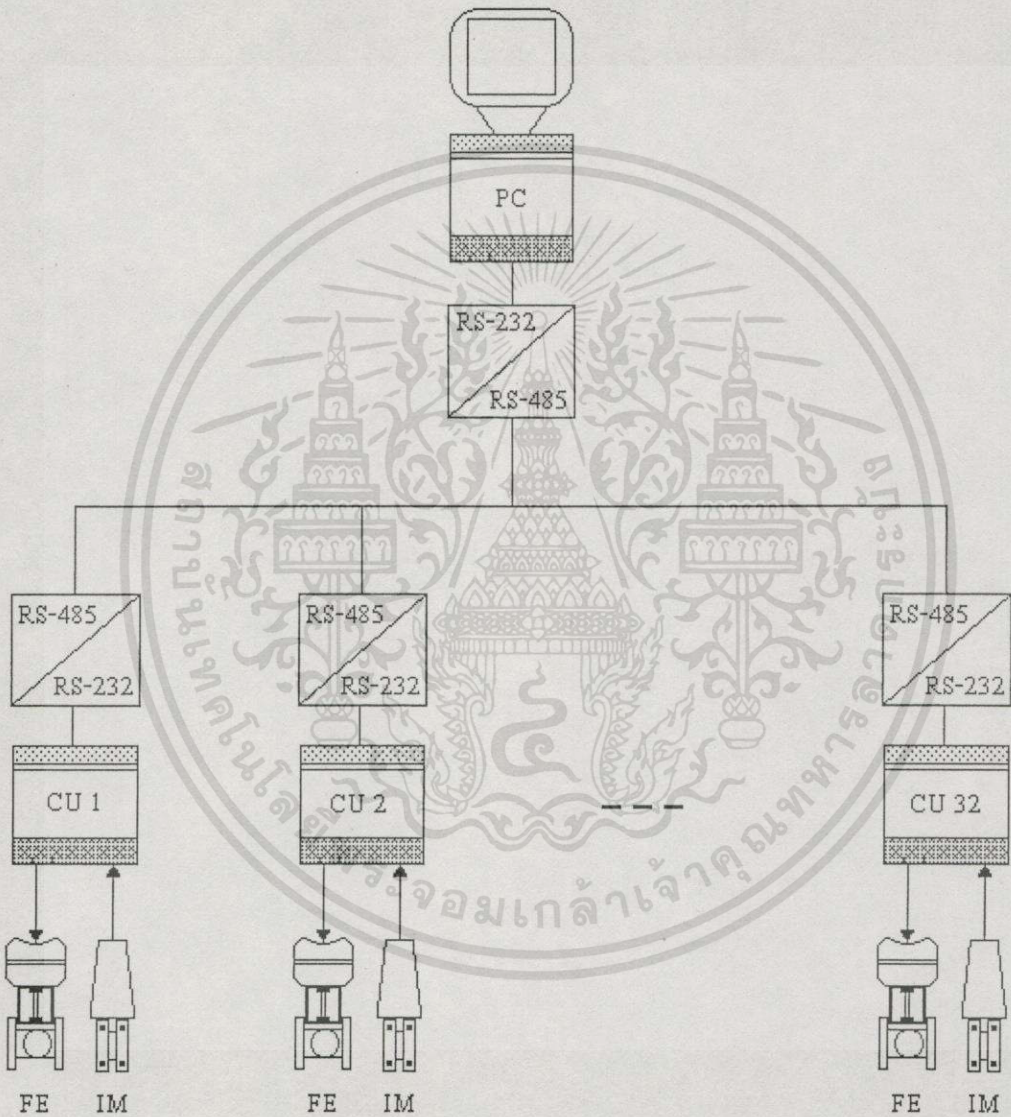
การควบคุมแบบนี้ หน่วยควบคุมจะถูกออกแบบให้สามารถควบคุมกระบวนการต่อไปได้ด้วยค่าสัญญาณควบคุมที่มีค่าสูงสุดคือ 20 mA จนกว่าการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมจะใช้งานได้ และหน่วยควบคุมได้รับค่าเป้าหมายกระบวนการค่าใหม่จากหน่วยปฏิบัติการ การควบคุมแบบนี้เหมาะกับกระบวนการที่ต้องการลดระดับความดันของระบบ ระบบระบายความร้อน

3.2.3 แบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด

การควบคุมแบบนี้ หน่วยควบคุมจะถูกออกแบบให้สามารถควบคุมกระบวนการต่อไปได้ด้วยค่าสัญญาณควบคุมที่มีค่าต่ำสุดคือ 4 mA จนกว่าการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมจะใช้งานได้ และหน่วยควบคุมได้รับค่าเป้าหมายกระบวนการค่าใหม่จากหน่วยปฏิบัติการ การควบคุมแบบนี้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการควบคุมระบบ

จ่ายเชื้อเพลิง กระบวนการที่ต้องการรักษาความดัน หรือกระบวนการที่ป้องกันอากาศภายนอก
เข้าระบบ

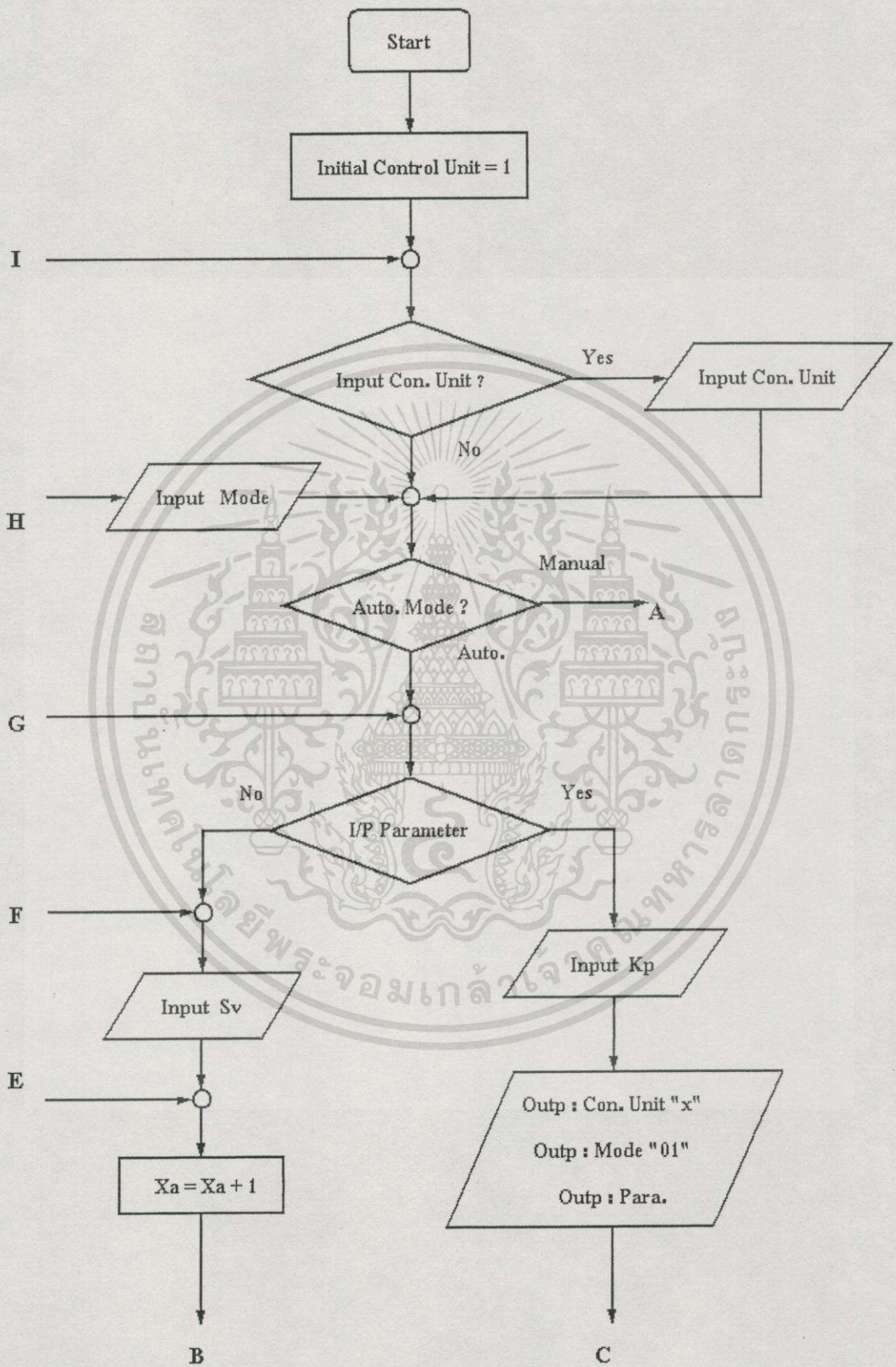
3.3 ส่วนประกอบของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่าย สายเส้นทางเดียว



PC : Personal Computer CU : Control Unit
FE : Final Control Element IM : Instrument

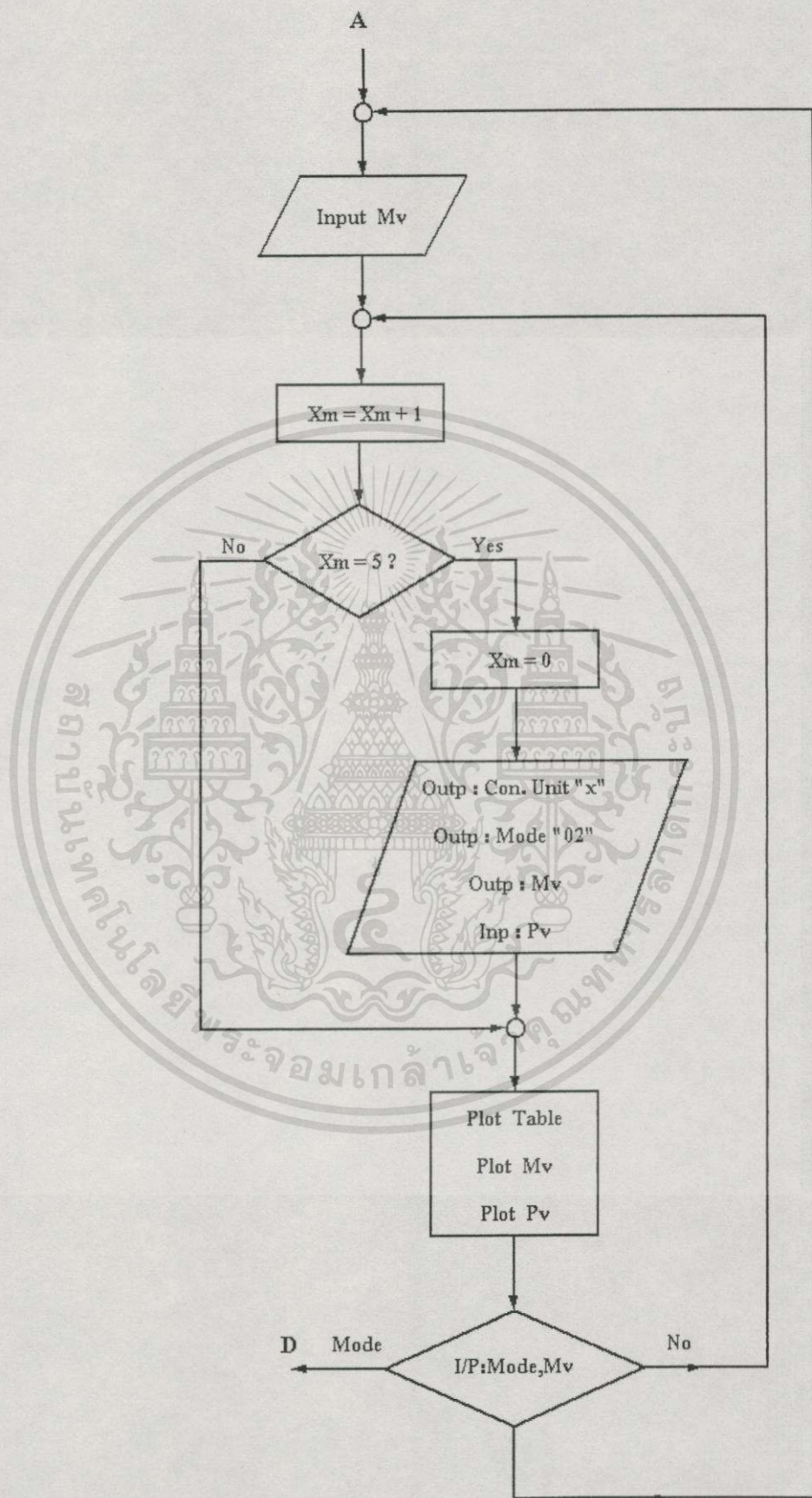
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุม
แบบเครือข่ายสายเส้นทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



