



สำนักงานการ  
ศึกษา

T ๑๑ ๓๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปยังประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023161

-๑๓๓.๖๕๓๒

ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้  
PROGRAMMABLE CONTROLLER

โดย

นายพศิ รัตน์นันทาวที 28.1164  
นายวิระ วิริยะกิตติ 28.1225

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วันชัย ธีรจุฑา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประจำปีการศึกษา 2531

## ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้

พுகติ รัตนันทาวาทิ

วิระ วิริยะกิตติ

อ.วันชัย รุ่งรุจา อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

ในปริญาณิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการพัฒนาและออกแบบตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส 51 (MICROCONTROLLER MCS-51) เบอร์ 8031 เป็นหลัก ตัวควบคุมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้ หลายรูปแบบคือ พี(P) พีไอ(PI) พีไอดี(PID) และ ออนออฟ(ON/OFF) สำหรับในส่วนของสัญญาณควบคุมและสัญญาณป้อนกลับจะเป็นสัญญาณขนาด 1-5 โวลต์ หรือ 4-20 มิลลิแอมป์

## PROGRAMMABLE CONTROLLER

Putti Ruttananuntawatee

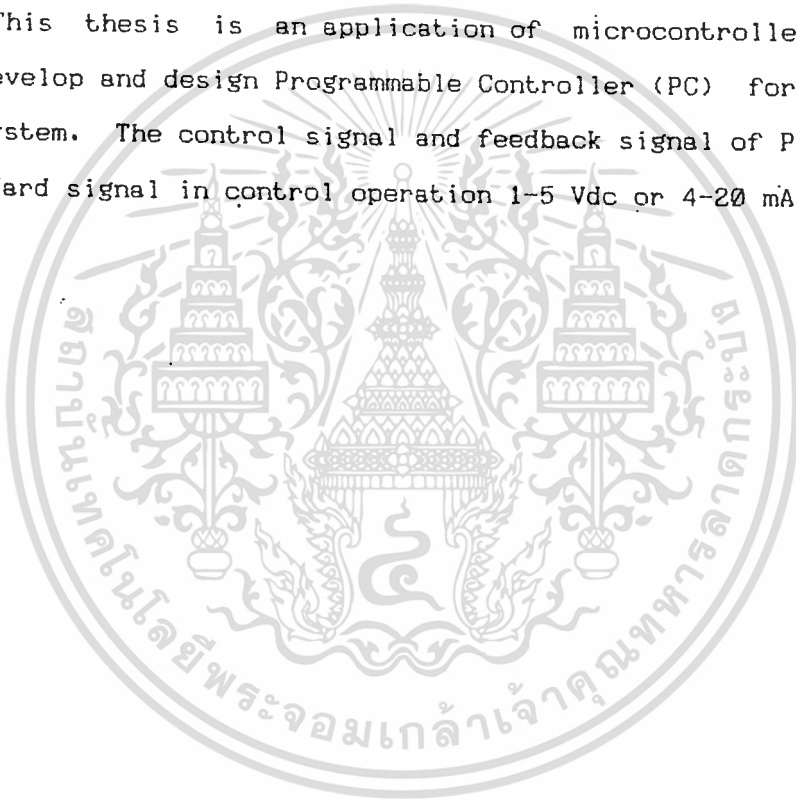
Wira Wiriyakit

Vanchai Riewruja Advisor

1988

### Abstract

This thesis is an application of microcontroller MCS 51 series develop and design Programmable Controller (PC) for feedback control system. The control signal and feedback signal of PC are the same standard signal in control operation 1-5 Vdc or 4-20 mA.



ปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2531

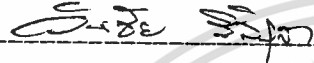
ภาควิชา ระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้

ผู้จัดทำ

1. นายพุทธิ รัตนันทาวาทิ
2. นายวิระ วิริยะกิตติ

 อาจารย์ที่ปรึกษา  
( อ. วันชัย รุ่งโรจน์ )



## สารบัญ

บทนำ	2
บทที่ 1 ทฤษฎี	3
บทที่ 2 การออกแบบและสร้างวงจร	11
บทที่ 3 ซิงเกิ้ลชีฟไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031	19
บทที่ 4 โปรแกรม	32
บทที่ 5 การทดลองและสรุป	47
ภาคผนวก	50
กิตติกรรมประกาศ	102
หนังสืออ้างอิง	103



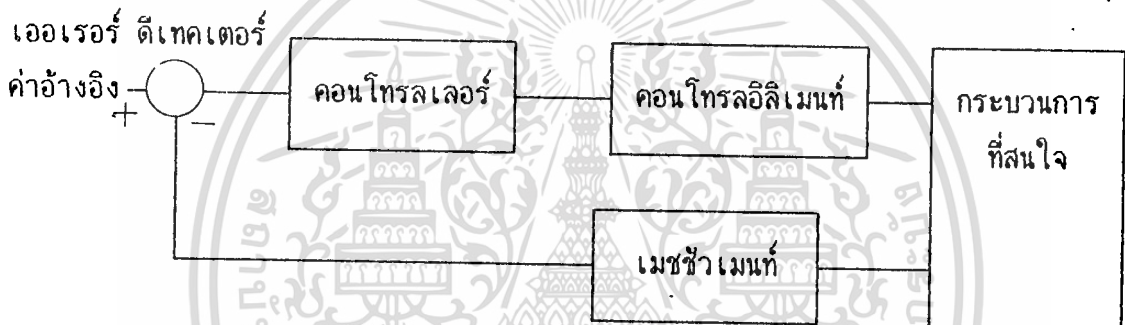
## บทนำ

เนื่องจากการพัฒนาทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์(Micro Electronics) นำไปสู่การพัฒนาทางดิจิตอล(Digital)ในระบบควบคุม ได้มีการนำเอาระบบดิจิตอล มาแทนระบบทางอนาล็อก(Analog) โดยมีข้อได้เปรียบหลายอย่างคือ มีความเชื่อถือได้สูง ขนาดเล็ก และสามารถแก้ไขปรับปรุง เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ซึ่งทำให้ระบบทางดิจิตอลถูกใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถโปรแกรมได้ หรือการใช้ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ ในการควบคุมกระบวนการต่างๆในอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมอุณหภูมิ อัตราการไหล ความดัน ฯลฯ โดยตัวควบคุมนี้อาจใช้ร่วมกับระบบควบคุมโครงข่าย(Distributed control system) หรืออาจใช้กับระบบที่ไม่สลับซับซ้อนตามลำพังก็ได้



1. ระบบควบคุมกระบวนการ (Process Control System)

ในระบบควบคุมกระบวนการโดยทั่วไป มีวิธีการควบคุมอยู่ 2 แบบคือ การควบคุมแบบซีควเินเชียล (Sequential) หรือการทำซ้ำ (Repetitive) ตามลำดับวิธีการจนสัมฤทธิ์ผล และการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback) ซึ่งเป็นการควบคุมที่มีการส่งสัญญาณป้อนกลับให้กระบวนการเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้ เพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการโดยทั่วไปสามารถอธิบายได้ด้วยบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ง่ายดังรูป 1.1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมกระบวนการโดยทั่วไป

จากรูปเป็นลูปการควบคุม (Control Loop) ที่แทนด้วยการควบคุมตัวแปรเดียว (Single-variable control) แต่ละบล็อกอธิบายได้ดังนี้.

1.1 กระบวนการ (Process) คือกระบวนการที่สนใจทั้งหมดที่จะควบคุม ประกอบด้วยตัวแปรมากมายที่มีผลต่อการดำเนินการของกระบวนการ แต่ในรูป 1.1 เป็นการควบคุมเพียงตัวแปรเดียว ซึ่งตัวแปรของกระบวนการก็คือ สิ่งต่างๆที่เมื่อแปรเปลี่ยนค่าแล้วจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของกระบวนการ เช่นอุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล ระดับของเหลว ที่มีผลต่อ สี ความหนาแน่น ส่วนประกอบทางเคมี ขนาด ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต ซึ่งระบบควบคุมกระบวนการนี้จะดำเนินไปโดยอ้างอิงกับเวลาตลอดเวลา

1.2 เครื่องมือวัด (Measurement) คือส่วนที่แทนการทำงานเพื่อแสดงค่าตัวแปรที่ควบคุม (Controlled variable) โดยส่วนเอาต์พุต (Output) ของส่วนนี้คือค่าการวัด ที่มีรูปแบบต่างๆ คือ ค่าความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า หรือสัญญาณดิจิตอล

1.3 เออเรอร์ ดีเทคเตอร์ (Error Detector) การทำงานของส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่าการวัดตัวแปรที่ควบคุม กับค่าอ้างอิง ค่าแตกต่างของทั้งสองค่านี้ จะเป็นเอาต์พุตของเออเรอร์ ดีเทคเตอร์ ในระบบควบคุมที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ส่วนนี้มักจะอยู่ในส่วนโปรแกรม

1.4 ตัวควบคุม หรือคอนโทรลเลอร์ (Controller) เป็นส่วนที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรควบคุม (Controlling variable) เพื่อจะกำจัดค่าผิดพลาด จากตัวแปรที่ควบคุม

ส่วนนี้ทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสมองของระบบควบคุม เอาต์พุตของตัวควบคุม คือสัญญาณป้อนกลับ (Feedback Signal) ที่จะส่งต่อไปให้กับกระบวนการ เพื่อให้ตัวแปรควบคุมแปรค่าไปให้ตรงตามที่กำหนดหรืออ้างอิงไว้ ในระบบควบคุมแบบอนาลอก ส่วนนี้ก็คือ อนาลอกคอมพิวเตอร์ และในระบบควบคุมทางดิจิทัล การทำงานของส่วนนี้ก็คือ ซอฟต์แวร์เป็นตัวกำหนด

