



เครื่องควบคุมกระบวนการแบบโปรแกรมได้
PROGRAMMABLE CONTROLLER

โดย

นาย ปิยะวุฒิ แก้วดุก
นาย ประเมศวร์ พิธิษฐอรธการ
นาย วัฒนพงศ์ ทองสร้อย

เลขเรียกหนังสือ... ๐๒๐๖๖๗
เลขทะเบียน...
วัน เดือน ปี... 18 กค ๕๖

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

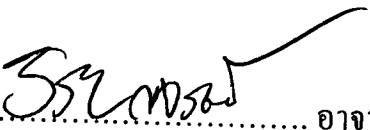
ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541
ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมกระบวนการแบบโปรแกรมได้
PROGRAMMABLE CONTROLLER



จัดทำโดย

- | | | |
|------------------|---------------|----------|
| 1. นาย ปิยะวุฒิ | แก้วคุก | 39012091 |
| 2. นาย ประเมศวร์ | พิศิษฐอรรถการ | 39012096 |
| 3. นาย วัฒนพงศ์ | ทองสร้อย | 39012108 |

.......... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ วิริยะ กองรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	1
บทที่ 1 บทนำ	2
บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นของการควบคุมกระบวนการและการคำนวณ	5
บทที่ 3 ทฤษฎี Signal Condition	19
บทที่ 4 การควบคุม IC MAX 192	25
บทที่ 5 ANT - C51	28
บทที่ 6 DS 5000 Soft Microcontroller	31
บทที่ 7 GRAPHIC LCD DV-12864	38
บทที่ 8 เทคนิคการปรับค่า PID	47
บทที่ 9 การใช้งานเครื่อง PID CONTROLLER	55
บทที่ 10 สรุปผลการทดลอง	60
ภาคผนวก	



เครื่องควบคุมกระบวนการแบบโปรแกรมได้

PROGRAMMABLE CONTROLLER

โดย	1. นายปิยะวุฒิ แก้วคุก	39012091
	2. นายปรเมศวร์ พิธิษฐอรธการ	39012096
	3. นายวัฒนพงศ์ ทองสร้อย	39012108
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิริยะ กองรัตน์	

บทคัดย่อ

โครงการนี้จะศึกษาและสร้างเครื่องควบคุมกระบวนการแบบสามารถโปรแกรมได้ โดยใช้ตัวประมวลผลข้อมูลเป็น Microcontroller ของ DALLAS เบอร์ DS 5000 ซึ่งเป็นเบอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในขณะนี้ โดยลักษณะการควบคุมสามารถควบคุมได้แบบ 1 loop และ 2 loop รับสัญญาณ input ได้หลายแบบได้แก่ แรงดัน (volt), กระแส (mA) และสัญญาณ output ได้แก่ volt และกระแส การแสดงผลสามารถแสดงผลค่าตัวแปรต่างๆ ในรูปแบบตัวเลขและกราฟออกทางจอกราฟฟิค LCD ได้ ซึ่งการพัฒนาแบบนี้ทำให้สามารถนำเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานในระบบควบคุมได้อย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Abstract

This project studies and invents PID Controller by using DS 5000 Microcontroller which is the most popular and easy to use. The characteristic of control system is single loop and double loop system. The input part can receive multi - signal such as volt, mA and the output can send in two types of signal which are voltage (1-5 volt) and current (4-20mA). The system variables can be displayed in numerical and graph from on Graphic LCD. The development can assist the application of Microcontroller in control system wider and more efficient way.

บทที่ 1

บทนำ

ตัว controller ก็คือ “มันสมอง” ของระบบวงจรรอบการควบคุม Controller เป็นอุปกรณ์ที่รับสัญญาณการวัดเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเป็นค่าเป้าหมายแล้วคำนวณหาค่าที่เหมาะสมเพื่อส่งเป็นสัญญาณควบคุมออกไปควบคุมโปรเซสเราสามารถตั้งค่าเป้าหมายให้แก่ตัวควบคุมนี้ได้และ เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจได้ตัว controller จะต้อง

1. เปรียบเทียบสัญญาณข้อมูลของกระบวนการจาก transmitter ตัวแปรที่จะควบคุมสัญญาณ set point
2. ส่งสัญญาณที่เหมาะสมไปควบคุม control value หรือ อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย ส่วนสำคัญของ controller

Manual setting unit ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ set point

Set point indicate ทำหน้าที่ชี้ค่าที่ตั้งเอาไว้ (SV)

Input signal indicate ทำหน้าที่ชี้ค่าของสัญญาณขาเข้า คือ Process variable ซึ่งคือค่าที่เราต้องการควบคุม

Deviation Detección จะคำนวณค่าความแตกต่างระหว่าง set point กับ Process variable

Direct-Reverse Transfer ทำหน้าที่สับเปลี่ยนให้ controller ทำงานแบบไหน ระหว่าง direct กับ reverse

Direct (increase) action ลักษณะการทำงาน คือ ค่าของสัญญาณ output จะลดค่าลงถ้าสัญญาณ input เพิ่มขึ้นขณะที่ $(SV < PV)$

Reverse (decrease) action ลักษณะการทำงานคือ ค่าของสัญญาณ output จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าของสัญญาณ input เพิ่มขึ้นขณะที่ $(SV > PV)$

ส่วนประมวลผลข้อมูล เป็นส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณข้อมูล เป็นส่วนที่ฉลาดที่สุดของ controller ซึ่งจะคำนวณค่า MV ที่เหมาะสมจากค่า deviation จากการคำนวณเชิง PID

Manual Control unit ถึงแม้จะเป็นการควบคุมอัตโนมัติ แต่การควบคุมทาง manual ก็ต้องการเช่นกัน

หลักการของตัว PID Controller

สัญญาณจากอุปกรณ์ Transducer และ Remote Setpoint ที่มีขนาดของกระแส 4-20 mA หรือ แรงดัน 1-5V มาเข้าวงจร signal Condition วงจร signal Condition ทางด้านอินพุท จะมีอยู่ 2 วงจร คือ วงจร Zero จะทำหน้าที่กำหนด Zero และ Span ของสัญญาณ output จากวงจรคือ แรงดันจาก อุปกรณ์ Transducer 1-5V แรงดันของ output วงจร Zero เท่ากับ 0-4.096 V และวงจร 1 to V จะเป็น วงจรเปลี่ยนกระแส 4-20mA จากอุปกรณ์ Transducer มาเป็นแรงดัน 0-4.096V สัญญาณแรงดันที่ออก จากวงจร Signal Condition จะเข้าไปยัง IC Analog to digital โดยใช้ IC#MAX192 มีขนาดของ สัญญาณ digital 10 bit ความละเอียด 1024 step การเปลี่ยนแปลงของ O/P 1step จะใช้สัญญาณ Analog 4 mV สัญญาณ output จาก A to D จะเข้าไปยังตัว DS 5000 เพื่อประมวลผลการควบคุมแบบ PID สัญญาณที่ออกจากตัว DS 5000 เข้าวงจร digital to Analog โดยใช้ IC#AD7520 ขนาด data out 10 bit สัญญาณแรงดันที่ออกจาก D to A มีขนาดแรงดัน 0-5V และนำสัญญาณนี้เข้าวงจร signal Condition ทางด้าน output ซึ่งวงจร Signal Condition ด้าน output ประกอบด้วย 2 วงจรเหมือนทาง ด้าน input คือวงจร Zero และวงจร Voltage to current เพื่อที่จะให้ได้กระแส 4-20mA แรงดัน 1-5 V ไปควบคุมอุปกรณ์ Final element

รายละเอียดการควบคุมของตัว Controller มีดังนี้

1. แบบ Manual

CPU ของ DS5000 จะทำการรับค่าจาก Key-Switch Up และ Key-Switch Down แล้วทำการประมวลผลข้อมูล จากนั้นจะทำการส่งค่า Manipulated Variable (MV) ให้กับ อุปกรณ์ Final element ของ Process ที่จะ Control

2. แบบ Auto

2.1 แบบ Ratio setpoint การควบคุมแบบ 1 Loop

CPU ของ DS5000 จะส่งสัญญาณให้ A to D Connect Channel ที่ 6 เพื่อ รับค่าสัญญาณ Ratio setpoint ที่มีค่า 4-20 mA หรือ 1-5V ต่อจากนั้น CPU จะส่งสัญญาณให้ A to D connect Channel ที่ 7 เพื่อรับสัญญาณ Feed back จาก Transducer # 1 เพื่อพบข้อมูลของสัญญาณทั้งสองแล้ว CPU จะทำการประมวลผลแบบ PID จากนั้น CPU ก็ส่งสัญญาณ Process Variable (PV) เข้าไปทำการ

Display ดูสถานะของ Process และสัญญาณ Manipulated Variable (MV) ส่งไปที่อุปกรณ์ Final element ของ Process ที่จะ Control

2.2 แบบ Ratio setpoint การควบคุมแบบ 2 Loop

CPU จะส่งสัญญาณ ให้ A to D connect กับ Channel ที่ 5 เพื่อรับสัญญาณ Feed back จากตัว Transducer # 2 ต่อจากนั้นจะให้ A to D Connect กับ Channel 6 เพื่อรับค่า Ratio setpoint ที่มีค่า 4-20mA หรือ 1-5 V ต่อจากนั้นจะให้ A to D connect กับ Channel 7 เพื่อรับสัญญาณ feed back จาก Transducer # 1 จากนั้น CPU จะนำข้อมูลของสัญญาณทั้ง 3 มาทำการประมวลผลแบบ PID ต่อจากนั้น Process จะถูกควบคุมต่อไป

2.3 แบบ Local Setpoint การควบคุมแบบ 1 Loop

CPU จะส่งสัญญาณให้ A To D connect กับ Channel 7 เพื่อรับสัญญาณ feed back จาก Transducer #1 ต่อจากนั้น CPU จะนำค่าข้อมูลของสัญญาณที่ได้ไปทำการประมวลผลแบบ PID ต่อจากนั้น CPU จะส่งสัญญาณ PV และ MV เพื่อไปแสดง Display และ Control อุปกรณ์ Final element ของ Process ที่จะ Control



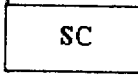

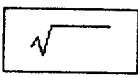
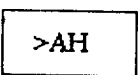
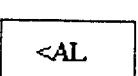
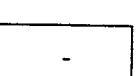
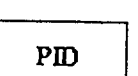
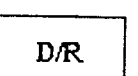
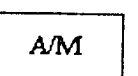





2.4 แบบ Setpoint การควบคุมแบบ 2 Loop

CPU จะส่งสัญญาณ ให้ A to D connect กับ Channel ที่ 5 เพื่อรับสัญญาณ Feed back จาก Transducer # 2 ต่อจากนั้นจะให้ A to D Connect กับ Channel 7 เพื่อรับสัญญาณจาก Transducer # 1 ต่อจากนั้น CPU จะนำค่าข้อมูลของสัญญาณที่ได้ไปทำการประมวลผลแบบ PID ต่อจากนั้น CPU จะส่งสัญญาณ PV และ MV เพื่อไปแสดง Display และ Control อุปกรณ์ Final element ของ Process ที่จะ Control

BLOCK DIAGRAM แสดงลักษณะโครงสร้างของตัว CONTROLLER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

เป็นสัญลักษณ์ที่มีการ นำค่า ไปแสดงผล

เป็นสัญลักษณ์ของการทำงานและการกำหนดค่า

Signal Condition

Low pass filter

Square root

Alarm High

Alarm Low

Differential

Calculation PID.

Action Contro

Auto Manual

Process Variable Display

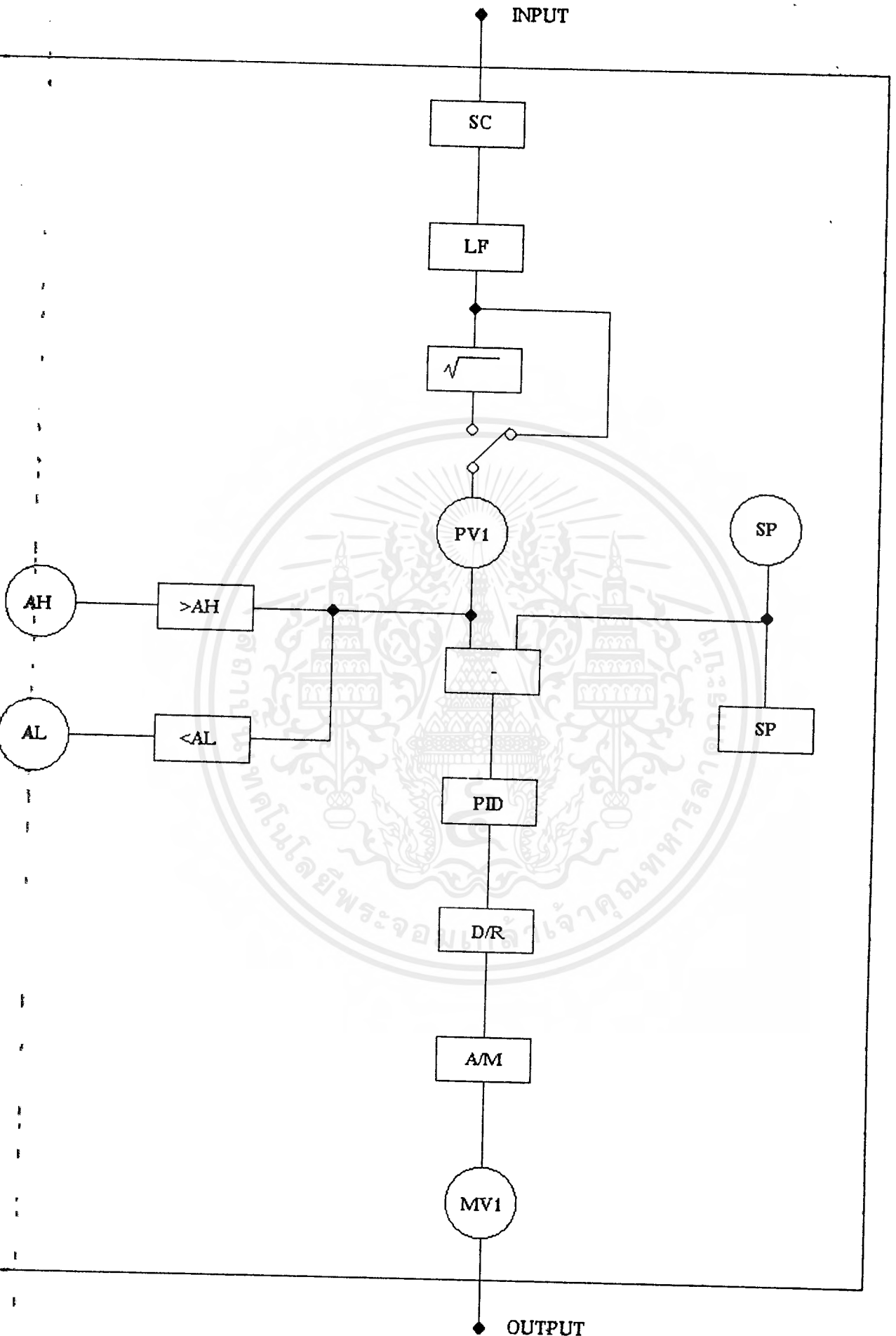
Manipulate Variable Display

Alarm High Display

Alarm Low Display

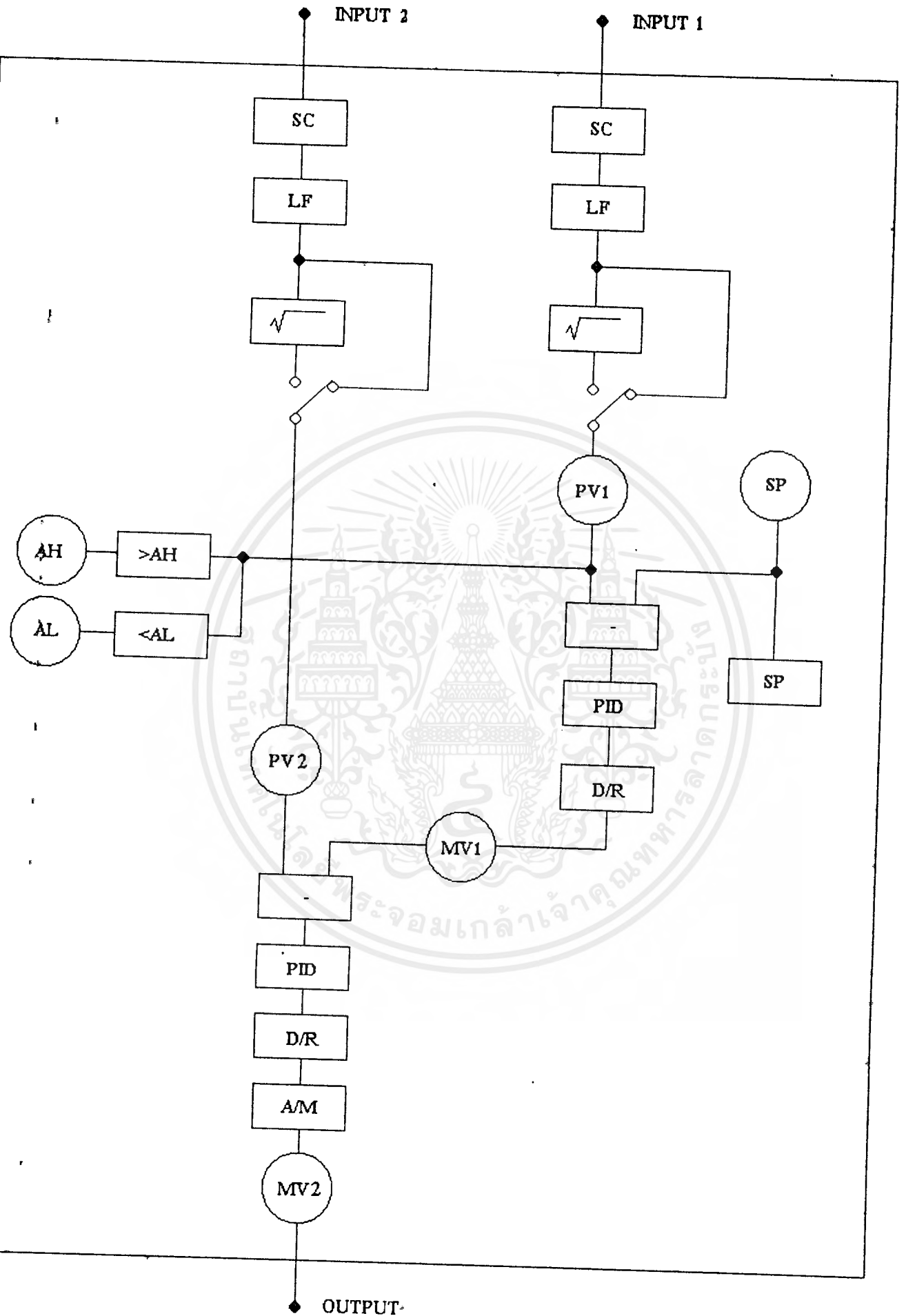
Set Point Display





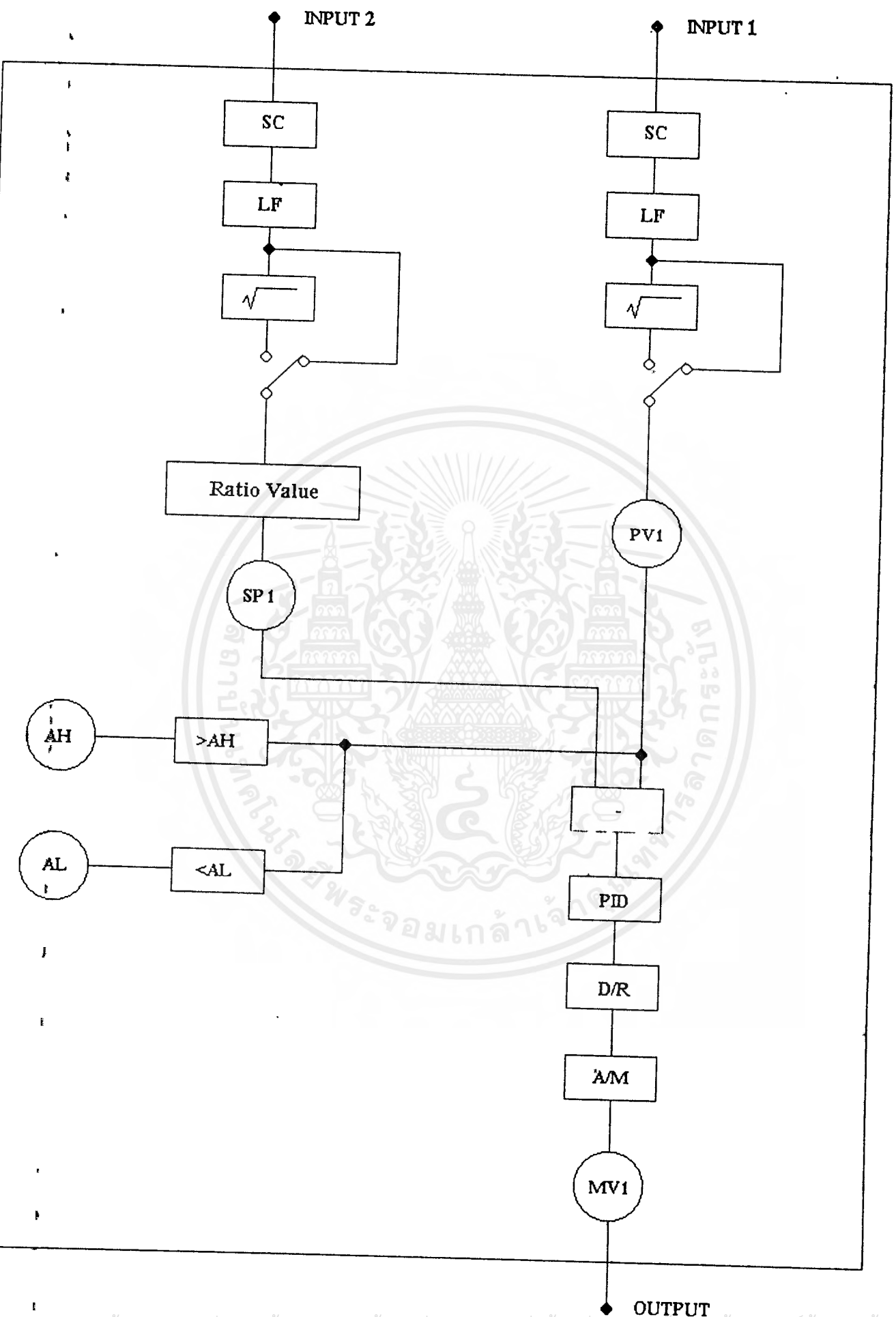
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ต้นแบบเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Loop Local Setpoint

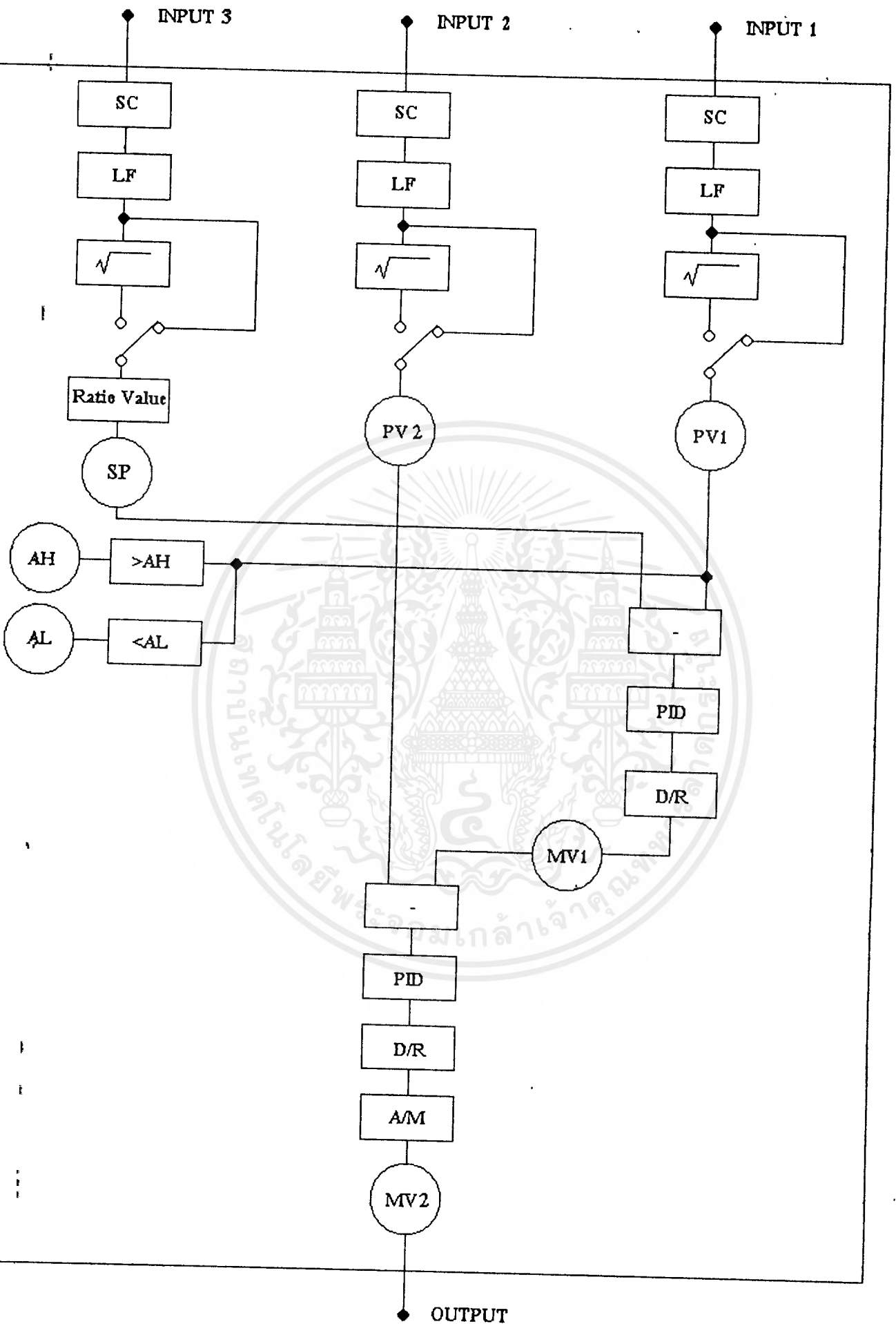


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Loop Local Setpoint



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



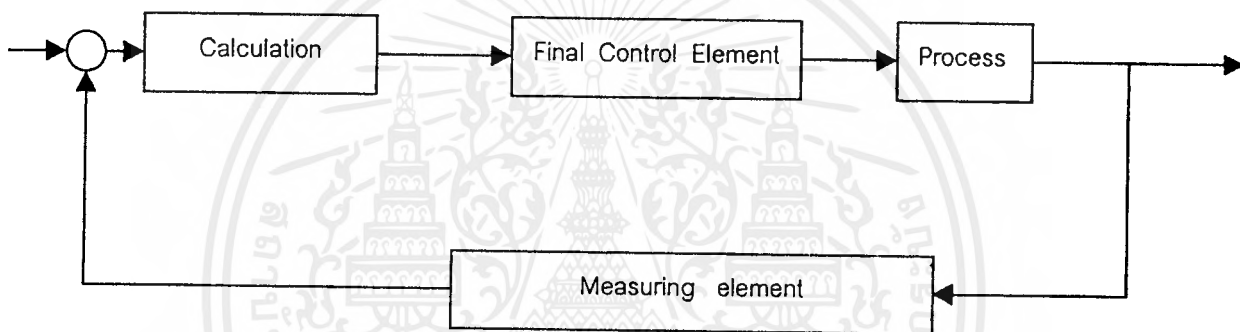
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
2 Loop Ratio Setpoint
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการเบื้องต้นของการควบคุมกระบวนการและการคำนวณ