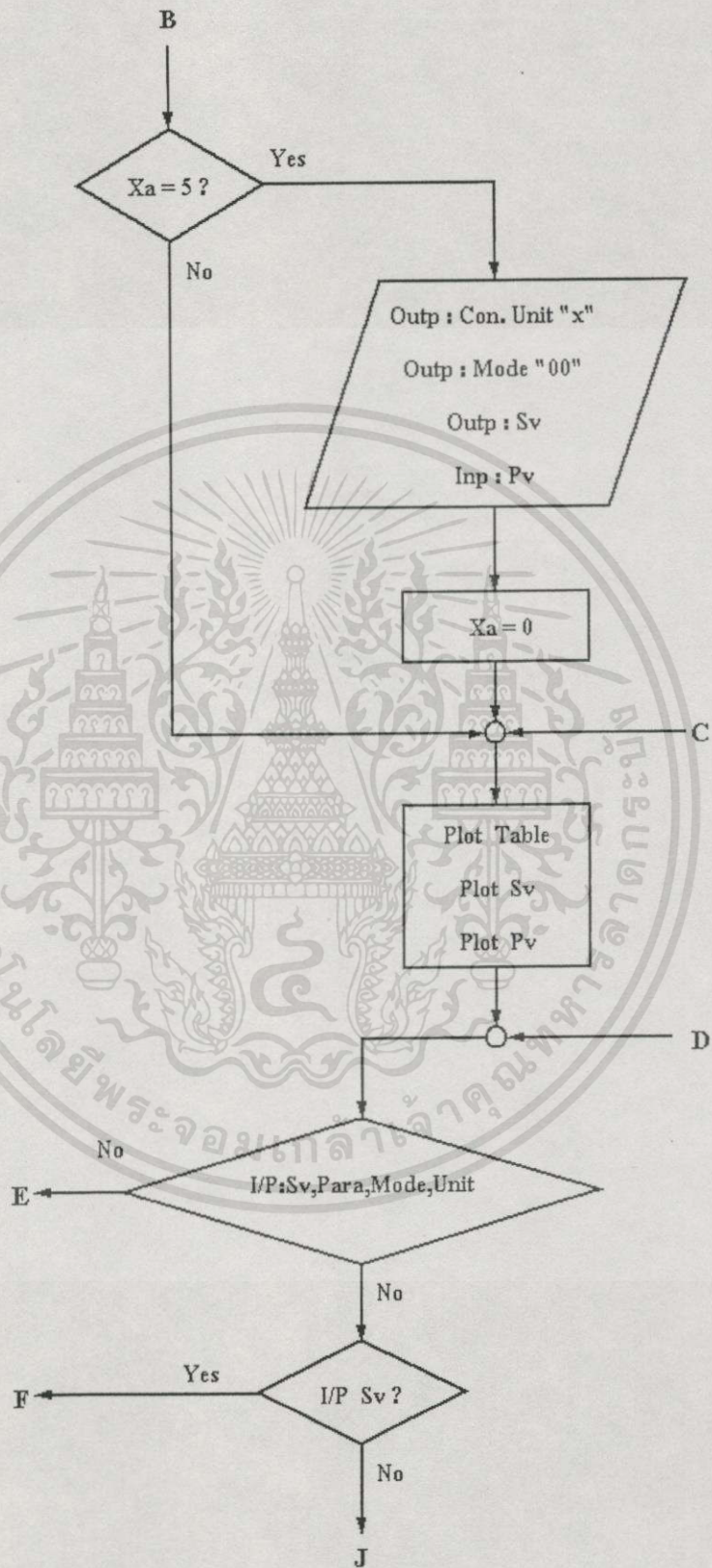
รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงการทำงานของคอมพิวเตอร้ส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



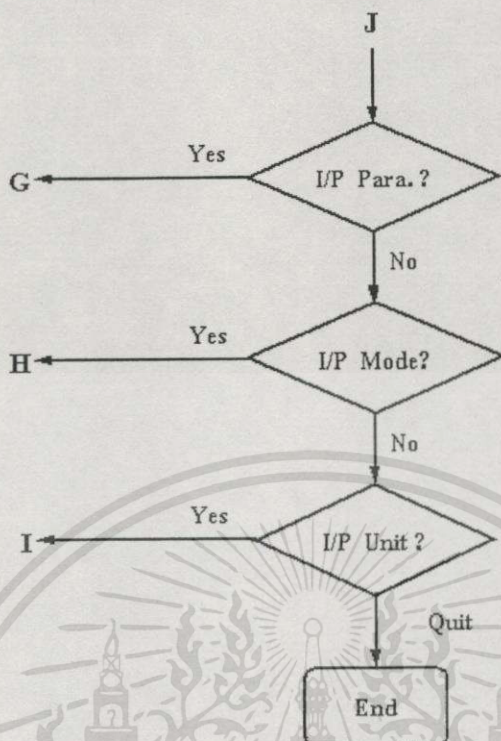
รูปที่ 3.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 (ต่อ)

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียวมีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.1 โดยสามารถแบ่งได้เป็นส่วนประกอบหลักสองส่วนด้วยกัน คือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และหน่วยควบคุม มีรายละเอียดการทำงานในแต่ละส่วนดังนี้

3.3.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ใช้โปรแกรมภาษาซีในการกำหนดการทำงาน [1,2] โดยมีหน้าที่หลัก คือ ใช้เป็นสถานีการปฏิบัติงานสำหรับวิศวกร (*engineering work station*) และใช้เป็นหน่วยปฏิบัติการ (*operator work station*)

3.3.1.1 ใช้เป็นสถานีการปฏิบัติงานสำหรับวิศวกร

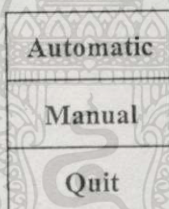
คือเป็นแหล่งที่ใช้ในการสร้าง หรือการแก้ไข และการบันทึกโปรแกรมควบคุมการส่งค่าเป้าหมายกระบวนการให้แต่ละหน่วยควบคุม โปรแกรมรับค่าตัวแปรกระบวนการจากแต่ละหน่วยควบคุม โปรแกรมการเตือนความผิดปกติ (*alarm*) ของกระบวนการ โปรแกรมเกี่ยวกับความเกี่ยวพันระหว่างหน่วยควบคุม การเลือกโหมดการควบคุม และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับหน่วยควบคุม

3.3.1.2 ใช้เป็นหน่วยปฏิบัติการ

ใช้ในการควบคุมการทำงานของกระบวนการ เช่นการให้ค่าเป้าหมายกระบวนการ สำหรับแต่ละหน่วยควบคุม แสดงผลค่าตัวแปรกระบวนการ การเลือกหน่วยควบคุมใด ๆ มาแสดงผลการทำงานที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

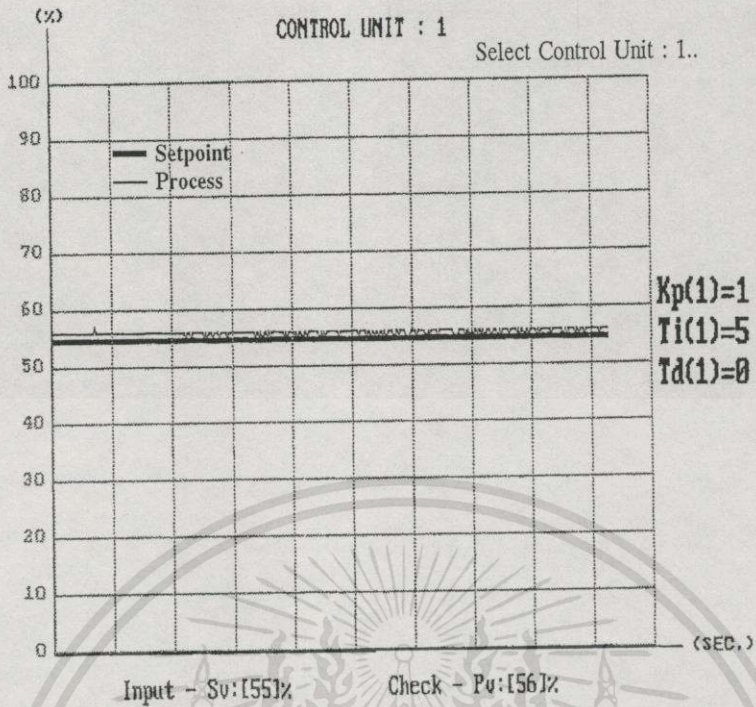
ในส่วนรายละเอียดการทำงานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิรูปที่ 3.2 เมื่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำงานก็จะแสดงรายการ (*mode*) การทำงานคือ *Automatic* , *Manual* และ *Quit* ดังรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.3 โดยมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละรายการดังนี้

1. *Automatic* การทำงานในแบบนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนด้วยกัน คือ การเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวควบคุมแบบ *P* และเลือกการควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถกำหนดค่าเป้าหมายกระบวนการส่งไปยังหน่วยควบคุมต่าง ๆ รับค่าตัวแปรกระบวนการจากหน่วยควบคุม และการเลือกหน่วยควบคุมต่าง ๆ มาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รายละเอียดรายการเมื่อทำงานในโหมด *Automatic* สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



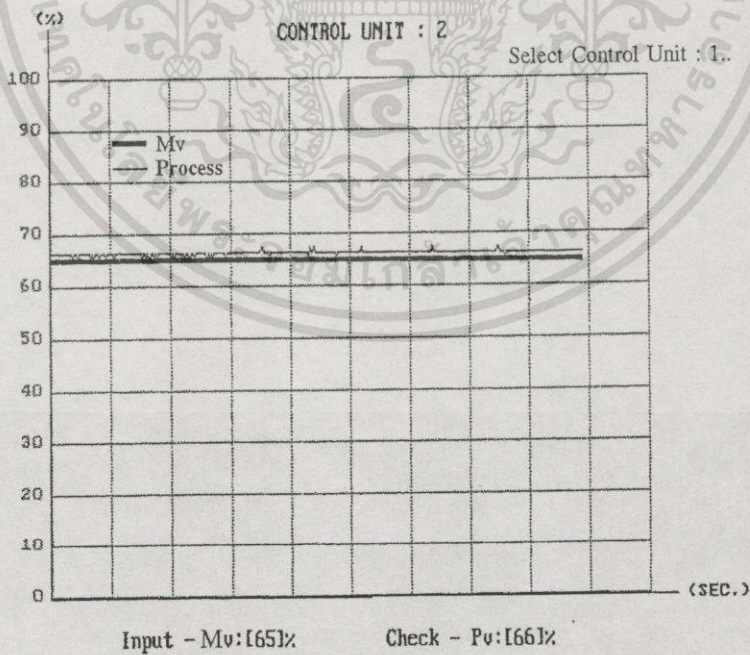
รูปที่ 3.3 รายการการทำงาน

2. *Manual* การทำงานในแบบนี้ สามารถจะเลือกหน่วยควบคุมต่าง ๆ มาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล การกำหนดค่า *Manipulated* เพื่อส่งไปยังหน่วยควบคุมและการรับค่าตัวแปรกระบวนการจากหน่วยควบคุม รายละเอียดรายการเมื่อทำงานในโหมด *Manual* สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5
3. *Quit* เลือกขานี้เมื่อต้องการจะออกจากการทำงาน โดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะออกจากการทำงานและแสดงโปรแกรมภาษาซีบนจอคอมพิวเตอร์



Press [ANY-KEY] to input Sv , Press [A] to set PID
Press [B] to sele. con.unit , Press [Esc] to Quit

รูปที่ 3.4 รายละเอียดรายการเมื่อทำงานในโหมด *Automatic*



Press [ANY-KEY] to input Sv

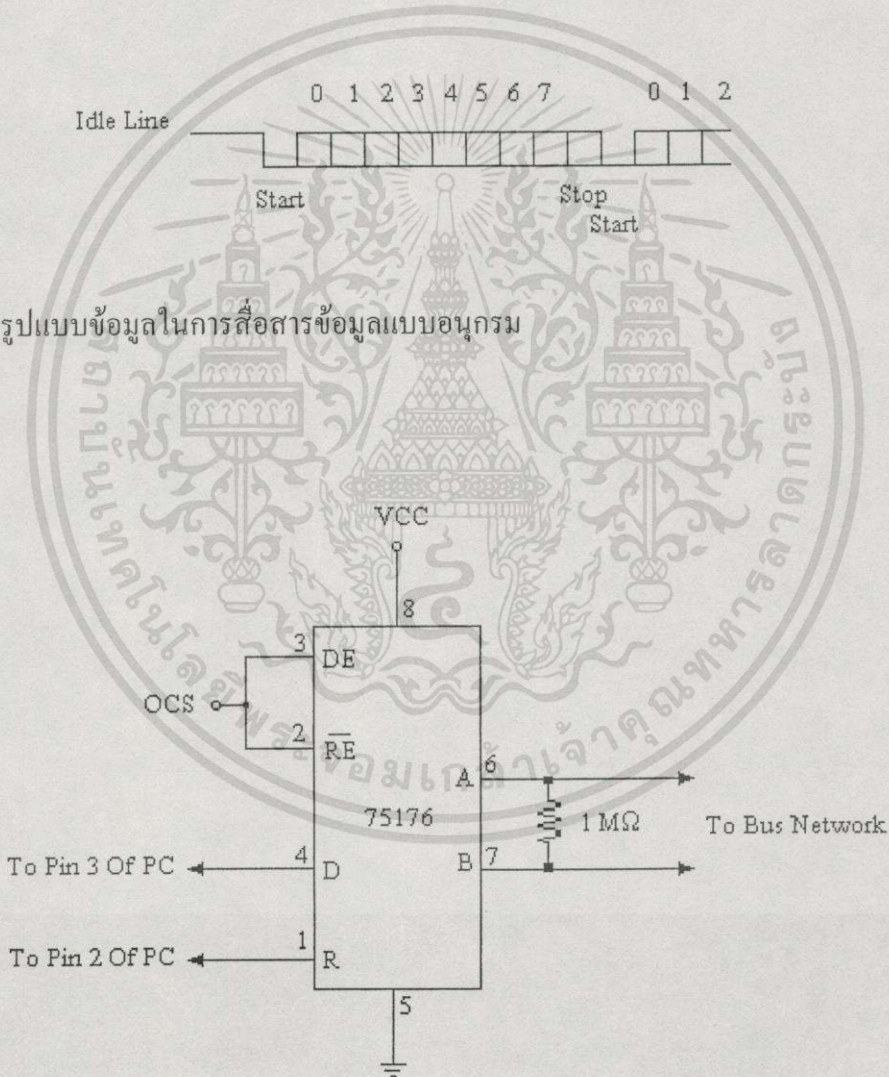
Press [B] to sele. con.unit , Press [Esc] to Quit