1.5 คอนโทรล อิลิเมนต์ (Control Element) ส่วนสุดท้ายในรูปการควบคุมนี้จะเป็นส่วนที่เปลี่ยนสัญญาณที่ได้จากตัวควบคุมซึ่งเป็นตัวแปรควบคุม เพื่อเป็นค่าอินพุต (Input) ที่กระบวนการยอมรับ ในทางปฏิบัติแล้วส่วนสุดท้ายของคอนโทรลอิเลเมนต์ นี้จะเป็นส่วนหนึ่งภายในกระบวนการ ซึ่งมีผลต่อการแปรค่าของการแปรค่าของตัวแปรกระบวนการ

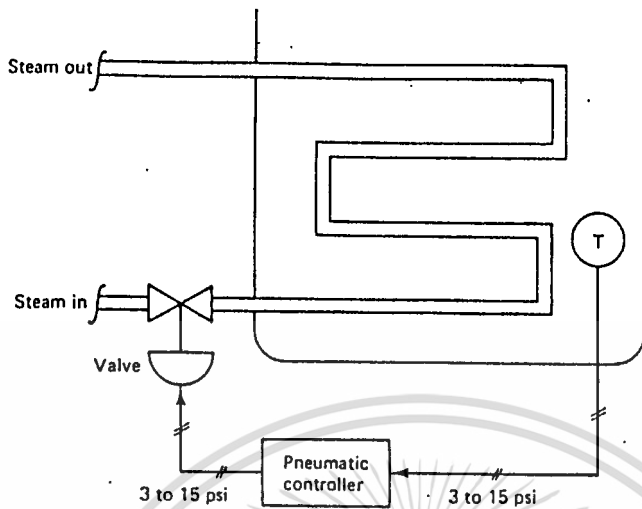
การทำงานของรูปการควบคุมเริ่มจาก ตัวควบคุมจะทำหน้าที่แก้สัญญาณค่าผิดพลาดที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าอ้างอิง ซึ่งสัญญาณที่เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงได้มาจากเอาต์พุตของเครื่องมือวัดที่วัดค่ามาจากกระบวนการที่สนใจ โดยสัญญาณแก้ที่ได้จะถูกส่งไปควบคุมคอนโทรลอิเลเมนต์ เพื่อส่งค่าเป็นเอาต์พุตให้กับกระบวนการที่สนใจต่อไป โดยจะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆเป็นรูปควบคุม

## 2. การควบคุมกระบวนการแบบอนาลอก

ในระยะเริ่มต้นของการควบคุม การควบคุมกระบวนการเป็นแบบอนาลอกทั้งหมด โดยสัญญาณการควบคุมเป็นความดันอากาศ (Air Pressure) หรือเป็นกระแสไฟฟ้า โดยเรียกว่าระบบควบคุมแบบนิวเมติก (Pneumatic process control system) และระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic process control system) ตามลำดับ

ในระบบควบคุมแบบนิวเมติก ค่าตัวแปรกระบวนการถูกแทนด้วยสัญญาณความดันในช่วง 3-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือพีเอสไอ (Psi) โดยค่าต่ำสุดของสัญญาณคือ 3 พีเอสไอ และค่าสูงสุดคือ 15 พีเอสไอ ส่วนสัญญาณจากตัวควบคุมเอาต์พุต ๒เปอร์เซ็นต์คือ 3 พีเอสไอ และ 1๐๐เปอร์เซ็นต์คือ 15 พีเอสไอ ตัวอย่างคือรูป 1.2 ซึ่งเป็นระบบควบคุมอุณหภูมิ มีอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่ควบคุม อินพุตของกระบวนการคือไอน้ำ (steam) ที่ไหลเข้ากระบวนการโดยผ่านวาล์วซึ่งเป็นตัวแปรควบคุม เครื่องมือวัดคือเครื่องวัดอุณหภูมิก๊าซ (Gas pressure thermometer) ซึ่งจะเปลี่ยนค่าอุณหภูมิที่แปรเปลี่ยนไปเป็นค่าความดันค่าต่างๆ ตัวควบคุมเป็นตัวควบคุมทางอนาลอกแบบนิวเมติก และคอนโทรลอิเลเมนต์ คือตัวแปลงสัญญาณไปควบคุมวาล์วควบคุม ให้เปิดหรือปิดมากน้อยตามสัญญาณนิวเมติกที่ได้รับมาน้อยจากตัวควบคุม

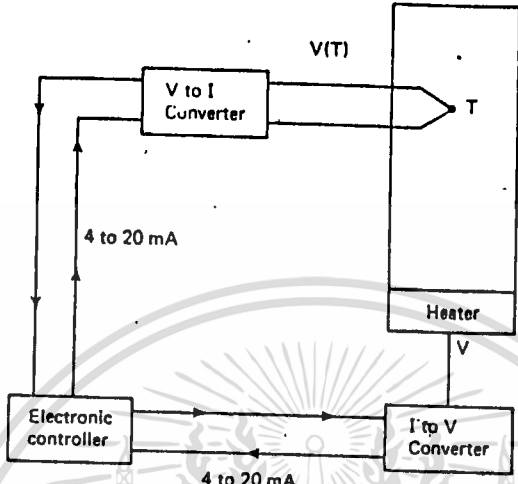
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



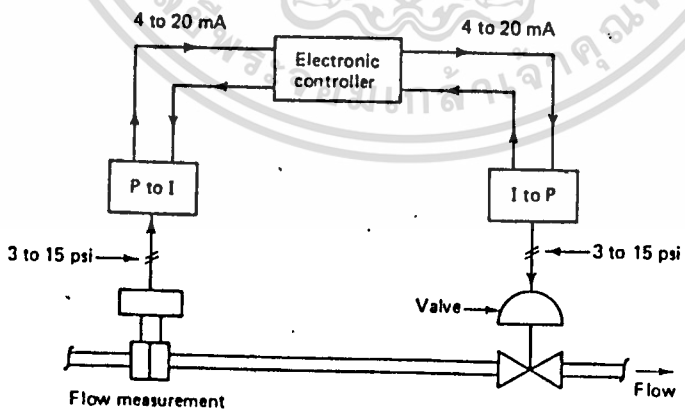
รูป 1.2

ส่วนระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สัญญาณกระแสไฟฟ้าในการควบคุม สัญญาณจะอยู่ในช่วง 4-20 มิลลิแอมป์ซึ่งเป็นกระแสตรง และค่าเอาต์พุกต่ำสุดของตัวควบคุม คือ 4 มิลลิแอมป์ หรือ ๑ เปอร์เซ็นต์ และค่าสูงสุดก็คือ 20 มิลลิแอมป์หรือ 10๐ เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างคือรูป 1.3 ซึ่งเป็นระบบรักษาอุณหภูมิในเตาอบ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) เป็นตัววัดค่าอุณหภูมิของเตาอบแล้วส่งค่าโวลเตจผ่านส่วน วิตูโอคอนเวอร์เตอร์ (V to I converter) ที่สามารถแปลงค่าที่วัดให้อยู่ในรูปกระแส 4-20 มิลลิแอมป์เพื่อส่งค่ากระแสนี้ให้กับตัวควบคุม และตัวควบคุมจะส่งสัญญาณกระแส 4-20 มิลลิแอมป์ ผ่านไอทิวคอนเวอร์เตอร์ (I to V converter) เพื่อแปลงค่าให้กับส่วนทำความร้อนหรือฮีตเตอร์ (Heater) ของเตาอบเพื่อให้ความร้อนแก่เตาอบ โดยที่ค่าสัญญาณกระแส 4 มิลลิแอมป์คือค่าต่ำสุดของความร้อนอินพุท (minimum heat input) ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นค่าศูนย์ และ 20 มิลลิแอมป์ก็คือค่าสูงสุดของความร้อนอินพุท (maximum heat input)

ระบบร่วมระหว่างนิวเมติกและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการควบคุมที่มีการใช้สัญญาณทั้งสองชนิดร่วมกัน ดังตัวอย่างรูป 1.4 ซึ่งเป็นการควบคุมอัตราการไหลผ่านท่อส่ง เนื่องจากระบบนิวเมติก สัญญาณ 3-15 พีเอสไอ สามารถนำไปใช้งานได้สะดวกและแพร่หลาย ในระบบคุมทั่วไปจึงมักพบระบบควบคุมทางนิวเมติกและทางอิเล็กทรอนิกส์ประกอบกันอยู่ โดยที่ตัวควบคุม เป็นตัวควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้กับส่วน ไอทิว คอนเวอร์เตอร์ (I to P converter) และรับสัญญาณจาก พิทิว คอนเวอร์เตอร์ (P to I converter) เพื่อใช้สัญญาณความดันอากาศ ในการควบคุมอิลิเมนต์ต่างๆ ในรูปการควบคุม