ชนิดของระบบควบคุม

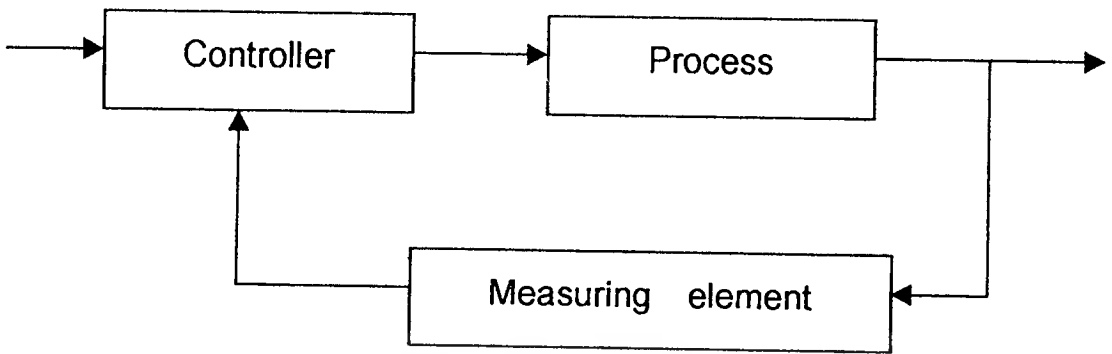
ระบบควบคุมอัตโนมัติ คือ การใช้ตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบตัดสินใจ และปรับทวนมนุษย์นั้นเองการทำงานของระบบอัตโนมัติเป็นการนำค่าเป้าหมายกับค่าของการตรวจวัดใน PROCESS เข้ามาทำการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมเพื่อส่งสัญญาณควบคุมออกไปควบคุม PROCESS ให้มีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่ตลอดเวลา แบบของการควบคุมมีอยู่หลายแบบ เช่น ON – OFF



บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอัตโนมัติ

1. ระบบควบคุมแบบรูปปิด (Close Loop Control System)

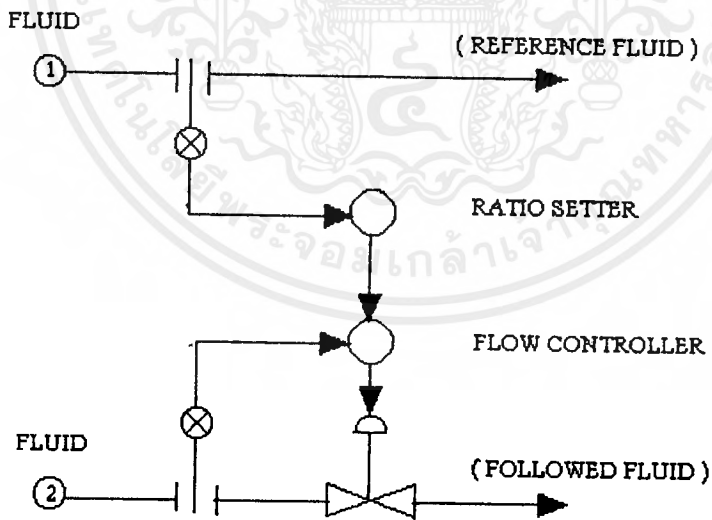
ระบบควบคุมแบบนี้ เป็นระบบที่นำเอาสัญญาณ OUTPUT ป้อนกลับ (Feedback Out Put) มาเปรียบเทียบกับสัญญาณ INPUT ที่ต้องการ สัญญาณความคลาดเคลื่อน (Actuating Error Signal) ซึ่งเป็นสัญญาณ ระหว่างสัญญาณ INPUT กับสัญญาณป้อนกลับ และ จะถูกป้อนให้หน่วยควบคุม เพื่อลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง



รูปแสดง ระบบการควบคุมแบบลูปปิด

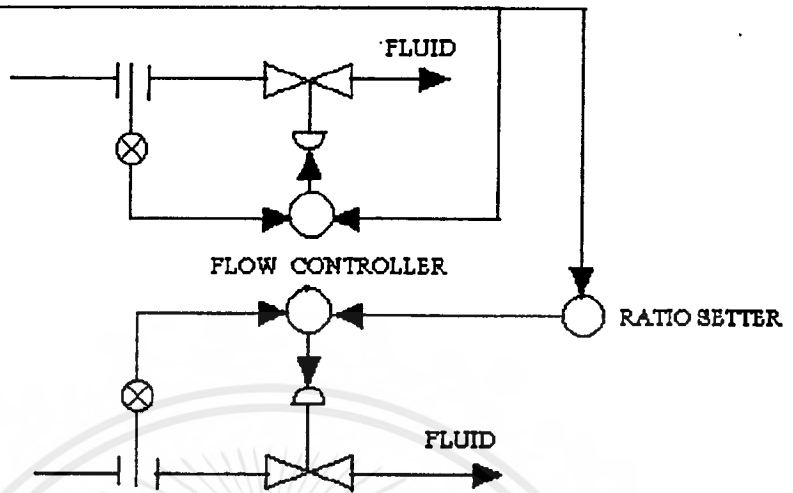
2. ระบบการควบคุมแบบสัดส่วน (Ratio Control)

เป็นการควบคุมให้ตัวแปร PROCESS สองค่ารักษา อัตราส่วนของมันและกันให้คงที่อยู่เสมอ มักพบในการควบคุมอัตราการไหลของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง ในระบบเผาไหม้ต่าง ๆ และการควบคุมการผสมของเหลวสองชนิด ตัวอย่างของ Ratio Control แสดงดังรูป 1.3



การควบคุมแบบสัดส่วน ชนิดอนุกรม

FLOW SETTING



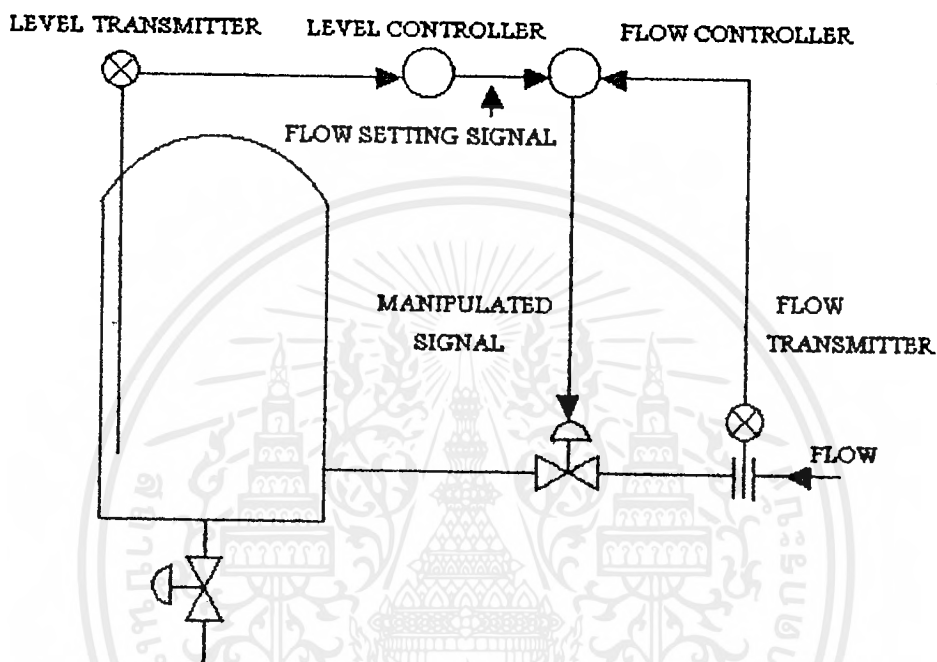
การควบคุมแบบสัดส่วน ชนิดขนาน

รูปแสดง ระบบควบคุมแบบ Ratio Control

ระบบควบคุมแบบร่วมกัน (Cascade Control)

Cascade Control เป็นการควบคุมชนิด Combine Control ชนิดหนึ่ง นิยมใช้กันมากในการควบคุมโปรเซส การควบคุมแบบ Cascade Control นี้จะมีรูป การควบคุมอยู่ 2 รูป ใน 2 รูปนี้จะมีตัวควบคุมคือ Master Controller และ Slave Controller สัญญาณออกของ Master Controller จะเป็นค่าเป้าหมายของ Slave Controller cascade Controller นี้ จะใช้ได้ผลดีในโปรเซสที่มี Disturbance มี Dead Time มากนอกจากนั้น ในกรณีที่ต้องการรักษาความสัมพันธ์ของตัวโปรเซสให้คงที่ จะเหมาะสมที่สุด ดังในรูป 1.4 เป็นตัวอย่าง Cascade Control ของการควบคุมอุณหภูมิในเตา รูปการควบคุมอุณหภูมิ จะเป็น Master และรูปการควบคุมการไหลจะเป็น Slave สัญญาณออกของตัวควบคุมอุณหภูมิจะส่งไปเป็นค่าเป้าหมายของตัวควบคุมการไหล รูปการควบคุมการไหลจะควบคุมให้การไหลของก๊าซ เป็นไปตามสัญญาณจากตัวควบคุมอุณหภูมิเสมอ แม้ว่าความดันในท่อก๊าซจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม จะไม่มีผลต่ออุณหภูมิในเตาเลย การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความดันก๊าซในท่อนับเป็น Disturbance อย่างหนึ่ง ถ้าเราใช้ระบบควบคุมแบบธรรมดาซึ่งสัญญาณออกของตัวควบคุม

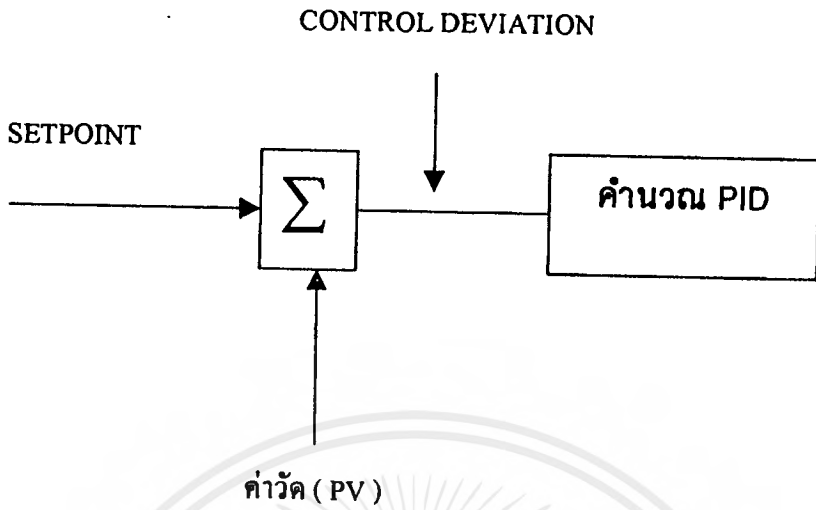
อุณหภูมิส่งมาควบคุมการเปิดของ Valve โดยตรงแล้ว Disturbance จะทำให้อุณหภูมิในเตาไม่คงที่หรือเท่ากับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้



รูปแสดง ระบบควบคุมร่วมกัน (Cascade Control)

ตัวควบคุมและแบบการควบคุม (Controller and Control Action)

ตัวควบคุมจะรับสัญญาณเข้าจากการวัด เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย หรือ Set Point ผลต่างของค่าทั้งสองจะถูกส่งให้ภาคคำนวณ เพื่อผลิตสัญญาณควบคุมขาออกซึ่งจะถูกส่งออกไปให้ส่วนขับเคลื่อนอีกทีหนึ่ง โครงสร้างภายนอกตัวควบคุมแสดงในรูปด้านล่าง



รูปแสดง โครงสร้างภายในตัวควบคุม

ความสัมพัทธ์ของผลต่างกับสัญญาณควบคุมขาออก กำหนดโดยภาคคำนวณ ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า Control Action แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

- ON - OFF ACTION
- PROPORTIONAL ACTION (P - Control)
- INTEGRAL OR RESET ACTION (I - Action)
- DERIVATIVE ACTION (D - Action)

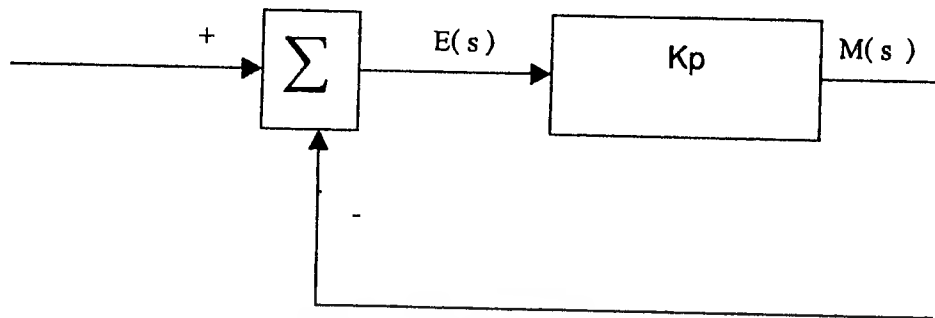
การควบคุมจะใช้ Action แต่ละชนิด หรือ หลายชนิดผสมกันเช่น On - Off , P , PI , PID, การควบคุมด้วยมือนั้นถ้าคนงานมีความชำนาญมาก การปรับจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับ Control Action เหล่านี้ Proportional action คือ ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณควบคุม (หรือ OUT PUT ของหน่วยควบคุม) กับสัญญาณคลาดเคลื่อน $e(t)$ คือ

$$m(t) = K_p * e(t)$$

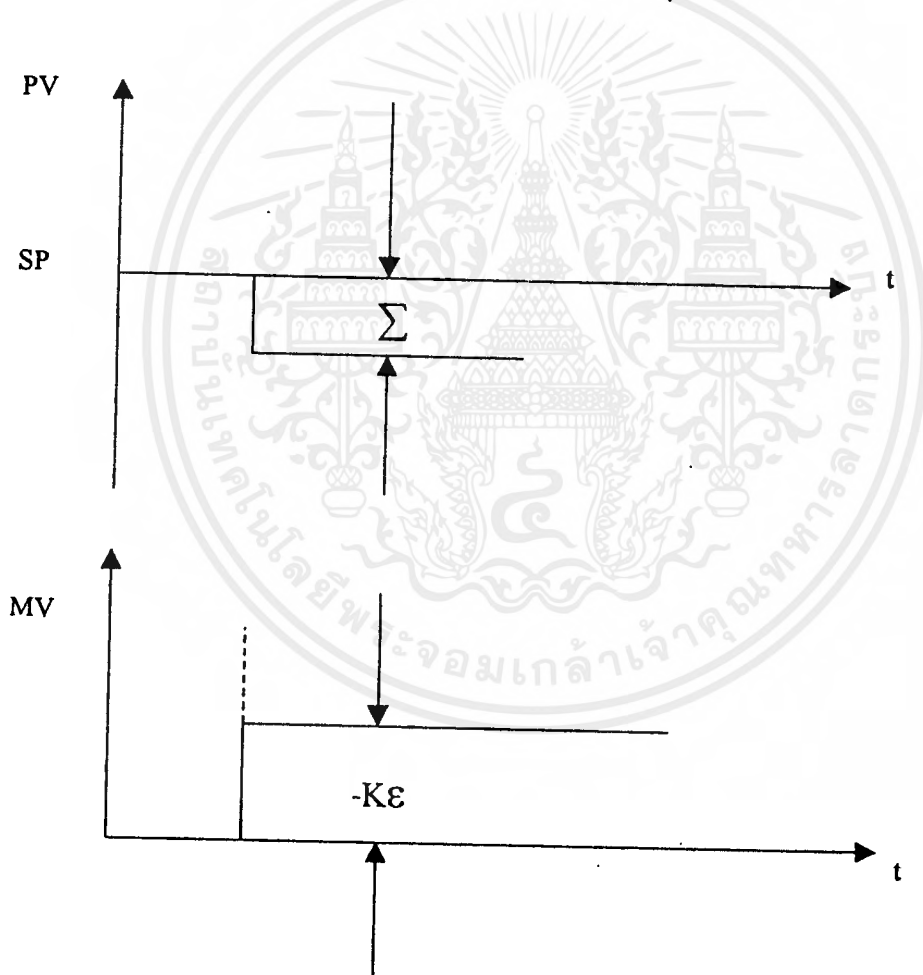
หรือ

$$M(s)/E(s) = K_p$$

โดย K_p จะอยู่ในเทอมของ Proportional Sensitivity หรือ Gain หน่วยควบคุมแบบ Proportional จึงเป็น Amplifier ที่สามารถปรับค่าของ Gain ได้ดังรูป 1 แสดงถึง Block Diagram ของหน่วยควบคุมแบบ Proportional ที่กล่าวมานี้



รูป 1 Block Diagram ของหน่วยควบคุมแบบ P

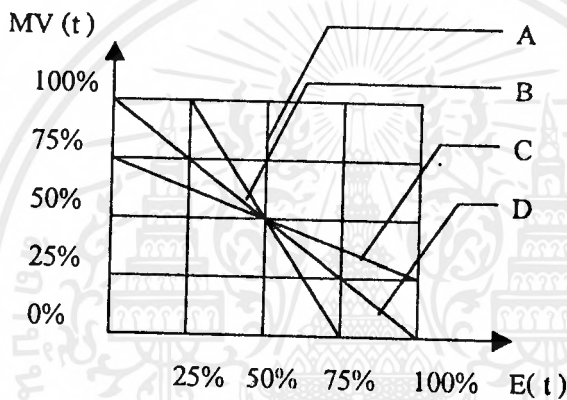


รูปแสดง ผลตอบสนองของ Proportional Action

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแบบนี้มักแสดงในรูป Proportional Band (%PB) ค่า PB คือ ค่าสัญญาณ Error ที่ทำให้สัญญาณควบคุมเปลี่ยนไป 100% เมื่อ PB=50% หมายถึง ถ้าสัญญาณ Error เกิดขึ้น 50 % สัญญาณควบคุมเปลี่ยนไป 100% ดังในรูป 1.8

$$PB = \frac{1}{K_p} * 100$$



รูปแสดง Proportional Band

A;	PB = 0 %	,	$K_p = \infty$	(100/0)
B;	PB = 50 %	,	$K_p = 2$	(100/50)
C;	PB = 100 %	,	$K_p = 1$	(100/100)
D;	PB = 200 %	,	$K_p = 0.5$	(100/200)

จากรูป แสดงว่าค่า PB เป็นตัวบอกค่าความไวของการแก้ความผิดพลาดจึงอาจเรียกได้ว่า K_p เป็น ความไวของ Proportional Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ Proportional Action

1. เมื่อลด PB ลงไปจะทำให้อัตราขยายสูงขึ้น การควบคุมจะไวขึ้นทำให้โปรเซสเกิดการแกว่งขึ้นได้
2. เมื่อเพิ่มค่า PB อัตราขยายจะลดลง จะทำให้ค่าวัดกับค่าเป้าหมายแตกต่างกันมากขึ้น เราว่าเกิด Off Set
3. เมื่อโหลดของโปรเซส สภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป ซึ่งเราเรียกว่ามี Disturbance ก็จะทำให้เกิด Off Set ได้ง่าย

OFF SET

Off Set เป็นชื่อใช้เรียกปรากฏการณ์ที่ตัวแปรโปรเซสหรือวัดมีค่าไม่เท่ากับค่าเป้าหมาย ทำให้การควบคุมไม่เป็นไปตามต้องการ Off Set ในระบบการควบคุมแบบป้อนกลับนี้เมื่อดูอย่างผิวเผิน Off Set ไม่น่าจะเกิดขึ้นได้เพราะตัวแปรโปรเซสจะถูกป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม Off Set มักเกิดขึ้นกับระบบควบคุมที่ใช้ Proportional Control ที่มีค่า PB ใหญ่ และขณะที่เกิด Disturbance ในโปรเซสซึ่งได้แก่การเปลี่ยนแปลงของโหลดสภาพแวดล้อม เป็นต้น

วิธีการแก้ Off Set ที่เกิดขึ้นใน Process

1. ให้ลด PB ให้เล็กลง
2. เปลี่ยน BIAS ของการควบคุมด้วยมือ
3. เปลี่ยนค่าเป้าหมายใหม่
4. ใช้การควบคุมที่มี Reset Action

Integral Action (Reset Action)

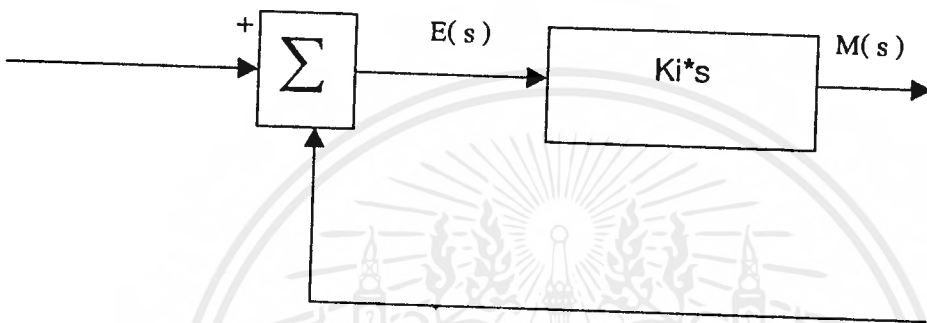
Integral Action คือ ค่าของเอาต์พุตของหน่วยควบคุม $M(t)$ จะมีความสัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อน $e(t)$ ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{d m(t)}{dt} &= (1/T_i) * e(t) \\ \int d m(t) &= (1/T_i) * \int e(t) dt \\ m(t) &= (1/T_i) * \int e(t) dt \end{aligned}$$

โดยที่ T_i เป็นค่า Integral Time ที่สามารถปรับค่าได้ Transfer Function ของหน่วยควบคุมแบบ Integral คือ

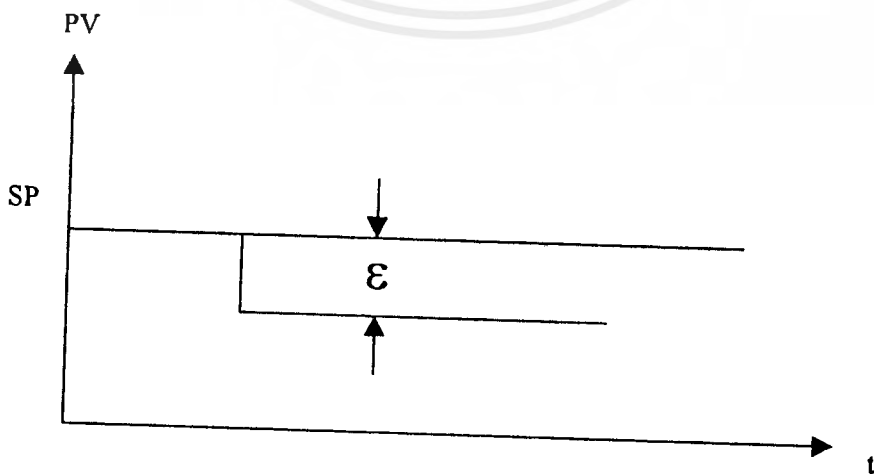
$$\begin{aligned} M(s)/E(s) &= (1/T_i) * s \\ &= K_i * s \end{aligned}$$

โดยที่ $K_i = 1 / T_i$

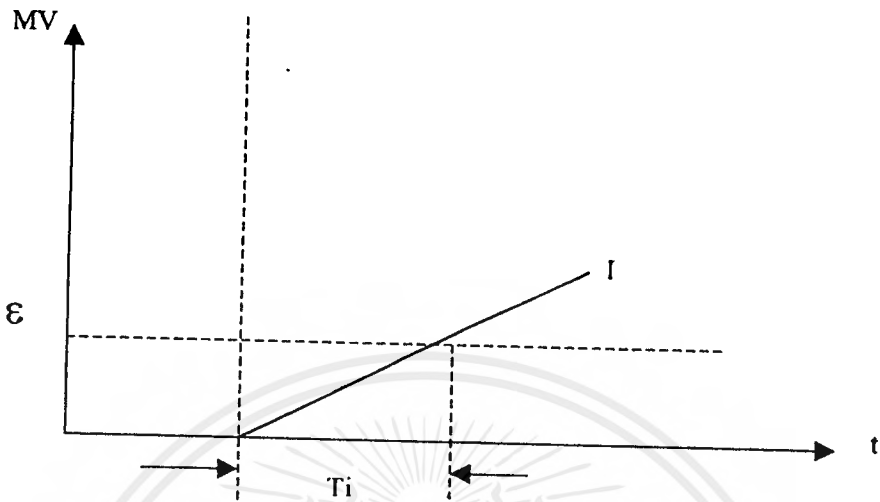


บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบ Integral

กริยาการควบคุมแบบ Integral นี้ บางครั้งเราเรียกว่า Reset Control การควบคุมแบบนี้ สัญญาณควบคุมจะแปรค่าตามอินทิเกรตต่อเวลาของผลต่าง เมื่อผลต่างเปลี่ยนเป็น time (T_i) คือ เวลาที่ใช้ในการเพิ่มค่าของสัญญาณควบคุมจนมีขนาดเท่ากับผลต่าง e ที่เปลี่ยนไป ดังนั้นเมื่อ T_i มีค่าน้อย ผลของ Integral Action จะมากกว่าเมื่อ T_i มีค่ามาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง ผลตอบสนองของ Reset Action

Proportional – Integral (PI)

การควบคุมของหน่วยควบคุมแบบ PI นั้นสามารถจะแสดงได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$m(t) = K_p * [c(t) + (1 / T_i) * \int e(t) dt]$$

โดยที่

K_p เป็นค่าของ Gain

T_i เป็นค่าของ Integral Time

ทั้งนี้ K_p และ T_i เป็นค่าที่ปรับ T_i นั้นจะเป็นการปรับกริยาการควบคุมแบบ Integral นั้นจะมีผลต่อส่วน Proportional รูป 1.12 แสดงถึง Block Diagram ของหน่วยควบคุม PI และผลตอบสนองของ PI Action

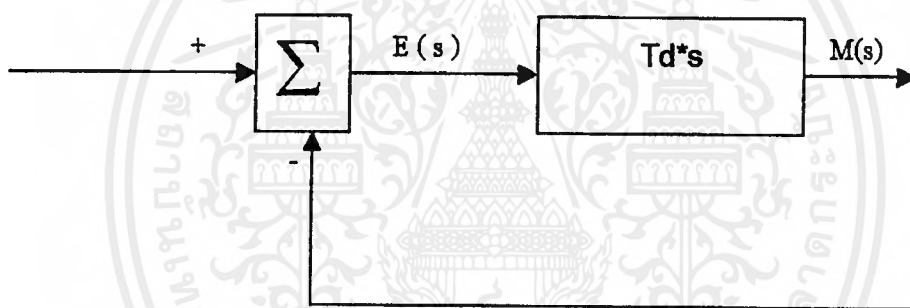
Derivative Action (Rate Action)

การควบคุมแบบเหมาะกับขบวนการที่มี Time Lag มาก ๆ เพราะสามารถแก้ข้อผิดพลาดโดยการกระทำล่วงหน้าก่อนที่จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะสัญญาณควบคุมจะแปรตาม อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ERROR และในบางครั้งจะเรียกกริยาการควบคุมแบบนี้ว่า Rate Action การควบคุมแบบ Derivative Action นี้ไม่สามารถนำไปใช้งานตามลำพังได้ เพราะถ้า ERROR เป็น 0 หรือมีค่าคงที่ ค่าควบคุมจะไม่ให้ค่าเอาต์พุตเลย ดังนั้น Derivative Action จึงใช้รวมกับการควบคุม Proportional

$$m(t) = T_d * d e(t) / dt$$

หรือ $M(s) / E(s) = T_d * s$

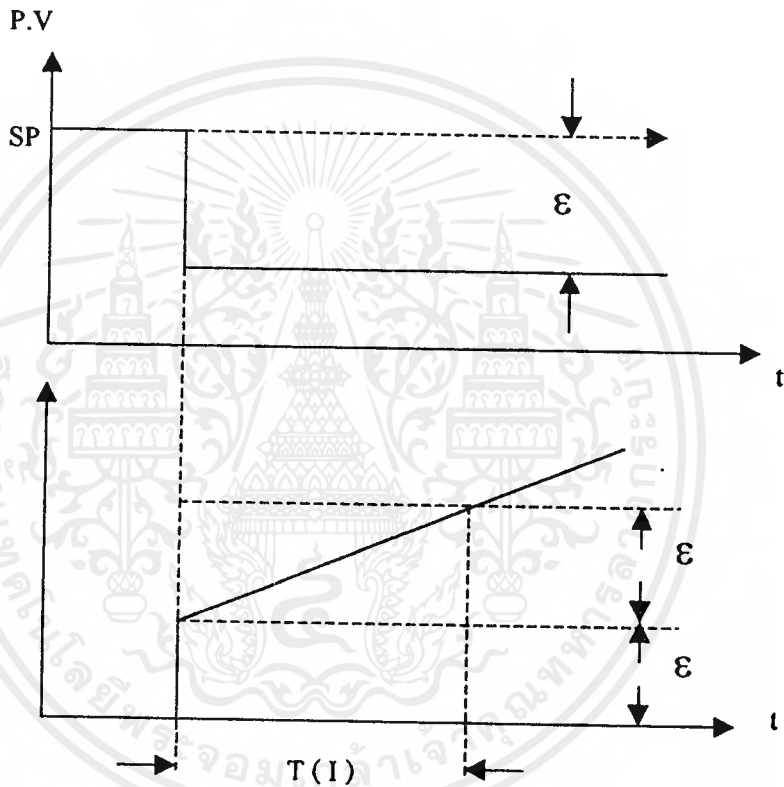
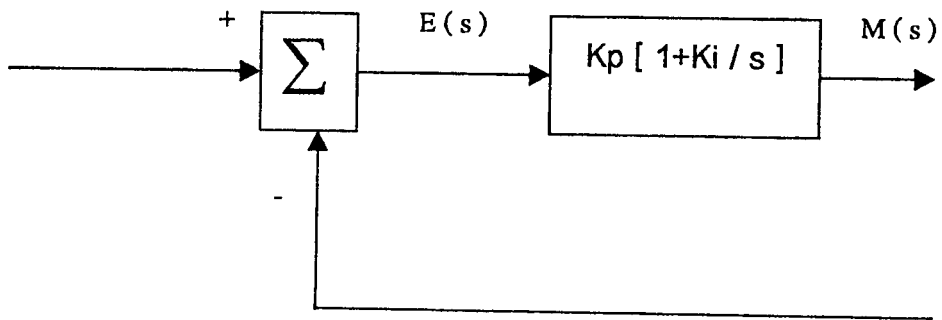
โดยที่ T_d เป็นค่าของ Derivative Time