รูปที่ 3.5 รายละเอียดรายการเมื่อทำงานในโหมด *Manual*

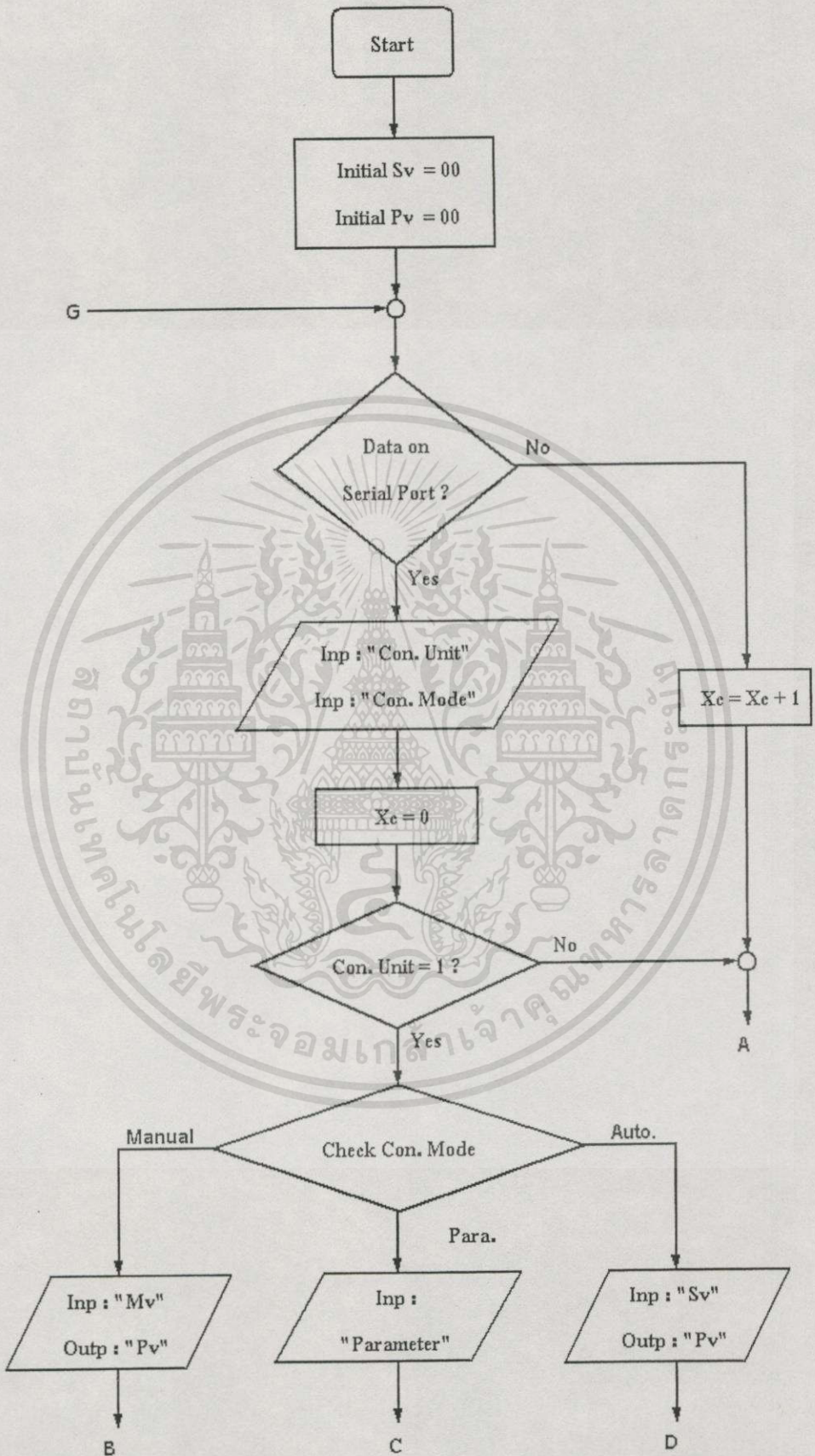
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและหน่วยควบคุม เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมขนาดข้อมูล (*data bit*) 8 บิต 1 บิตเริ่มส่ง (*start bit*) และ 1 บิตหยุดส่ง (*stop bit*) โดยมีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลในการสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 3.6 อัตราความเร็วในการส่งสัญญาณ (*baud rate*) 9600 โบต์ [9] ผ่านบัตรเครือข่าย RS-485 ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 4,000 ฟุต หรือประมาณ 1,200 เมตร โดยการแปลงสัญญาณที่ออกจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งเป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485 รายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485 แสดงดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.6 รูปแบบข้อมูลในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

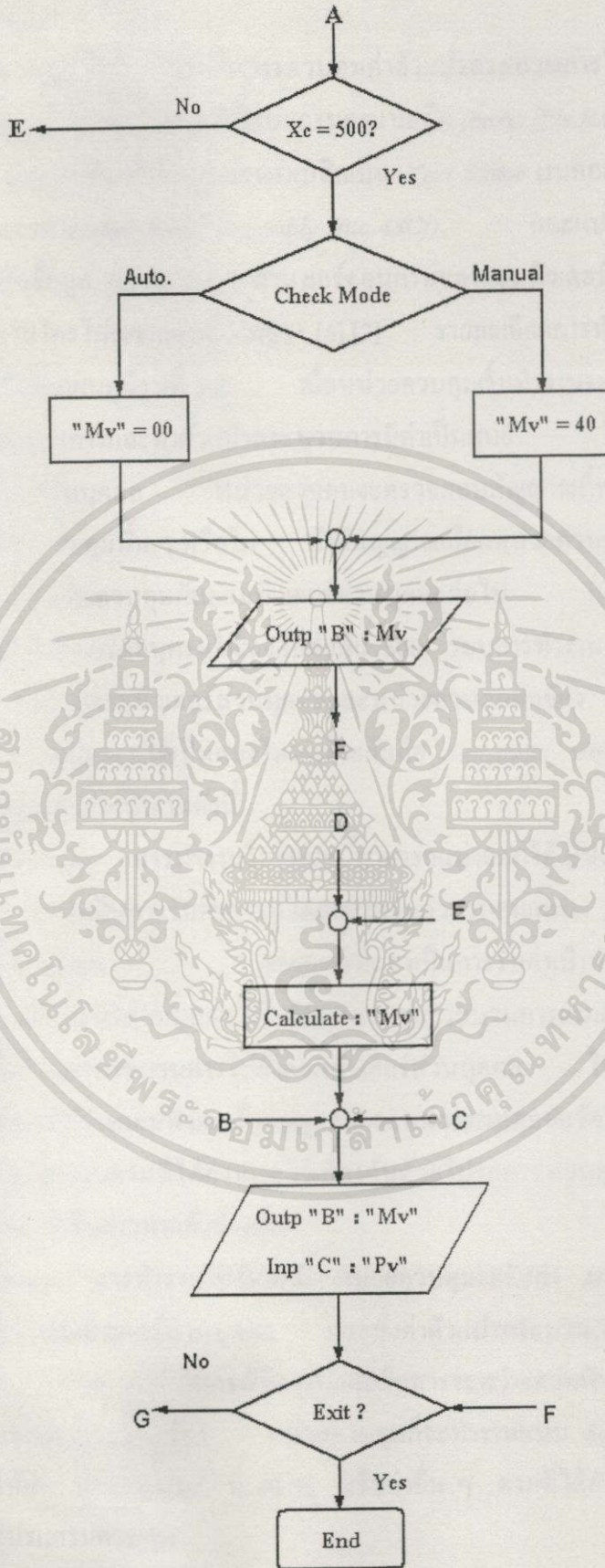


รูปที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485



รูปที่ 3.8 แผนภูมิแสดงการทำงานของหน่วยควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 หน่วยควบคุม

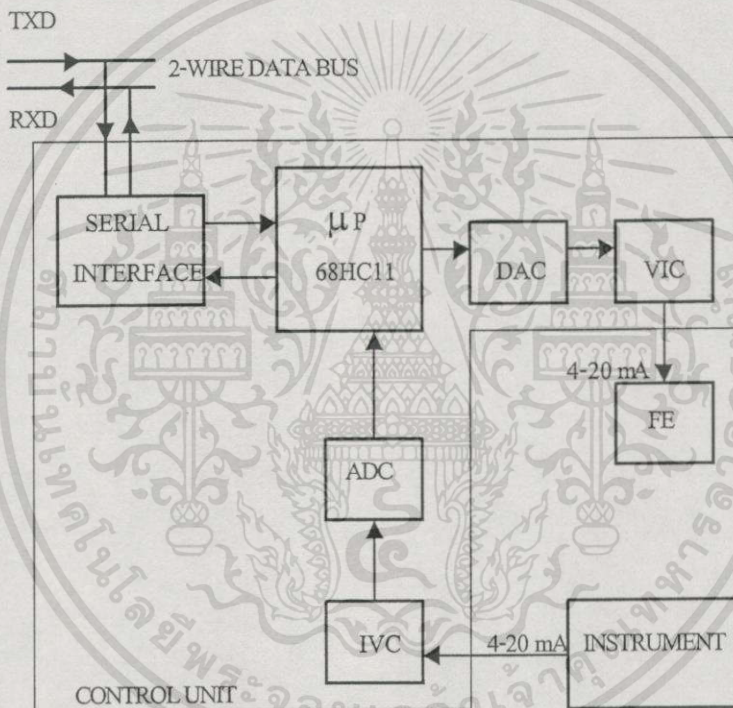
หน่วยควบคุมมีหน้าที่หลักในการควบคุมค่าตัวแปรกระบวนการให้มีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายกระบวนการ หน่วยควบคุมใช้โปรแกรมภาษาเบสิก (*basic [file.BAS]*) ในการกำหนดการทำงาน โดยการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิกเป็น *Text Editor* บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล แล้วนำมาแปลเป็นภาษาแอสเซมบลี (*assembly [file.ASC]*) และแปลเป็นเลขฐานสิบหก (*[file.S19]*) เพื่อถ่ายข้อมูล (*down load*) ผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านไปสู่พอร์ตอนุกรมของไมโครโปรเซสเซอร์ 68HC11 [6],[7] รายละเอียดการทำงานของหน่วยควบคุมสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิรูปที่ 3.8 เมื่อหน่วยควบคุมเริ่มทำงานจะกำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่ค่าเป้าหมายกระบวนการและค่าตัวแปรกระบวนการมีค่าเป็นศูนย์ ในส่วนการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน่วยควบคุมจะตรวจสอบสัญญาณที่พอร์ตอนุกรมว่ามีการเลือกติดต่อกับหน่วยควบคุมนั้น ๆ หรือไม่ ถ้ามีสัญญาณเลือกหน่วยควบคุมนั้น ๆ หน่วยควบคุมก็จะรับและส่งสัญญาณควบคุมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลต่อไป แต่ถ้าหน่วยควบคุมไม่สามารถรับสัญญาณจากพอร์ตอนุกรมได้เลยติดต่อกัน 500 รอบการทำงาน (*cycle*) ก็จะสรุปว่าการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและหน่วยควบคุมขัดข้อง การทำงานของหน่วยควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็นสองโหมดด้วยกันคือ *Automatic* และ *Manual* โดยในแต่ละโหมดมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

1. *Automatic* การทำงานในโหมดนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกรณีด้วยกัน คือ กรณีแรกเป็นการรับค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวควบคุมแบบ *P* จากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และกรณีที่สองเป็นการรับค่าเป้าหมายกระบวนการจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อทำการควบคุมกระบวนการแบบ *Automatic* และส่งค่าตัวแปรกระบวนการไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในกรณีที่การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและหน่วยควบคุมขัดข้อง หน่วยควบคุมก็จะทำงานตามที่ได้กำหนดไว้เบื้องต้นด้วย โปรแกรมควบคุมรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น
2. *Manual* การทำงานในโหมดนี้ หน่วยควบคุมจะรับค่า *Manipulated* โดยตรงจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และส่งค่าตัวแปรกระบวนการไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในกรณีที่การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและหน่วยควบคุมขัดข้อง หน่วยควบคุมก็จะทำงานแบบ *Safe Condition* คือจะให้ค่า *Manipulated* ที่ 40 % หรือค่าอื่น ๆ ตามที่ได้กำหนดไว้เบื้องต้นโดยโปรแกรมควบคุม

หน่วยควบคุมมีรายละเอียดโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.9
ส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

ซึ่งมีรายละเอียดของ

1. ส่วนรับส่งสัญญาณควบคุมแบบอนุกรม (serial interface)
2. ส่วนประมวลผล
3. ส่วนแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (digital to analog converter)
4. ส่วนแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส (voltage to current converter)
5. ส่วนแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (analog to digital converter)
6. ส่วนแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน (current to voltage converter)



DAC : Digital to Analog Converter

ADC : Analog to Digital Converter

IVC : Current to Voltage Converter

VIC : Voltage to Current Converter

รูปที่ 3.9 โครงสร้างของหน่วยควบคุม

3.3.2.1 วงจรรับส่งสัญญาณควบคุมแบบอนุกรม

วงจรรับส่งสัญญาณควบคุมแบบอนุกรม
ระหว่างหน่วยควบคุมและคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

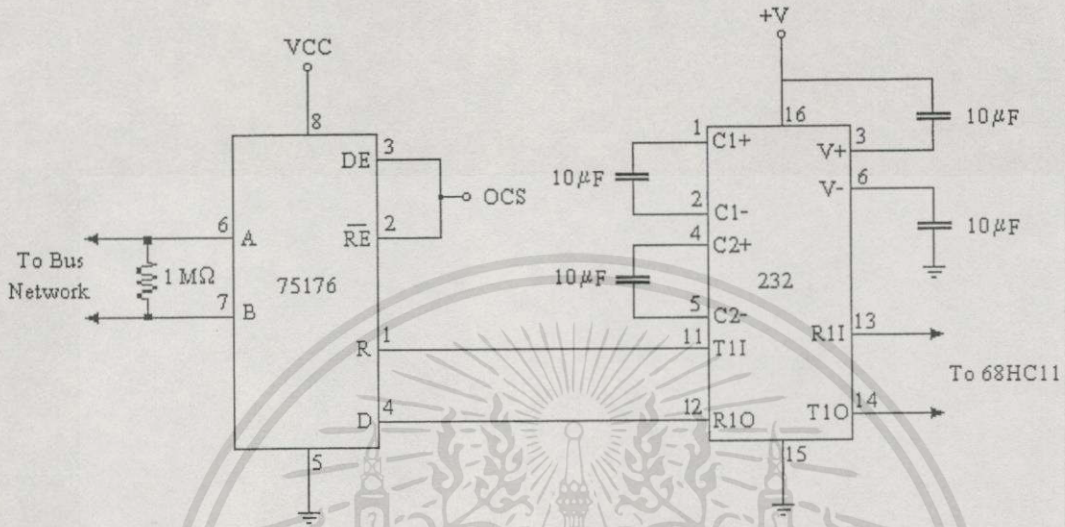
มีหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณควบคุม
โดยจะต่อเชื่อมเข้ากับเครือข่ายเส้นทาง