รูป 1.3

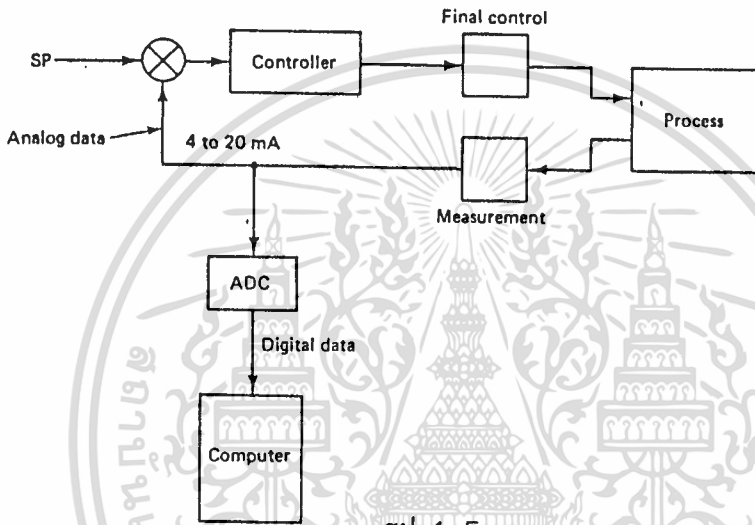


รูป 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

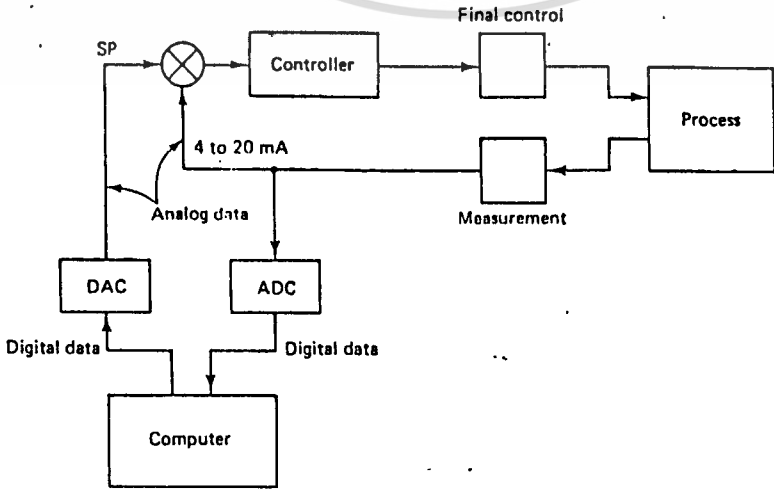
### 3. การควบคุมกระบวนการทางดิจิตอล

เมื่อระบบทางดิจิตอลเริ่มมีบทบาทเข้ามาแทนที่ระบบทางอนาลอกมากขึ้น ในรูปการควบคุม จึงมีการนำระบบดิจิตอลเข้ามาช่วยในการควบคุม โดยในระยะแรกเริ่มนั้นมีการใช้ระบบทางดิจิตอลช่วยในการเก็บบันทึกข้อมูล ลักษณะดาต้า ล็อกกิ้ง (Data Logging) ซึ่งมีส่วนช่วยในการวิเคราะห์ผลการควบคุม จากข้อมูลหรือการควบคุมที่ผ่านมา จากการบันทึกด้วยเรคคอร์ดเตอร์ (Recorder) หรือที่บันทึกด้วย ชาร์ตต่างๆ (Charts) โดยรับสัญญาณอนาลอกจากลูปควบคุมแล้วแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอล ส่งให้กับคอมพิวเตอร์ ดังรูป 1.5 โดยตัวแปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลคือ เอดีซี (ADC)



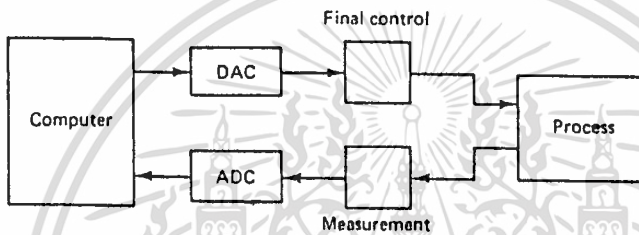
รูป 1.5

ต่อจากนั้นเมื่อนำระบบดิจิตอลมาใช้ในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ระบบคอมพิวเตอร์ก็เริ่มมีบทบาทในการปรับค่าอ้างอิงจากการวิเคราะห์ที่ได้ เป็นระบบควบคุมแบบซูปเปอร์ไวส์เซอร์ (Supervisory control) ดังรูป 1.6 โดยจะปรับค่าอ้างอิงตามคำสั่งของโปรแกรมในระบบคอมพิวเตอร์ และส่งค่าอ้างอิงที่คำนวณได้กลับเข้าไปในลูปควบคุมอนาลอก โดยผ่าน ดีเอซี (DAC)



รูป 1.6

ในที่สุดเมื่อระบบทางดิจิทัล เข้ามาแทนที่ระบบทางอนาลอกเกือบทั้งหมด จึงเกิดระบบควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง หรือ ไดเร็กต์ดิจิทัลคอนโทรล (Direct Digital Control) โดยการควบคุมด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ หรือบางที่เรียกรวมการควบคุมแบบนี้ว่า ไดเร็กต์คอมพิวเตอร์คอนโทรล (Direct computer control) หรือ คอมพิวเตอร์โพรเซสคอนโทรล (Computer process control) แสดงดังรูป 1.7 ซึ่งแสดงการควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง มีส่วนควบคุมเป็นคอมพิวเตอร์ ส่วน เอดีซี และดีเอซีเป็นตัวแปลงสัญญาณเพื่อติดต่อกับกระบวนการ สำหรับการดำเนินงานของส่วนควบคุมก็จะเป็นการกำหนดจากโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์



รูป 1.7

4. คอนโทรลเลอร์แอคชั่น (Controller Action) หรือคอนโทรลโหมด (Control Mode) ในรูปควบคุม อุปกรณ์แต่ละตัวจะมีคุณสมบัติของทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer function) และคุณลักษณะ (Characteristic) ที่แน่นอน ยกเว้นตัวควบคุมซึ่งสามารถเลือกรูปแบบ เพื่อให้การควบคุมเป็นไปได้อย่างดีที่สุด เหมาะสมกับกระบวนการ ซึ่งรวมไปถึงเสถียรภาพของกระบวนการนั้นด้วย แอคชั่น หรือโหมดการควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น 4 โหมดคือ.

#### 4.1 ออนออฟ คอนโทรลโหมด (ON/OFF Control Mode)

เป็นโหมดควบคุมที่ง่ายที่สุดใน 4 โหมดนี้ เป็นการควบคุมแบบ 2 ตำแหน่ง (two position control) แสดงในรูป 1.8 เอาท์พุทของตัวควบคุมจะมีอยู่เพียง 2 สถานะ คือ 0 เปอร์เซ็นต์ กับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุม เมื่อสัญญาณค่าผิดพลาดมีค่าเกินกว่าพิกัดที่กำหนดไว้ เอาท์พุทจากตัวควบคุมก็จะเปลี่ยนจาก 0 เปอร์เซ็นต์ เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และในทางกลับกันเอาท์พุทของตัวควบคุมจะลดลงจาก 100 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อค่าผิดพลาดลดต่ำกว่าค่าพิกัด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของตัวควบคุมจะไม่พอดีกับการเปลี่ยนของสัญญาณค่าผิดพลาด ทำให้เกิดเดดแบนด์ (Dead band) รอบจุดค่าผิดพลาดศูนย์ การควบคุมในโหมดนี้เช่น การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมในโหมดนี้จะเกิดการออสซิลเลต (Oscillate) ถ้าหากความถี่ของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณค่าผิดพลาดมีค่ามาก สมการของการควบคุมโหมดนี้คือ

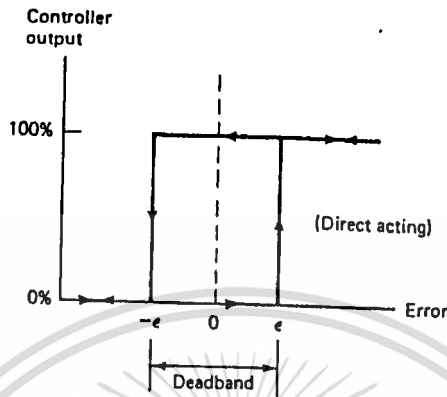
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$C = \begin{cases} 0 \% \\ 100 \% \end{cases}; e$$

C = เอาท์พุทของตัวควบคุม

$e = 1/2$  ของเดดแบนด์



รูป 1.8

#### 4.2 พร็อพอร์ชันแนล คอนโทรลโหมด (Proportional Control Mode)

โหมดนี้เอาท์พุทของตัวควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับสัญญาณค่าผิดพลาด โดยถ้าสัญญาณค่าผิดพลาดเปลี่ยนไป สัญญาณจากตัวควบคุมก็จะเปลี่ยนไปมากน้อยตามขนาดของอัตราขยาย ดังรูป 1.9 ความสัมพันธ์ของเอาท์พุทของตัวควบคุมกับสัญญาณค่าผิดพลาดสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

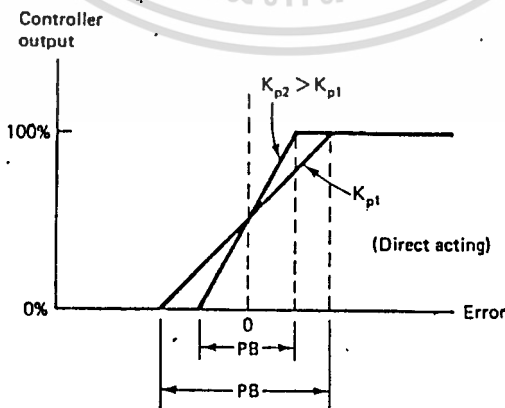
$$C_p = K_p * e + C_o$$

$C_p$  = เอาท์พุทของตัวควบคุม

$K_p$  = อัตราขยายพร็อพอร์ชันแนล

$e$  = ค่าผิดพลาด

$C_o$  = เอาท์พุทของตัวควบคุมเมื่อ ไม่มีค่าผิดพลาด



รูป 1.9

จากรูป 1.9 พบว่า คือพร็อพอร์ชันแนลแบนด์ หมายถึงค่าเปอร์เซ็นต์ของสัญญาณค่าผิดพลาดที่เปลี่ยนไปแล้วทำให้สัญญาณเอาท์พุทของตัวควบคุมเปลี่ยนไป 100 เปอร์เซ็นต์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