จากรูปจะเห็นว่า T_d จะเท่ากับช่วงเวลาที่ผลต่าง e แปรเปลี่ยนไปจนมีค่าเท่ากับความชันของการเปลี่ยนนี้ ถ้า T_d มากจะทำให้ผลของ D Action มาก

คุณสมบัติของ D Action

1. เหมาะสำหรับโปรเซสที่มี Time Lag มาก ๆ จะช่วยให้การควบคุมถึงจุดที่ต้องการเร็วขึ้น
2. ถ้า T_d มากไปผลของ D จะมากทำให้ระบบทั้งระบบไวขึ้น ขาดเสถียรภาพ
3. ไม่เหมาะสำหรับโปรเซสที่มี Time Lag น้อย ๆ และตัวแปรโปรเซสเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น ระบบควบคุมการไหล ความดัน เป็นต้น



รูปที่ 1.12 Block Diagram & Response of PI Action

คุณสมบัติของ Integral Action

1. Off Set ที่เกิดจาก P Action จะถูก Integral Action แก้จนหมดไป
2. เมื่อ T_i มีค่าน้อยลง ผลของ Integral Action จะมาก ทำให้เกิดการแกว่งขึ้นได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเสถียรภาพ

Proportional – Derivative Action (PD)

การควบคุมของหน่วยควบคุมแบบ PD นี้จะอยู่ในรูปของสมการ

$$m(t) = K_c * [e(t) + T_d * \frac{de(t)}{dt}]$$

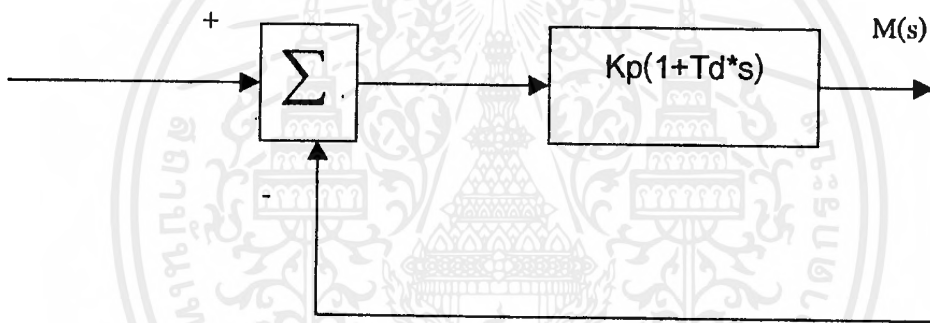
หรือ

$$M(s)/E(s) = K_c * [1 + T_d * s]$$

โดยที่ K_c เป็นค่าของ Gain

T_d เป็นค่าของ Derivative Time

ค่าของ K_c และ T_d นั้นจะเป็นค่าที่สามารถปรับได้



รูปที่ 1.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบ PD

Proportional – Integral – Derivative (PID)

การควบคุมแบบ PID นั้นได้จากการรวมเอากริยาควบคุมแบบ Proportional ซึ่งอัตราขยาย

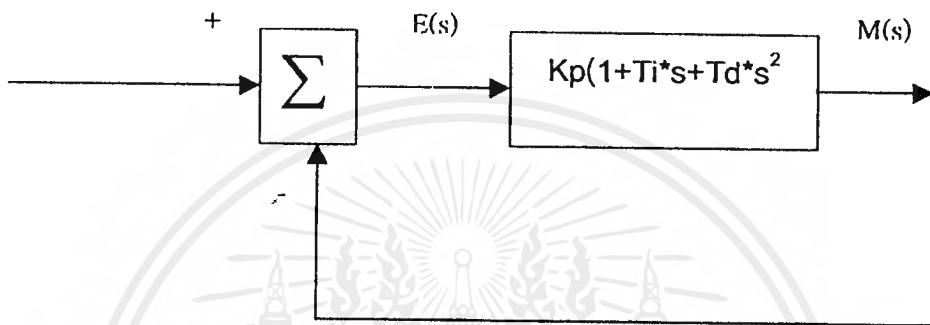
กริยาควบคุมแบบ Integral สามารถแก้ค่า Off set และ Overshoot ซึ่งจะทำให้เกิดการ Oscillate และกริยาการควบคุมแบบ Derivative จะทำให้เกิดผลตอบสนองได้อย่างรวดเร็วสมการของ PID มีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$m(t) = K_c * c(t) + (1/T_i) * \int c(t)dt + T_d * dc(t)/dt$$

Transfer function คือ

$$M(s) = K_p * [1 + 1/(T_i * s) + T_d * s]$$

$$= K_p * [1 + K_i/s + K_d*s]$$



บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบ PID

PID CONTROLLER

โดยการใช้สัญญาณเอาต์พุตที่คำนวณได้เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ แทนที่จะเป็นเวลาที่ต่อเนื่อง สมการ PID รูปทั่ว ๆ ไปคือ

$$m(t) = K_c [c(t) + (1/T_i) * \int c(t) dt + T_d dc(t)/dt] + p(0)$$

$$e(t) = sv(t) - mv(t)$$

เราสามารถจะเขียนอยู่ในรูปของสมการความแตกต่างได้ดังต่อไปนี้

$$\int c(t) dt \cong \sum_{k=1}^n c_k \Delta t$$

$$dc(t)/dt = [c(n) - c(n-1)] / \Delta t$$

$$m(n) = K_c [c(n) + (1/T_i) * \sum_{k=1}^n c_k \Delta t + T_d [c(n) - c(n-1)] / \Delta t] + p(0)$$



บทที่ 3

ทฤษฎี Signal Condition

เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์ Transducer หรือสัญญาณที่ส่งมาให้กับอุปกรณ์ที่จะควบคุมเป็นสัญญาณ Analog ดังนั้นเมื่อจะมีการควบคุมด้วย Micro Controller แล้วจะต้องทำสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณ Digital ก่อนซึ่งการทำสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ทำได้โดยการใช้ IC Analog to Digital เบอร์ Max 192 สัญญาณอนาลอกที่จะเข้ามาทาง Input ของ A to D จะอยู่ในรูปของแรงดันที่มีค่าตั้งแต่ 0 – 4.096 v ดังนั้นจึงต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณที่รับเข้ามาจากอุปกรณ์ Transducer และส่งสัญญาณ Output ให้กับ A to D วงจรนั้นคือ Signal Condition Circuit

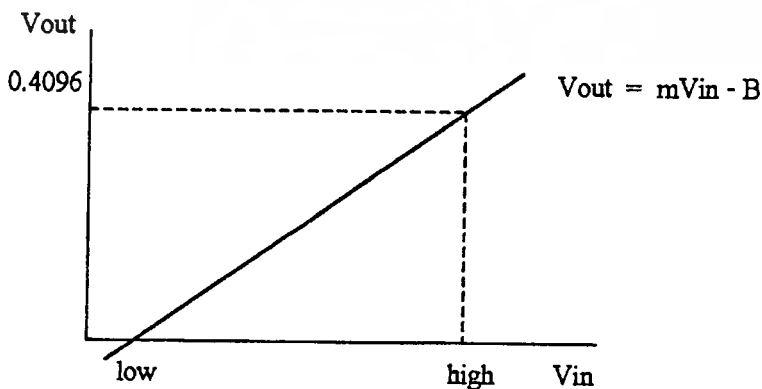
วงจร Signal Condition ที่ใช้มี 3 ชนิดคือ

1. Zero Circuit
2. Current to Voltage Circuit
3. Voltage to Current Circuit

วงจร ZERO

วงจร ZERO เป็นวงจรทำหน้าที่ปรับแต่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก Instrument Amplifier ให้อยู่ในระดับ 0 – 5V โดยในโครงการนี้จะรับแรงดันเข้ามาแบบ Remote 1 – 5 V ดังนั้นจึงต้องทำการปรับเพื่อป้อนให้กับวงจร A to D ในระดับ 0 – 4.096 V โดยค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดนี้ต้องดูจาก Specifications ของวงจร Analog to Digital

ในส่วนของการออกแบบวงจร ZERO จะใช้วิธีการคำนวณโดยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรงโดยกำหนดให้แกน Y แทนแรงดัน Output ของวงจร ZERO และแกน X แทนแรงดันไฟฟ้าทางด้าน Input ของวงจร ZERO ดังนั้นสามารถเขียนรูปกราฟสมการเส้นตรงได้ดังรูป



จากสมการ $V_{out} = mV_{in} + b$ เราสามารถทราบได้ทันทีว่าค่าความสัมพันธ์คือ เกนการขยาย วงจร ZERO เพราะความชันมีค่าเท่ากับอัตราส่วนแรงดัน Output ต่อแรงดัน Input จากรูปให้สังเกต จุดตัดของเส้นตรงในรูปว่าตัดแกน X และ แกน y ที่จุดใดบ้างเส้นตรงจะตัดแกน x ที่จุดต่ำสุดที่ แกน y มีค่าเท่ากับ 0 และจุดจุด b บนแกน y ค่า b นี้เอาที่ทำให้ค่าต่ำสุดของ V_{in} เมื่อผ่านวงจร Zero แล้วมีค่าเท่ากับ 0

วงจรดังกล่าวนี้ คือวงจรขยายผลรวมเรียกได้ว่าเป็นวงจร ZERO แบบ Inverting ประกอบด้วย วงจรขยายผลรวมของอินพุทและวงจรอินเวอร์เตอร์ (คือ เปลี่ยนสภาวะให้เป็นตรงข้าม)

$$V_{O1} = -(R_f/R_i)V_{in} - (R_f/R_z)V_{ref} \quad \text{เป็นสมการที่ 1}$$

$$V_c = (R_f/R_i)V_{in} + (R_f/R_z)V_{ref} \quad \text{เป็นสมการที่ 2}$$

จากนั้นทำการเปรียบเทียบสมการ 2 กับสมการเส้นตรง

$$m = R_f/R_i \quad \text{เป็นสมการที่ 3}$$

$$b = -(R_f/R_z)V_{ref} \quad \text{เป็นสมการที่ 4}$$

การออกแบบ

แรงดันที่ป้อนเข้าจุด Remote ของ P I D Controller คือ 1 – 5V ต้องการ Output 0 – 4.096 V

$$m = V_{out} / V_{in} = [(V_{out(max)} - V_{out(min)}) / (V_{in(max)} - V_{in(min)})]$$

$$m = [(4.096 - 0) / (5 - 1)] = 1.024$$

จากสมการที่ 3

$$m = R_f / R_i \text{ เลือก } R_f 100K \text{ (ผู้ออกแบบเป็นคนเลือกเอง)}$$

$$R_i = (100 \text{ k}\Omega / 1.024 = 97.65 \text{ k}\Omega$$

หาค่า b โดยใช้สมการเส้นตรง

$$V_o = mV_{in} + b$$

แทนค่า $V_{in} = 1V$ และ $V_o = 0V$ (ค่าต่ำสุด) จะได้ว่า

$$0V = 1.024 (1) + b$$

$$b = -1.024$$

จากสมการที่ 4

$$b = (R_f/R_z) V_{ref}$$

$$-1.024 = (100k\Omega / R_z) V_{ref}$$

เลือกค่า V_{ref} โดยจะเห็นว่าทางซ้ายมือเป็น - ดังนั้น V_{ref} ต้องเป็นลบด้วย ($v_{ref} = -1.024$)

$$R_z = 100 k\Omega$$

เมื่อได้ค่าที่ต้องการทราบทั้งหมดแล้วให้ทำการตรวจสอบค่าแรงดันสูงสุดข้าง

$$\begin{aligned} V_{out} &= (R_f/R_i) V_{in} + (R_f/R_z) V_{ref} \\ &= (100/97.65) 5 + (100/100)(-1.024) \\ &= 4.096 \text{ Volt (ถูกต้อง)} \end{aligned}$$

แต่เนื่องจาก op amp มีคุณสมบัติไม่เป็นไปอย่างอุดมคติ คือความสัมพันธ์ระหว่างขาบวก และขาลบของ op amp ไม่สมดุลกันดังนั้นอาจต้องทำการต่อตัวต้านทานเข้าไปที่ขาบวก (Non-inverting) ของ op amp ด้วย เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างขาบวก และขาลบมากขึ้น การหาค่า R_c มาต่อสามารถทำได้โดยการลัดค่าของ V_{ref} , V_{O1} และ V_{in} ลงกราวด์จะเห็นได้ว่า R_z , R_i และ R_f จะต่อขนานกันอยู่ดังนั้นจะได้ค่า $R_c/R_z//R_f$ ในลักษณะเดียวกัน $R_g = R_1 // R_1 = R_1/2$

ได้วงจรใหม่ดังรูป

$$R_c = 100k\Omega // 100k\Omega // 97.65k\Omega = 33.07k\Omega$$

$$R_g = 10k\Omega / 2 = 5k\Omega$$

วงจร ZERO ทางด้าน Output

วงจร ZERO ทางด้าน output ใช้สำหรับปรับแรงดันที่ออกมาจาก Digital to analog มาเป็นแรงดัน 1 – 5V เพื่อป้อนให้กับอุปกรณ์ Final element ของ Process

การคำนวณ

$$\begin{aligned} m &= (V_{out} / V_{in}) = [(V_{out}(\max) - V_{out}(\min)) / (V_{out}(\max) - V_{in}(\min))] \\ &= (5 - 1) / (2 - 0) = 2 \end{aligned}$$

จากสมการ 3

$$m = R_f / R_i \text{ เลือกค่า } R_d \text{ } 30 k\Omega \text{ (เลือกเอง)}$$

$$\text{จะได้ } R_i = 30 / 2 = 15k\Omega$$

หาค่า b โดยใช้สมการ $V_0 = mV_{in} + b$

แทนค่า $V_{in} = 0V$ และ $V_0 = 1V$ ค่าต่ำสุดจะได้ว่า

$$1V = 2(0) + b$$

$$b = 1$$

จากสมการ $(R_f/R_z) V_{ref} = b$ (แสดงว่า V_{ref} ต้องเป็น +)

$$R_z = (R_f * V_{ref}) / b \text{ เลือก } V_{ref} = 1V$$

$$R_z = 30 \text{ k}\Omega$$

ลองทดสอบค่าสูงสุด

$$V_{out} = (R_f/R_i) V_{in} + (R_f/R_z) V_{ref}$$

$$V_{out} = (30/15)(2) + (30/30)(1) \\ = 5V \text{ (ถูกต้อง)}$$

$$R_c = 30 \text{ k}\Omega // 30 \text{ k}\Omega // 15 \text{ k}\Omega = 7.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_g = 5 \text{ k}\Omega / 2 = 2.5 \text{ k}\Omega$$

วงจร I to V

วงจร I to V มีไว้เพื่อแปลงกระแสจากอุปกรณ์ Transducer 4 – 20 mA เป็นแรงดัน 0 – 4.096V เพื่อป้อนให้กับวงจร Analog to Digital เพื่อนำไปประมวลผล

$$V_{out} = (R_f/R_i) I_{rspan} + V_z \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$V(a) = (R_f/R_i) I(a) R_{span} + V_z \quad \text{สมการที่ 2}$$

$$V(b) = (R_f/R_i) I(b) R_{span} + V_z \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$3 - 2 \text{ จะได้ } V(b) - V(a) = (R_f/R_i) I(b) R_{span} - (R_f/R_i) I(a) R_{span} \\ = (R_f/R_i) R_{span} [I(b) - I(a)]$$

จะได้ค่า

$$R_{span} = (V(b) - V(a)) / [(R_f/R_i) (I(b) - I(a))] \quad \text{สมการที่ 4}$$

$$V_z = V(a) - (R_f/R_i) I(a) R_{span} \quad \text{สมการที่ 5}$$

การออกแบบ

input 4 – 20 mA

output 0 – 4.096 v

 $I(a) = 4 \text{ mA}$ $V(a) = 0\text{v}$ $I(b) = 20 \text{ mA}$ $V(b) = 4.096 \text{ v}$ เลือกค่า $Rf/Ri = 10$ เราจะได้ R_{span} จากสมการ 4

$$R_{span} = (4.096 - 0) / (10(20 - 4)) = 25.6 \Omega$$

เลือกค่า $R_{span} 50 \Omega$ เพราะจุดกึ่งกลาง 25.6Ω ปรับได้ละเอียดเมื่อ $(Rf/Ri) = 10$ เลือก $R_t = 50, R_i = 5$

จากสมการ 5

$$V_z = 0\text{v} - (50\text{k}\Omega / 5\text{k}\Omega) (4\text{mA}) (25.6) \\ = 1.024$$

Check วงจรดูที่ $I(b) = 20 \text{ mA}$

$$V(b) = 50\text{k}\Omega / 5\text{k}\Omega (20\text{mA}) (25.6 \Omega) - 1.024 \\ = 4.096 \text{ (ถูกต้อง)}$$

วงจร V to I

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดัน 0 – 2v ที่ออกจากวงจร Digital to analog หลังการประมวลผลด้วย Micro Controller เพื่อให้เป็น 4 – 20mA ป้อนแก่อุปกรณ์ Final element

การออกแบบ

output 4 – 20mA

input 0 – 2 Volt

supplies 15 Volt

$$I = (e_2 - e_1) / R_s ; e_2 = e_{in} \text{ or } I_{rs} = e_{in} - e_1$$

ที่ $e_{in} 0 \text{ v}$, $I 4\text{mA}$ จะได้ $(4\text{mA}) R_s = -e_1$ สมการที่ 1ที่ $e_{in} 2\text{v}$, $I 20 \text{ mA}$ จะได้ $(20\text{mA}) R_s = 2 - e_1$ สมการที่ 22 – 1 จะได้ $(16 \text{ mA}) R_s = 2\text{V}$

$$R_s = 2\text{v} / 16 \text{ mA} = 125 \Omega$$

เลือก $R_{fixed} 50\Omega$ และ $V_r Span 100\Omega$

จากสมการที่ 1

$$(4mA) R_s = -e_1$$

$$e_1 = -0.5 \text{ v}$$

ขณะนี้เราเลือก $R_a = 3.3k\Omega$ เพื่อแบ่งแรงดันให้น้อยลงจาก $-V_{cc}$ แล้วมาปรับด้วย

R_b เลือกค่า $R_b = 100\Omega$ Potentiormeter

$$V_{sat} > I R_{Lode} + e_2 - e_1$$

หากคิดแรงดันตกคร่อม T_r ด้วยจะได้

$$V_{sat} > I R_{load} + e_2 - e_1 + 0.6 \text{ v}$$

$$R_I < (V_{sat} - e_2 + e_1 - 0.6\text{v}) / (I)$$

$$< (13 - 2 - 0.5 - 0.6) / (20 \text{ mA})$$

$R_I < 495\Omega$ ซึ่งพอแก่ Impedance ของ Final Element ซึ่งอยู่ในช่วง

สรุปเรื่องวงจร Signal Condition

Error ที่ output

1. วงจร Zero ด้าน input มีค่า Voltage output 0 – 4.096 ค่า Voltage error ที่ยอมรับได้คือ $\pm 0.1\text{v}$
2. วงจร Zero ด้าน output มีค่า Voltage output 1 – 5v ค่า Voltage error ที่ยอมรับได้คือ $\pm 0.1\text{v}$
3. วงจร I to V มีค่า Voltage output 0 – 4.096 ค่า Voltage error ที่ยอมรับได้คือ $\pm 0.1\text{v}$
4. วงจร V to I มีค่า Current output 4 – 20 mA ค่า Current error ที่ยอมรับได้คือ $\pm 0.1 \text{ mA}$

บทที่ 4

การควบคุม IC MAX 192

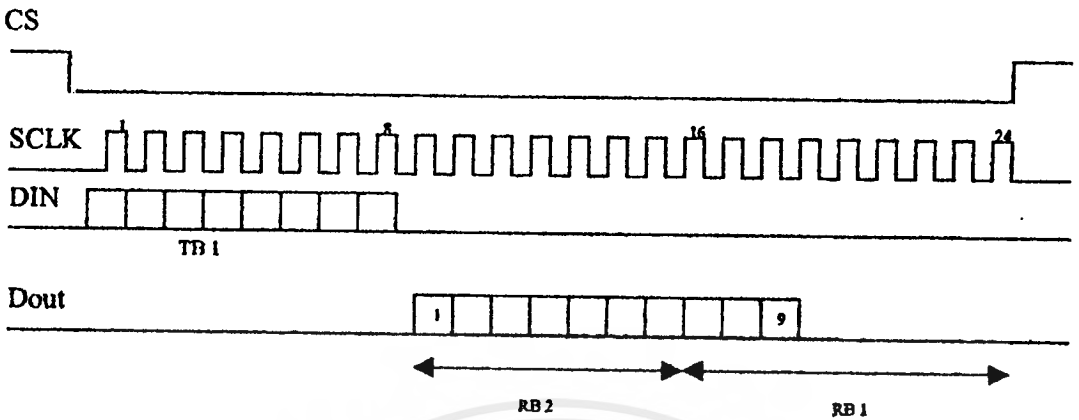
การแปลงสัญญาณทาง Analog เป็นข้อมูลทาง Digital

การนำเสนอนี้ได้ใช้ IC MAX 192 ทำหน้าที่เป็น ADC แบบ Successive Approximation จำนวน 8 ช่วงสัญญาณโดยให้ค่าของ output ที่เป็นข้อมูล Digital จำนวน 10 bit ในรูปแบบของข้อมูลอนุกรม ดังนั้นจึงมีการใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดจังหวะในการส่งข้อมูล

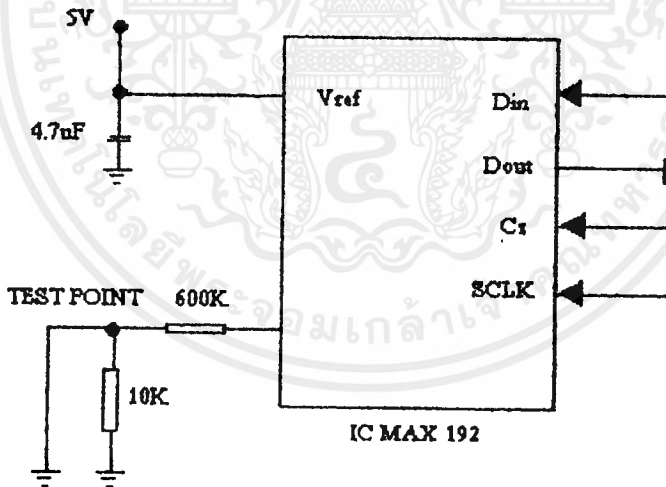
เมื่อเริ่มต้นการใช้งาน MAX 192 จะต้องกำหนดค่าให้กับบิตเริ่มต้นให้กับบิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ควบคุมเพื่อเป็นการกำหนดรูปแบบของวงจร ADC เป็นลำดับแรกซึ่งในงานนี้จะใช้งานเฉพาะช่องสัญญาณ 0 โดยใช้ สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก IC จำนวน 24 พัลส์ จะได้ค่า output จากการแปลงสัญญาณ Analog ได้ครบถ้วน

ตำแหน่งบิต	ชื่อ	การทำงาน
7	START	มีค่าเท่ากันเป็น 1 แสดงว่าเป็นไบต์ควบคุม
6	SEL 2	หมายเลขช่องสัญญาณที่จะใช้ในการแปลงข้อมูลซึ่งมีทั้งหมดแปดช่องสัญญาณ (เริ่มจากช่องสัญญาณที่ 0 - 7)
5	SEL 1	
4	SEL 0	
3	UNI/BIP\	เลือกระบุขอบเขตของสัญญาณ Analog input ว่าอยู่ในช่วงจาก 0 - Vref v หรือเป็นสัญญาณบวกลบ อยู่ในช่วง $-Vref/2$ - $+Vref/2$
2	SGL/DIF\	เลือกระบุขอบเขตของสัญญาณ Analog ว่าเป็นเส้นเคียวหรือแบบคิฟเฟอเรนเชียล
1	PDI	เลือกการทำงานโดยใช้ที่มาของสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกหรือในตัว IC และทำงานในโหมด POWER DOWN
0	PDO	

ตารางแสดงรูปแบบของไบต์ควบคุมที่ต้องส่งให้กับ Register ควบคุมภายในตัว ไอซี Max 192



รูปแสดงแผนภาพสัญญาณติดต่อกับตัว IC MAX 192 ในโหมด 24 บิต External Clock Mode Conversion TB1 เป็นไบต์ข้อมูลควบคุม และ ไบต์ RB2 และ RB3 เป็นไบต์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณ Analog



รูปแสดงแผนภาพอย่างง่ายของวงจร ADC โดยใช้ IC MAX 192

ค่าระดับอ้างอิง (V_{ref}) ของ IC MAX 192 จากแผนภาพวงจรข้างต้น จะมีค่าประมาณ 4.096 โวลต์ ทำให้ค่าของระดับสัญญาณที่เข้ามาซึ่งขาของช่องสัญญาณใด ๆ อยู่ในช่วงระหว่างค่าต่ำสุดที่ระดับ 0 โวลต์ และค่าสูงสุดที่ระดับ 4.096 โวลต์ ซึ่งทำให้ Digital ผลลัพธ์จากการแปลงของ IC MAX 192 เป็นค่า 00000 00000 และ 11111 11111 ตามลำดับ

จากการทำงานอาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าระดับสัญญาณในช่วง 0 – 4.096v จะสามารถแปลงผันออกมาเป็นเลขฐานสองได้ถึง 1024 ค่าและแรงดันในแต่ละระดับขั้นที่เกิดขึ้นมีผลทำให้ระดับการเปลี่ยนแปลงบิตเกิดขึ้นได้ (1LSB) จะมีค่าเป็น $4.096/1024$ หรือ จะเท่ากับ 4.00mV



บทที่ 5

ANT – C51

ANT – C51 ใช้ชิพเบอร์ 89c51 ของบริษัท ATMEL เป็นหลักซึ่งโครงสร้างพื้นฐานภายในเหมือนกับ 8751 (ตระกูล MCS51 ของ บริษัท IMTEL) ทุกประการ โดยมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ FLASH MEMORY ความจุ 4 KBYTE ซึ่งสามารถ PROGRAM ได้ถึง 1000 ครั้ง แต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถเลือกใช้ชิพเบอร์ต่าง ๆ ในตระกูล MCS51 หรือ COMPATIBLE ที่เป็น SINGLE CHIPS ได้ คือเบอร์ 87(C)52, 87C52, 89C51, 89C52, DS5000 ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติเป็นไปตามโครงสร้างของเบอร์ ๆ นั้น

คุณสมบัติของบอร์ด

CPU	89C51 uC
CLOCK	11.0592 MHz
MEMORY	4/8 KBYTE ON CPU
PORT	32 BIT I/O ON CPU
CONNECTER	3 PIN RS232 (MAX232) 2 PIN RS485 (75176) 2 PIN 5VDC
ONBOARD	1 POWER LED 1 USER LED 1 RESET SWITCH (MIX1232) 1 2-WAYS JUMPER (DS5000 RUN/PROG) 1 2-WAYS JUMPER (WATCH-DOG ENABLE/DISABLE) 4x3.8 INCH WORKING AREA PCB
POWER	5VDC CURRENT 35 Ma
SIZE	4x5.5 INCH