เดี่ยวซึ่งรับส่งสัญญาณควบคุมมาตรฐาน RS-485 แล้วนำมาแปลงเป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมมาตรฐาน RS-232 และส่งต่อไปยังขา TXD และ RXD ของไมโครโปรเซสเซอร์ 68HC11 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



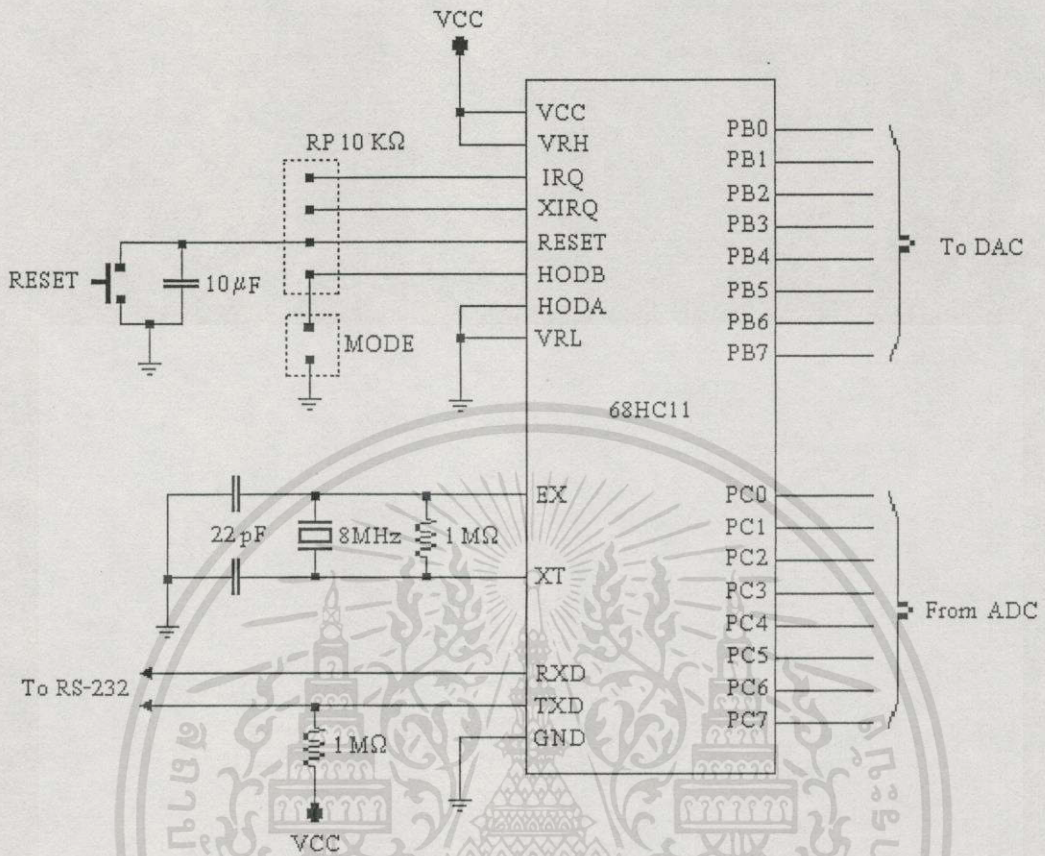
รูปที่ 3.10 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-485 เป็นสัญญาณอนุกรมมาตรฐาน RS-232

3.3.2.2 หน่วยประมวลผล

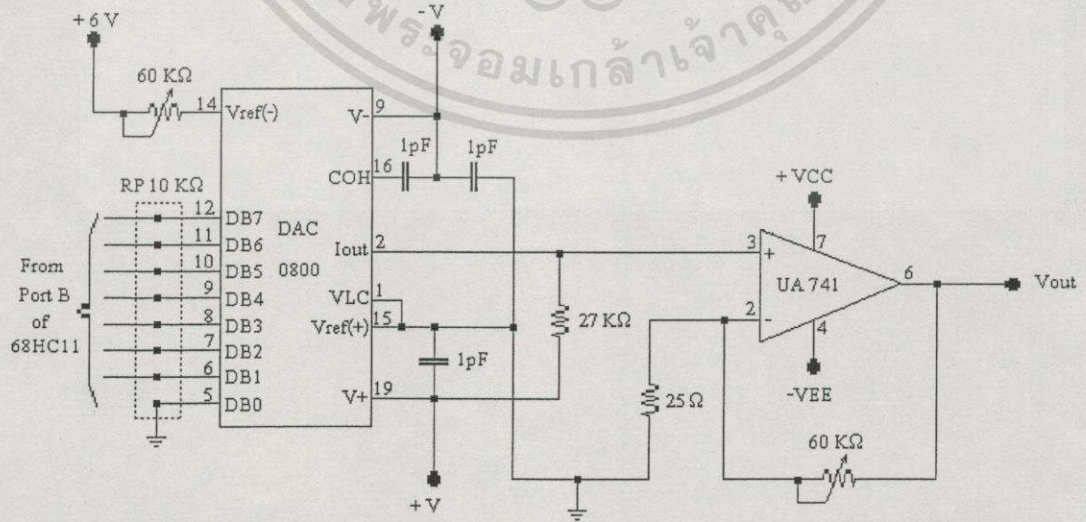
หน่วยประมวลผล เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญที่สุดของหน่วยควบคุม ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ชิพวงจรรวม (integrate circuit) เบอร์ 68HC11 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) โดยจะมีหน้าที่ในการควบคุมการรับส่งสัญญาณควบคุมแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ประมวลผลของการควบคุม และควบคุมกระบวนการให้ค่าตัวแปรกระบวนการมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายกระบวนการ ควบคุมการส่งสัญญาณ Manipulated Variable ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาดแปดบิตไปยังพอร์ตบี (Port B) ของไมโครโปรเซสเซอร์ และควบคุมการรับสัญญาณค่าตัวแปรกระบวนการซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาดแปดบิตจากพอร์ตซี (Port C) ของไมโครโปรเซสเซอร์ หน่วยประมวลผลใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (clock) 8 MHz

3.3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

วงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก มีหน้าที่ในการรับสัญญาณควบคุม Manipulated Variable ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาดแปดบิตที่ได้จากการคำนวณของหน่วยควบคุม โดยส่งมาจากพอร์ตบีของไมโครโปรเซสเซอร์ 68HC11 มาแปลงเป็นสัญญาณแรงดันแอนะล็อก 1 - 5 Volt



รูปที่ 3.11 หน่วยประมวลผล

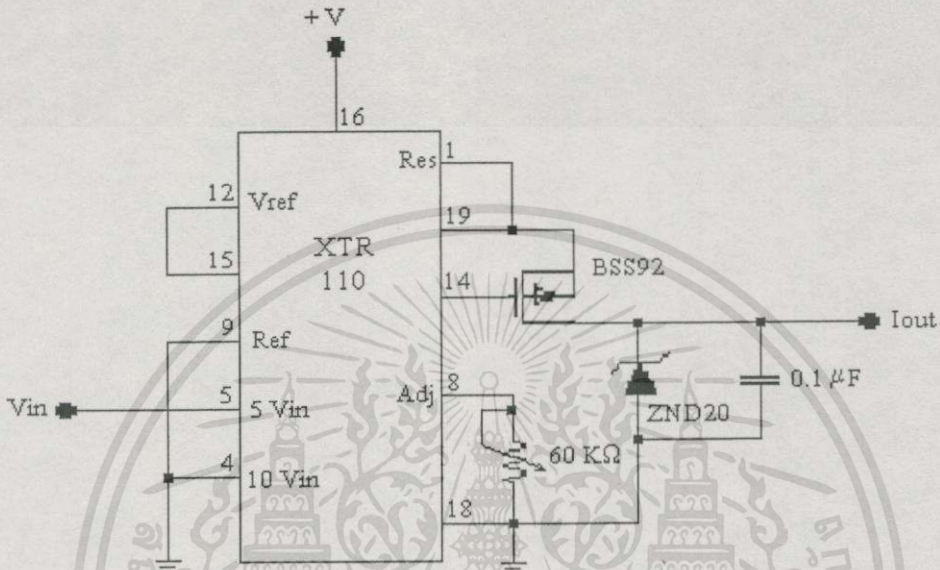


รูปที่ 3.12 วงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 วงจรแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส

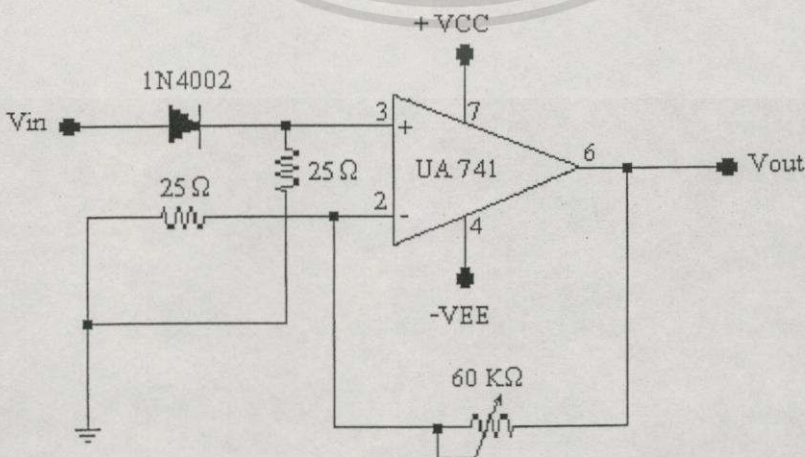
วงจรแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส ทำหน้าที่รับสัญญาณแรงดันแอนะล็อก 1 - 5 Volt ที่รับจากวงจรแปลงสัญญาณจากคิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อกนำมาแปลงเป็นสัญญาณกระแส 4 - 20 mA เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย



รูปที่ 3.13 วงจรแปลงสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแส

3.3.2.5 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน

วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน มีหน้าที่ในการรับสัญญาณกระแส 4 - 20 mA จากอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาแปลงเป็นสัญญาณแรงดันแอนะล็อก 1 - 5 Volt เพื่อส่งต่อไปยังวงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณคิจิตอล

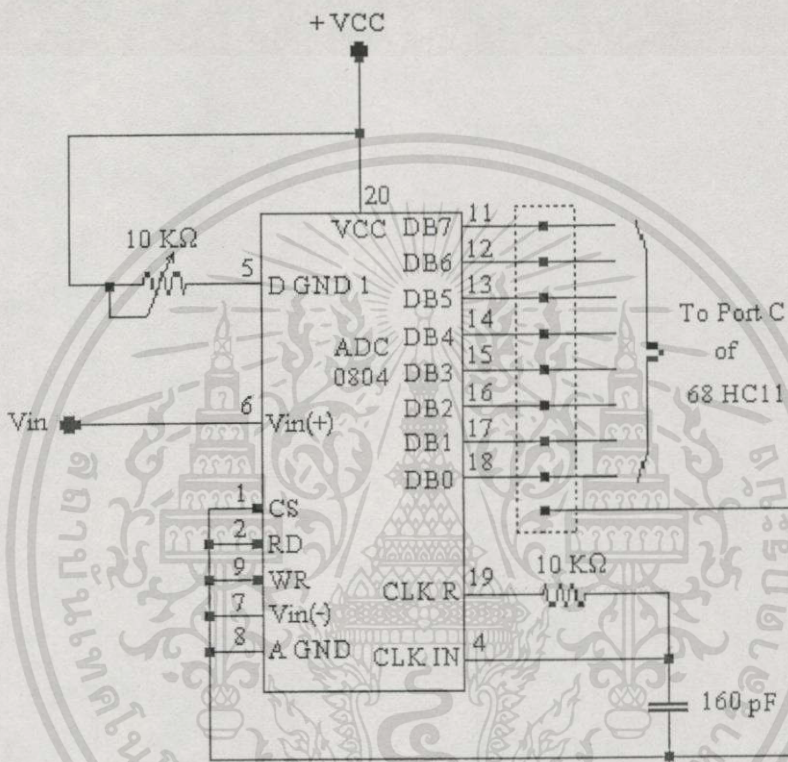


รูปที่ 3.14 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.6 วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล มีหน้าที่ในการรับสัญญาณแรงดันแอนะล็อก 1 - 5 Volt ที่รับมาจากเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาดแปดบิตและส่งต่อไปยังพอร์ตซีของไมโครโปรเซสเซอร์ 68HC11



รูปที่ 3.15 วงจรแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

เพื่อเป็นการยืนยันการทำงานจากระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว ซึ่งมีรายละเอียดของการออกแบบไว้ในบทที่ 3 ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์การทำงานของวงจรดังกล่าวด้วยการทดลอง โดยการสร้างระบบควบคุมและทดลองกับกระบวนการจริง