#### 4.3 อินทิกรัล คอนโทรลโหมด(Integral Control Mode)

หรือ รีเซตแอกชัน (Action) ในโหมดนี้จะเป็นการอินทิเกรตค่าสัญญาณค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มทำการควบคุม จนถึงเวลาในปัจจุบัน เพื่อแก้ค่าผิดพลาด ตามสมการ

$$C_i(t) = K_i * \int_0^t e(\tau) d(\tau) + C_i(0)$$

$C_i(t)$  = เอาท์พุทของตัวควบคุมเมื่อเวลา  $t$

$K_i$  = อัตราขยายอินทิกรัล

$C_i(0)$  = เอาท์พุทของตัวควบคุมเมื่อเวลา  $t = 0$

$e(t)$  = ค่าผิดพลาดที่เวลา  $t$

#### 4.4 ดิริฟเวทีฟ คอนโทรลโหมด(Derivative Control Mode)

ในโหมดนี้ตัวควบคุมจะแก้สัญญาณค่าผิดพลาดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณค่าผิดพลาดตามเวลาที่เปลี่ยนไป เนื่องจากโหมดนี้แก้สัญญาณค่าผิดพลาดตามเวลา บางทีเรียกว่า เรท แอกชัน(Rate Action) สมการการควบคุมในโหมดนี้คือ

$$C_d(t) = K_d * de(t) / dt$$

$C_d(t)$  = เอาท์พุทของตัวควบคุมที่เวลา  $t$

$K_d$  = อัตราขยายดิริฟเวทีฟ

$e(t)$  = ค่าผิดพลาดที่เวลา  $t$

ในการควบคุมสำหรับโหมดอินทิกรัลและดิริฟเวทีฟ ในระบบควบคุมจะไม่ใช้เพียงลำพังโหมดเดียว แต่จะใช้ร่วมกับโหมดพรีโพรชันนอล คือ

##### 1. พีไอ โหมด

$$C_{p,i} = K_p * e + K_p * K_i \int_0^t e(\tau) d(\tau)$$

##### 2. พีดี โหมด

$$C_{p,d} = K_p * e + K_p * K_d * de(t) / dt + C_0$$

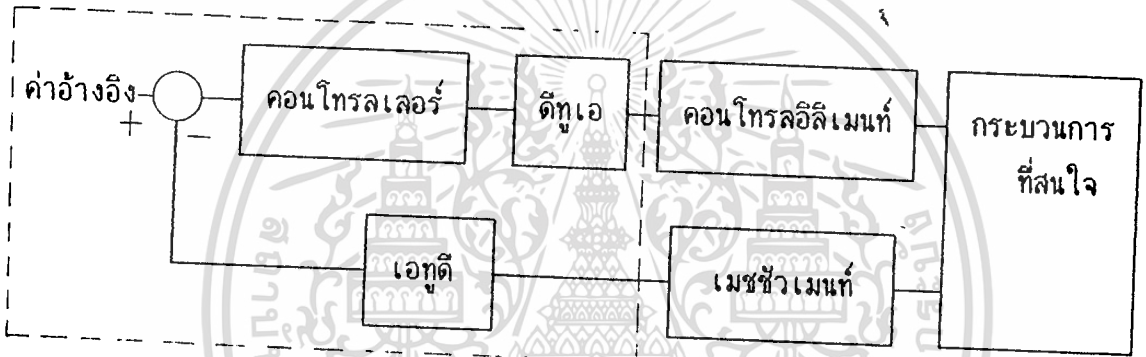
##### 3. พีไอดี โหมด

$$C_{p,i,d} = K_p * e + K_p * K_i \int_0^t e(\tau) d(\tau) + K_p * K_d * de(t) / dt$$

หลักการออกแบบและสร้างวงจร

1. การออกแบบวงจร

จากลูปควบคุมในบทที่ 1 เราสามารถแทนส่วนคอนโทรลเลอร์และเออเรียร์ ดีเทคเตอร์ ด้วยวงจรทางดิจิทัลได้ ด้วยหลักการของการควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง หรือ ไดเร็กต์ดิจิทัลคอนโทรล โดยเพิ่มส่วน ดิจูเอ(D/A) และส่วน เอทูดิ(A/D) เขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูป 2.1 และส่วนที่อยู่ในกรอบเส้นไข่ปลาคือส่วนของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้

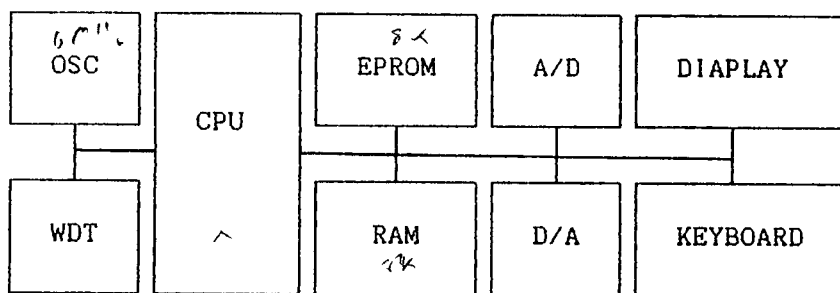


รูป 2.1

สำหรับส่วนประกอบแต่ละส่วนจะทำงานสัมพันธ์กันตามลูปการควบคุม โดยส่วนคอนโทรลเลอร์และส่วนเออเรียร์ดีเทคเตอร์ จะเป็นส่วนของซอฟต์แวร์ และส่วนของฮาร์ดแวร์คือส่วนที่ติดต่อกันระหว่างส่วนตัวควบคุมกับกระบวนการ ซึ่งก็คือ ส่วน ดิจูเอ และส่วน เอทูดิ เนื่องจากเราสามารถโปรแกรมการทำงานของตัวควบคุมได้ ดังนั้นการควบคุมตามโหมดการทำงานต่างๆ เราสามารถทำได้ตามสมการการคำนวณของแต่ละโหมด ซึ่งการออกแบบโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์นี้ แยกเป็นส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟต์แวร์ ในบทนี้จะขอกล่าวถึงส่วนฮาร์ดแวร์ก่อน

2. การสร้างวงจร

จากหลักการออกแบบที่ได้ เราสามารถสร้างโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ ได้ดังรูป 2.2



รูป 2.2

ส่วนประกอบของวงจรประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. หน่วยประมวลผล (CPU)
2. ส่วนวงจรสร้างความถี่ (OSC)
3. วงจรดีค็อก ไทม์เมอร์ (WDT)
4. หน่วยความจำ โปรแกรมภายนอก (EPROM)
5. หน่วยความจำ ข้อมูลภายนอก (RAM)
6. เวกูดี (A/D)
7. ดีทูเอ (D/A)
8. ส่วนแสดงผล (DISPLAY)
9. ส่วนป้อนโปรแกรม (KEYBOARD)

หน่วยประมวลผล (CPU) สำหรับโครงงานนี้ใช้ซิงเกิลชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ เอ็มซีเอส-51 เบอร์ 8031 เป็นชิพยูนี ขนาด 8 บิต ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไปในบทที่ 3

วงจรกำเนิดความถี่ (OSC) ใช้คริสตัล (crystal) ขนาดความถี่ 6 เมกกะเฮิร์ตซ์ ประกอบด้วยเกทอินเวอร์เตอร์ที่ทีแอลแอล (TTL) สร้างความถี่ 6 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ให้กับ 8031 และยังส่งความถี่นี้ผ่านวงจรหารลิบที่สร้างโดย ไอซี 7490 เพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ ADC 0809 ค่าความถี่ 600 กิโลเฮิร์ตซ์ (kHz)

หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (EPROM) มีขนาด 8 กิโลไบต์เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) ของหน่วยประมวลผล โดยดีโค๊ด (Decode) เลือกว่าชิพยูนีจะติดต่อกับหน่วยความจำใดผ่านไอซี 74138 ซึ่งเป็นดีโค๊ดเดออร์

วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อก เป็นดิจิตอล (Analog to digital converter A/D) ใช้ไอซี ADC 0809 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกขนาด 1-5 โวลต์ เป็น ดิจิตอลขนาด 8 บิต โดยจะรับสัญญาณจากระบบที่ต้องการควบคุม ผ่านมาทางทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรือ เม็ชัวเมนต์ แล้วจึงแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป

วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล เป็นแอนะล็อก (Digital to analog converter D/A) ใช้ไอซี MC 1408 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลที่ได้รับจากหน่วยประมวลผลขนาด 8 บิต แล้วแปลงเป็นสัญญาณแอนะล็อก ส่งเป็นเอาท์พุทของชิพ

วอชท์ ด็อก ไทม์เมอร์ (Watch Dog Timer WDT) สร้างจากไอซี 74123 ซึ่งเป็นโมโนสเตเบิล รีทริกเอเบิล (Monostable retriggerable) มีหน้าที่คอยรับสัญญาณจากหน่วยประมวลผลอยู่ตลอดเวลา เพื่อตรวจงานของหน่วยประมวลผลว่า ปกติ หรือผิดปกติ แล้วจะแสดงผลด้วยแอลอีดี (LED)

ส่วนแสดงผล (Display) แสดงค่าต่างๆ ด้วย แอลอีดีแสดงตัวเลข 6 หลัก โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ ของโหมดควบคุมต่างๆ เป็นสื่อติดต่อกับผู้ใช้