SERIAL PORT

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของบอร์ด ANT-C51 สามารถเลือกใช้งานได้ 2 แบบ คือ RS232 และ RS485 โดยถ้าต้องการใช้เป็น RS232 ก็ให้เสียบชิพเบอร์ MAX232 และใช้งานที่ขั้วต่อ 3 PIN แต่ถ้าต้องการใช้เป็นแบบ RS485 ก็ให้เสียบชิพเบอร์ 75176 และใช้งานที่ขั้วต่อแบบ 2 PIN โดยในกรณีของ RS232 นี้จะใช้ขา TO ของ CPU เป็นตัวควบคุมทิศทางการรับส่ง โดยถ้า TO=0 จะเป็นการรับข้อมูล และ TO=1 จะเป็นการส่งข้อมูล RS485 จะมีแนวทางการใช้งานในทำนองเดียวกับ RS232 แต่จะแตกต่างกันในด้านของระดับแรงไฟ ก็จะใช้ไฟที่ 5V โดยจะเป็น บวก และลบ สลับกันตามค่าของบิต 0 และ 1 ซึ่งจะยังผลให้มีการหักล้างกันเอง ทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดีและ RS485 ยังมีการสื่อสารในแบบ HALF DUPLEX โดยจะต้องรับส่งข้อมูลและคนละจังหวะไม่สามารถสวนทางกันแบบ RS232 ได้ จึงทำให้ต้องมีบิตเพื่อการควบคุมการรับและการส่งนั่นเอง และด้วยคุณสมบัตินี้เองทำให้ RS485สามารถต่อเป็นระบบ NETWORK ได้ ซึ่งสามารถต่อจำนวน NODE ได้ถึง 32 จุด ระยะทางการสื่อสารไม่เกิน 1.2 Km จุดสำคัญของระบบ NETWORK ก็คือการทำโปรแกรมควบคุม (PROTOCOL) นั่นเอง โดยจะต้องควบคุมทิศทางและการสื่อสารข้อมูลของแต่ละจุดในระบบ ให้ทำงานได้อย่างเป็นระเบียบและมีประสิทธิภาพที่สุด

วงจร RESET และ WATCH DOG

วงจร RESET บนบอร์ด ANT-C51 จะใช้ชิพเบอร์ MAX1232 โดยจะใช้สำหรับการ RESET ระบบทั้งวงจร WATCH DOG ให้พร้อมด้วย ซึ่งการ RESET แบบนี้จะให้ผลดีกว่าการ RESET ด้วยวงจร RC ทั่วไป โดยจะทำการ RESET ทั้งช่วง POWER UP และ DOWN จึงแน่ใจได้ว่าระบบจะไม่เกิดสภาพพรวนจากการ RESET อย่างแน่นอน การ RESET จาก MAX1232 นี้จะได้ตั้งระบบไว้ที่ 10% ของ VCC คือระบบจะทำงานทันทีเมื่อไฟ VCC ต่ำกว่า 4.5 V

ส่วนวงจร WATCH DOG ก็จะช่วยให้เกิดระบบความเสถียรมากขึ้นโดยสามารถเลือก DISABLE หรือ ENABLE ได้ด้วย JUMPER ในกรณีที่ตั้งไว้ที่ DISABLE ระบบจะต่ออยู่กับขา ST ของ MAX1232 เข้ากับขา ALE ของ CPU หมายถึงว่าจะมีพัลส์ส่งมาตลอดเวลา แต่ถ้าตั้งไว้ที่ ENABLE ระบบจะต่อเข้ากับ P1.7 ของ CPU เพราะฉะนั้นโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะต้องส่งสัญญาณมากระตุ้นที่ P1.7 เสมอภายในเวลา 1.2 Sec ในกรณีที่สัญญาณขาดหายไปซึ่งอาจจะเกิดจากการ HANG ของระบบ ตัว MAX1232 ก็จะทำการ RESET ระบบทันทีที่มีผลทำให้ระบบทั้งหมดกลับมาทำงานได้อีกตามปกติ

WORKING AREA PCB

พื้นที่ PCB สำหรับให้ผู้ใช้พัฒนาวงจรต่าง ๆ เพิ่มเติมได้ตามที่ต้องการ โดยมีขนาด 4x3.8 INCH และที่สำคัญคือมีขาสัญญาณต่าง ๆ ที่สำคัญของ MCS51 ให้พร้อม โดยอยู่ด้านซ้ายของส่วน WORKING PCB ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถเดินสายเข้ากับวงจรได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

USER LED

บนบอร์ด ANT-CS1 จะมี USER LED สำหรับผู้ใช้งานได้อย่างอิสระทั้งนี้อาจจะใช้เพื่อแสดงสถานะต่าง ๆ ของโปรแกรม หรือแสดงการทำงานตามงานประยุกต์ต่าง ๆ USER LED นี้จะต่อผ่าน PB1.0 ของการใช้งานจะเป็นแบบ ACTIVE LOW คือถ้ากำหนดให้เป็น 1 จะดับ และจะติดสว่างเมื่อกำหนดให้เป็น 0



บทที่ 6

DS 5000 Soft Microcontroller

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เราจะคุ้นเคยกับชิพ 80C31 กันเป็นอย่างดี แต่สำหรับงานบางอย่างที่ต้องการให้ขนาดของระบบเล็กลง ก็จำเป็นต้องใช้ชิพที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมอยู่ในตัว เป็นชิพที่ต้องสามารถทำการพัฒนาได้ไม่ง่าย ในด้านการใช้งานแล้ว มีอยู่ในตระกูลเดียวกัน ก็คือเบอร์ 8751 ซึ่งจะมีหน่วยความจำเก็บโปรแกรมเป็นแบบ EPROM อยู่ภายในซึ่งเราสามารถ นำ Port ที่มีอยู่บนตัวของ CPU ทั้ง 4 port ไปใช้งานได้อย่างเต็มที่ (32 bit I / O) ทำให้ระบบรวมเล็กลงอย่างมาก และยังสามารถทำการ Security Lock bit เพื่อป้องกันการ Copy โปรแกรมได้อีกด้วย แต่ในทางพัฒนาแล้วการแก้ไขโปรแกรมที่อยู่บนตัว CPU สามารถทำได้โดยการใช้แสงอุลตราไวโอเลต ทำการล้างหน่วยความจำ แล้วนำไปทำการบันทึกโปรแกรมใหม่ ตรงนี้เองที่จะทำให้เวลาของการพัฒนาโปรแกรมโดยรวมแล้ว เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาพอสมควรและยังพบว่าเมื่อทำการล้างโปรแกรม หลาย ๆ ครั้งจะทำให้ CPU ไม่สามารถทำการบันทึกโปรแกรมได้อีก หรือที่เรามักจะเรียกว่า เกิดการ “ด้าน” คือ การโปรแกรมไม่เข้าเนื่องจากจำนวนครั้งที่จำกัดของ CPU

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาให้ข้อจำกัดต่าง ๆ ลดลง นั่นก็คือขั้นตอนและเวลาของการพัฒนาจะใช้เวลาน้อยลง หรือกล่าวได้ว่าจะไม่เกิดเวลาที่สูญเสียนั้นเมื่อเราเลือก CPU ที่ใช้งานได้เหมือนกันและที่สำคัญคือต้องใช้ภาษาเดิมได้รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการพัฒนาลดลง โดยเลือกใช้ CPU ของบริษัท Dallas semiconductor แทน CPU 8751 ชิพที่กล่าวถึงก็คือ DS5000 Soft Microcontroller

คุณสมบัติทั่วไป

- เป็นชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 bit ภายในประกอบด้วย NVRAM (nonvolatile RAM) มีให้เลือก 2 ขนาดคือ 8K และ 32K ซึ่ง NVRAM นี้สามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และ / หรือหน่วยความจำข้อมูล (data memory)
- มีซอฟต์แวร์ Serial Bootstrap Loader อยู่ภายในเพื่อช่วยในการ Download โปรแกรมที่ต้องการลงบนตัวชิพโดยผ่านพอร์ตอนุกรม
- มีรีจิสเตอร์ภายใน 128 byte สำหรับเก็บค่าตัวแปรและเป็นพื้นที่ในการใช้งาน

- สามารถเก็บรักษาข้อมูลของ NVRAM ได้นานถึง 10 ปี ด้วยแบตเตอรี่ที่เชื่อมภายใน
- มีระบบรักษาความปลอดภัย (Security Lock) ของซอฟต์แวร์ภายในชิพเพื่อป้องกันการ COPY
- มีพอร์ตอนุกรมแบบ Full-duplex,time/counter 2 channels และ Watchdog timer ภายใน
- มีพอร์ตขนาน I/O 32 bits
- การจัดขาและชุดคำสั่งเหมือนกับ 8051

		DS 5000			
P1.0	1	40	VCC		
P1.1	2	39	P0.0	AD0	
P1.2	3	38	P0.1	AD1	
P1.3	4	37	P0.2	AD2	
P1.4	5	36	P0.3	AD3	
P1.5	6	35	P0.4	AD4	
P1.6	7	34	P0.5	AD5	
P1.7	8	33	P0.4	AD6	
RST	9	32	P0.3	AD7	
RXD	P3.0	31	FA/Vpp		
TXD	P3.1	30	ALE/PRG*		
INT0*	P3.2	29	PSEN*		
INT1*	P3.3	28	P2.7 - A15		
T0	P3.4	27	P2.6 - A14		
T1	P3.5	26	P2.5 - A13		
WR*	P3.6	25	P2.4 - A12		
RD*	P3.7	24	P2.3 - A11		
XTRL	2	23	P2.2 - A10		
XTRL	1	22	P2.1 - A9		
Vss	20	21	P2.2 - A8		

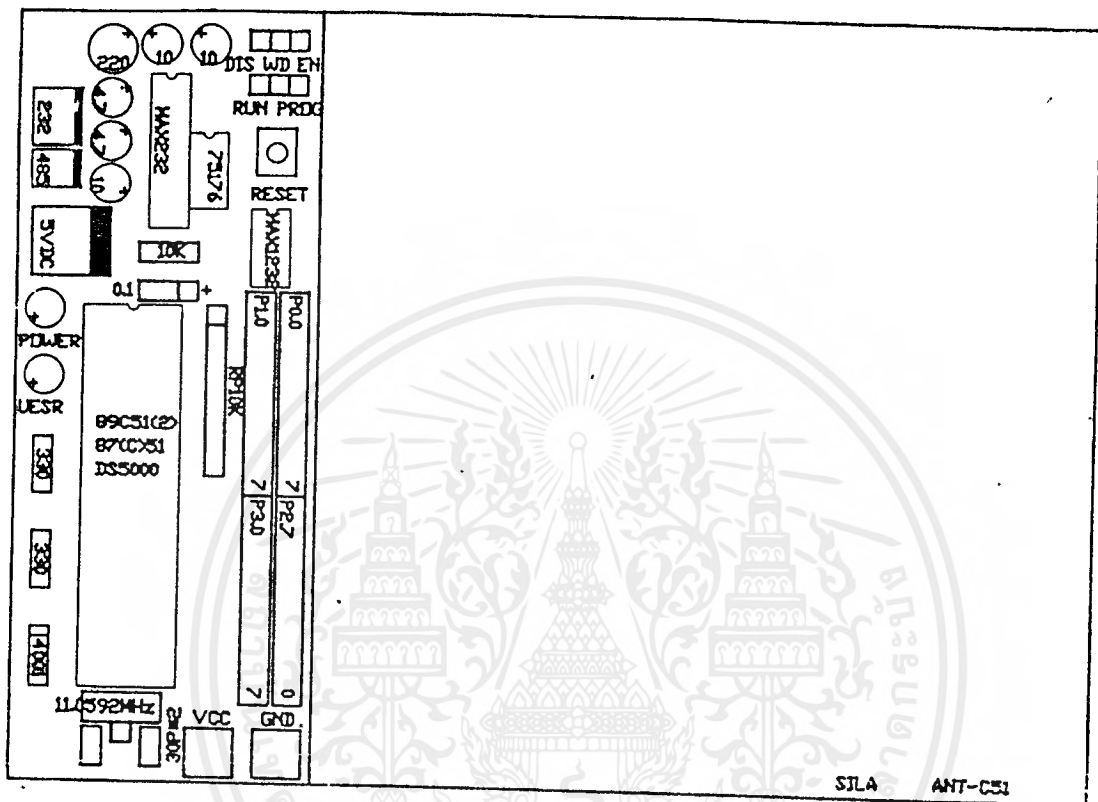
PIN CONNECTIONS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION (\Denotes Condition Low)

Vcc,GND	Power Supply inputs.
P0.0 – P0.7	Port 0:Bidirectional I/O ; open drain.
AD 0.0 – AD 0.7	These pins also serve the funtion of Address/Data Bus : Bidirectional
P1.0 – P1.7	Port 1 : Bidirectional I/O.
P2.0 – P2.7	Port 2 :Bidirectional I/O.
A8 – A15	These pins also serve the funtion of Address/Data Bus : Bidirectional
P3.0-P3.7	Port 3 : Bidirectional I/O. Each of the pins on Port 3 may be selected to serve an alter funtion ; as described below.
RD\;(P3.7)	Expanded Data Memory Read Strob : Output ; active low.
WRP(3.6)	Expanded Data Memory Read Strob : Output ; active low.
T0,T1;(P3.4,P3.5)	Timer/Counter pins:Inputs;active high.
INT0\INT1\;(P3.2,P3.3)	External interrup pins :Input :active low.
TXD;(P3.1)	Transmit Data : Output.
RXD;(P3.0)	Receive Data : Input.
RST	Reset:Input;active high.
ALE ; (PROG)	Address Latch Enable : Out put ;active high(or program byte enable : Input ;active low).
PSEN\	Program Store Enable :Output active low.
EA\;(VPP)	External Access Enable: Input; active low (or VPP programming voltage input).
XTAL1,XTAL2	Crytal inputs.

ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด



รายละเอียดต่าง ๆ และการใช้งานบอร์ด

การใช้งานกับ DS5000

บอร์ด ANT-C51 สามารถใช้กับเมมรี่ DS5000 จาก DALLAS ซึ่งหลักการพื้นฐานเบอร์นี้จะเหมือนกับ 8751x และ 89C5x ทุกประการ เพียงแค่ตัวโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายในนั้น จะอยู่ในรูปของ NV-SRAM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้นานถึง 10 ปี และไม่จำกัดจำนวนครั้งในกรณีโปรแกรมซึ่งเหมาะสมที่จะเป็นเครื่องมือสำหรับงานพัฒนาโปรแกรม ทั้งนี้ DS5000 มีโหมดที่จะพัฒนาโปรแกรมหน่วยความจำภายในได้โดยโหลดผ่านทาง SERIAL PORT โดยจะทำให้โปรแกรมได้สะดวกยิ่งขึ้น การโปรแกรมโดยผ่าน SERIAL PORT ทำได้โดยตั้ง JUMPER ไว้ที่ตำแหน่ง PROG (หลังจากตั้งแล้วต้องกด RESET ก่อนเสมอ) เมื่อโหลดโปรแกรมเสร็จแล้วให้ปรับ JUMPER ไปที่ตำแหน่ง RUN ก็สามารถใช้งานต่อได้ตามปกติ

DS5000 soft Microcontroller เป็นชิพ 8 bit CMOS microcontroller มี NVRAM ภายในทำหน้าที่แทน EPROM ที่ใช้เก็บโปรแกรมของ 8751 ซึ่งสามารถใช้งานได้สะดวกกว่า กล่าวคือสามารถโปรแกรมและลบใหม่ได้ไม่จำกัด และยังสามารถเก็บรักษาข้อมูลอยู่ได้เมื่อปลดไฟ Vcc ออกไปแล้ว NVRAM ภายใน ชิพนี้มีให้เลือกอยู่ 2 รุ่น คือขนาด 8Kbyte และ 32Kbyte ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นไปได้ทั้ง Program memory และ/หรือ Data memory รวมทั้ง Internal data registers และ Key configuration registers ก็เป็นแบบ Nonvolatile (ข้อมูลยังคงอยู่แม้จะปลดไฟ Vcc ออกไปแล้ว)

DS5000 มีการทำงานในฟังก์ชันพิเศษสำหรับการทำงานสถานะไม่ปกติ (crash proof operation) อันได้แก่ Power Fail Warning interrupt, Automatic Power Down, และ Power On Reset ส่วนระบบ Software Security สำหรับป้องกันการ Copy โปรแกรม ภายในชิพใช้ Software encryption logic เพื่อป้องกันการอ่านและการดิสแอสเซมเบลอร์

ส่วนโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ DS5000 นอกจากความจำเป็นแล้วยังประกอบไปด้วย 16 bit counter/timers, Serial I/O port ชนิด Full – duplex ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้งแบบ Asynchronous หรือ Synchronous, 32 bits Parallel I/O และ Watchdog timer ถ้าต้องการต่อหน่วยความจำเพิ่มเติมในส่วนที่เกินจาก Embedded program/data RAM สามารถทำได้โดยใช้สัญญาณของ Parallel I/O 18 bit เพื่อต่อเป็น Expanded Bus สำหรับหน่วยความจำภายนอก สำหรับวีซีดีเตอร์ภายในของ DS5000 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Data Registers และ Special Function registers, Data registers มีทั้งหมด 128 byte รวมทั้ง Bank registers (R0-R7) อีก 4 ชุด (32 byte) ส่วน Special Function registers รวมทั้ง CPU registers ซึ่งใช้เก็บค่าควบคุมและสถานะต่าง ๆ สำหรับการจับหน่วยความจำทั้ง Program และ Data memory

การโหลดโปรแกรม

ก่อนที่จะนำ DS5000 ไปทำการทดสอบการทำงานของระบบ จะต้องทำการโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเฉพาะงาน (application software) ลง NVRAM ในตัวชิพเสียก่อนวิธีการโหลดโปรแกรมนี้จะกระทำได้ 2 วิธี

1. การโหลดโปรแกรมแบบอนุกรม (serial program loading) ซึ่งจะทำการโหลดโปรแกรมโดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 บนตัวชิพกับ ไมโครคอมพิวเตอร์ PC

2. การโหลดโปรแกรมแบบขนาด (papaller program load cycles) วิธีนี้จะทำการโหลดจาก สัญญาณ Address และ Data ในแบบขนานโดยผ่านทางขา I/O port ซึ่งการโหลดแบบนี้จะ เหมือนกับการโปรแกรมข้อมูลลงบนชิพ 8751H microcontroller นั่นเอง

การโหลดโปรแกรมลง DS5000 ทั้ง 2 วิธีนี้จะกระทำได้โดยต้องให้สถานะที่ขา RST เป็นลอจิก “1” และที่ขา PSEM เป็น ลอจิก “0” ซึ่งเมื่อเข้าสู่สภาวะดังนี้ แล้ว DS5000 พร้อมทั้งจะรับ พัลส์ สำหรับการโหลดโปรแกรมแบบขนานหรือการรับรหัสแอสกี 0DH (carriage return character ที่ baudrate 9600,2400,1200 หรือ 300 ผ่านทางพอร์ทอนุกรมเข้าสู่ Serial bootstrap loader) เพื่อทำการ โหลดโปรแกรมต่อไป

ลักษณะการต่อฮาร์ดแวร์สำหรับการทำงานในการโหลดโปรแกรมทั้งสองวิธีแสดงไว้ดังรูป การโหลดโปรแกรมในแบบขนานนั้นขั้นตอนการโหลดก่อนข้างจะยุ่งยากพอสมควรดังนั้นในที่นี้จะ ขอกกล่าวถึงเฉพาะการโหลดโปรแกรมซึ่งใช้งานได้ง่ายกว่า การโหลดโปรแกรมแบบอนุกรมนี้จะต้อง มีซอฟต์แวร์ Serial bootstrap loader อยู่ในซึ่งจะช่วยในการโหลดโปรแกรมได้สะดวกยิ่งขึ้น

SERIAL BOOTSTRAP LOADER

การโหลดโปรแกรมในแบบอนุกรมนี้ สามารถใช้งานได้ง่าย,เร็ว ประสิทธิภาพสูงและเป็นวิธี ที่สะดวกที่สุดสำหรับการโหลด Application software ลงบน NVRAM ของ DS5000 การติดต่อสื่อสารจะกระทำได้โดยผ่านพอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous โดยใช้ RS-232c interface เพื่อ โหลดโปรแกรมลง DS5000 การโหลดโปรแกรมแบบอนุกรมจะใช้สายสัญญาณที่ใช้ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ PC กับ DS5000 ทางพอร์ทอนุกรม RS-232 เพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ RXD (receive), TXD (transmit) และ GND (ground)

Serual bootstrap loader เป็นซอฟต์แวร์ที่บรรจุอยู่ใน DS5000 ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการ โหลด Application program จะต้องอยู่ในรูปของ Intel hex format โดยสามารถทำการโหลดและ อ่านโปรแกรมจาก DS5000 ได้ Intex hex format ได้จากการแปล Source program (assembly) โดย ใช้ 8051 Assembler ซึ่งก็คือไฟล์ HEX นั่นเอง

คำสั่งของ Serial loader มีทั้งหมด 11 คำสั่งดังต่อไปนี้

COMMAND	FUNCTION
C	Return CRC – 16 checksum of embedded RAM
D	Dump Intel Hex File
F	Fill Embedded RAM block with constant
K	Load 40 – bit Encryption Key
L	Load Intel Hex File
R	Read MCON Register
T	Trace (Echo) incoming Intel Hex Data
U	Clear Security Lock
V	Verify Embedded RAM with incoming Intel Hex
W	Write MCON Register
Z	Set Security Lock

ก่อนที่จะใช้งาน serial loader ที่ไมโครคอมพิวเตอร์ PC ต้องใช้ซอฟต์แวร์การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เช่น Crosstalk หรือ PROCOMM ก็ได้ และเมื่อเรียกใช้ซอฟต์แวร์ดังกล่าวแล้ว ให้กดคีย์ Enter เพื่อทำการติดต่อกับ DS5000 เข้าสู่ Serial loader เพื่อใช้งานตามคำสั่งต่อไป

บทที่ 7

GRAPHIC LCD DV-12864

แนวทางการใช้งาน LCD MODULE

ปัจจุบัน LCD เป็นที่นิยมกันเป็นอย่างมาก สำหรับการแสดงผลในเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีความเหมาะสมหลาย ๆ ด้าน เช่นการใช้กระแสดำ สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรและตัวเลข หรือแสดงเป็นกราฟฟิก (เฉพาะรุ่น) จะมีปัญหาที่คือในด้านวงจร ซึ่งมีระบบการทำงานที่ซับซ้อนและหาอุปกรณ์ได้ค่อนข้างยาก แต่ขณะนี้ผู้ผลิต LCD จะทำรุ่นที่เป็น LCD Module ออกมาคือเป็น Module ที่มีตัว LCD และวงจรควบคุมมาให้พร้อม (เรียกว่า LCM) ซึ่งทำให้สามารถต่อเข้ากับระบบไมโคร ฯ ได้ง่ายและสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรม รวมทั้งมีจำหน่ายกันอย่างกว้างขวางและมีราคาที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้ทางด้านไมโคร ฯ หันมาใช้แผงแสดงด้วย LCD module กันมากขึ้น

LCD module มีอยู่หลายรุ่น และคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แบบ Dot matrix และ Graphic โดยแบบ Dot matrix จะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5.8 Dot และมีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบ Graphic จะสามารถแสดงผลในแบบ Bit Map คือจะสร้างเป็นภาพใด ๆ ก็ได้ตามต้องการ แนวทางในการใช้งานของทั้ง 2 แบบ จะมีลักษณะใกล้เคียงการใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ Dot matrix มากกว่าเนื่องจากราคาถูกกว่า และเพียงพอต่องานส่วนใหญ่ สำหรับโครงการนี้เลือกใช้ Graphic LCD คุณสมบัติของ Graphic LCD module สามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ดังนี้

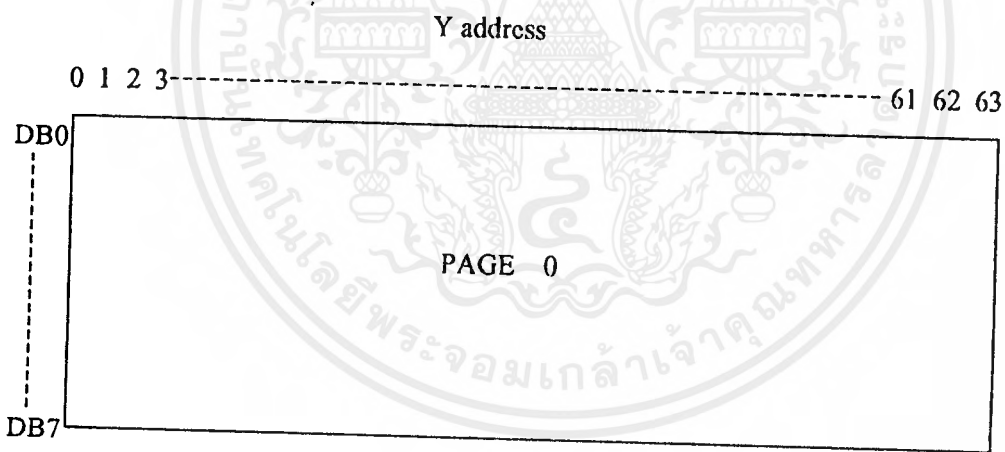
1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามความต้องการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษร และบรรทัดแตกต่างกันไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วย Dot matrix ขนาด 64*128 Dot
3. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโคร ฯ ได้ ง่าย
4. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโคร ฯ เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับ LCD module เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ
5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย
6. กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลต์ เท่านั้น

DV -12864 เป็น LCD Graphic ขนาด 128 * 64 Dot ซึ่งมี Controller ภายใน (HD61203). โดยการ ทำงานของ Controller จะมีลักษณะการแบ่งการควบคุมไว้ดังนี้

line คือการอ้างอิงบรรทัดของข้อมูล ภายในจะแบ่งเป็น 64 แถว (com1- com 64)

page (x-address) เป็นการอ้างอิงหน้าต่างของการแสดงผล. ภายในหนึ่ง page จะ ประกอบไปด้วย 8 line ซึ่งจะเป็นการอ้างอิงข้อมูลด้วย data-bus โดยตรง ภายในของ LCD ประกอบไปด้วย page ซึ่งถูกชี้โดย X-register โดยเมื่อ ต้องการให้ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของจอ เราจะต้องตั้งค่า X ให้กับ LCD. ซึ่งเมื่อตั้งค่า X นั้นจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งจะมีการตั้งค่า ใหม่ให้กับ LCD

Segment (Y-address) เป็นค่าพอยท์เตอร์ ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูล. ซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการชี้ของข้อมูล โดย HD61202 โดยในตัว HD61202 จะสามารถ ชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 segment. ซึ่ง HD61202 ทั้งสองตัวก็จะสามารถ ทำ การอ้างอิง segment ได้ถึง 128 segment



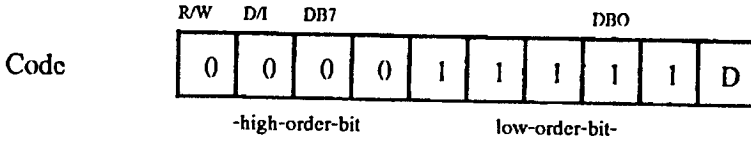
รูปแสดงการแบ่งการควบคุม ที่ page 0

โดยการใช้งาน เมื่อทำการตั้งค่า Y แล้ว ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้นเสมอ เมื่อมีการอ่านหรือเขียน ข้อมูลบน LCD และ เมื่อค่า Y ถูกเพิ่มขึ้นมากกว่า 63 แล้ว ค่า Y จะยังไม่เป็นการอ้างอิงถึงข้อมูล segment ที่ 64 segment 0 ของ cs2). ดังนั้นตัวโปรแกรมจะต้องช่วยจัดการในส่วนนี้.