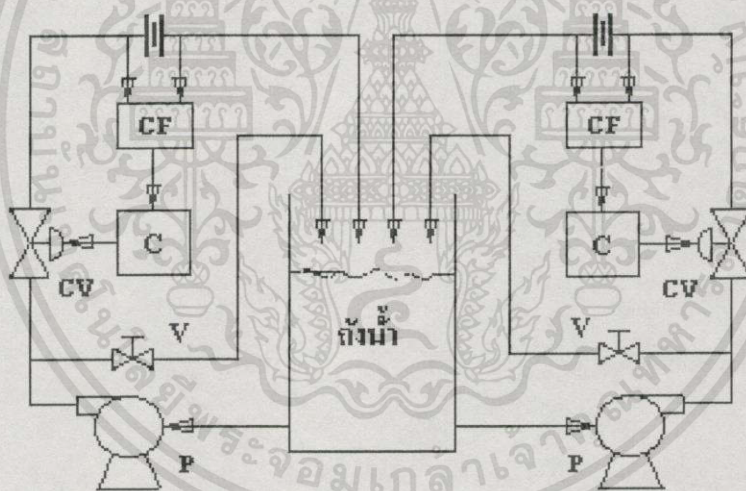
4.2 การทดลอง

การทดลองเพื่อแสดงถึงความสามารถในการควบคุมกระบวนการ โดยทดลองกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำจำนวนสองวงจรควบคุม มีโครงสร้างของกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 4.1 และสร้างระบบควบคุมที่มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.1 ใช้การควบคุมกระบวนการแบบ P [12] มีรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยมีรายละเอียดของกระบวนการและเครื่องมือวัดดังนี้

1. วัดอัตราการไหลของน้ำ 0 - 1,000 ลิตรต่อชั่วโมง
2. ปรับแต่ง (*calibrate*) อุปกรณ์วัดความดันแบบความดันแตกต่าง เพื่อใช้วัดอัตราการไหลของน้ำ 0 - 1,000 ลิตรต่อชั่วโมง
3. วัดอัตราการไหลแบบความดันแตกต่างโดยการใช้แผ่นออริฟิค (*orific*) [11]
4. อุปกรณ์วัดความดันแบบความดันแตกต่างชนิดสมาร์ท (*smart differential pressure transmitter*) และ *Handhelp (Smart Field Communication (SFC)) "Honeywell"* [8]
5. วาล์วควบคุมแบบนิวเมติก (*pneumatic control valve*) แบบปกติปิด (*normal closed*) ขนาด $DN25$, $PN16$ และนิวเมติกโพสิชันเนอร์ (*pneumatic positioner*) "Samson" [10]
6. หน่วยควบคุมมีเวลาในการชักตัวอย่างสัญญาณดิจิทัลซึ่งเป็นค่าเป้าหมายกระบวนการ ทุก ๆ 5×10^{-3} วินาที
7. บั๊มน้ำขนาด 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง
8. ติดตั้งวาล์วควบคุมแบบมือหมุน (*manual valve*) เพื่อส่งผ่านน้ำส่วนที่เกินจากปริมาณที่วาล์วควบคุมกำหนด ให้ไหลผ่านไปยังถังบรรจุน้ำ
9. ถังบรรจุน้ำแบบเปิด มีความจุ 2,000 ลิตร

4.2.1 การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการได้ และการควบคุมกระบวนการอย่างเป็นอิสระต่อกันของหน่วยควบคุมที่ 1 และหน่วยควบคุมที่ 2 โดยกำหนดค่าเป้าหมายกระบวนการที่ต่างกันในเวลาเดียวกัน ให้ค่าเป้าหมายกระบวนการสำหรับหน่วยควบคุมที่ 1 เท่ากับ 55 % ได้ผลการควบคุมกระบวนการแสดงดังรูปที่ 4.6 และให้ค่าเป้าหมายกระบวนการสำหรับหน่วยควบคุมที่ 2 เท่ากับ 50 % ได้ผลการควบคุมกระบวนการแสดงดังรูปที่ 4.7 ในกราฟผลการทดลอง แกนกราฟในแนวตั้งเป็นอัตราการไหลมีหน่วยเป็นลิตรต่อชั่วโมง และแกนกราฟในแนวนอนเป็นเวลา มีหน่วยเป็นวินาที ใช้การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบทดลองเปลี่ยนค่าและสังเกตผลการตอบสนองจนได้ค่าที่ดีที่สุด จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่าการควบคุมกระบวนการของหน่วยควบคุมที่ 1 และหน่วยควบคุมที่ 2 เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งหมายถึงการสามารถรับส่งสัญญาณควบคุมผ่านเครือข่ายบัสเส้นทางเดียวไปสู่หลาย ๆ หน่วยควบคุมในเวลาเดียวกันได้ และสำหรับผลการทดลองที่ค่าเป้าหมายกระบวนการค่าอื่น ๆ ก็ได้ผลการทดลองในทำนองเดียวกัน



CF : Flow transmitter CV : Control valve

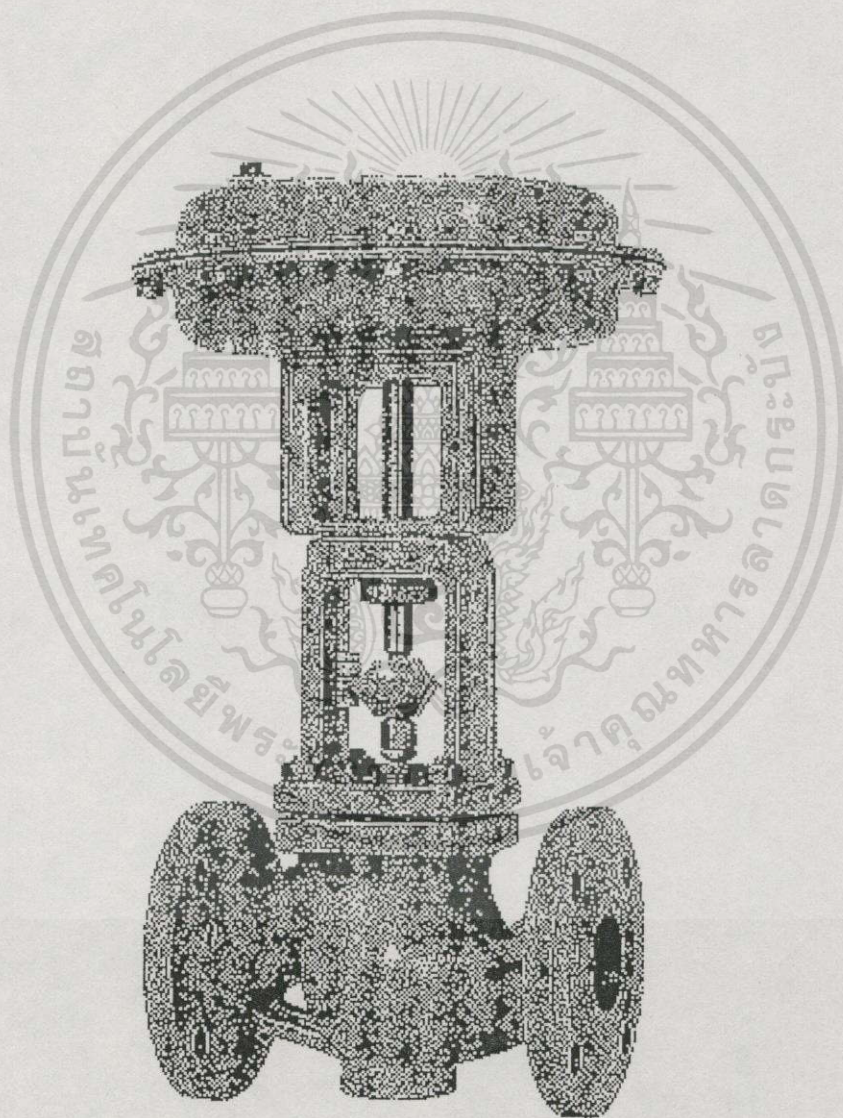
C : Control unit P : Water pump

V : Manual valve

รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของกระบวนการ

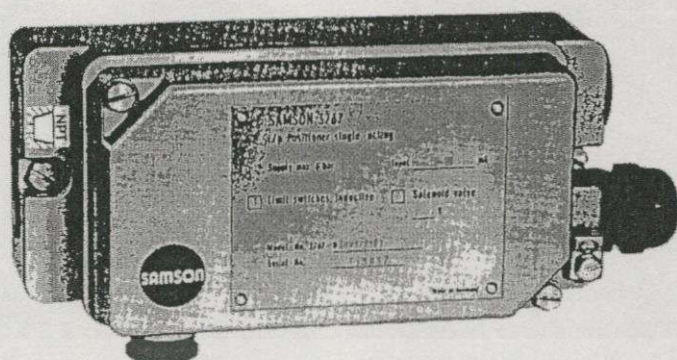
ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวควบคุมแบบ P

<i>Description</i>	<i>Code</i>	<i>Initial value</i>
<i>Proportional Band</i>	<i>P</i>	<i>100%</i>
<i>Control Function</i>		<i>Standard P</i>
<i>MV Safe Value</i>		<i>0%</i>
<i>Control Mode</i>		<i>Automatic</i>

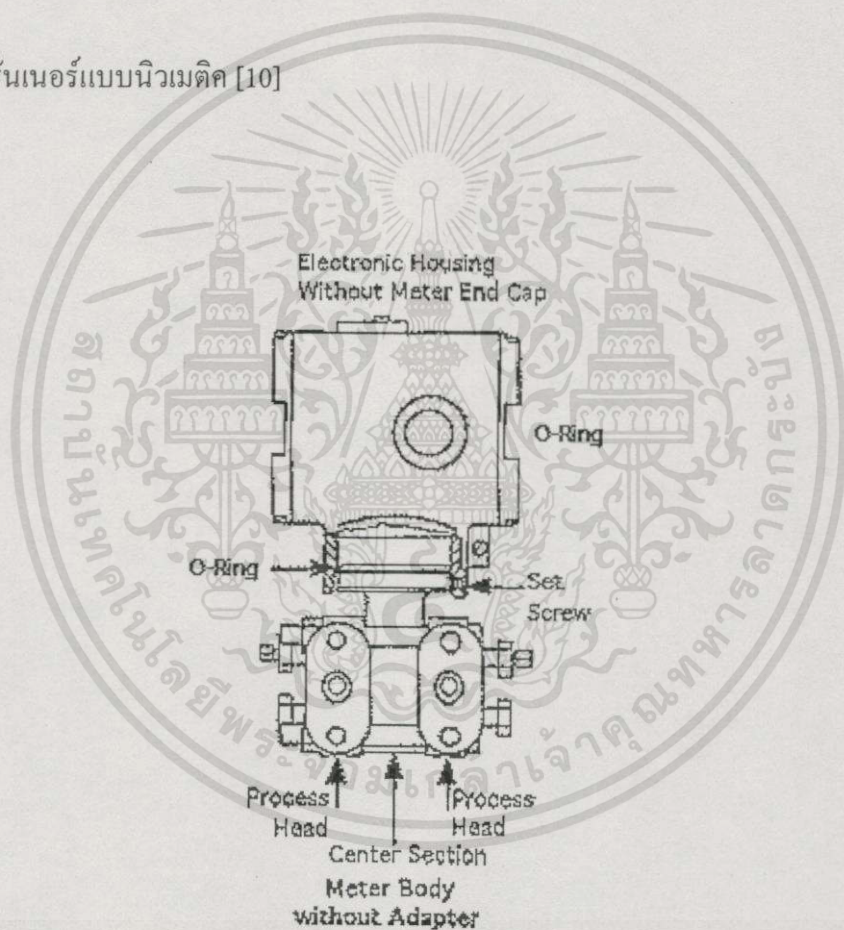


รูปที่ 4.2 วาล์วควบคุมแบบนิวเมติก [10]

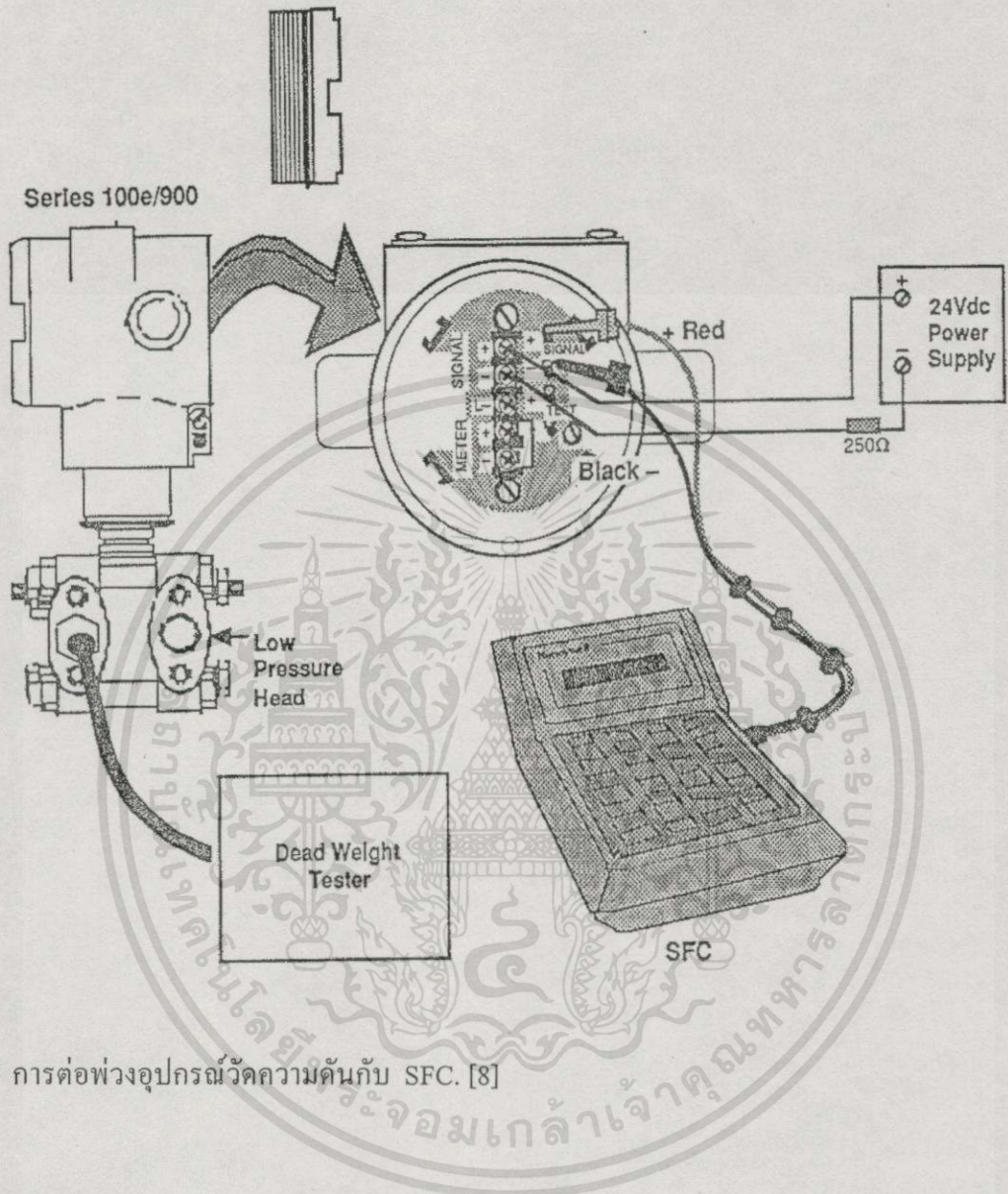
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