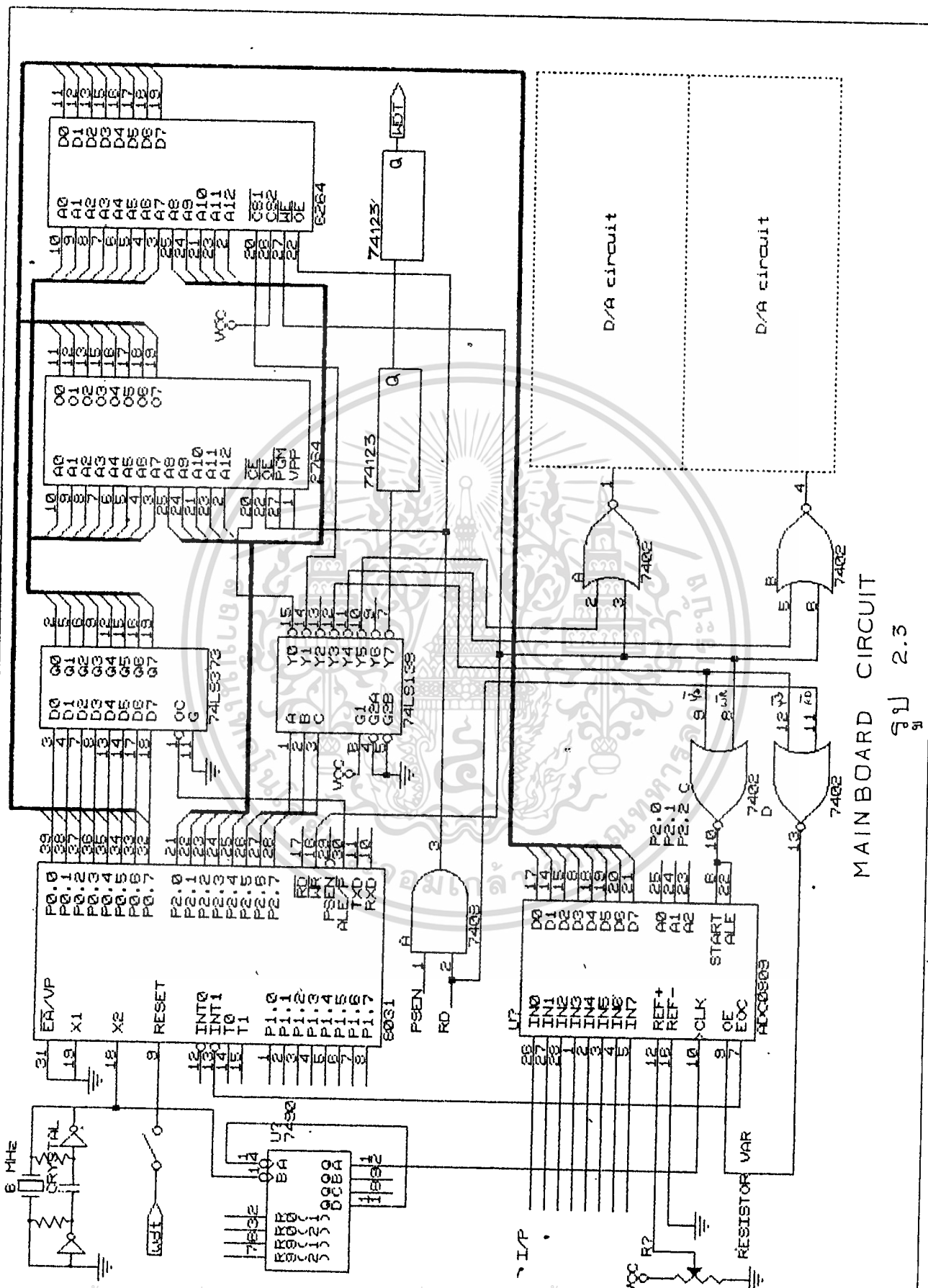
ส่วนป้อนโปรแกรม (Keyboard) ประกอบด้วยคีย์ต่างๆ 16 คีย์ คือคีย์ตัวเลข คีย์โหมดควบคุม คีย์ฟังก์ชันต่างๆ เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามโหมดควบคุม ในตอนเริ่มต้นก่อนใช้งาน หรือเมื่อต้องการจะเปลี่ยนแปลงค่าอ้างอิง

### การทำงานของวงจร

จากรูป 2.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ประกอบด้วย คริสตัลและอินเวอร์เตอร์เกทที่ต่อเข้าด้วยกันดังรูปนี้จะกำเนิดความถี่ขนาด 6 เมกกะเฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นอินพุทออสซิลเลเตอร์ให้กับ 8031 โดยต่อที่ขาอินพุทออสซิลเลเตอร์ (XTAL2) ส่วนขาเอาต์พุทออสซิลเลเตอร์ของ 8031 (XTAL1) ต่อลงกราวด์ ขารีเซ็ตต่อเข้ากับรีเซ็ตเตอร์ 82 กิโลโอห์มต่อลงกราวด์และคาปาซิเตอร์ 10 ไมโครฟารัดต่อกับ Vcc เพื่อเป็นการรีเซ็ตโดยอัตโนมัติขณะเริ่มจ่ายไฟเลี้ยง และยังต่อเข้ากับ วอชท์ด็อก ไทม์เมอร์ ที่จะส่งสัญญาณมารีเซ็ต 8031 ในกรณีที่ 8031 ทำงานผิดปกติอันเนื่องมาจากการถูกรบกวนจากกระบวนกรที่ควบคุม ซึ่งวอชท์ด็อก ไทม์เมอร์สร้างจาก ไอซี 74123 คือโมโนสเตเบิล รีทริกเอเบิล โดยรับสัญญาณทริกมาจาก 8031 ที่ดีโค๊ดผ่าน ไอซี 74138 (Y7) ทุกช่วงระยะเวลาการทำงาน ถ้า 8031 ขาดการติดต่อเมื่อใด วอชท์ด็อก ไทม์เมอร์ก็จะส่งสัญญาณไปรีเซ็ต 8031 ทันที

สำหรับไอซี 7490 จะเป็นตัวหารความถี่จาก 6 เมกกะเฮิร์ตซ์เหลือ 600 กิโลเฮิร์ตซ์เพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกากำหนดการทำงานของ เออูติ 0809 ซึ่งเป็นเออูติ 8 อินพุท คือสามารถมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) สัญญาณอินพุทได้ 8 อินพุท โดยมีขาแอดเดรส 3ขา (ต่อกับ P2.0-2.2) ดีโค๊ดอินพุท

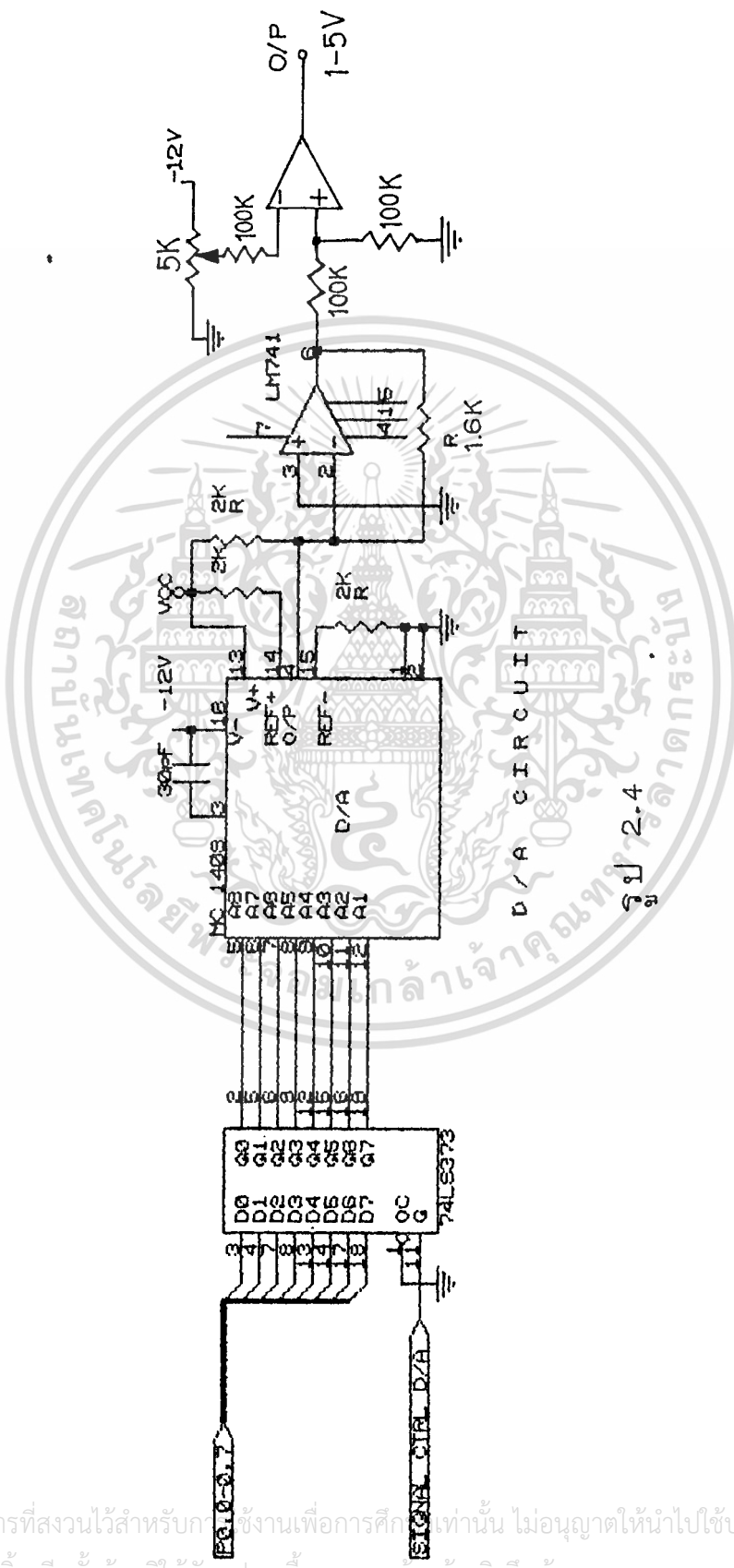
การทำงานของเออูติจะเริ่มจาก ตัวมันได้รับสัญญาณจากเมชชีวเมนต์ ขนาด 1-5 โวลต์ สัญญาณแอดเดรสอินพุท สัญญาณสตาร์ทและเอแอลดี (Y3 นอร์ (NOR) กับสัญญาณเขียน WR) เออูติก็จะเริ่มแปลงสัญญาณอินพุทนอก โดยใช้เวลาประมาณ 120 ไมโครวินาที (เนื่องจากใช้สัญญาณนาฬิกาขนาดความถี่ 6 เมกกะเฮิร์ตซ์) หลังจากนั้นก็จะส่งสัญญาณการแปลงสิ้นสุดหรือเอ็นออฟคอนเวอร์ชัน (End of conversion EOC) ไปที่ขา (INT1) ของ 8031 เพื่อให้ 8031 มาอ่านค่าที่แปลงได้ โดยส่งสัญญาณอ่านมาที่ตำแหน่งเออูติ ซึ่งดีโค๊ดไว้แล้ว เพื่ออ่านข้อมูล 8 บิต นำไปทำการประมวลผลต่อไป