DV128064

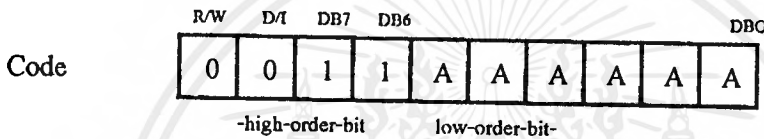
คำสั่งควบคุมของ LCD

1. display ON/OFF



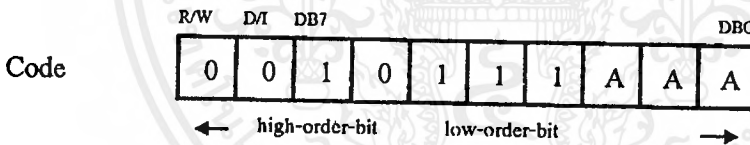
เป็นคำสั่งควบคุมการแสดงผล. โดยการแสดงจะขึ้นอยู่กับค่า P (DB0) เมื่อค่า P เป็น 1 LCD จะทำการแสดงผล และเมื่อค่า P เป็น 0 LCD จะไม่ทำการแสดงผล. ข้อมูลภายใน LCD จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากคำสั่งนี้

2. Display start line



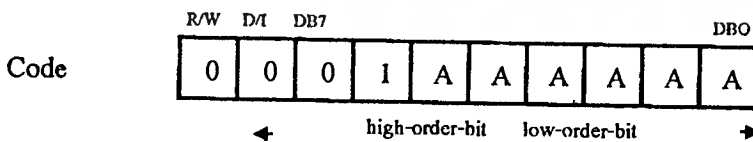
ค่า A จะเป็นค่าหมายเลขบรรทัด ที่จะให้ LCD แสดงผลเป็นบรรทัดแรกของจอภาพในรูปที่ 2 จะเป็นตัวอย่างของการเลือกค่า Line จาก 0-3 ซึ่งจะทำให้การแสดงผลแตกต่างกันออกไป

3. Set PAGE (X- Address)



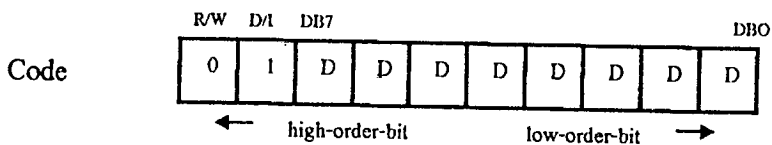
ค่า AAA ของคำสั่ง จะเป็นการตั้งค่า X- Address. ซึ่งหลังจากทำคำสั่งนี้แล้ว ข้อมูลจากDB0 DB7 จะเป็นการติดต่อกับ RAM ที่ PAGE นี้ตลอด จนกว่าจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

4. Set V-Address



ค่า A จะเป็นการตั้งค่า Y-Address Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0- 63). และ ค่า Y จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 เมื่อมีการหรือเขียนข้อมูล จาก CPU

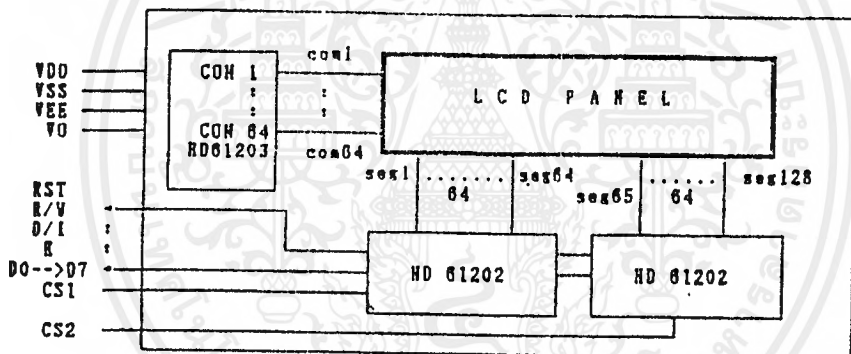
7. Read Display Data



เป็นการอ่านข้อมูลที่แสดงผล โดย LCD จะให้ค่าของข้อมูลออกมาที่ Data bus. ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้น 1 เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูล

INTERFACE LCD DV-12864

โครงสร้างภายในของ LCD จะประกอบด้วย ส่วนของ Controller โดย HD61203 จะควบคุมการอ้างถึง page ของข้อมูล และ HD61202 จะควบคุมในการอ้างของ Segment. ซึ่งในการใช้งานเราต้อง Control ส่วนเหล่านี้ โดยการส่งรหัสควบคุมของ LCD ดังนี้



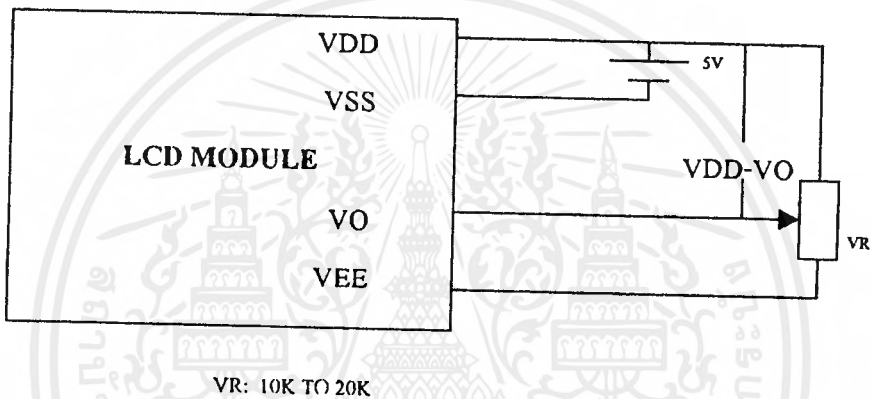
รูปแสดงโครงสร้างภายในและขาควบคุม

- ขา RST เป็นขาที่ใช้ Reset การทำงานของ LCD
- ขา E เป็นขา Enable การรับส่งข้อมูล จะทำงานที่ Logic HIGH และขอบขาลง
- ขา R/W เป็นขาที่ใช้กำหนด การอ่านหรือเขียนข้อมูล
- ขา D/I ใช้บอกถึงมุต ใน Data- bus ว่าเป็นรหัสควบคุม หรือเป็นอ่านของข้อมูล
- ขา CS1 Chip Select ของ HD61201 ตัวแรก
- ขา CS2 ของ ตัวที่สอง
- ขา Data-Bus เป็นขาใช้ส่งข้อมูล หรือรหัสควบคุม
- หมายเหตุ เมื่อ CS1 เป็น High และ CS2 เป็น Low จะเป็นการอ้างถึง segment. ที่ 0-63

และเมื่อ CS1 เป็น Low CS2 เป็น High จะเป็นการอ้างอิง setment. ที่ 64-127

นอกจากขาควคุมต่างๆ แล้ว ยังมีขาของแหล่งจ่ายไฟ คือ

- ขา VSS Ground
- ขา VDD แรงดันไฟเลี้ยงวงจร Logic
- ขา Vo แรงดันไฟเลี้ยง LCD
- ขา VEE ขาจ่ายแรงดันไฟลบ โดยเมื่อต่อ VDD ให้วงจร ขา VEE จะจ่ายแรงดันไฟลบออกมา (ให้นำไปขับ LCD ที่ขา VO)



รูป แสดงขาแหล่งจ่ายไฟ และการต่อใช้งาน

การ INTERFACE

ในการ INTERFACE CPU จะพิจารณาการ Control ขาต่างๆของ LCD กับ CPU ดังนี้

ขา RST จะต่อกันโดยตรง

ขา R/W จะต่อจากขา RD ผ่าน Inverter เนื่องจาก cpu active low ,LCD Read High ซึ่งในกรณีที่ cpu ไม่มีการอ่านข้อมูล ให้ทำ pull low ให้กับ LCD (ให้ LCD อยู่ในสภาวะรับข้อมูล)

ขา CS1, CS2 จะใช้การต่อ CS1 ผ่าน Inverter เข้ากับ CS2 และ CS2 ต่อกับ AO (ใช้ AO ในการชี้ CS1 และ CS2). โดยเมื่อ AO เป็น Low ให้ทำการติดต่อกับ CS1 และ เมื่อ AOเป็น high ให้ทำการติดต่อกับ CS2

ขา D/I ใช้ต่อกับ AI โดยตรง โดย AI จะเป็นการกำหนดข้อมูลว่าเป็น Data หรือ Control จากการต่อขา CS และขา D/I จะทำให้การควบคุม LCD เป็นดังนี้

A7-A2	A1	A0	ความหมาย
-	0	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Control LCD
-	0	1	ติดต่อกับ CS2 เป็น Control LCD
-	1	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Data
-	1	1	ติดต่อกับ CS2 เป็น Data

ขา E เป็นขาควบคุมการทำงานของ LCD ในการติดต่อกับภายนอก โดยขา E จะใช้ Logic high ในการบอกให้รับทราบการติดต่อ และจะใช้ขอบขาลงของสัญญาณ ในการติดต่อกับข้อมูลทาง Data bus (ดูจาก Data sheet). การ Interface จึงใช้ D flip-flop ในการควบคุมการทำงาน โดยจะกำหนดให้มีการทำงานดังนี้

เมื่อมีการอ้างถึงพอร์ทของ LCD จะให้ขา E เป็น high (ต้องมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลด้วย) ตามการทริกของ clock (ขา CK จะทริก logic จากขา D ไปขา Q) และเมื่อไม่มีการอ้างถึง port ของ LCD จะให้ขา E มีสภาวะ Low

ข้อมูลทางเทคนิค

PIN NO.	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	VSS		GROUND
2	VDD		POWER SUPPLY FOR LOGIC CIRCUIT
3	VO		POWER SUPPLY FOR LCD DRIVING
4	D/I	H/L	H: DATA INPUT L: INSTRUCTION CODE INPUT
5	R/V	H/L	H: DATA READ (LCD MODULE - MPU) L: DATA WROTE (LCD MODULE - MPU)
6	E	H, H→L	ENABLE SIGNAL
7 - 14	DB0-DB7	H/L	DATA BUS LINE
15	CS 1	H	CHIP SELECTION FOR [C1
16	CS 2	H	CHIP SELECTION FOR [C2
17	RST	L	RESET
18	VEE		NEGATIVE VOLTAGE OUTPUT
19 - 20	N. C.		

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX	UNIT
LOGIC CIRCUIT POWER SUPPLY	VDD - VSS		4.5	5.0	5.5	V
LCD DRIVER POWER SUPPLY	VDD - VEE		8.0		17.0	V
INPUT VOLTAGE	V _{IH}	NOTE (1)	.7* VDD		VDD	V
INPUT VOLTAGE	V _{IL}	NOTE (1)	GND		.3* VDD	V
SUPPLY CURRENT (logic)	I _{DD}	VDD=5.0V VEE=-10V			4.0	mA
SUPPLY CURRENT (LCD)	I _{LCD}	VDD=5.0V VEE=-10V			3.0	mA

NOTE (1) CS1, CS2, R / W, D / I, DBO --DB7, E, RST.

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

PARAMETERS	SYMBOL	TEMP (°C)	RATING			UNIT	CONDITIONS
			MIN	TYP	MAX		
RESPONSE	tr	0	--	800	--	msec	
	tr	25	--	250	--		
	tr	0	--	900	--		
	tr	25	--	300	--		
FRAME FREQUENCY	f _F	--	--	70	--	Hz	
OPERATING VOLTAGE	V _{OP}	0	13.6	14.0	14.4	V	
		25	12.8	13.2	13.6		
		50	11.6	12.0	12.4		
VIEWING ANGLE	F-B	A1	--	55	--		
	F-B	Q1	--	60	--		
CONTRAST RATIO	K	25	--	10	--	--	

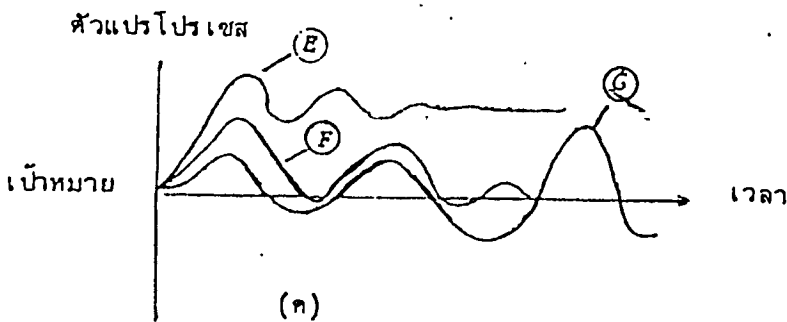
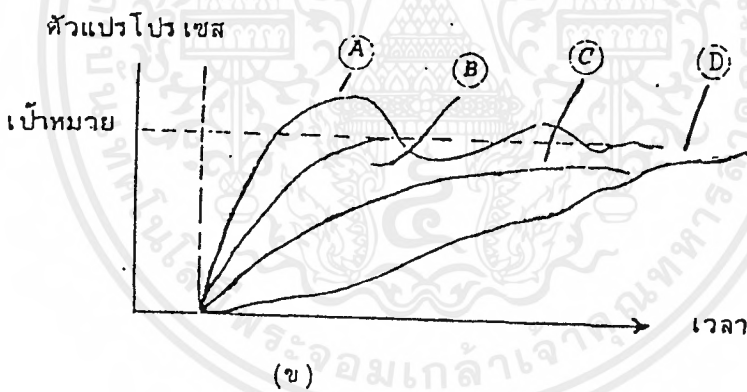
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

เทคนิคการปรับค่า PID

ผลตอบแทนของการควบคุมที่ดี

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ตัวควบคุมพยายามรักษาค่าให้ตัวแปรโปรเซสมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่เสมอ ในกรณีที่เกิด Disturbance ในระยะเวลาหรือมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายจะทำให้ตัวแปรโปรเซส มีค่าต่างจากเป้าหมายไปขณะหนึ่ง ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายนี้ในที่สุด ลักษณะการนำค่าตัวแปรโปรเซสให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายนี้ จะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของระบบควบคุม . บางระบบควบคุมอาจควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสส่งเข้าหาค่าเป้าหมายได้เร็ว แต่บางระบบอาจทำได้ดีกว่า เราสามารถทดสอบความสามารถของระบบควบคุมนี้โดยที่พิจารณาจากผลตอบสนองของการควบคุม



ระบบควบคุมในรูป ถ้าลองเปลี่ยนค่าเป้าหมาย ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสวิ่งเข้าหาค่าเป้าหมายนั้น ซึ่งผลตอบสนองตัวแปรโปรเซสจะมีหลายแบบดังนี้

- A มี Overshoot และการแกว่ง
- B ตอบรับเร็ว
- C ตัวแปรโปรเซสมีค่าไม่เท่ากับค่าเป้าหมายแม้ เวลาผ่านไปนาน เรียกว่าเกิด Offset
- D ตอบรับช้ามาก

เมื่อตัวแปรโปรเซสหยุดนิ่งที่ค่าเป้าหมาย ในขณะที่เกิดมี Disturbance เข้ามารบกวนโปรเซส (Disturbance ได้แก่ การเปลี่ยนของโหลดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เป็นต้น) ผลตอบสนองของโปรเซส จะมีหลายแบบ ดังแสดงในรูป

- E เกิด Offset ได้ค่าผิดไปจากเป้าหมายเดิม
- F เกิดการแกว่งเล็กน้อย ก่อนกลับเข้าสู่ค่าเป้าหมายเดิม
- G เกิดการแกว่งและขาดเสถียรภาพ

เมื่อพิจารณาผลตอบสนองของการควบคุมชนิดต่าง ๆ เหล่านี้จึงพอสรุปได้ว่า ระบบการควบคุมที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ก) มีเสถียรภาพ ไม่เกิดการแกว่ง (Oscillation) เมื่อถูกกระตุ้น
- ข) ตอบรับการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย หรือ Disturbance ได้รวดเร็ว
- ค) ไม่เกิด Offset

ความยากง่ายในการควบคุมของโปรเซส

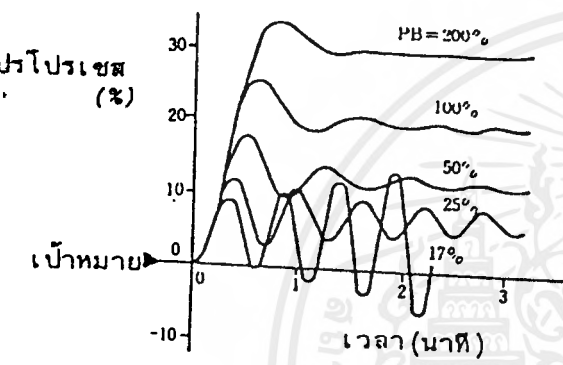
Dead Time เป็นตัวแปรสำคัญของการควบคุม ลักษณะสมบัติของ โปรเซสนั้นทั่ว ๆ ไปจะมี Time Lag จากรูปคลื่นผลตอบของโปรเซสต่อ Step input เราสามารถหาค่า dead time (LE) และค่าคงตัวเวลา (TE) โดยประมาณได้

อัตราส่วน LE/TE นี้จะเป็นค่าที่ใช้ประเมินความยากง่ายในการควบคุมและใช้เลือกแบบการควบคุม

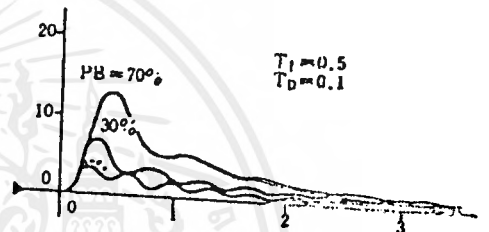
$LE/TE < 1.0$ สามารถใช้การควบคุมแบบ PID ได้ตามปกติ

$0.5 < LE/TE < 1.0$ การควบคุมแบบ PID ก็ควบคุมได้ยากมาก

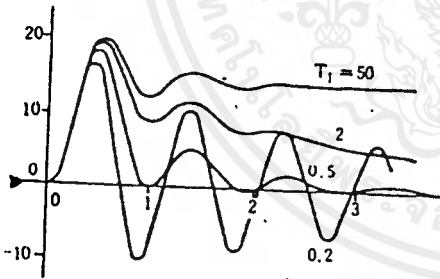
ตามปกติการใช้ค่าเวลา T_D ให้ขวามีแนวโน้มที่จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากก็จริงแต่ก็มีจุดอ่อนตรง
 ตอบรับต่อ Noise ได้ง่าย ทำให้ผลตอบของระบบไวเกินไป
 ผลตอบของการควบคุมแบบต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนค่าเป้าหมายและการเกิด Disturbance โดยตั้งค่า PB ,
 T_I และ T_D ต่างกัน แสดงในรูป



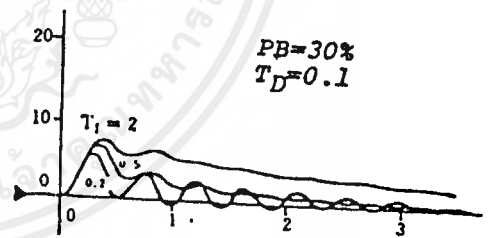
P Control เมื่อเปลี่ยน PB



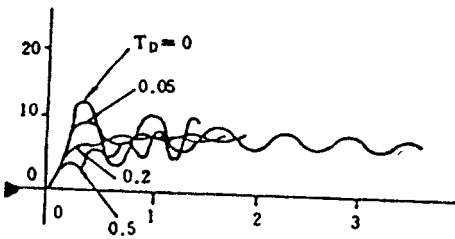
PID Control เมื่อเปลี่ยน PB



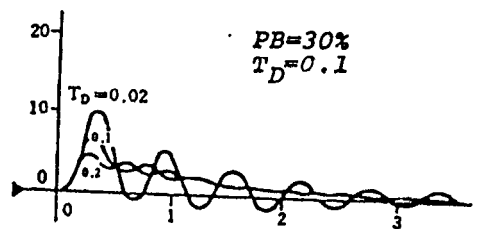
PI Control เมื่อเปลี่ยน T_I



PID Control เมื่อเปลี่ยน T_I



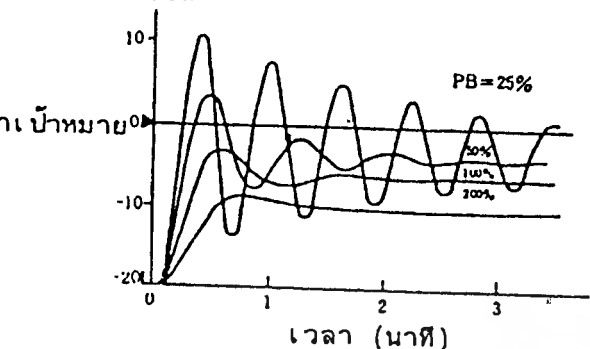
PD Control เมื่อเปลี่ยน T_D



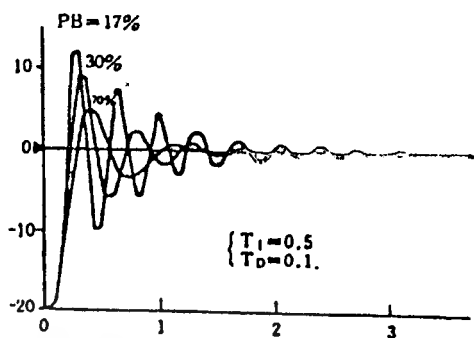
PID Control เมื่อเปลี่ยน T_D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

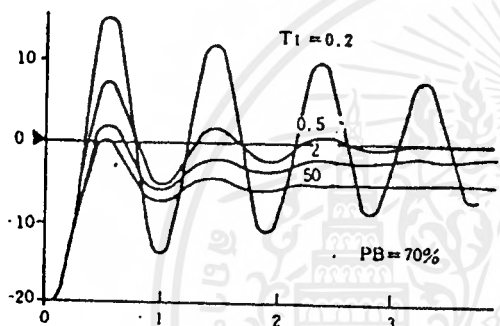
ตัวแปรโปรเซส (%)



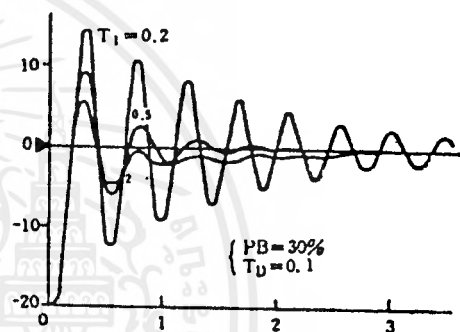
P. Control เมื่อเปลี่ยน PB



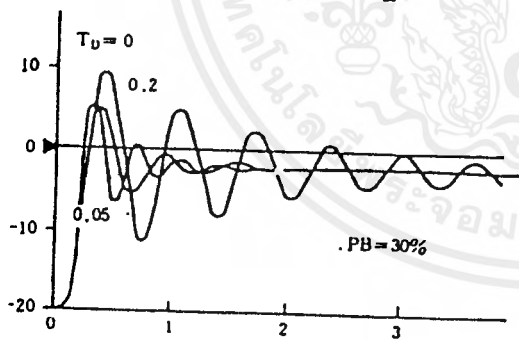
PID Control เมื่อเปลี่ยน PB



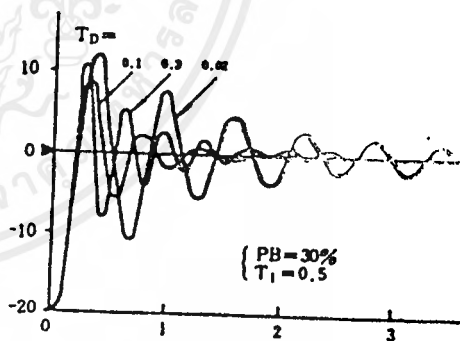
PI Control เมื่อเปลี่ยน T_I



PID Control เมื่อเปลี่ยน T_I



PD Control เมื่อเปลี่ยน T_D



PID Control เมื่อเปลี่ยน T_D

รูป ผลตอบของระบบควบคุมแบบต่าง ๆ เมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุของการขาดเสถียรภาพในระบบ

- ก) ผลของระบบควบคุมข้างเดียว หรือ อื่น ๆ
- ข) Disturbance เป็น Periodic
- ค) มี Nonlinear element ในระบบเอง เช่น Backlash ความผิด Dead band เป็นต้น
- ง) Process gain หรือ Loop gain มีค่าสูงเกินไป
- จ) คุณสมบัติของตัวแปรในระบบไม่คงที่แปรเปลี่ยนตาม Disturbance, ค่าเป้าหมาย, เวลา เป็นต้น

ผลของ PID ต่อเสถียรภาพของระบบ

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งใช้ตัวควบคุมแบบ PID นั้น ถ้าเราลองแปรค่า PB, T_I และ

T_D จะมีผลต่อผลตอบของระบบควบคุมดังนี้

ผลของ P action

เมื่อลดค่า PB ลงทำให้อัตราขยายสูงขึ้น จะมีผลทำให้

- ก) Offset ลดลง
- ข) Period ของการแกว่งเสถียร
- ค) อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งเพิ่มขึ้น ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น

ผลตอบของ I action

เมื่อให้ P และ D action คงที่แล้ว ลองลด T_I (Reset time) จะมีผลทำให้

- ก) Offset จะหายไป
- ข) ผลตอบจะเร็วขึ้น (Fast response)
- ค) อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งเพิ่มขึ้น ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น

ผลของ D action

เมื่อให้ P และ I action คงที่แล้วลองเพิ่มเวลา T_D (Derivative time) ให้ยาวขึ้นจะมีผลทำให้

- ก) อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งลดลง ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น
- ข) Period ของการแกว่งสั้นลง

คุณภาพของการควบคุม

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ระบบควบคุมที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติคือ มีเสถียรภาพ ผลิตตอบเร็ว และไม่เกิด Offset แต่จะใช้อะไรในการตัดสินว่า การควบคุมไหนจะดีที่สุดนั้น จะต้องมีการตัดสินที่มีหลักเกณฑ์

เกณฑ์ในการในการวัดที่ใช้ตัดสินคุณภาพการควบคุม มีดังนี้

- ก) อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง (Damping ratio criterion)
- ข) พื้นที่การควบคุมน้อยที่สุด (Minimum control area criterion)
- ค) ความสูงของ Overshoot แรก (Overshoot amplitude criterion)
- ง) ผลิตตอบต่อ Disturbance (Minimum disturbance criterion)
- จ) ผลิตตอบเชิงความถี่ของระบบ (Frequency response criterion)

ในการควบคุมโปรเซสเกณฑ์อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะสามารถวัดผลได้ง่าย การควบคุมที่ดีจะให้อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง 25% หรือ 1 ต่อ 4

วิธีการปรับค่า PID

ได้มีนักคณิตศาสตร์คิดวิธีที่จะหาตั้งค่า PID เพื่อให้ได้การควบคุมที่มีคุณภาพดีที่สุดหลายวิธี แต่ก็ยังไม่มียุทธวิธีใดที่จะสามารถนำไปใช้ในทุกระบบได้

ในทางปฏิบัติวิธีที่นิยมใช้ในการปรับค่า PID สำหรับการควบคุมเพื่อให้ได้ 25% Damping ratio มี 3 วิธี คือ

1. Reaction Curve method
2. Ultimate sensitivity method
3. Trail and error

Reaction Curve method (Transient response method)

วิธีการ

1. ให้เปลี่ยนระบบควบคุมเป็นวงรอบเปิด (Open Loop)
2. หา Process Characteristic โดยเปลี่ยนค่าสัญญาณควบคุมไป ΔCS แล้วบันทึกรูปคลื่นของตัวแปรโปรเซส
3. หา Process gain (Kp), dead time (LE) และค่าคงตัวเวลา (TE) จาก Process Characteristic

$$K_p = (\Delta PV) / (\Delta CS)$$

นำค่า K_p , LE , TE ที่หาได้ไปคำนวณหา PB , T_I และ T_D จากตาราง Reaction Curve method

ชนิดของการควบคุม	PB (%)	Ti (นาที)	Td (นาที)
P	$100 K_p * LE / TE$	Max	0
PI	$110 K_p * LE / TE$	3.3 LE	0
PID	$83 K_p * LE / TE$	2 LE	0.5 LE

ตาราง Reaction Curve method

Ultimate sensitivity method

วิธีการ

1. ให้ระบบควบคุมเป็นแนววงรอบปิด (Closed Loop)
2. ตั้ง T_I สูงสุด (Max) และ T_D ต่ำสุด (0 หรือ Min) ใช้ P action ในการควบคุมอย่างเดียว
3. ครั้งแรกตั้งค่า PB ไว้ที่ค่าสูงสุด แล้วลดค่า PB ลงมา ลองเปลี่ยนค่าเป้าหมายเพื่อดูผลตอบ ลดค่า PB ให้ต่ำลงเรื่อย ๆ จนถึงค่าที่เมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายไปเล็กน้อย จะทำให้โปรเซสเกิดการแกว่งต่อเนื่องไปตลอด ค่า PB ในขณะนั้นเรียกว่า PB_u (Ultimate proportional band)
4. หาคาบเวลาในการแกว่งให้มรสภาพสมมูล ให้เท่ากับ P_u
5. นำค่า PB_u และ P_u ที่หาได้ไปคำนวณหาค่า PB , T_I และ T_D จากตาราง Ultimate Sensitivity method