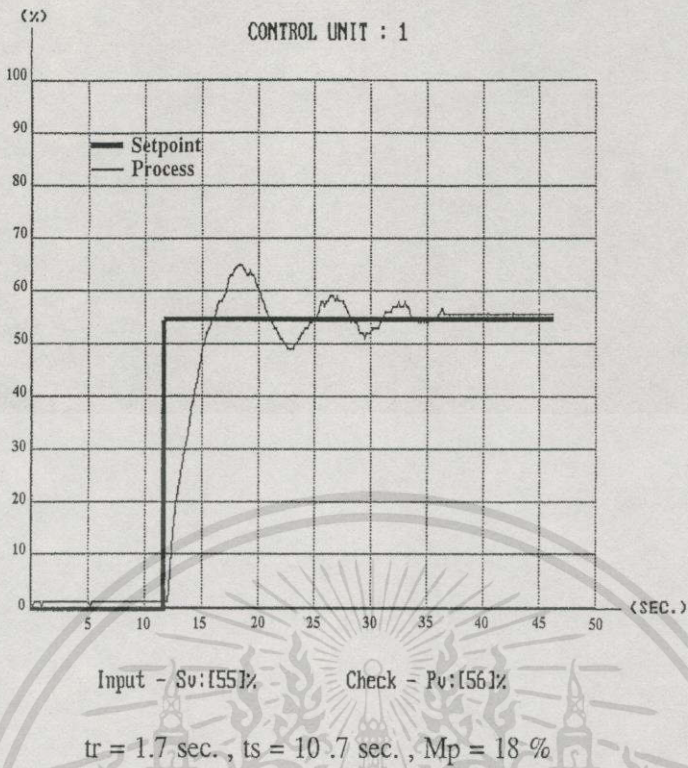
รูปที่ 4.3 โพลีชั่นเนอร์แบบนิวเมติก [10]



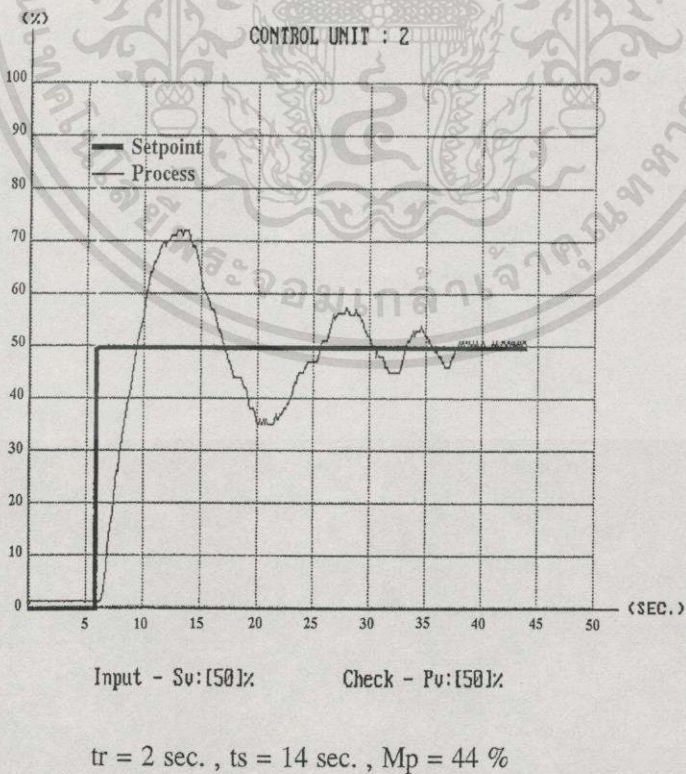
รูปที่ 4.4 อุปกรณ์วัดความดันแบบความดันแตกต่าง [8]



รูปที่ 4.5 การต่อพ่วงอุปกรณ์วัดความดันกับ SFC. [8]



รูปที่ 4.6 การควบคุมกระบวนการของหน่วยควบคุมที่ 1

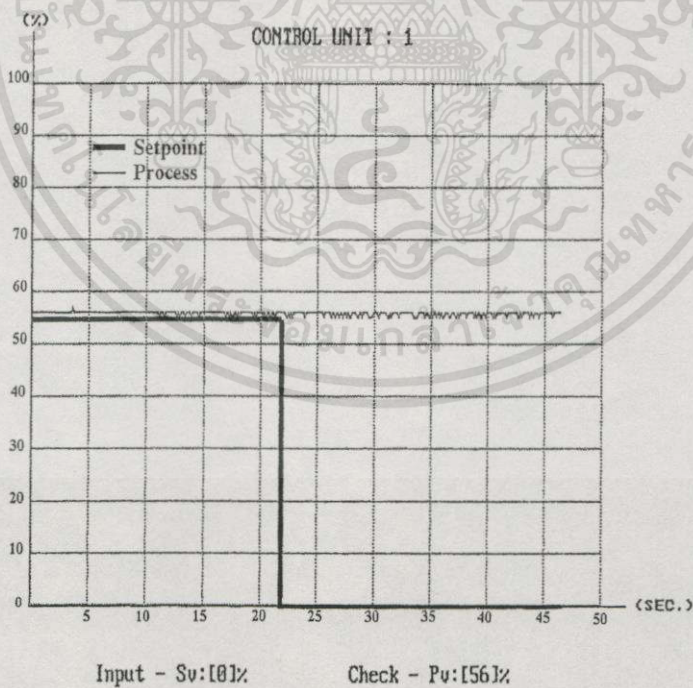


รูปที่ 4.7 การควบคุมกระบวนการของหน่วยควบคุมที่ 2

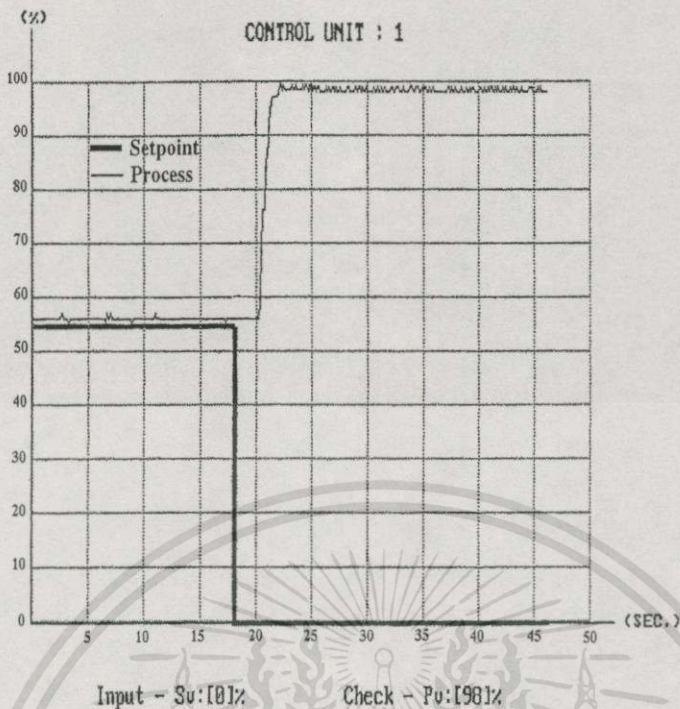
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการในสภาวะการรับส่งข้อมูลขัดข้อง

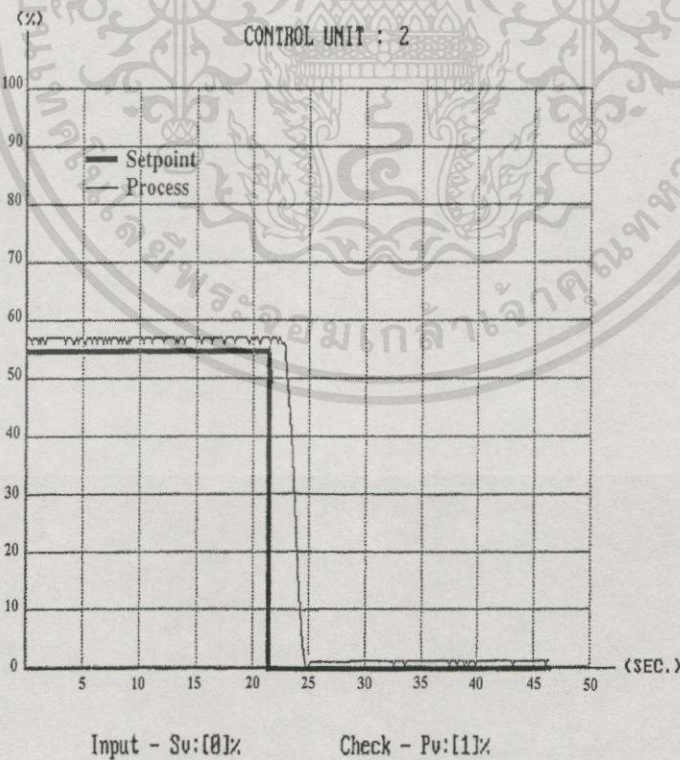
การทดสอบความสามารถควบคุมกระบวนการได้ในสภาวะที่การรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับหน่วยควบคุมขัดข้องหรือสายรับส่งสัญญาณชำรุด โดยในสภาวะการควบคุมปกติให้ถอดสายสัญญาณค่าเป้าหมายกระบวนการออก ซึ่งทำให้การรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้อง โดยใช้อุปกรณ์การทดลองและกระบวนการดังแสดงในหัวข้อที่ 4.2 ทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย ได้ผลการควบคุมกระบวนการแสดงดังรูปที่ 4.8 ทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมสูงสุด ได้ผลการควบคุมกระบวนการแสดงดังรูปที่ 4.9 และทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด ได้ผลการควบคุมกระบวนการแสดงดังรูปที่ 4.9 ซึ่งผลการทดสอบคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการทั้งสามแบบ ได้ผลตามเป้าหมายที่วางไว้ทุกประการ โดยหน่วยควบคุมสามารถควบคุมกระบวนการต่อไปได้ในสภาวะที่การรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับหน่วยควบคุมขัดข้อง ด้วยค่าสัญญาณควบคุมตามที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้าในโปรแกรมควบคุม



รูปที่ 4.8 แสดงคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย



รูปที่ 4.9 แสดงคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมสูงสุด



รูปที่ 4.10 แสดงคุณสมบัติการควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

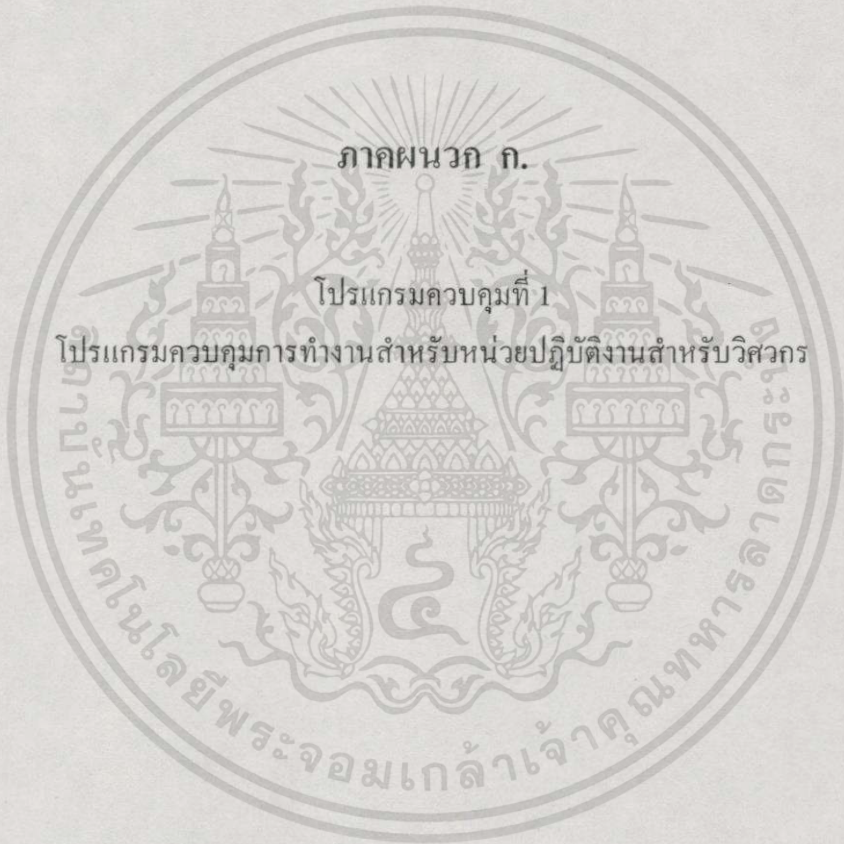
ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว เป็นระบบควบคุมที่ออกแบบโดยอาศัยหลักการกระจายหน่วยควบคุมไปติดตั้งในส่วนต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม ที่ใกล้เคียงอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายและอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่สุด โดยส่งสัญญาณควบคุมระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและหน่วยควบคุมเป็นสัญญาณแบบดิจิทัลชนิดอนุกรมผ่านสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวไปสู่หน่วยควบคุมได้สูงสุด 32 หน่วยควบคุม ด้วยเครือข่าย RS-485 โดยหน่วยควบคุมหนึ่งหน่วยจะควบคุมวงจรควบคุมเพียงหนึ่งวงจรเท่านั้นจึงทำให้ขอบเขตความเสียหายของกระบวนการต่ำเมื่อหน่วยควบคุมเกิดขัดข้อง ความเสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณรบกวนต่ำเนื่องจากหน่วยควบคุมถูกติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดและส่งสัญญาณควบคุมแบบดิจิทัล เมื่อเกิดสภาวะการรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยปฏิบัติการกับหน่วยควบคุมขัดข้องหรือสายรับส่งสัญญาณชำรุด หน่วยควบคุมที่มีการควบคุมในโหมดอัตโนมัติก็จะสามารถทำงานต่อไปตามรูปแบบการทำงานที่ได้กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้าแบบใดแบบหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดความเหมาะสมและปลอดภัยต่อการควบคุมกระบวนการ ส่วนหน่วยควบคุมที่อยู่ในโหมด *Manual* ก็จะทำงานอยู่ใน *Safe Condition* ส่วนอุปกรณ์ที่นำมาสร้างระบบควบคุมก็สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด ด้วยราคาต่อหน่วยหนึ่งหน่วยควบคุมประมาณ 1,000 บาท ดังนั้นในแง่ของการใช้งานจริงแล้ว ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียวจึงมีความน่าเชื่อถือสูงในการควบคุมกระบวนการ และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมากสำหรับการลงทุนด้านสายสัญญาณควบคุมและระบบควบคุม แต่สิ่งที่ต้องพึงระวัง คือ การติดตั้งสายสัญญาณควบคุมภายในโรงงานซึ่งอาจจะต้องเดินสายแบบร้อยท่อเพื่อป้องกันการถูกตัดขาดของสายสัญญาณ