MAINBOARD CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในการเรียนการสอนในวิทยาลัยเทคนิคเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

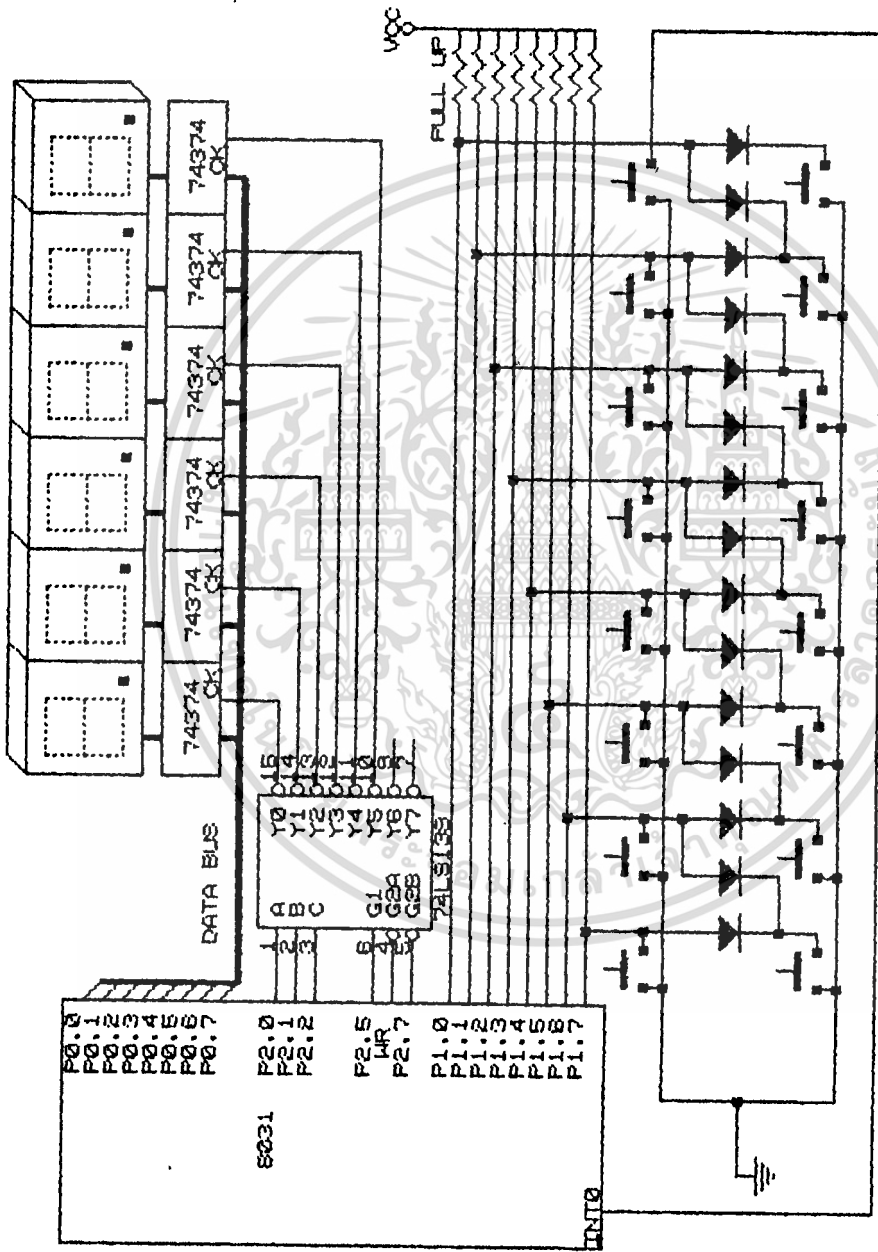
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำรายงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏและขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏของเอกสารฉบับนี้ซึ่งสงวนไว้เพื่อใช้



DISPLAY / KEYBOARD CIRCUIT

รูป 2.5

สำหรับหน่วยความจำภายนอก ทั้งอีพริ้อม(2764)และแรม(6264)นั้น เมื่อ 8031 ต้องการจะอ่านโปรแกรมหรือข้อมูล 8031ก็จะดีโค็ดแอดเดรสผ่านไอซี 74138 เพื่อเลือกหน่วยความจำตัวใดตัวหนึ่ง โดยที่มีไอซี 74373 เป็นตัวแลทซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ เพื่อให้พอร์ท 0 สามารถทำหน้าที่เป็นพอร์ทข้อมูลได้อีก โดยมีสัญญาณจากเอแอลอีเป็นสัญญาณอีนาเบิล 74373 สัญญาณที่ควบคุมการอ่านหน่วยความจำคือสัญญาณเอาท์พุทอีนาเบิลของหน่วยความจำ ซึ่งได้มาจากสัญญาณอ่านแอนด์กับสัญญาณพีเอสอีเอ็นได้เป็นสัญญาณอ่านหน่วยความจำ และสัญญาณที่ควบคุมการเขียน สร้างจากสัญญาณเขียนโดยตรง จาก 8031

และเมื่อ 8031 ต้องการจะส่งค่าที่ประมวลผลได้ไปเป็นเอาท์พุทของ พีซี 8031ก็จะส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก ดังรูป 2.4

จากรูป 2.4 เมื่อไอซี 74373 ได้รับข้อมูลผ่านบัสข้อมูลและถูกอีนาเบิล(ด้วยสัญญาณY4หรือ Y5 NORกับสัญญาณเขียน) 74373 ก็จะคงค่าหรือแลทซ์ข้อมูลให้กับไอซี เอ็มซี1408 เพื่อแปลงข้อมูลต่อไป แต่เนื่องจากสัญญาณที่จะส่งเป็นเอาท์พุทของพีซีนั้นควรเป็นสัญญาณมาตรฐาน สัญญาณที่ได้จึงส่งผ่าน ไอซี741 ที่สร้างเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล แอมพลิฟายเออร์(Differential Amplifier)เพื่อปรับสัญญาณอีกทีหนึ่งให้มีขนาด 1-5 โวลต์ หรือนำเอาท์พุทโวลเตจที่ได้นี้ต่อเข้ากับวงจร วิกูโอ เพื่อปรับวงจรให้สามารถให้เอาท์พุท เป็นกระแส 4-20 มิลลิแอมป์ ลักษณะเคอเรนท์ ซอร์ส(Current Source) เป็นเอาท์พุทกระแส ซึ่งทำให้ใช้งานได้กว้างขึ้น

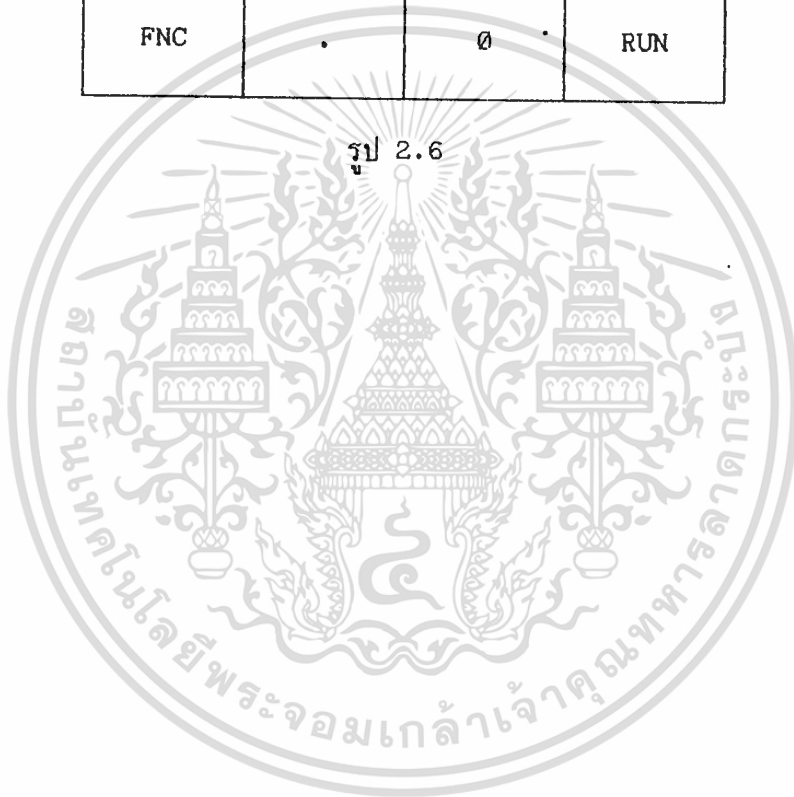
และวงจรส่วนแสดงผลตามรูป 2.5 สามารถอธิบายดังนี้

เมื่อ ซีพียู หรือ 8031ต้องการจะแสดงผล จากการคำนวณ จากการประมวลผล หรือ เมื่อต้องการจะรับค่าพารามิเตอร์ตามโหมดควบคุม เป็นลักษณะการติดต่อกับผู้ใช้ทางหนึ่ง 8031 ก็จะส่งข้อมูลผ่านมาทาง ดาต้าบัส (P0.0-P0.7) ผ่านมาให้กับ ไอซี 74374 (ซึ่งทำหน้าที่แลทซ์ข้อมูล) พร้อมกับสัญญาณอีนาเบิล ไอซี 74374 ที่ดีโค็ดตำแหน่งไว้แล้ว โดย 8031 ต้องการจะให้แสดงค่าที่หลักใดใน 6 หลัก 8031 ก็จะส่งสัญญาณดีโค็ดแอดเดรส 1 ให้อีนาเบิลไอซี 74374 ประจำหลักนั้น นั่นคือการต่อวงจรส่วนแสดงผลแบบแลทซ์ หนึ่งต่อหนึ่ง คือ ใช้ไอซีตัวแลทซ์จำนวนเท่ากับ หลักดิจิต(Digit)ของส่วนแสดงผล