ชนิดของการควบคุม	PB	Ti	Td
P	$2 PB_u$	∞	0
PI	$2.2 PB_u$	$0.83 P_u$	0
PID	$1.7 PB_u$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$

ตาราง Ultimate Sensitivity method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trial and error

เป็นวิธีการที่ใช้หลักการของ Ultimate Sensitivity method เพียงแต่ไม่ต้องคำนวณค่าและใช้การทดลองปรับค่าต่าง ๆ เพื่อหาผลตอบสนองที่ดีที่สุด

P control

1. ปรับตัวควบคุมไปที่ Manual mode
2. ปรับ PB ไปสูงสุด T_I และ T_D ต่ำสุด
3. ปรับค่าเป้าหมาย (Set point) ไปสู่ค่าที่ต้องการ
4. ปรับ Manual Control จนตัวแปรโปรเซสหรือค่าวัดเริ่มเปลี่ยน จึงลดค่าเป้าหมายกลับสู่ที่เดิม
5. ลดค่า PB ลงมา และทำขั้น 6 ใหม่ โดยสังเกตผลตอบสนองของค่าวัด
6. ทำขั้น 6 และ 7 หลาย ๆ ครั้งจนได้อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่งของผลตอบสนองเป็น 25%

Damping ratio

PI Control

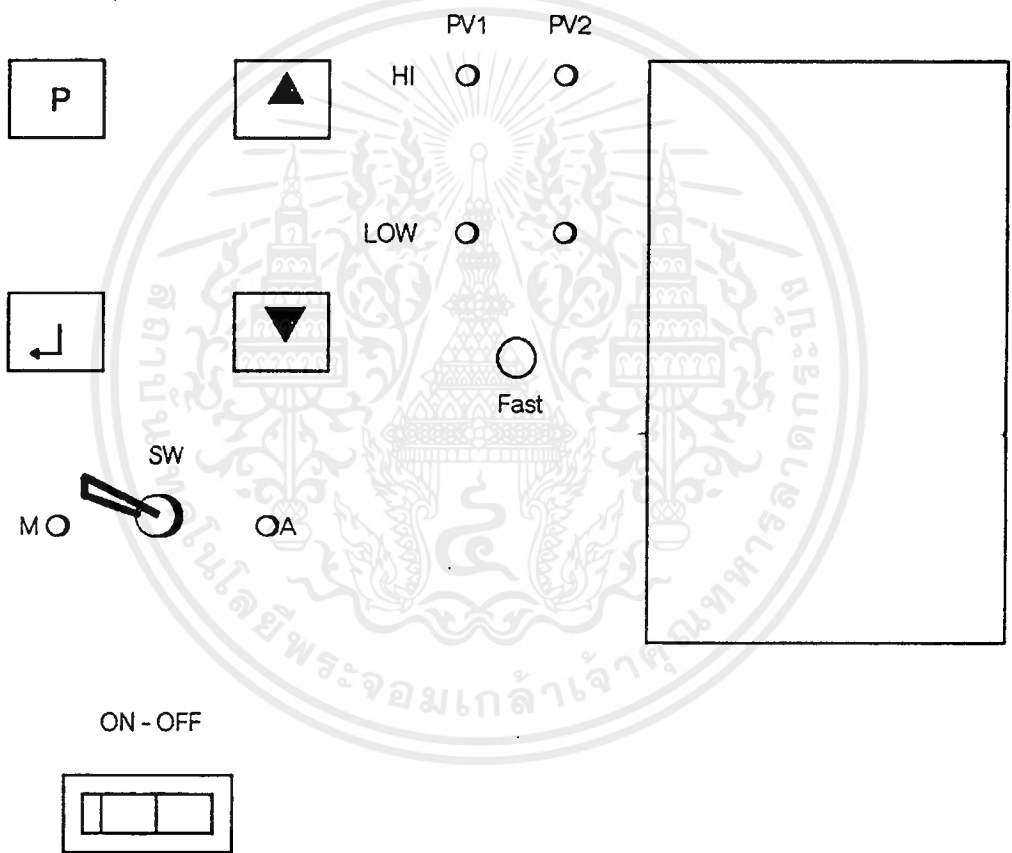
1. ทำเหมือน P Control จากขั้น 1 ถึง 8 เพื่อหาค่า PB ที่ดีที่สุด
2. ลดค่า T_I จน Offset หายไป
3. เพิ่มค่า T_I ถ้ามเกิดการแกว่งขึ้น
4. ทำขั้น 2 และ 3 จนกว่าจะได้ผลตอบสนองเป็น 25% Damping ratio

PID Control

1. ทำเหมือน P Control จากขั้น 1 ถึง 6
2. ลดค่า PB ลงมาจนเกิดการแกว่ง
3. เพิ่ม T_D จนการแกว่งหยุด
4. ลดค่า PB จนเกิดการแกว่งอีก
5. ทำขั้น 2 ถึง 4 หลาย ๆ ครั้ง จน T_D ไม่สามารถหยุดการแกว่งได้
6. เพิ่มค่า PB จนหยุดการแกว่ง
7. ตั้งค่า T_I ให้เท่ากับ T_D ค่าสุดท้าย ($T_I = T_D$ กรณีที่ PID interfere Coefficient เท่ากับ 2)

บทที่ 9 การใช้งานเครื่อง PID CONTROLLER

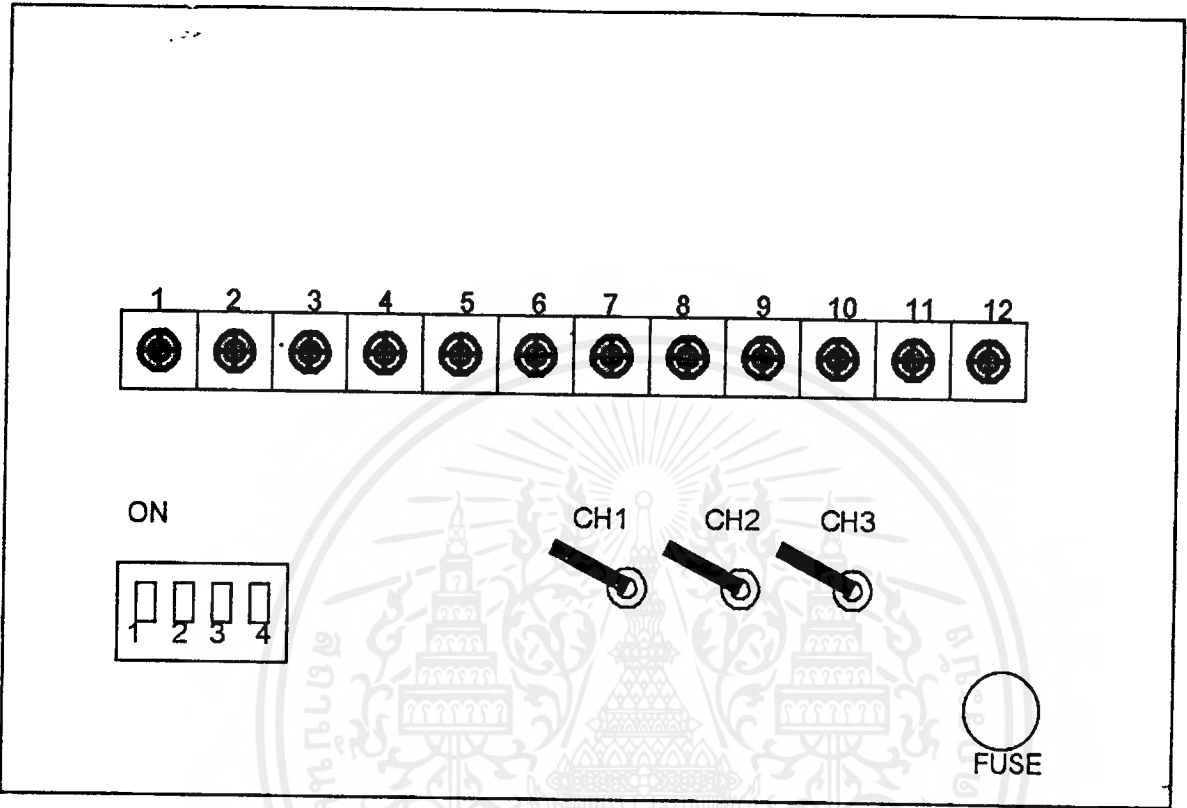
ลักษณะภายนอกของเครื่องแสดงดังรูป



SW = AUTO IF UP AND MANUAL IF DOWN

รูปแสดงลักษณะด้านหน้าของตัว PID CONTROLLER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงลักษณะด้านหลังของตัว PID CONTROLLER

การใช้คีย์บอร์ด (keyboard)

คีย์ P

ใช้สำหรับเลือกหน้าจอในการแสดงผลซึ่งมีทั้งหมด 3 หน้าคือ

1. เป็นการแสดงหน้าจอ LCD สำหรับการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ
2. เป็นการแสดงหน้าจอ LCD สำหรับการแสดงผลของการควบคุม ในกรณีเป็นแบบ 1 loop
3. เป็นการแสดงหน้าจอ LCD สำหรับการแสดงผลการควบคุมของ loop ที่ 2 ซึ่งจะต้องใช้ควบคู่ไปกับ หน้า ที่ 2 ซึ่งจะแสดงผลการควบคุมของ loop ที่ 1 ด้วย

คีย์ ↵

ใช้สำหรับเลือกและรับค่าพารามิเตอร์

คีย์ ▲

ใช้สำหรับเพิ่มค่าพารามิเตอร์

คีย์ ▼

ใช้สำหรับลดค่าพารามิเตอร์

กีย์Fast ใช้ในกรณีที่ต้องการเพิ่มค่าพารามิเตอร์อย่างรวดเร็ว
 สวิตช์ SW ใช้ในการเลือกที่จะให้เป็นการควบคุมแบบ AUTO หรือ MANUAL
 สวิตช์ on - off ใช้สำหรับเปิด - ปิดเครื่อง
 สวิตช์ควบคุมที่ติดตั้งด้านหลังจะประกอบไปด้วย

DIP switch ใช้ในกรณีที่มีการถอดสแควร์รูทของสัญญาณดังนี้

- DIP 1 SQ CH 3

- DIP 2 SQ CH 2

- DIP 3 SQ CH 1

- DIP 4 RESET

สวิตช์ CH 1 สำหรับการใช้งานชัลแนลที่ 1

สวิตช์ CH 2 สำหรับการใช้งานชัลแนลที่ 2

สวิตช์ CH 3 สำหรับการใช้งานชัลแนลที่ 3

สัญญาณไฟบอกสถานะการทำงานของเครื่อง

สัญญาณ ALARM

สัญญาณ HI ใช้เตือนสถานะการ error ทางด้านสูงของสัญญาณ PV1 และ PV2

สัญญาณ LOW ใช้เตือนสถานะการ error ทางด้านต่ำของสัญญาณ PV1 และ PV2

สัญญาณ A บอกลสถานะการทำงานเป็นแบบ AUTO

สัญญาณ M บอกลสถานะการทำงานเป็นแบบ MANUAL

จุดต่อสำหรับใช้งาน

1,2 ใช้รับสัญญาณกระแส input 1 ขนาด 4 - 20 mA (ขั้ว 1 รับสัญญาณไฟ +) ในกรณีที่ต้องการควบคุมเป็นแบบ Ratio Control และจะใช้งานร่วมกับสัญญาณ input อื่นๆ

3,4 และ 5,6 ใช้รับสัญญาณกระแส input 2 และ input 3 ขนาด 4-20mA (ขั้ว 3 และ 5 รับสัญญาณไฟ +)

7,8 และ 9 ใช้รับสัญญาณแรงดัน input (input 1,2 และ 3 ตามลำดับ) ขนาด 1-5 V

10 และ 11 ใช้ส่งสัญญาณกระแส output (output 1 และ 2 ตามลำดับ) ขนาด 4-20mA

12 เป็นกราวด์ (GND)

(ลักษณะการต่อสายสัญญาณในการควบคุมแบบต่างๆ แสดงไว้ในภาคผนวก)

ลักษณะขอแสดงผลหน้าที่ 1 สำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์

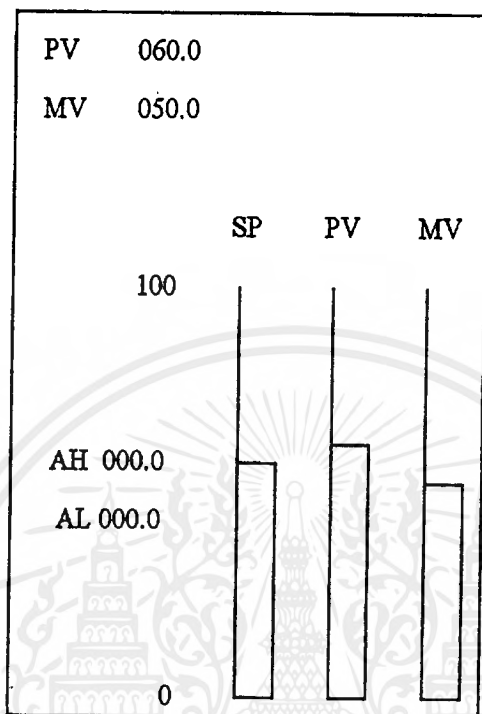
Lo / Ra	0
RA_V	0000
1 / 2 L	0
DI / RE 1	0
DI / RE 2	0
Kp 1	0000
KI 1	0000
Kd 1	0000
Kp 2	0000
KI 2	0000
Kd 2	0000
AH	000.0 ↙
AL	000.0
SP	000.0

ลักษณะขอแสดงผลหน้าที่ 2 สำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์

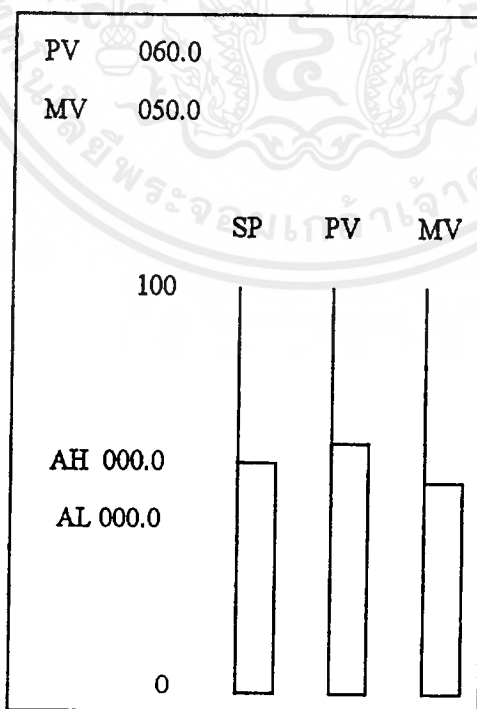
AH2	000.0 ↙
AL2	000.0
SP2	000.0
½	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะจอแสดงผลหน้าที่ 3 สำหรับแสดงผลการควบคุมของ loop 1



ลักษณะจอแสดงผลหน้าที่ 4 สำหรับแสดงผลการควบคุมของ loop 2



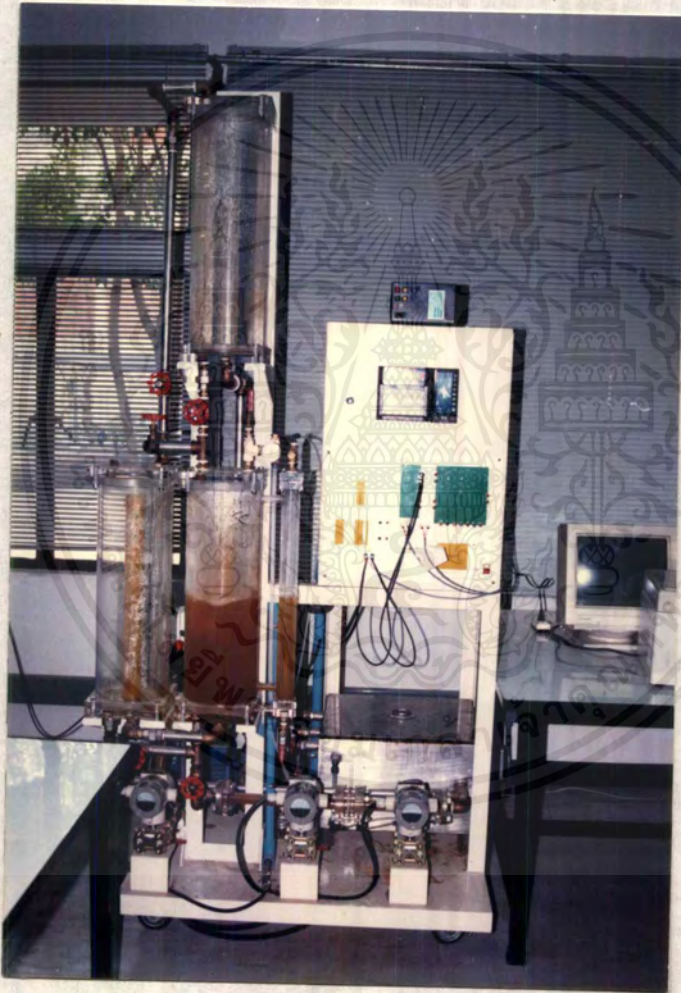
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 LEVEL CONTROL (SINGLE LOOP)

จากรูปที่ 10.1 แสดงถึงการใช้เครื่องควบคุมแบบ PID ควบคุมระดับของเหลวในถัง



รูปที่ 10.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง 1

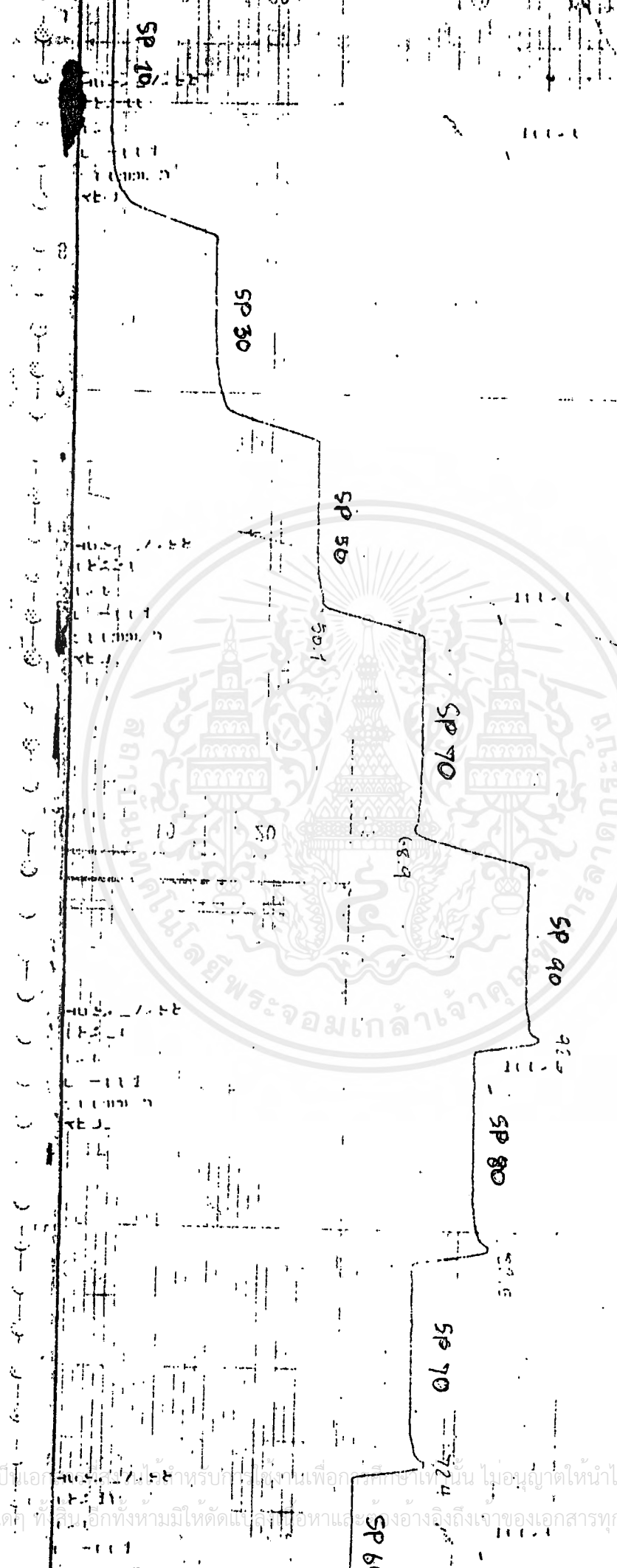
1. ตัว Programmable Controller ไปต่อกับ Process Level ดังรูปที่ 10.1
2. ค่า Parameter การ Control ซึ่งค่า $Kp1=400\%$ $Ki1=80\%$ $Kd1=30\%$
3. การตัว Set point จาก 10% แล้วสังเกตค่า PV เมื่อค่า PV เข้าสู่ค่าเป้าหมายจากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงค่า Set point จาก 10% เป็น 20% แล้วเพิ่มค่าขึ้นเป็นลำดับครั้งละ 10% จนถึง 90% จากนั้นลดค่า Set point ลง ครั้งละ 10% ตามลำดับจนถึง 10%
4. จากกราฟการทดลองจะได้ผลตอบสนองของ PV ซึ่งในกราฟจะแสดงการเปลี่ยนค่าของ PV ที่ Set point เพียงอย่างเดียว



กราฟแสดงผลการทดลอง ที่
(LEVEL CONTROL SINGLE LOOP)

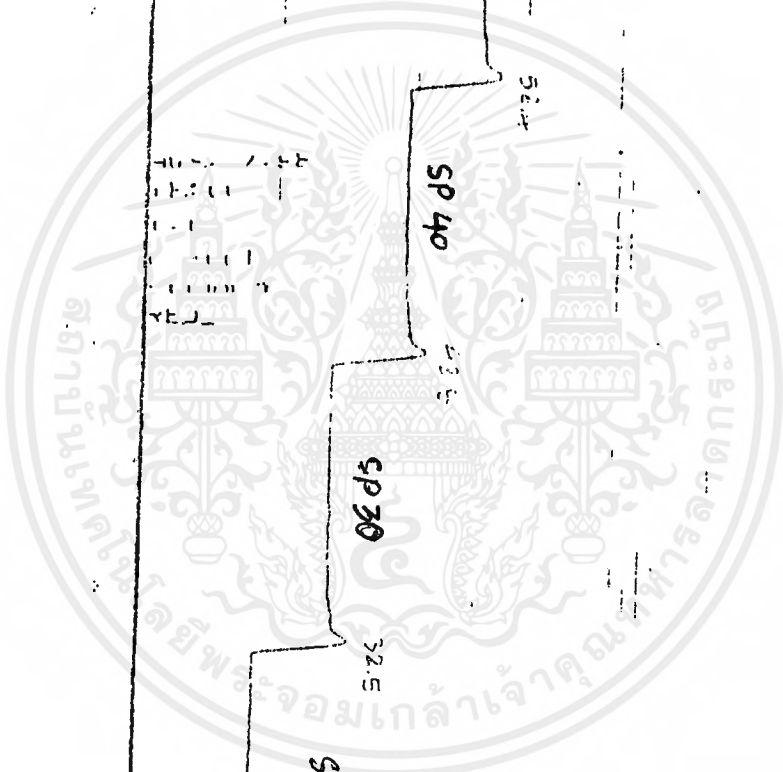
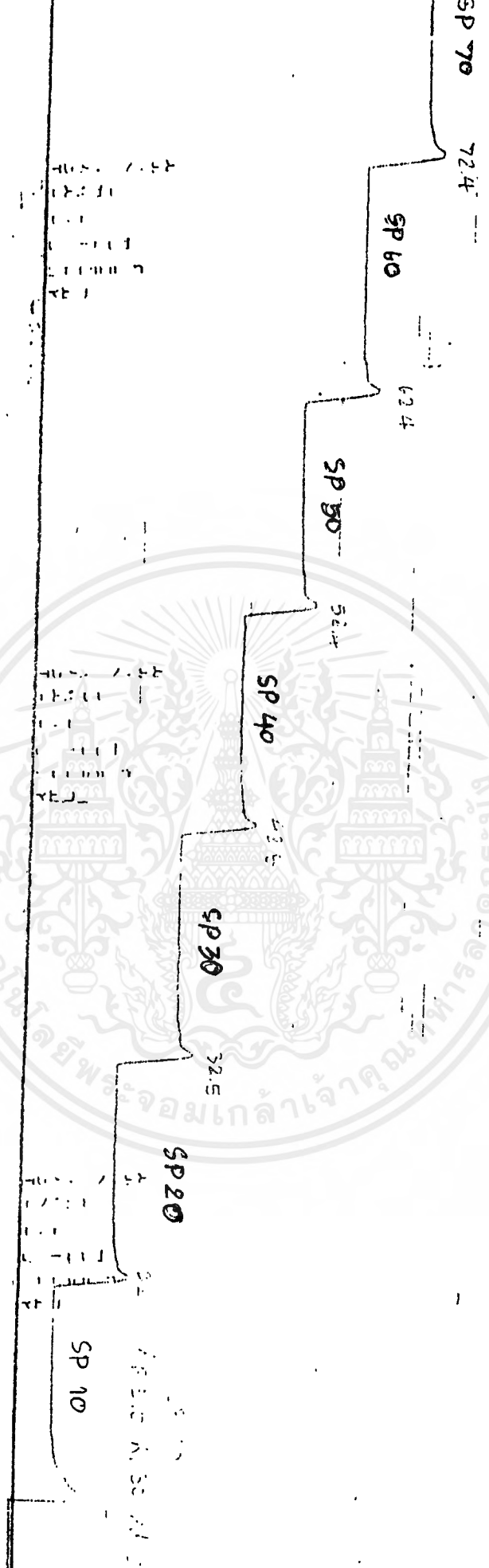


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารลับสำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือหาและเผยแพร่อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

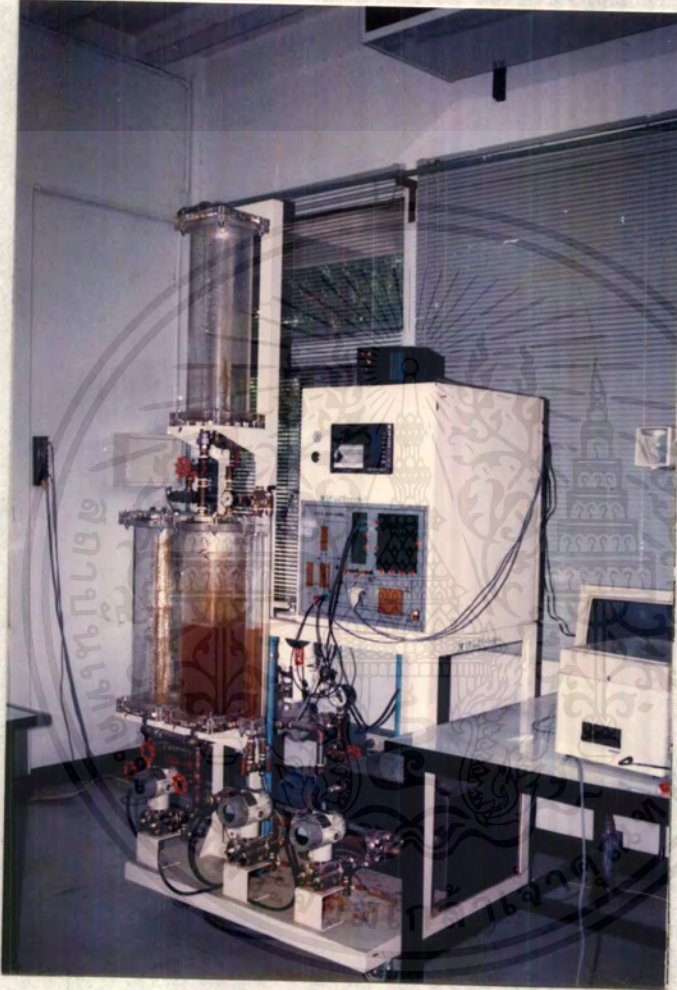
SP 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 LEVEL CONTROL (CASCASE)