บรรณานุกรม

- [1] ชันวา ศรีประโมง. การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่สี่. กรุงเทพฯ : โครงการตำราวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. 2538.
- [2] มัณฑนา ปราการสมุทร. การเขียนชุดคำสั่งภาษาซี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2534.
- [3] สุเชียร เกียรติสุนทร. ดีซีเอส. กรุงเทพฯ. : ส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2542.
- [4] ภูวรินทร์ นิลรัมย์, ชวลิต เบญจางคประเสริฐ, สุเชียร เกียรติสุนทร. “ระบบควบคุมแบบดิจิทัลชนิดกระจายหน่วยควบคุมแบบเครือข่ายเส้นทางเดียว.” วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 16, ฉบับที่ 4, ธันวาคม 2542. หน้า 93-99.
- [5] Constantine H. Houppis , Gray B. Lamont. **Digital Control System.** McGraw-Hill Book Company. 1985.
- [6] ETT. CO.,LTD. **ET - Basic 6811 Sbasic Compiler V.1.0 User's Manual.** Bangkok : ETT. Co.,Ltd. 2538.
- [7] ETT. CO.,LTD. **CP - JR6811 User's Manual.** Bangkok : ETT. Co.,Ltd. 2539.
- [8] Honeywell Inc. **Smart Pressure Transmitter and Smart Field Communication User's Manual.** Honeywell Inc. 1995.
- [9] Motorola Inc. **MC68HC11A8 Technical Data.** Motorola Inc. 1991.
- [10] Samson Control Inc. **Pneumatics Control Valve and Pneumatic Positioner.** Samson Control Inc. 1992.
- [11] W.G. Andrew , H.B. Williams. **Applied Instrumentation in the Process Industries.** A. Survey. 1989.
- [12] W. James Gray. **PID Routines for MC68HC11K and MC68HC11N4 Microcontroller.** Motorola Semiconductor Application Note. 1991.
- [13] W. Peter Gofton. **Master of Serial Communication.** SYBEX Inc. 1994.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* CONTROL PROGRAM FOR ENGINEERING WORK STATION */
```

```
#include <conio.h>
#include <string.h>
#include <process.h>
#include <stdio.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <dos.h>
```

```
#define TRUE 1
```

```
#define U_ARRO 72
```

```
#define D_ARRO 80
```

```
#define MENU_WIDTH 13
```

```
#define MAX_ITEMS 3
```

```
char *menu_item[MAX_ITEMS] = { "Automatic", "Manual", "Quit"};
```

```
/* char get_code(void); */
```

```
/* void display_menu(void); */
```

```
/* void draw_box(int left, int top, int width, int height); */
```

```
/* void menu_action(char *item_name); */
```

```
void Initialize (void);
```

```
void CLEAR_VIEW (void);
```

```
void FINISH (void);
```

```
int v_pos;
```

```
int ErrorCode;
```

```
int GraphDriver;
```

```
int GraphMode;
```

```
int ANY_KEY;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int Mv;
int Sv;
int Pv;
int bc;
int x;
int m;
int n;
int d;
int l;
int Xa;
int Xm;

```

```

main()
{
    union REGS r;
    r.x.dx=1;
    r.h.ah=0;
    r.h.al=0xe3;
    int86(0x14,&r,&r);
    MAIN();
}

```

```

MAIN()
{
    textbackground(BLUE);
    clrscr();
    while(TRUE)
    {
        display_menu();
        switch (get_code())
        {
            case U_ARRO : v_pos=(v_pos>0)? --v_pos : MAX_ITEMS-1; break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case D_ARRO : v_pos=(v_pos<MAX_ITEMS-1)? ++v_pos : 0; break;
    case 'r': menu_action(menu_item[v_pos]); break;
  }
}
}

```

```

display_menu()                               /* Display menu */
{
  int j;
  textbackground(WHITE);
  textcolor(BLACK);
  draw_box(1,2,MENU_WIDTH,MAX_ITEMS+2);

  for(j=0;j<MAX_ITEMS;j++)
  {
    if(j==v_pos)
      textbackground(GREEN);
    gotoxy(3,j+3);
    cputs( menu_item[j]);
    textbackground(WHITE);
  }
}
/* End of displs menu */

```

```

draw_box(int left, int top, int width, int height)
{
  int j;
  char string[81];
  window(left,top,left+width-1,top+height-1); /* Defind box size */
  clrscr();

  window(left,top,left+width-1,top+height); /* Draw bottom line*/

```

```

for(j=1;j<width-1;j++)
string[j] = '\xC4';
string[width] = '\0';
string[0] = '\xDA';
string[width-1] = '\xBF';

gotoxy(1,1);                               /* Display top line */
cputs(string);
string[0] = '\xC0';
string[width-1] = '\xD9';
gotoxy(1,height);
cputs(string);

for(j=2;j<height;j++)
{
gotoxy(1,j);
putch('\xB3');

gotoxy(width,j);
putch('\xB3');
}
window(1,1,80,25);
}                                           /* End of draw_box */

get_code(void)
{
char get_code;
char key;
if( (key=getch()) ==0)
return(getch());
else if(key== '\r')                       /* Press enter key */
return(key);                              /* Press other key */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else                                     /* No any action */
    return(0);
}                                         /* End of get_code */

menu_action(char *item_name)
{
    gotoxy(1,25);
    clreol();

    if(strcmp(item_name, "Automatic") == 0 )
        AUTO();

    if(strcmp(item_name, "Manual") == 0 )
        MANUAL();

    if(strcmp(item_name, "Quit") == 0)
    {
        FINISH();
        exit(1);
    }
}                                         /* End of menu_action */

AUTO()
{
    bc=1;                                /* Initial Control Unit 1 */
    Initialize();                         /* Set system into Graphics mode */
    CLEAR_VIEW();

    do
    {
        TABLE();                         /* Run plot table AMP.[%]&TIME (sec.) */
        DOC_Sv(bc);

        l = Sv*3;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy (38,25);
scanf ("%d",&Sv);                               /* input Sv */
bar (100+d-1,352-1,100+d+2,352-(Sv*3));

do
{
    Xa=Xa+1;
    if(Xa>10)
    {
        Sv_Send(Sv);
        READ_Pv(Pv);
    }

    PLOT_Pv(Pv,bc);
    PLOT_Sv(Sv);
    delay(500);
}while(kbhit()!="");
ANY_KEY=getch();
switch(ANY_KEY)
{
    case 97 : PARA(bc);break;                       /* Press A to enter parameter */
    case 98 : bc=UNIT();break;                       /* Press B to select control unit */
    default ;;
}

}while(ANY_KEY!=27);
FINISH();
}

```

MANUALO

```

{
    bc=1;                                           /* Initial Control Unit 1 */
    Initialize();                                  /* Set system into Graphics mode */
    CLEAR_VIEWO;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

do
{
TABLE();                               /* Run plot table AMP.[%]&TIME (sec.) */
DOC_Mv(bc);
l = Sv*3;
gotoxy (38,25);
scanf ("%d",&Mv);                       /* input Sv */
bar (100+d-1,352-1,100+d+2,352-(Mv*3));
Sv = Mv;
do
{
Xm=Xm+1;
if(Xm>10)
{
Mv_Send(Mv);
READ_Pv(Pv);
}

PLOT_Pv(Pv,bc);
PLOT_Sv(Sv);
delay(500);
}while(kbhit()=="");
ANY_KEY=getch();
switch(ANY_KEY)
{
case 98 : bc=UNIT();break;             /* Press B to select control unit */
default ;;
}
}while(ANY_KEY!=27);
FINISH();
}

```

TABLE()

```

{
  int x,i=0;
  char persen[11][4]={"100"," 90"," 80"," 70"," 60"," 50"," 40"," 30"," 20"," 10"," 0"};
  rectangle (0,0,639,479);
  setcolor(9);
  rectangle (100,50,550,350);
  for (x=0;x<101;x=x+10)
  {
    line (x*4.5+100,50,x*4.5+100,350);      /* X-AXIS */
    line (100,x*3+50,550,x*3+50);          /* Y_axis */
    outtextxy (70,x*3+45,persen[i]);       /* % */
    i=i+1;
  }
  setcolor(7);
  line (99,351,99,20);
  line (99,351,570,351);
  outtextxy(90,10,"(%)");
  outtextxy(570,347," (SEC.)");
}

```

DOC_Sv(bc)

```

{
  outtextxy (122,430,"Press [ANY-KEY] to input Sv , Press [A] to set PID");
  outtextxy (127,465,"Press [B] to sele. con.unit , Press [Esc] to Quit");
  gotoxy (45,25);
  printf ("Check - Pv:.....");
  gotoxy (20,25);
  printf ("Input - Sv:.....");
  gotoxy (35,2);
  printf ("CONTROL UNIT : %d\n",bc);
}

```

```

gotoxy (55,2);
    printf ("      ");
}

DOC_Mv(bc)
{
    outtextxy (220,430,"Press [ANY-KEY] to input Mv");
    outtextxy (127,465,"Press [B] to sele. con.unit , Press [Esc] to Quit");
    gotoxy (45,25);
        printf ("Check - Pv:....");
    gotoxy (20,25);
        printf ("Input - Mv:....");
    gotoxy (35,2);
        printf ("CONTROL UNIT : %d\n",bc);
    gotoxy (55,2);
        printf ("      ");
}

PARA(int Kp[])
{
    gotoxy(72,11);
        printf("Kp(%d)=",bc);

    gotoxy(78,11);
        printf("%d",Kp[bc]);

    gotoxy(72,11);
        printf("Kp(%d)=",bc);

    gotoxy(78,11);
        scanf("%d",&Kp[bc]);
}

```

```

    PARA_Send();
}

UNIT()
{
    int a;

    gotoxy(55,2);

    printf("Select Control Unit ...");

    gotoxy(76,2);

    scanf("%d",&a);

    CLEAR_VIEW();

    return(a);
}

```

```

PLOT_Sv(int Sv)
{
    d=d+1;

    bar (100+d,350-(Sv*3),100+d,352-(Sv*3));

    gotoxy(31,25);

    printf("[%d]%",Sv);
}

```

```

PLOT_Pv (int Pv,int bc)
{
    int key;

    x=x+1;

    line (100+m,350-n*3,100+x,350-(Pv*3));

    if (x>445)
    {
        CLEAR_VIEW();

        TABLE();

        DOC_Sv(bc);
    }
}

```

```

        PLOT_Sv(Sv);
    }
    m=x,n=Pv;
    gotoxy(56,25);
    printf("[%d]%",Pv);
}

```

```
Sv_Send(bc)
```

```

{
    union REGS r;
    r.h.ah=1;
    r.h.al=bc; /* Send Control Unit */
    int86(0x14,&r,&r);
    delay(100);

    r.h.ah=1;
    r.h.al=00; /* Send Mode 00 */
    int86(0x14,&r,&r);
    delay(100);

    r.h.ah=1;
    r.h.al=Sv; /* Send Sv */
    int86(0x14,&r,&r);

    Xa=0;
}

```

```
Mv_Send(bc)
```

```

{
    union REGS r;
    r.h.ah=1;
    r.h.al=bc; /* Send Control Unit */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int86(0x14,&r,&r);
delay(100);

r.h.ah=1;
r.h.al=02;
int86(0x14,&r,&r);          /* Send Control Mode 02 */
delay(100);

r.h.ah=1;
r.h.al=Mv;
int86(0x14,&r,&r);          /* Send Mv */

Xm=0;
}

READ_Pv()
{
    union REGS r;
    r.h.ah=2;
    int86(0x14,&r,&r);
    Pv = r.h.al;          /* Read Process Variable */
}

PARAM_Send(bc,Kp)
{
    union REGS r;
    r.h.ah=1;
    r.h.al=bc;          /* Send Control Unit Number */
    int86(0x14,&r,&r);
    delay(100);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

r.h.ah=1;
r.h.al=01;                               /* Send Control Mode 01 */
int86(0x14,&r,&r);
delay(100);

r.h.ah=1;
r.h.al=Kp;                               /* Send Kp */
int86(0x14,&r,&r);
delay(100);
}

void CLEAR_VIEW (void)
{
clearviewport();
x=0;
m=0;
n=0;
d=0;
}

void FINISH (void)
{
closegraph();                             /* Close Graphic Mode */
}

void Initialize(void)
{
GraphDriver = DETECT;                     /* Request auto-detection */
initgraph( &GraphDriver, &GraphMode, "" );
ErrorCode = graphresult();               /* Read result of initialization*/
if( ErrorCode != grOk )                   /* Error occured during init */