วงจรมัลติเพล็กซ์หรือส่วนป้อนโปรแกรม ต่อวงจรโดยตรงเข้าที่พอร์ท 1.0-1.7 ตามรูป 2.5 ประกอบด้วย ซิกแนล ไดโอด(Signal Diode) ที่ต่อลงกราวด์ และต่อความต้านทานพูลอัพ(Pull up)ไว้ เมื่อมีการกดคีย์ ในช่วงที่ 8031 กำลังอ่านค่าจากพอร์ท 1.0-1.7 พอดี 8031 ก็จะอ่านค่าได้ค่าต่างๆที่แตกต่างกัน สำหรับโครงงานนี้ ออกแบบไว้เพียง 16 คีย์ เท่าที่จำเป็นประกอบด้วยคีย์ ต่างๆคือ คีย์ตัวเลข คีย์อินเทอร์พท์ คีย์เอ็นเทอร์ คีย์เปลี่ยนข้อมูล คีย์ฟังก์ชัน ตำแหน่งของคีย์ต่างๆของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้แสดงดังรูป 2.6

INT	7	8	9
ENT	4	5	6
CHG	1	2	3
FNC	.	0	RUN

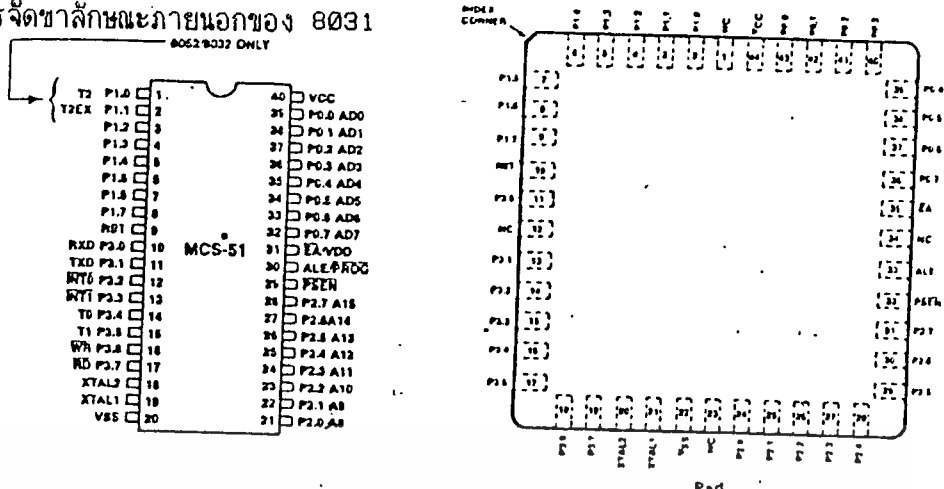
รูป 2.6



ชิงเกิ้ลชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

- 8031 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งไม่มีหน่วยความจำชนิด  
รวม (ROM) อยู่บนชิพเดียวกัน ซึ่งลักษณะหลักของ 8031 ไมโครโปรเซสเซอร์ จะประกอบด้วย
1. ใช้ HMOS เทคโนโลยีสร้าง และทำงานได้ด้วยแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์
  2. ชิพมีขนาด 8 บิต
  3. มีวงจรรอสซิลเลเตอร์ บนชิพ
  4. ชุดแบงค์ (BANK) รีจิสเตอร์ มีขนาด 4 ชุดด้วยกันโดยมีชุดละ 8 รีจิสเตอร์
  5. ตัวตั้งเวลาและตัวนับ ขนาด 16 บิต มี 2 ตัว
  6. พอร์ตขนานไอโอแบบสองทิศทาง (Bidirectional I/O Port) พอร์ตละ 8 บิต จำนวน 16 เส้น และอีก 16 เส้นใช้ในการเข้าถึงทางแอดเดรสและข้อมูล
  7. พอร์ตอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่งแบบ FULL DUPLEX ที่ความเร็วสูง
  8. หนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ด้วยการใช้คริสตอล 12 เมกกะเฮิร์ตซ์ แต่ในโครงการนี้ี้ได้เลือกใช้คริสตอล 6 เมกกะเฮิร์ตซ์ ดังนั้นหนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะใช้เวลา 2 ไมโครวินาที
  9. แอดเดรสข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
  10. แอดเดรสโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
  11. มีซอฟต์แวร์แฟลคสำหรับผู้ใช้ที่จะกำหนดเองได้ถึง 128 ตำแหน่งบิต
  12. โครงสร้างอินเทอร์รัทท์ทำได้ 5 แหล่ง พร้อมด้วยการจัดไพรออริตี้ (Priority) ได้ 2 ระดับ
  13. ตัวโปรเซสเซอร์สามารถใช้งานแบบบูลีน (Boolean) ได้ สำหรับการใช้งาน
- ควบคุม
14. มีคำสั่งคูณ และหารทางฮาร์ดแวร์ทำได้ภายใน 4 ไมโครวินาที
  15. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ใช้ได้ทั้งแบบไบนารี (Binary) และ เดซิมีล (Decimal)
  16. การใช้พื้นที่สแต็ก (STACK) สำหรับโปรแกรมย่อยต่าง ๆ ทำได้กว้างขึ้น
  17. ชุดคำสั่งของ MCS-51 มีถึง 256 คำสั่ง

### 3.1 การจัดขาลักษณะภายนอกของ 8031



จากรูปที่ 3.1 เป็นการจัดขาลักษณะภายนอกของ 8031 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

- ขา Vss ขา 20 เป็นขาสำหรับต่อลงกราวด์ (Ground)
- ขา Vcc ขา 40 ต้องการแรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 โวลท์
- ขา PORT 0 (P0.0 - P0.7/AD0 - AD7) ขา 32-39 เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional สามารถที่จะรับโหลดที่ทีแอลได้ 8 ตัว การเขียนค่า "1" ไปที่พอร์ตนี้ จะเป็นการลอย (FLOAT) ขาของพอร์ตนี้ ทำให้มันทำงานเป็นอินพุต มีสถานะอิมพีแดนซ์สูง ในการให้พอร์ตนี้บริการแบบไอโอ พอร์ต 0 จะทำงานเป็นมัลติเพล็กซ์ ด้วยสัญญาณแอดเดรสไบต์ต่ำกับบัสข้อมูล สำหรับการใช้งานด้านหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานแบบนี้จะใช้ลักษณะภายในเป็นตัวพูลอัพ (Pull up) พอร์ต 0 ยังใช้งานเป็นตัวส่งข้อมูลออกทางพอร์ตนี้
- ขา PORT 1 (P1.0 - P1.7) ขา 1-8 เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional พร้อมด้วยการพูลอัพภายใน ถ้าเป็นพอร์ตเอาต์พุต บัฟเฟอร์สามารถขับโหลดที่ทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว พอร์ต 1 เมื่อถูกเขียนค่า "1" ด้วยโปรแกรม มันจะมีสถานะสูงด้วยการพูลอัพภายใน การให้สถานะเช่นนี้จะเป็นการ Initial ใช้งานพอร์ตนี้ให้เป็นอินพุต ขณะที่พอร์ต 1 เป็นอินพุตการให้สัญญาณลงต่ำจะเป็นการจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพภายใน
- ขา PORT 2 (P2.0 - P2.7) ขา 21-28 เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional ด้วยการพูลอัพภายใน พอร์ต 2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เอาต์พุตสามารถจ่ายโหลดที่ทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว พอร์ตจะถูกใช้งานเป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูงด้วย เมื่อใช้งานร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้แอดเดรสได้ถึง 16 บิต ด้วยการใช้งานแบบนี้มันจะมีพูลอัพภายในที่ช่วยให้การส่งค่า "1" ได้ระดับที่แน่นอน
- ขา PORT 3 (P3.0 - P3.7) เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบพูลอัพภายใน นอกจากทำเป็นพอร์ตไอโอที่สามารถรับโหลดที่ทีแอลพวกตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัวแล้ว ยังใช้งานเป็นพิเศษสำหรับตระกูล MCS-51 คือ

ขาพอร์ต	ขา	การทำงานตามฟังก์ชันพิเศษ
P3.0	10	RxD พอร์ตอนุกรมอินพุต
P3.1	11	TxD พอร์ตอนุกรมเอาต์พุต
P3.2	12	INT0 อินเทอร์รัพท์ภายนอกตัวที่ 1
P3.3	13	INT1 อินเทอร์รัพท์ภายนอกตัวที่ 2
P3.4	14	T0 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวตั้งเวลาและตัวนับ 0
P3.5	15	T1 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวตั้งเวลาและตัวนับ 1
P3.6	16	WR สัญญาณควบคุมการเขียน
P3.7	17	RD สัญญาณควบคุมการอ่าน

การที่จะให้ทำงานตามฟังก์ชันข้างบน จะต้องเริ่มโปรแกรมด้วยการส่งค่า "1" ไปแลตช์ไว้ก่อนที่จะทำงานตามฟังก์ชันบน

- ขา RT ขา 9 ต้องคงสถานะสูงเป็นเวลาประมาณอย่างน้อยสองวัฏจักรระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ทำงานขณะที่ต้องการรีเซ็ตทั้งระบบงาน โดยจะต่อรีจิสเตอร์พูลดาวน์ (8.2 กิโลโอห์ม) จากขา RST ลงกราวด์ และเพื่อให้ตัวชิพรีเซ็ตได้โดยอัตโนมัติขณะเปิดไฟ จะใช้คาปาซิเตอร์ (10 ไมโครฟารัด) ต่อคร่อมระหว่างขา RST กับขา Vcc