จากรูปที่ 10.2 แสดงถึงการใช้เครื่องควบคุมแบบ PID ควบคุมระดับของเหลวในถัง



รูปที่ 10.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง 2

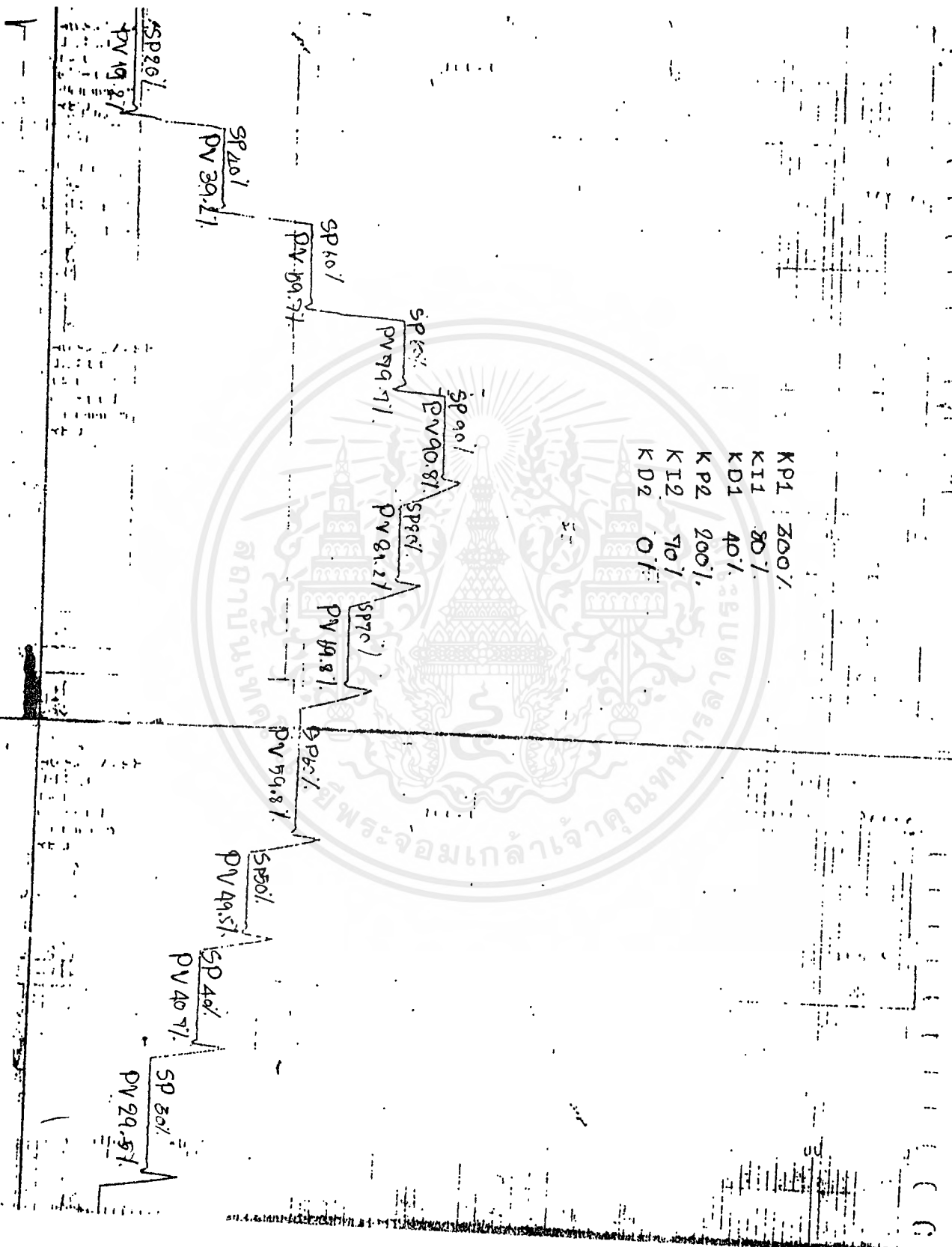
1. นำตัว Programmable Controller ไปต่อกับ Process Level ดังรูปที่ 10.2
2. ตัวค่า Parameter การ Control ซึ่งค่า $Kp1 = 300\%$ $Ki1 = 80\%$ $Kd1 = 40\%$ $Kp2 = 200\%$ $Ki2 = 70\%$ $Kd2 = 0\%$
3. ทำการตัว Set point จาก 20% แล้วสังเกตค่า PV เมื่อค่า PV เข้าสู่ค่าเป้าหมายจากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงค่า Set point จาก 20% เป็น 30% แล้วเพิ่มค่าขึ้นเป็นลำดับครั้งละ 10% จนถึง 90% จากนั้นลดค่า Set point ลง ครั้งละ 20% ตามลำดับจนถึง 20%
4. จากกราฟการทดลองจะได้ผลตอบสนองของ PV ซึ่งในกราฟจะแสดงการเปลี่ยนค่าของ PV ที่ Set point เพียงอย่างเดียว



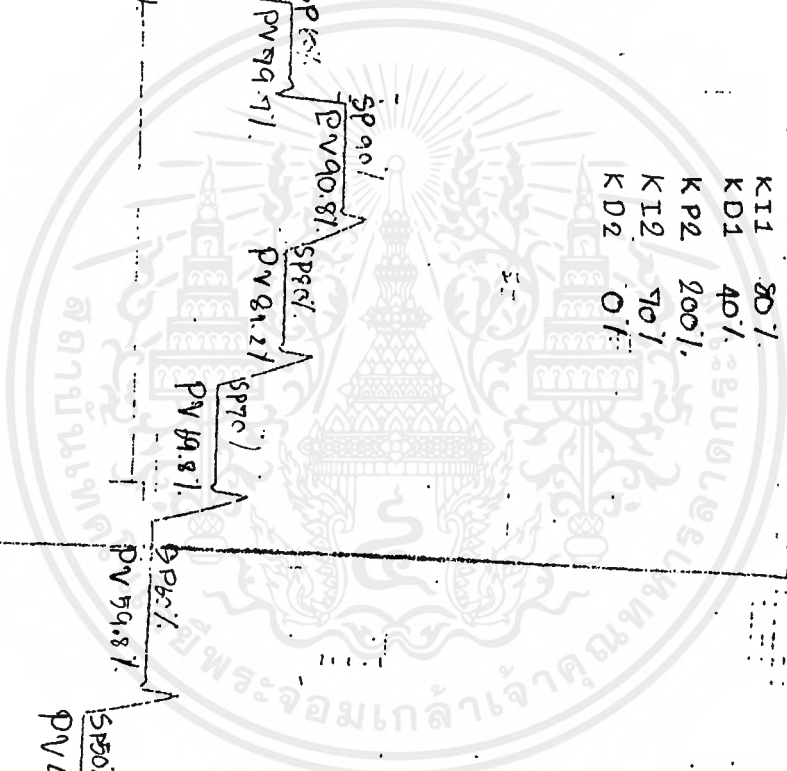
กราฟแสดงผลการทดลองที่ 2
(LEVEL CONTROL CASCASE)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



KP1	200%
KI1	30%
KD1	40%
KP2	200%
KI2	70%
KD2	0%



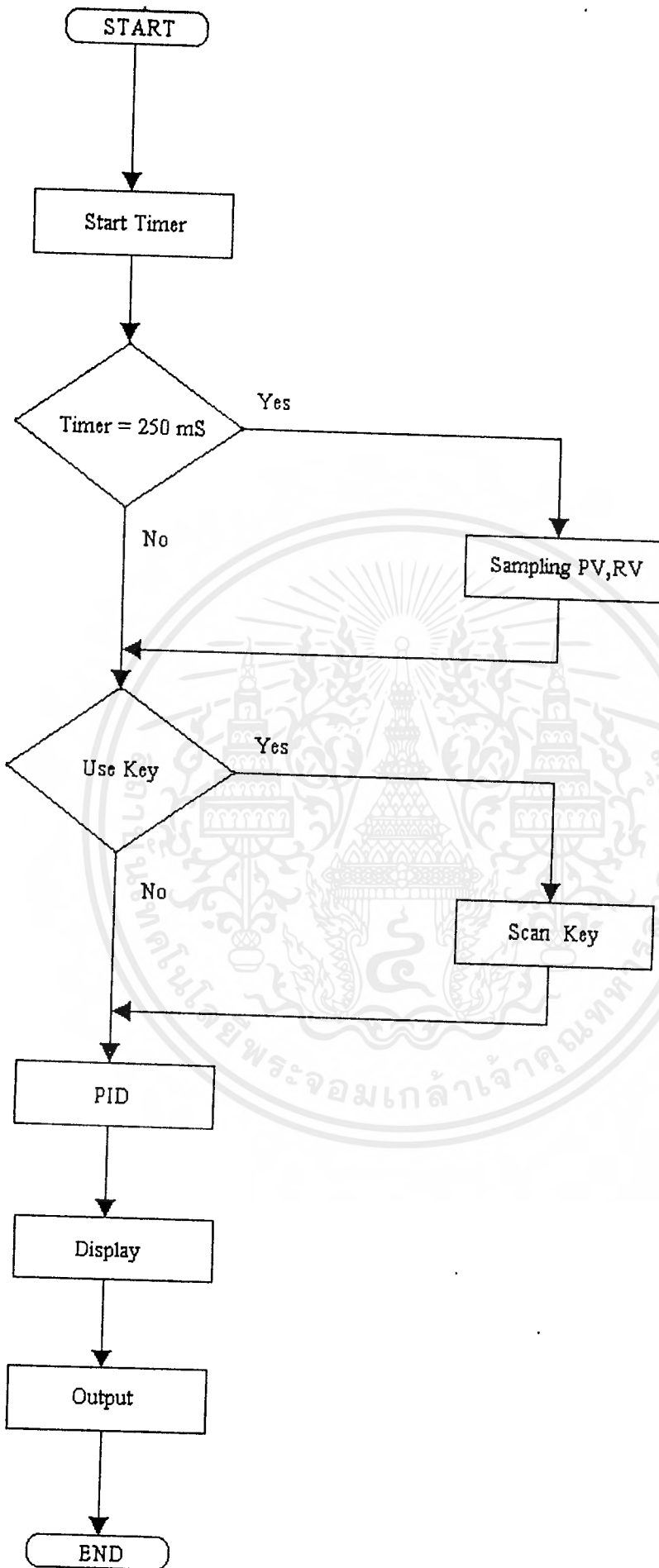
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป จากการทดลองการควบคุมระดับ (LEVEL CONTROL) จะเห็นได้ว่าค่าพีวี (PV) จะเข้าสู่ค่า เซ็ทพอยท์ (Set Point) ได้ช้าเร็วต่างกันขึ้นอยู่กับค่าพีไอดี (PID) เมื่อเราตั้งค่าตัวแปร (Parameter) พีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับกระบวนการจะทำให้เข้าสู่เซ็ทพอยท์ (Set Point) ได้เร็วขึ้น ซึ่งการปรับค่าPIDที่เหมาะสมนั้นมีวิธีการและเทคนิคการปรับคั้งที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 8 และจากการทดลองดังกล่าวยังแสดงให้เห็นถึงความสามารถของตัว CONTROLLER ที่มีการนำเอา Microcontroller มาประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

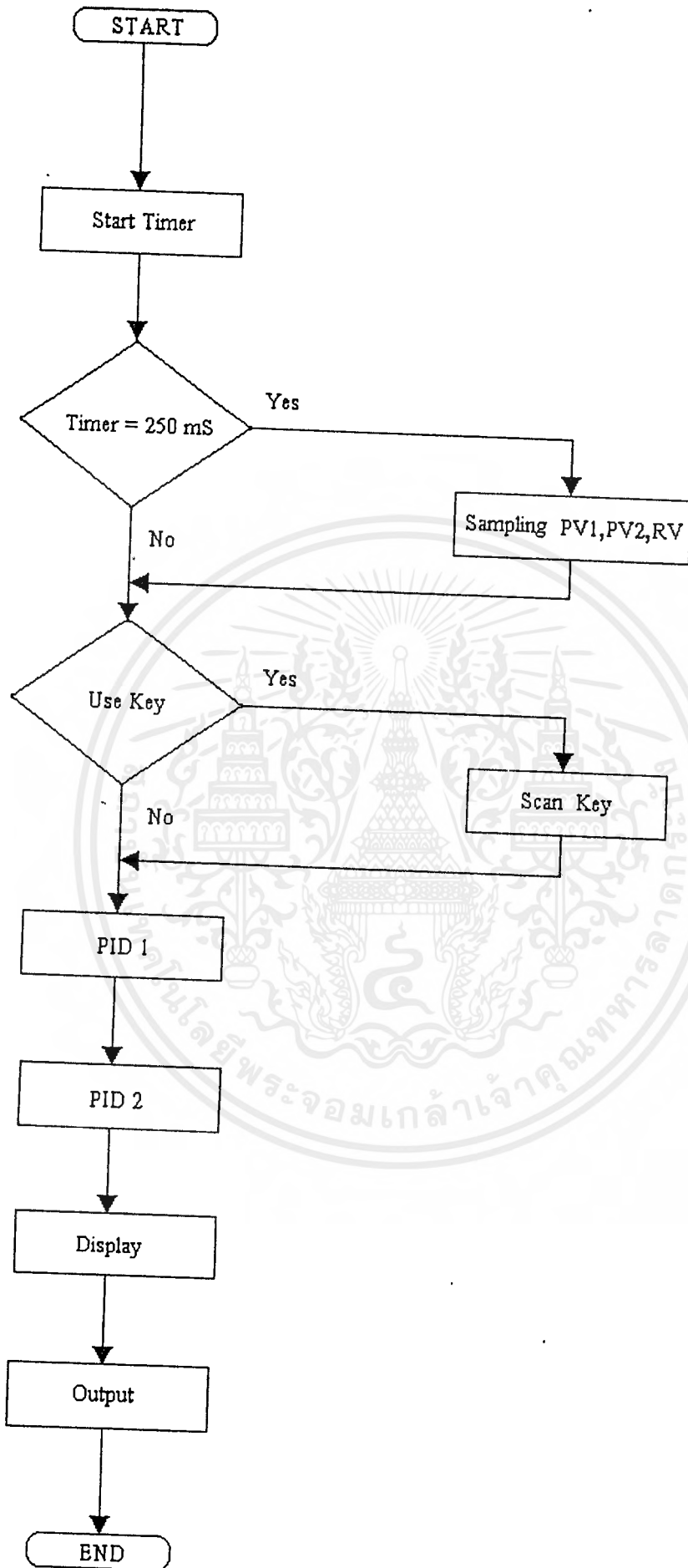




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



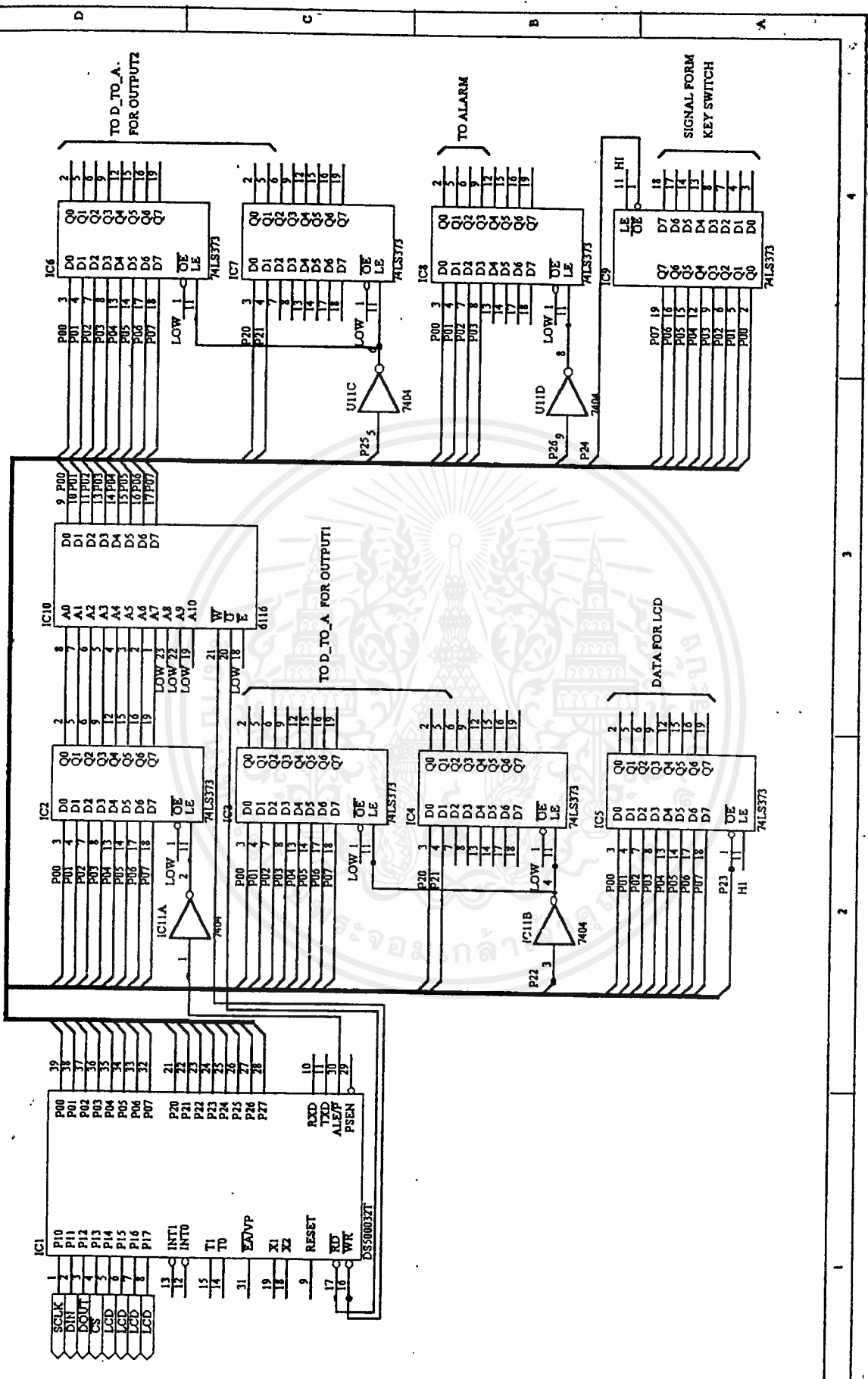
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น **1 Loop Local Setpoint or Ratio Setpoint** ครั้งที่มีการนำไปใช้

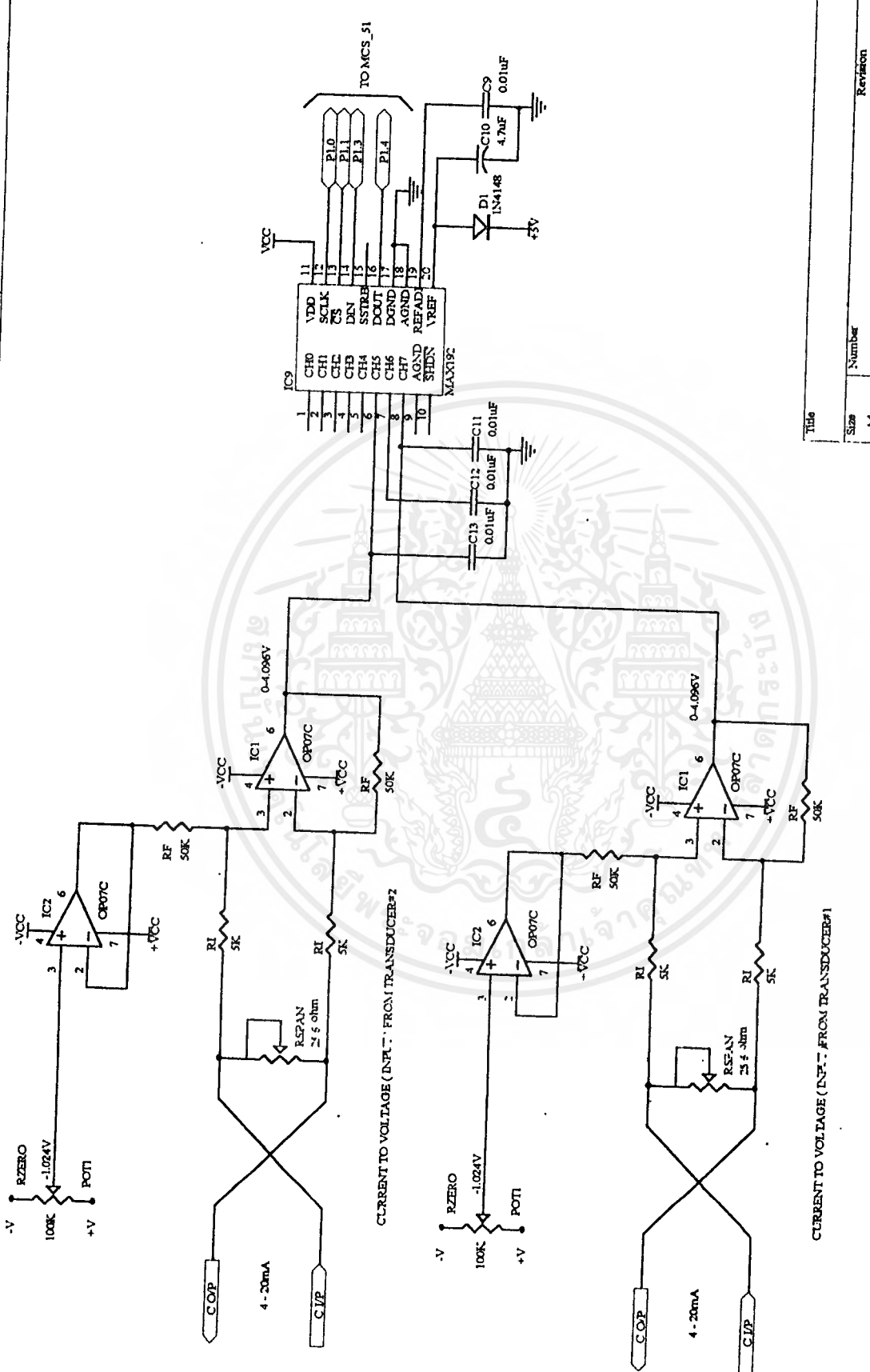


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ **2 Loop Local Setpoint or Ratio Setpoint** ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





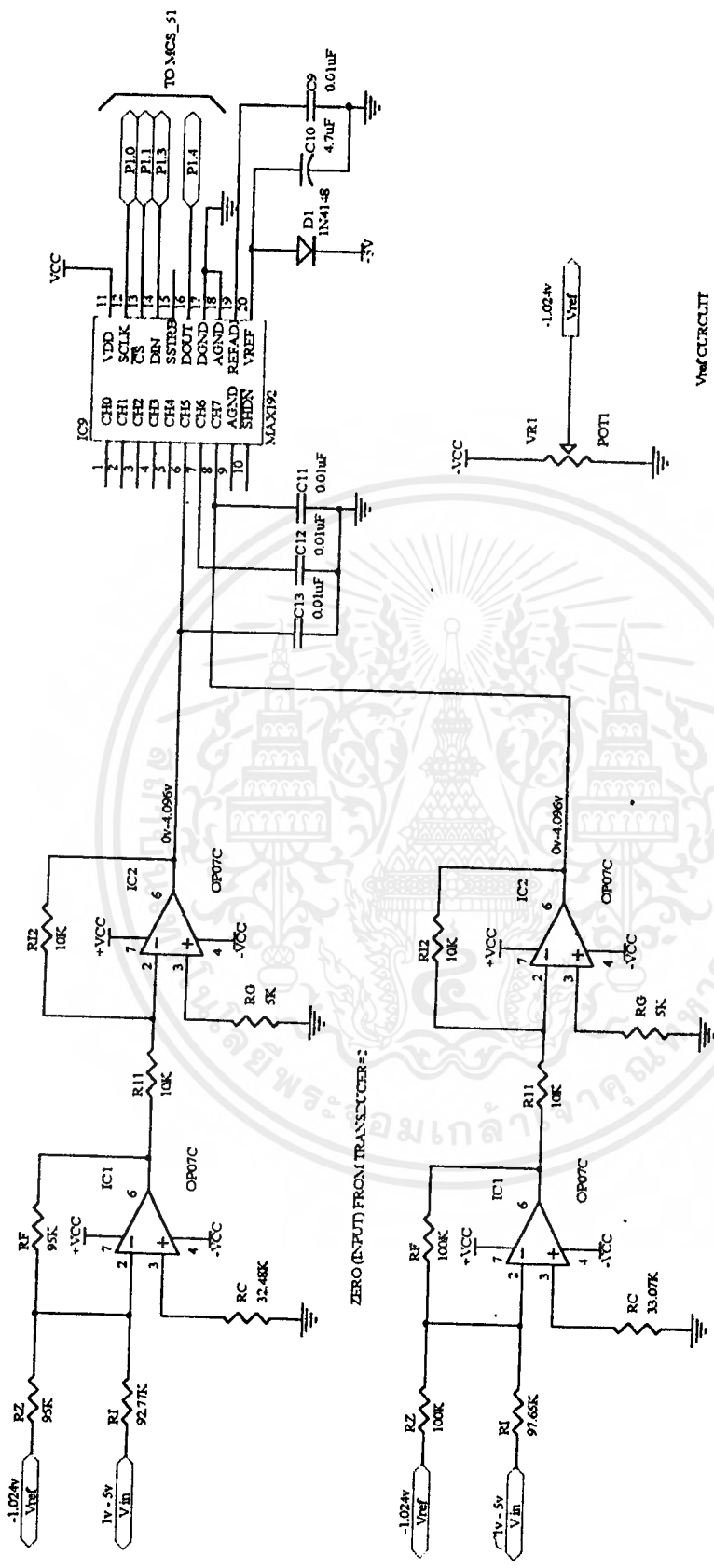
Title		Revision	
Size	Number		
A4			
Date	13-Sep-1998	Sheet of	
File	C:\P\AVS\CH\PROJ1\SCH	Drawn By:	
		4	

3

2

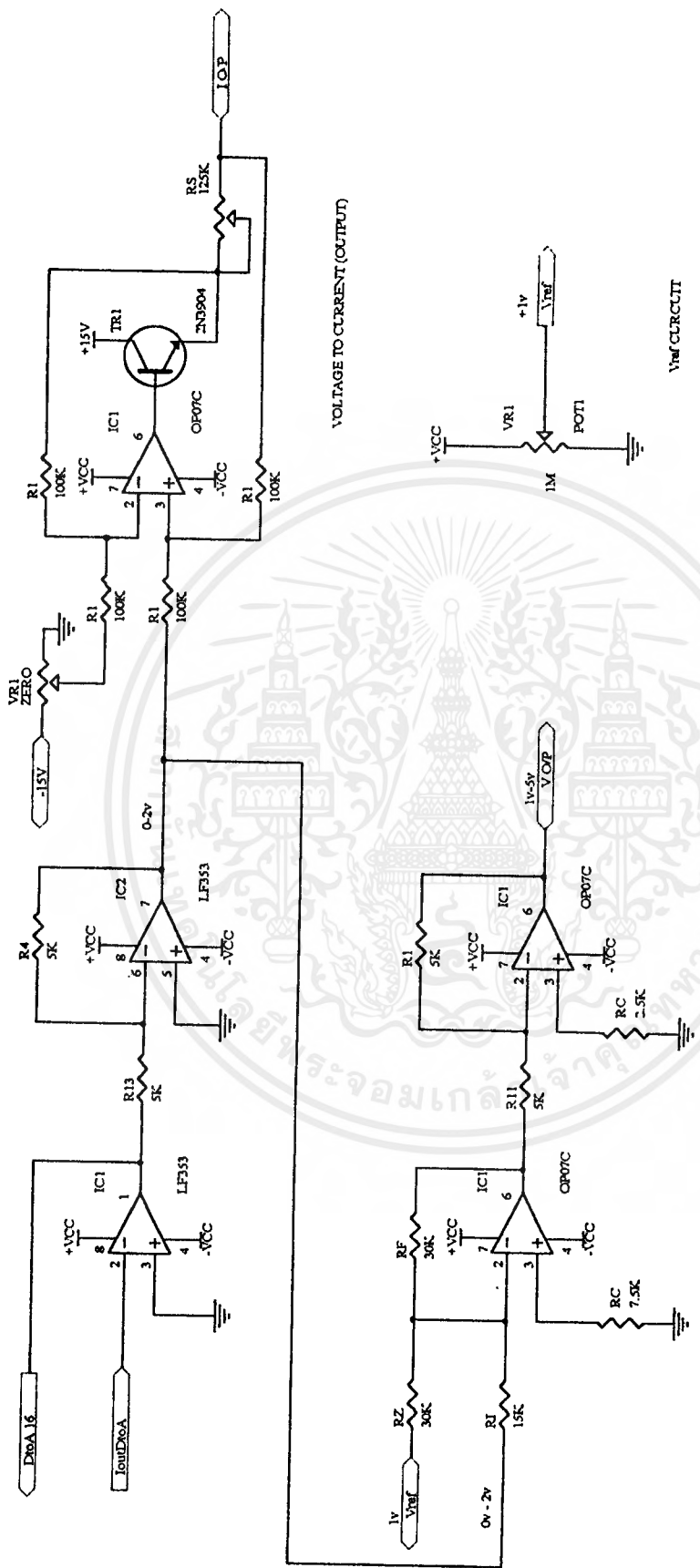
1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		Revision	
Size	Number		
A4			
Date	13-Sep-1998	Sheet of 4	
File	C:\PFA\SCH\ZERO1.SCH	Drawn By:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