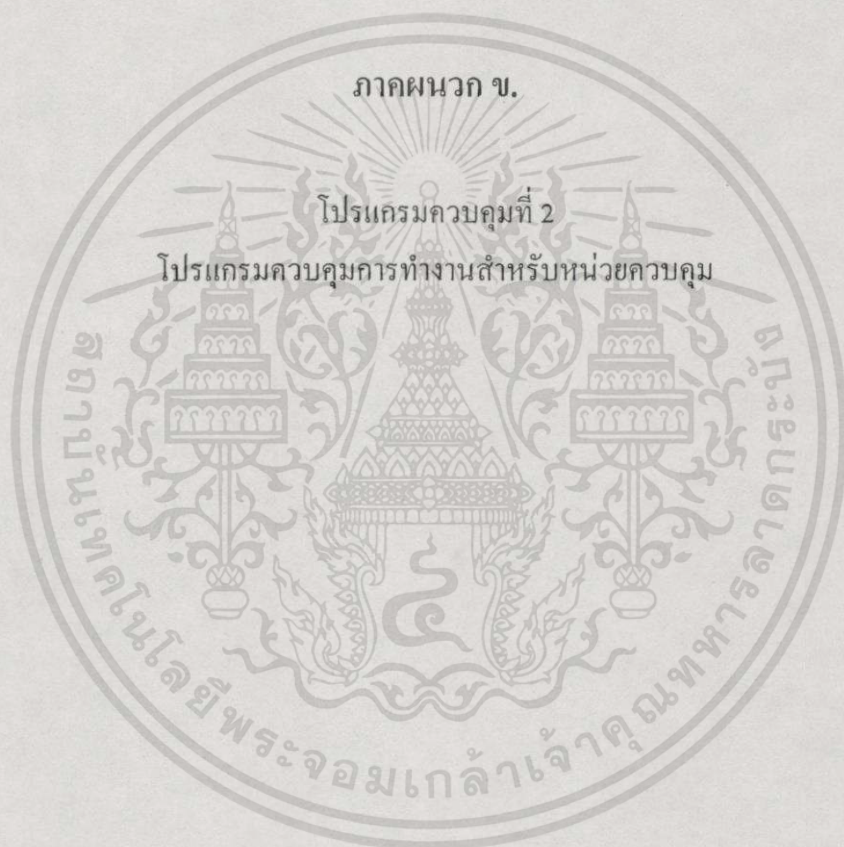
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{  
    printf(" Graphics System Error: %s\n", grapherrormsg( ErrorCode ) );  
    exit(1);  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมกระบวนการแบบรักษาสัญญาณควบคุมค่าสุดท้าย

'Control Program for "Fail to Control"

```
include "regs11.lib"
```

```
declare count
```

```
declare Cu
```

```
declare Mode
```

```
declare Para
```

```
declare Kp
```

```
declare Pv
```

```
declare Sv
```

```
declare Mv
```

```
declare Pv1
```

```
declare Data
```

```
declare Conmax
```

```
declare Conmin
```

```
declare Sport
```

```
declare Plus
```

```
main:
```

```
pokeb baud,$30
```

```
pokeb sscr1,$00
```

```
pokeb sscr2,$0c
```

```
DO
```

```
gосub delay
```

```
Sport = SCSR AND $0020
```

```
'Check Serial Communication Register
```

```
if Sport <> 00
```

```
'Have Data in Serial Communication Reg.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gosub delay
Plus = 00                                'Reset Commu. Failuer
Cu = inkey()
    if Cu = $01                            'Select Control Unit 01
        gosub control
    else
        gosub uncon                        'Select Another control Unit
    endif
    gosub plusfree
endif

LOOP
end

control:
Mode = inkey()                            'Read Mode From Serial Port
if Mode = $00                              'Select Automatic Mode
    gosub delay
    Sv = inkey()                            'Read Setpoint Variable From Serial Port
    gosub autom                             'Jump to Automatic Control

if mode = $01
    gosub param                            'Select Input Parameter

else
    gosub manual                            'Select Manual Mode
endif

return

```

autom:

'Automatic Mode

Conmin = 0

Conmax = 100

Pv1 = Pv + Pv - Data

Mv = Kp*(Sv + (Sv-Pv1) / 2)

if Mv > Conmax

 Mv = Conmax

endif

if Mv < Conmin

 Mv = Conmin

endif

Data = Pv1

gosub output

'Jump to Send Output

gosub pvsen

return

param:

'Input Parameter Mode

 Kp = inkey()

'Read Setpoint From Serial Port

 gosub delay

return

manual:

'Manual Mode

 Mv = Inkey()

"Read Mv From Serial Port

 gosub output

 gosub pvsen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
return
```

```
delay:
```

```
    for count = 1 to 100
```

```
        next
```

```
return
```

```
output:
```

```
    pokeb portb,Mv
```

```
    Pv = peekb(portc)
```

```
    gosub delay
```

```
return
```

```
pvsen:
```

```
    pokeb scdr,Pv
```

```
return
```

```
uncon:
```

```
    gosub autom
```

```
return
```

```
plusfree:
```

```
    Plus = Plus + 1
```

```
    if Plus >= 500
```

```
        '500 Cycle is Commu. Failure
```

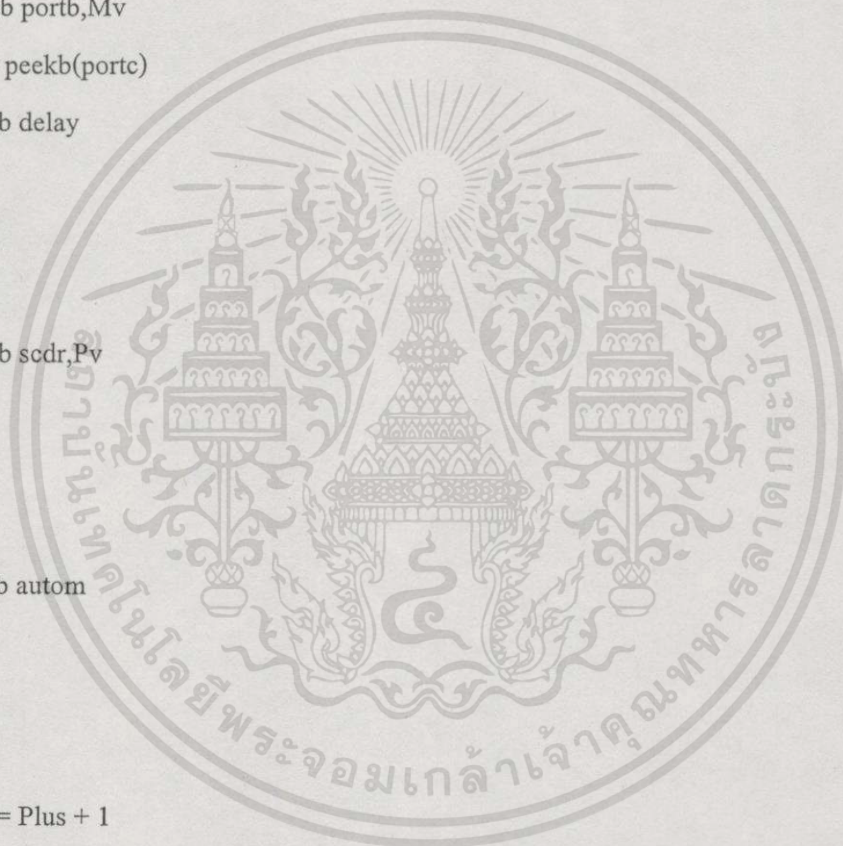
```
        gosub output
```

```
    else
```

```
        gosub autom
```

```
    endif
```

```
return
```



โปรแกรมควบคุมกระบวนการแบบเบสสัญญาณควบคุมต่ำสุด

'Control Program for "Fail to Down scale"

```
include "regs11.lib"
```

```
declare count
```

```
declare Cu
```

```
declare Mode
```

```
declare Para
```

```
declare Kp
```

```
declare Pv
```

```
declare Sv
```

```
declare Mv
```

```
declare Pv1
```

```
declare Data
```

```
declare Conmax
```

```
declare Conmin
```

```
declare Sport
```

```
declare Plus
```

```
main:
```

```
pokeb baud,$30
```

```
pokeb sccr1,$00
```

```
pokeb sccr2,$0c
```

```
DO
```

```
gосub delay
```

```
Sport = SCSR AND $0020
```

'Check Serial Communication Register

```
if Sport <> 00
```

'Have Data in Serial Communication Reg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gosub delay
Plus = 00                                'Reset Commu. Failuer
Cu = inkey()
    if Cu = $01                            'Select Control Unit 01
        gosub control
    else
        gosub uncon                        'Select Another control Unit
    endif
    gosub plusfree
endif

LOOP
end

control:
Mode = inkey()                            'Read Mode From Serial Port
if Mode = $00                              'Select Automatic Mode
    gosub delay
    Sv = inkey()                            'Read Setpoint Variable From Serial Port
    gosub autom                            'Jump to Automatic Control

if mode = $01
    gosub param                            'Select Input Parameter

else
    gosub manual                            'Select Manual Mode
endif

return

```

autom:

'Automatic Mode

Conmin = 0

Conmax = 100

Pv1 = Pv + Pv - Data

Mv = Kp*(Sv + (Sv-Pv1) / 2)

if Mv > Conmax

 Mv = Conmax

endif

if Mv < Conmin

 Mv = Conmin

endif

Data = Pv1

gosub output

'Jump to Send Output

gosub pvsen

return

param:

'Input Parameter Mode

 Kp = inkey()

'Read Setpoint From Serial Port

 gosub delay

return

manual:

'Manual Mode

 Mv = Inkey()

"Read Mv From Serial Port

 gosub output

 gosub pvsen

```
return
```

```
delay:
```

```
    for count = 1 to 100
```

```
    next
```

```
return
```

```
output:
```

```
    pokeb portb,Mv
```

```
    Pv = peekb(portc)
```

```
    gosub delay
```

```
return
```

```
pvsen:
```

```
    pokeb scdr,Pv
```

```
return
```

```
uncon:
```

```
    gosub autom
```

```
return
```

```
plusfree:
```

```
    Plus = Plus + 1
```

```
    if Plus >= 500
```

```
        '500 Cycle is Commu. Failure
```

```
        Mv = 00
```

```
        gosub output
```

```
    else
```

```
        gosub autom
```

```
    endif
```

```
return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมกระบวนการแบบสัญญาณควบคุมสูงสุด

'Control Program for "Fail to Full Scale"

```
include "regs11.lib"
```

```
declare count
```

```
declare Cu
```

```
declare Mode
```

```
declare Para
```

```
declare Kp
```

```
declare Pv
```

```
declare Sv
```

```
declare Mv
```

```
declare Pv1
```

```
declare Data
```

```
declare Conmax
```

```
declare Conmin
```

```
declare Sport
```

```
declare Plus
```

```
main:
```

```
pokeb baud,$30
```

```
pokeb sscr1,$00
```

```
pokeb sscr2,$0c
```

```
DO
```

```
gosub delay
```

```
Sport = SCSR AND $0020
```

```
'Check Serial Communication Register
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if Sport <> 00                                'Have Data in Serial Communication Reg.
  gosub delay
  Plus = 00                                    'Reset Commu. Failuer
  Cu = inkey()
  if Cu = $01                                  'Select Control Unit 01
    gosub control
  else
    gosub uncon                                'Select Another control Unit
  endif
  gosub plusfree
endif

LOOP
end

control:
Mode = inkey()                                'Read Mode From Serial Port
if Mode = $00                                  'Select Automatic Mode
  gosub delay
  Sv = inkey()                                  'Read Setpoint Variable From Serial Port
  gosub autom                                  'Jump to Automatic Control

if mode = $01
  gosub param                                  'Select Input Parameter

else
  gosub manual                                  'Select Manual Mode
endif

return

```

autom:

'Automatic Mode

Conmin = 0

Conmax = 100

Pv1 = Pv + Pv - Data

Mv = Kp*(Sv + (Sv-Pv1) / 2)

if Mv > Conmax

 Mv = Conmax

endif

if Mv < Conmin

 Mv = Conmin

endif

Data = Pv1

gosub output

'Jump to Send Output

gosub pvsen

return

param:

'Input Parameter Mode

 Kp = inkey()

'Read Setpoint From Serial Port

 gosub delay

return

manual:

'Manual Mode

 Mv = Inkey()

"Read Mv From Serial Port

 gosub output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gosub pvsen
return

```

```

delay:
  for count = 1 to 100
  next
return

```

```

output:
  pokeb portb,Mv
  Pv = peekb(portc)
  gosub delay
return

```

```

pvsen:
  pokeb scdr,Pv
return

```

```

uncon:
  gosub autom
return

```

```

plusfree:
  Plus = Plus + 1
  if Plus >= 500          '500 Cycle is Commu. Failure
    Mv = 100
    gosub output

  else
    gosub autom
  endif

return

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายภูวรินทร์ นิลรัมย์ เกิดเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2513 ที่จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (เกียรตินิยม) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2534

ปี พ.ศ. 2535 - 2539 วิศวกรประจำแผนกเครื่องมือวัด ฝ่ายวิศวกรรม บริษัท ทีพีไอ. โพลีน จำกัด 299 ม.5 ต.ทับทิม อ.แก่งคอย จ.สระบุรี ปี พ.ศ. 2539 - ปัจจุบัน Supervisor ประจำแผนกเครื่องมือวัด ฝ่ายวิศวกรรม บริษัท ทีพีไอ. โพลีน จำกัด (มหาชน) 299 ม.5 ต.ทับทิม อ.แก่งคอย จ.สระบุรี