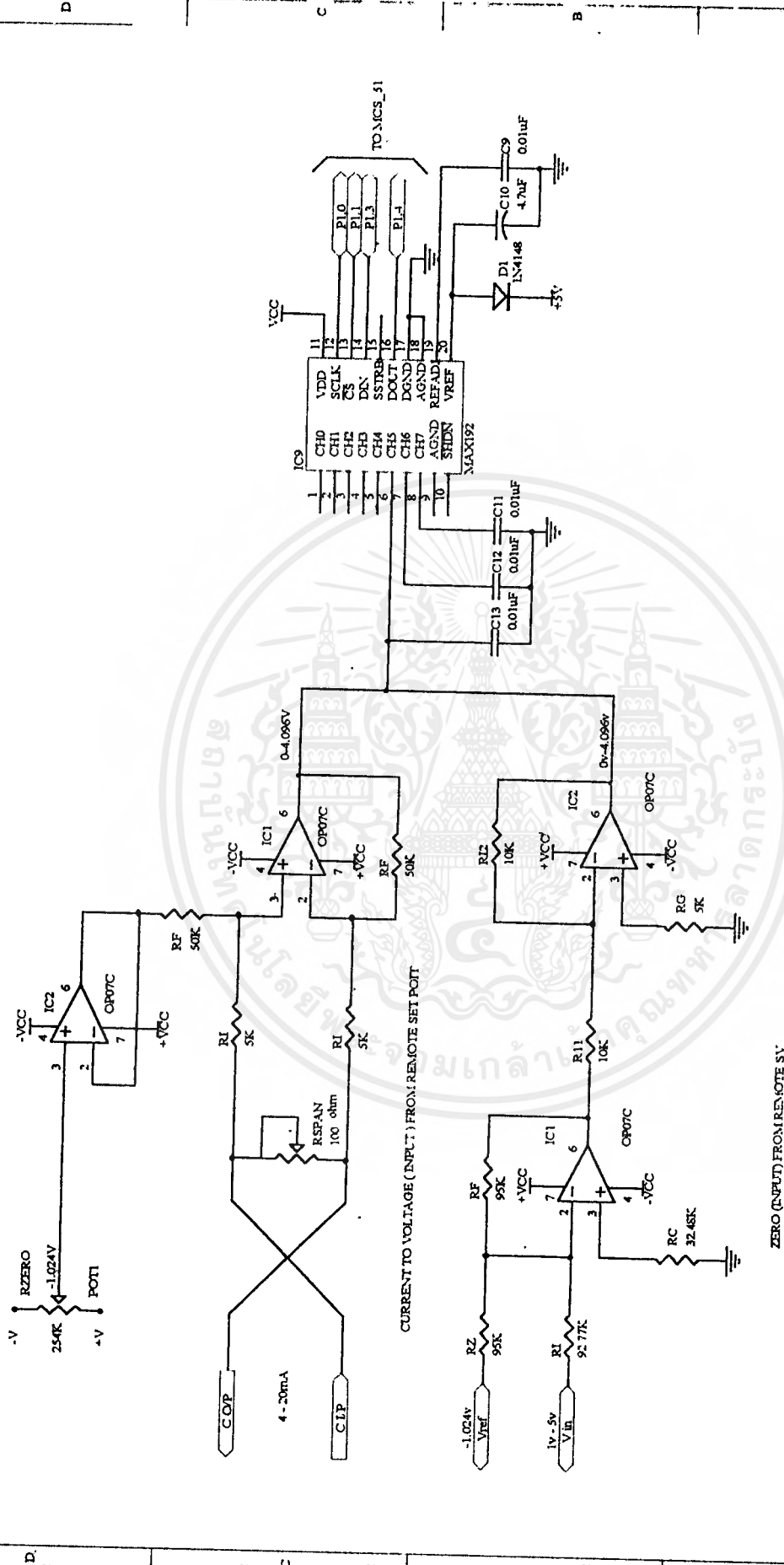
Title			
Size	Number	Revision	
A4			
Date	13-Sep-1998	Sheet of	4
File #	C:\PFW\SCH\ZERO1.SCH	Drawn By	

3

2

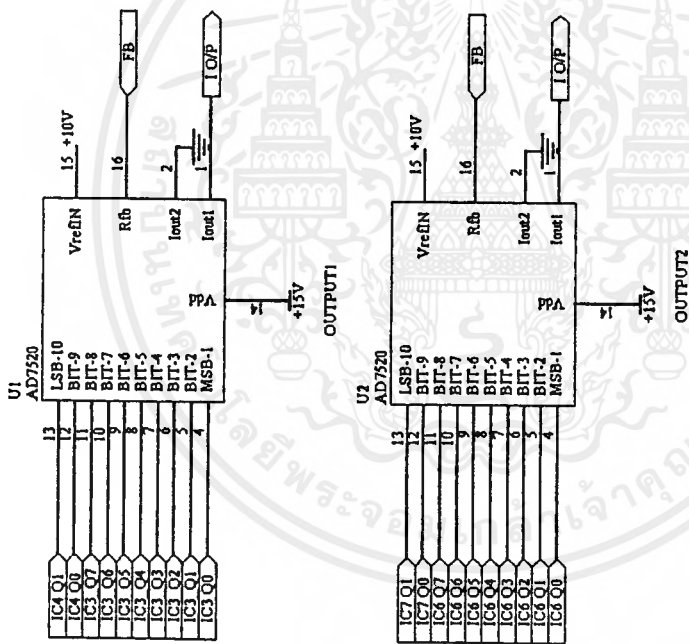
1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางสถาบันการศึกษานี้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



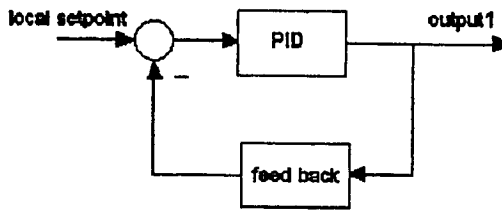
Title			
Size	Number	Revision	
A4			
Date	Sheet of		Drawn By
File	C:\PFW\SCH\ZERO3.SCH		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

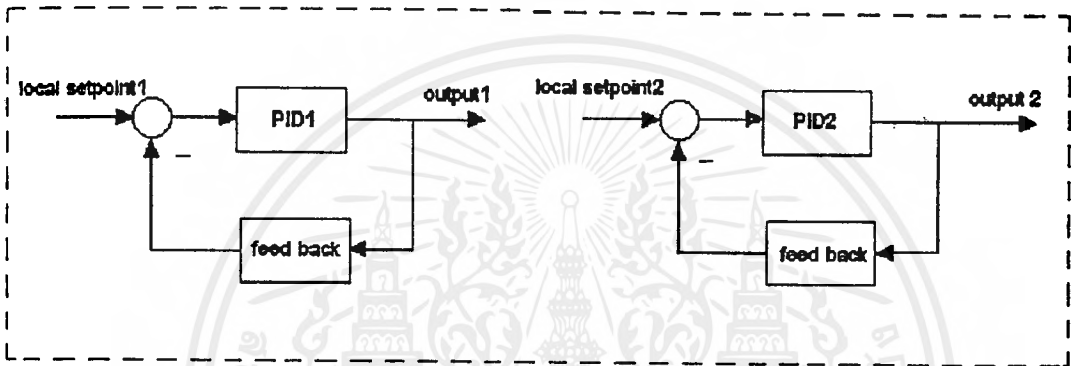


4
3
2
1

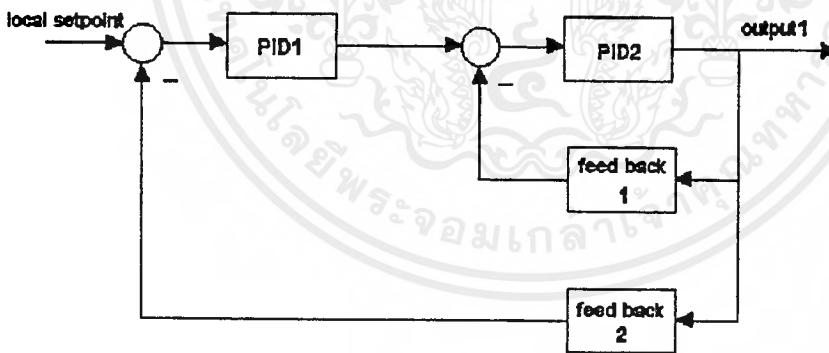
1.



2.

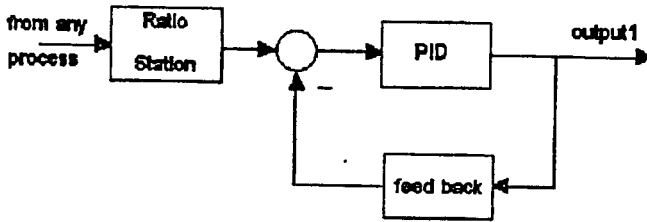


3.

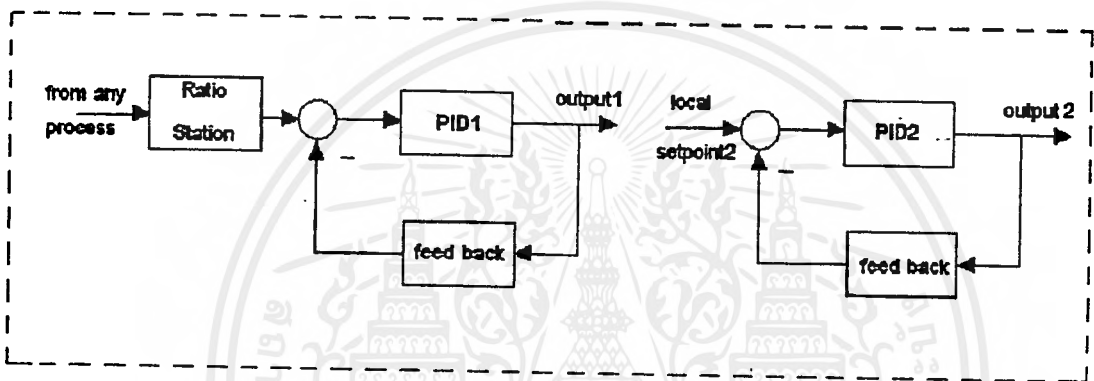


1. บล็อกโหละเนกรนหรงการควบคุมแบบ Single Loop Local Setpoint
2. บล็อกโหละเนกรนหรงการควบคุมแบบ Local Setpoint First Loop and Second Loop Independent
3. บล็อกโหละเนกรนหรงการควบคุมแบบ 2 Loop Local Setpoint

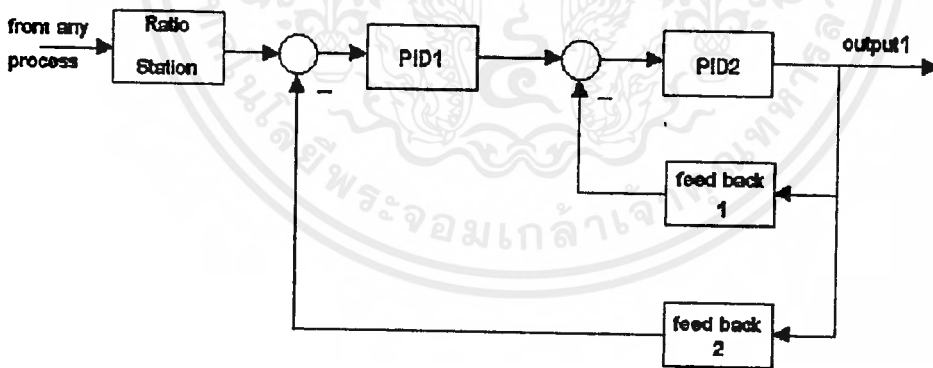
4.



5.



6.

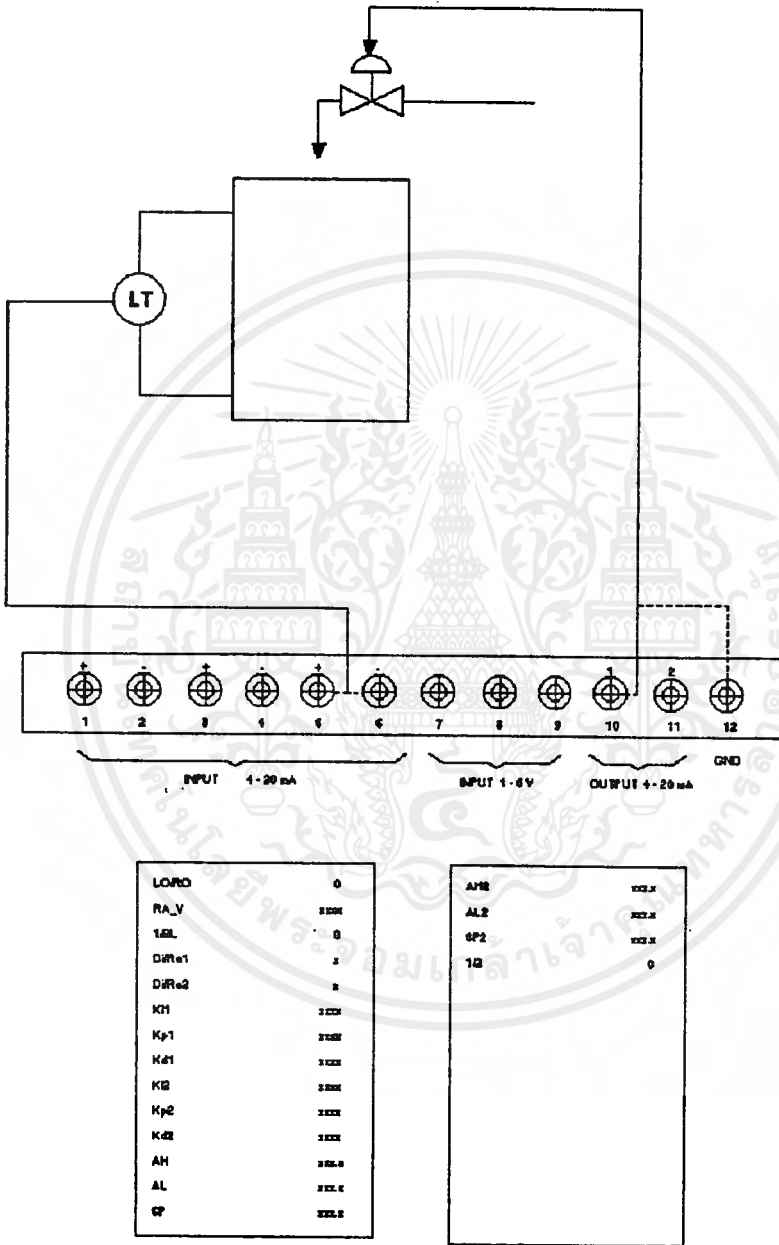


4. บล็อกโหละแกรมขงการควบคุมแบบ Single Loop Ratio Setpoint

5. บล็อกโหละแกรมขงการควบคุมแบบ Single Loop Ratio Setpoint and Single Loop Local Setpoint

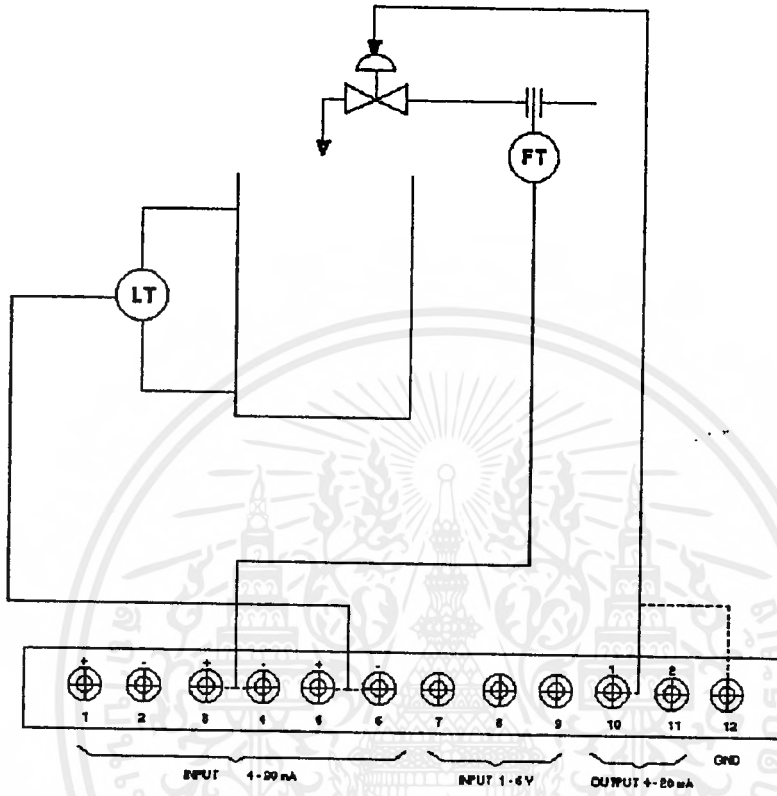
6. บล็อกโหละแกรมขงการควบคุมแบบ 2 Loop Ratio Setpoint

ภาพแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์และลักษณะการต่อสายสัญญาณเพื่อใช้งานตัว Controller
 สำหรับการควบคุมแบบ Single Loop Local Setpoint



Single Loop Local Setpoint

ภาพแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์และลักษณะการต่อสายสัญญาณเพื่อใช้งานตัว Controller สำหรับการควบคุมแบบ 2 Loop Local Setpoint



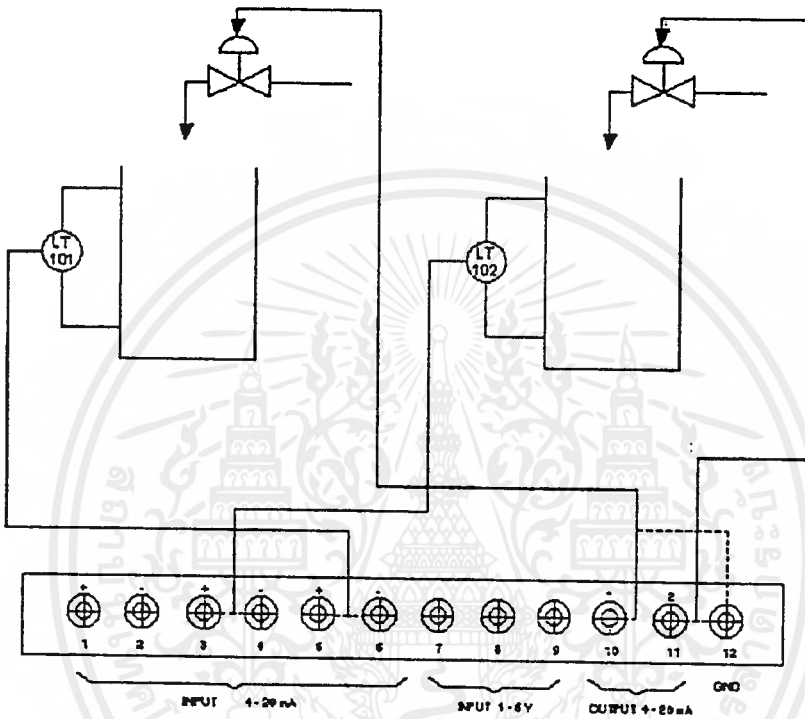
LOPCO	0
RA_V	2000
12L	1
DIRa1	3
DIRa2	3
KI1	2000
Kp1	2000
Kd1	2000
KI2	2000
Kp2	2000
Kd2	2000
AM	200.0
AL	200.0
OP	200.0

AP12	200.0
AL2	200.0
AP2	200.0
TR	0

2 Loop Local Setpoint

ภาพแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์และลักษณะการต่อสายสัญญาณเพื่อใช้งานตัวController

สำหรับการควบคุมแบบ Local Setpoint First Loop and Second Loop Independent



LCRD	0
RA_V	2000
1&EL	0
DIR=1	1
DIR=2	0
K11	2000
Kp1	2000
Kd1	2000
KI2	2000
Kp2	2000
Kd2	2000
AH	200.0
AL	200.0
SP	200.0

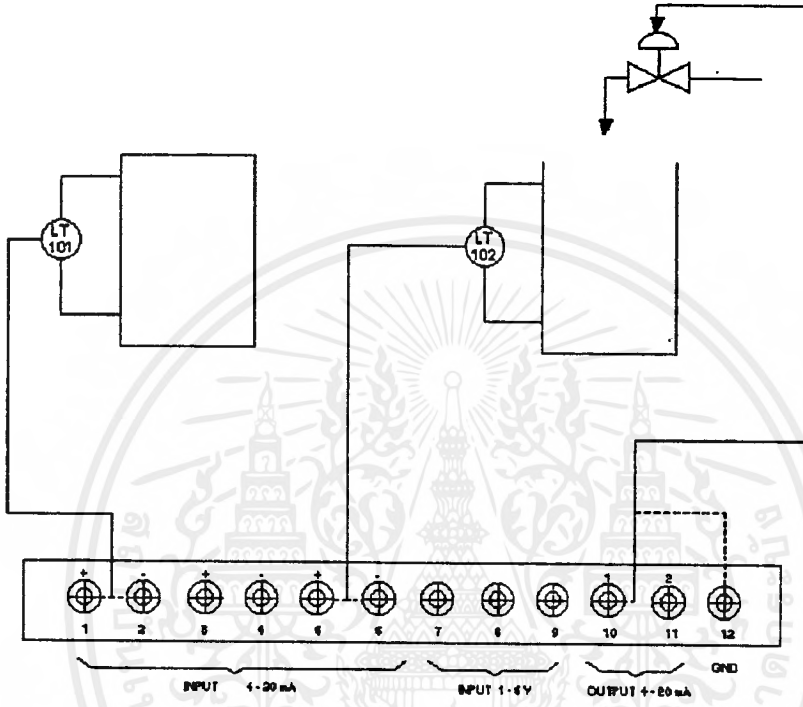
AL12	200.0
AL2	200.0
SP2	200.0
12	1

Local Setpoint First Loop and Second Loop Independent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์และลักษณะการต่อสายสัญญาณเพื่อใช้งานตัว Controller

สำหรับการควบคุมแบบ Single Loop Ratio Setpoint



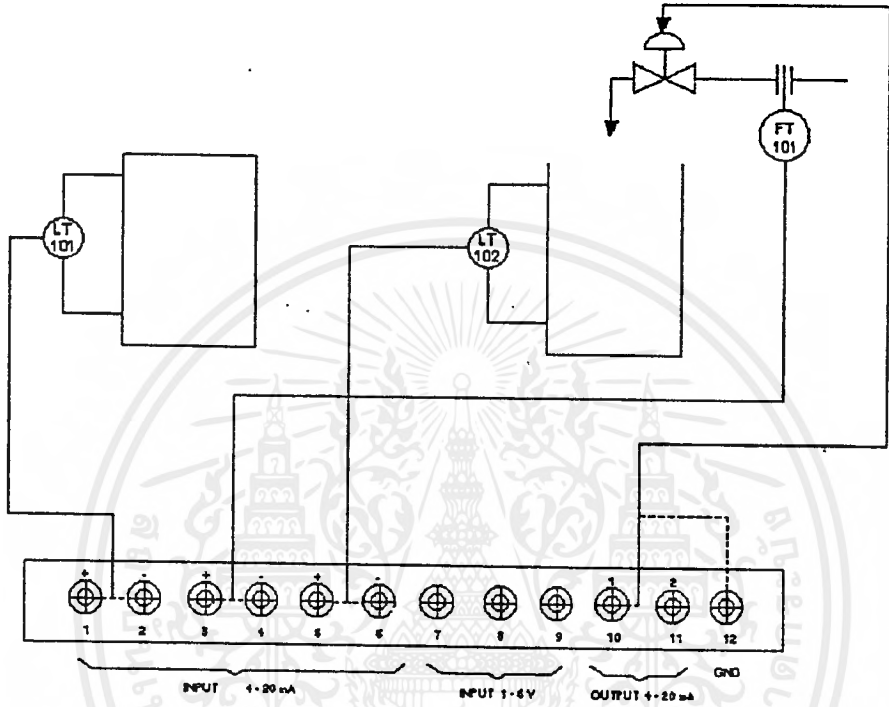
LRSD	1
RA_V	200.0
IGL	0
DIRa1	2
DIRa2	3
KH	222.0
Kp1	220.0
Kd1	222.0
KI2	222.0
Kp2	220.0
Kd2	222.0
AH	202.0
AL	202.2
GR	202.0

AH2	202.0
AL2	202.0
SP2	202.0
IR2	0

Single Loop Ratio Setpoint

ภาพแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์และลักษณะการต่อสายสัญญาณเพื่อใช้งานตัว Controller

สำหรับการควบคุมแบบ 2 Loop Ratio Setpoint



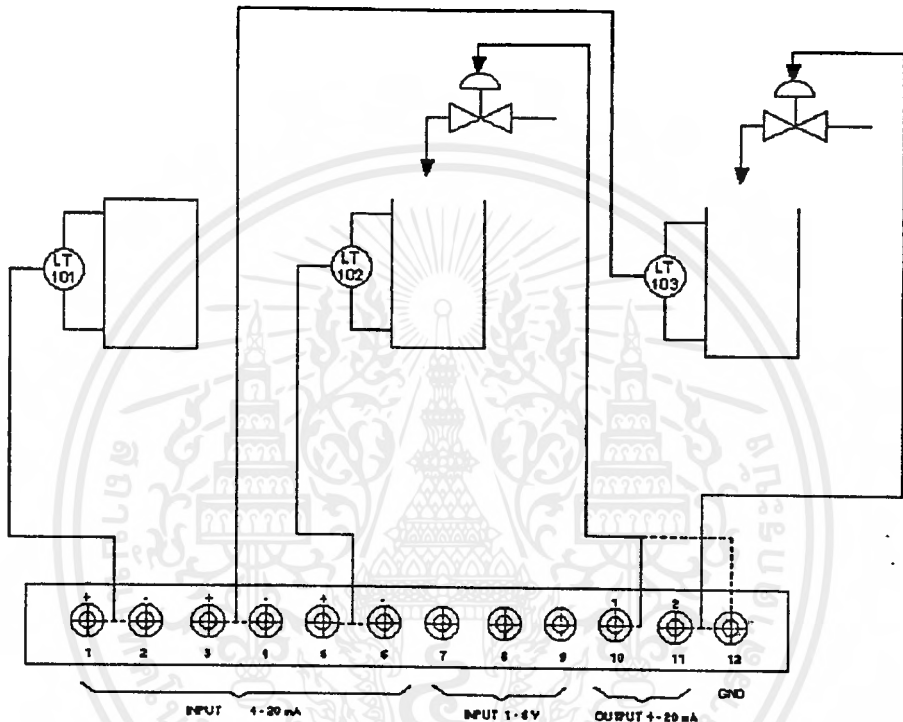
LCRD	1
RA_V	2000
TSL	1
D/FA1	1
D/FA2	1
KI1	2000
Kp1	2000
Kd1	2000
KI2	2000
Kp2	2000
Kd2	2000
AM	200.0
AL	200.0
OP	200.0

AMP	100.0
AL2	100.0
SP2	100.0
1.2	0

2 Loop Ratio Setpoint

ภาพแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์และลักษณะการต่อสายสัญญาณเพื่อใช้งานตัวController

สำหรับการควบคุมแบบ Single Loop Ratio Setpoint and Single Loop Local Setpoint (Independent)



LRSD	1
RA_V	333.3
1EL	0
DWRa1	1
DWRa2	2
K01	333.3
Kp1	333.3
Kd1	333.3
KI2	333.3
Kp2	333.3
Kd2	333.3
AH	333.3
AL	333.3
SP	333.3

AH2	333.3
AL2	333.3
SP2	333.3
TR	1

Single Loop Ratio Setpoint and Single Loop Local Setpoint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้