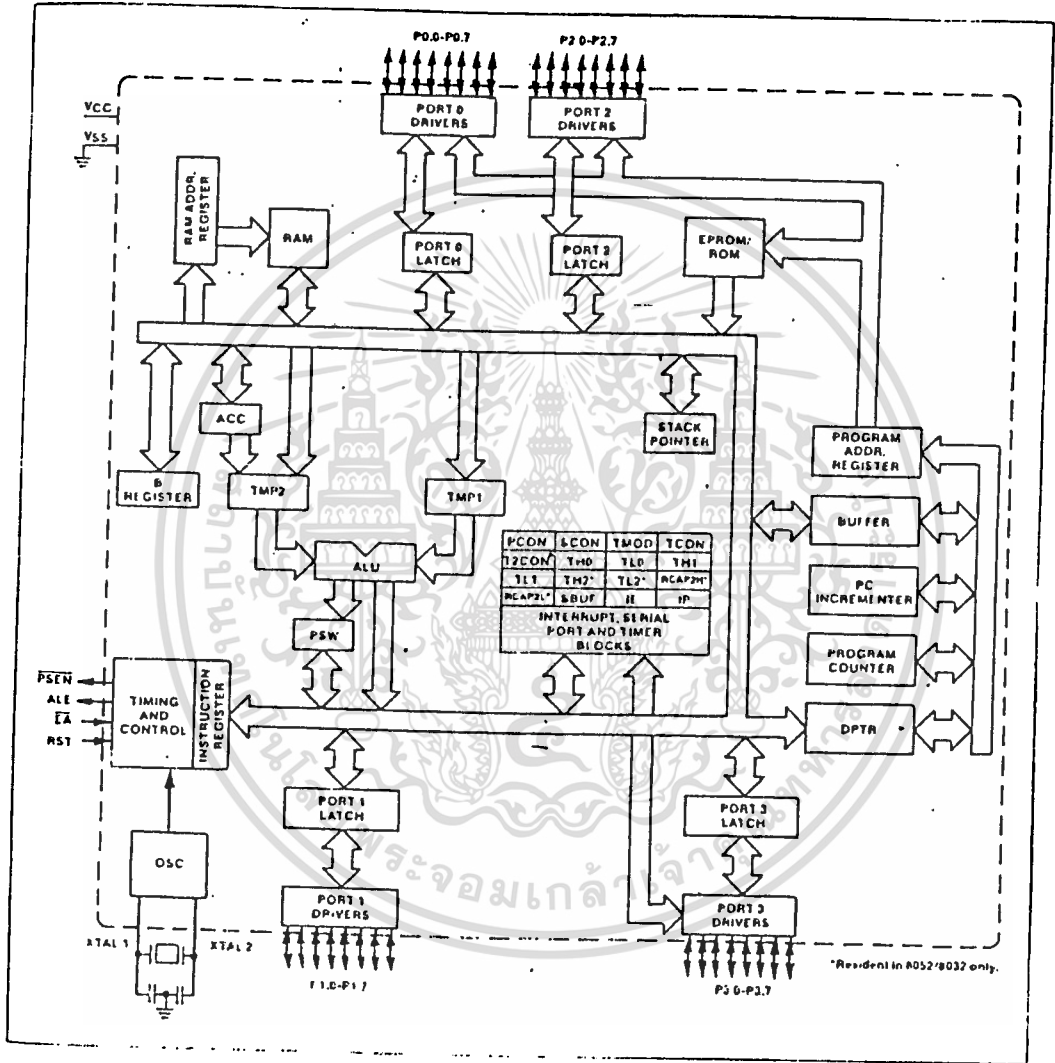
- ขา ALE/PROG ขา 30 เป็นขาแอดเดรสแลตช์อินาเบิลด้วยการส่งพัลส์ออกไปใช้สำหรับแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ต 0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก ALE จะถูกส่งสัญญาณนาฬิกาออกมา ในอัตราความเร็วคงที่ที่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ตลอดเวลา แม้ว่าจะไม่มีการเข้าถึงข้อมูลจากภายนอก ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้สัญญาณจากขานี้เป็นตัวตั้งเวลาภายนอกหรือเป็นความถี่สัญญาณนาฬิกา แต่อย่างไรก็ตามความถี่สัญญาณนี้จะลดความถี่ช้าลงไปเท่าหนึ่งระหว่างการทำงานแบบการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูล

- ขา PSEN ขา 29 Program Storage Enable เป็นสโตรบอ่านข้อมูลจากข้อมูลจากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก เมื่อชิพทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขา PSEN จะไม่มีพัลส์ส่งออก ถ้าชิพทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

- ขา EA/Vpp ขา 31 มีสถานะสูง ตัวชิพในชิพจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน (โดยที่โปรแกรมจะต้องไม่ยาวกว่า 4 กิโลไบต์) การทำให้ EA มีสถานะต่ำจะเป็นการควบคุมให้ชิพทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งขยายโปรแกรมได้ยาวถึง 64 กิโลไบต์ ขา EA จะต้องต่อลงกราวด์เช่นกันแม้ว่าจะไม่มี ROM อยู่ภายในก็ตาม

- ขา XTAL1 ขา 19 ใช้เป็นตัวอินพุตเข้าสู่ตัวออสซิลเลเตอร์ขยายแบบ Invert

- ขา XTAL2 ขา 18 ใช้เป็นตัวเอาต์พุตจากตัวออสซิลเลเตอร์ขยายแบบ Invert



รูปที่ 3.2 สถาปัตยกรรม 8031

### 3.2 การจัดการทางสถาปัตยกรรม

รูปที่ 3.2 เป็นบล็อกที่ถูกแบ่งตามลักษณะงานในการจัดการภายในของ MCS-51 โดยซึ่งเกิดขึ้นแต่ละตัวของตระกูลนี้จะประกอบด้วยหน่วยศูนย์กลางประมวลผล หน่วยความจำสองชนิดคือ แบบ ROM กับโปรแกรม ROM หรือ EPROM พอร์ตเอาต์พุต อินพุต และโหมดรีจิสเตอร์สถานะและข้อมูล ส่วนวงจรตรรกในการ RANDOM ที่จำเป็นสำหรับตัวแปรของฟังก์ชันการต่อพ่วงส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้จะติดต่อกันด้วยบัสข้อมูลขนาด 8 บิต และจะมีบัฟเฟอร์สำหรับการติดต่อข้อมูลกับภายนอกผ่านพอร์ตไอโอ เมื่อต้องการขยายหน่วยความจำหรือพอร์ตไอโอ

### 3.3 หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู

ซีพียูเป็นมันสมองของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอ่านโปรแกรมและทำงานตามคำสั่งโปรแกรมจะถูกเก็บไว้ในส่วนนี้ โดยการใช้ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ ทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ A, B, PSW (Program Status Word) และ SP (Stack Pointer) และรีจิสเตอร์ 16 บิตตัวนับโปรแกรม (PC: Program Counter) และตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล (DPTR: Data Pointer) ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ (ALU: Arithmetic Logic Unit) เอแอลยูนี้ทำงานในฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ด้วยตัวแปรต่าง ๆ ขนาด 8 บิต ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็นบวก ลบ คูณ หาร และรวมทั้งทางตรรกศาสตร์เป็น AND OR XOR รวมทั้งการเลื่อนและวนรอบบิต การเคลียร์ค่า และกลับค่า (Complement) ฯลฯ ALU ยังสามารถที่จะตัดสินใจให้กระโดดไปทำคำสั่งโปรแกรมในส่วนอื่น ๆ ตามข้อกำหนดที่ตั้งขึ้น และยังแบ่งรีจิสเตอร์ชั่วคราว ใช้สำหรับให้ข้อมูลเป็นทางผ่านชั่วคราวในการถ่ายเทข้อมูลภายในระบบคำสั่งอื่นที่ถูกสร้างในการใช้ ALU นี้ ยังมีความสามารถที่จะให้ค่าในรีจิสเตอร์เพิ่มขึ้นครึ่งละหนึ่ง ในลักษณะการบวกด้วยค่าหนึ่ง (Increment) หรือคำนวณเลขที่อยู่ข้อมูลที่จะนำไปเก็บ หรือการลดค่าลงครึ่งละหนึ่ง ในลักษณะการลบด้วยค่าหนึ่ง (Decrement) โดยอัตโนมัติ หรือใช้ในการเปรียบเทียบค่าของตัวแปรทั้งสอง

สิ่งที่สำคัญในการทำงานทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 คือ สามารถที่ทำได้ทีขนาดข้อมูล 8 บิต และ 1 บิต การใช้งานในแต่ละบิตในการเซต เคลียร์ หรือกลับค่า การเคลื่อนย้าย ทดสอบ และใช้ในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิต ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับการใช้งานควบคุมที่มีการคิดและออกแบบทางตรรกด้วย Boolean ของสัญญาณเข้าและออก ซึ่งโดยปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่ว ๆ ไป ด้วยลักษณะงานเช่นนี้จึงได้ชื่องานอีกอย่างหนึ่งว่า Boolean Processor

#### 3.3.1 แอควิวมิวเลเตอร์ (Accumulator : ACC)

MCS-51 ก็เช่นเดียวกับ MCS-48 ใช้ ACC ขนาด 8 บิตเป็นแอควิวมิวเลเตอร์หลัก โดยคำสั่งส่วนใหญ่จะอ้างถึงตัวรีจิสเตอร์นี้ ถือเป็นค่าตัวตั้งและรับผลลัพธ์จากคำสั่งทางคณิตศาสตร์เช่น บวก ลบ คูณ หาร เข้ามาเก็บไว้ ตัว ACC ยังสามารถใช้เป็นตัวแหล่งไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลดค่า 23 หรือหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทำหรือถูกกระทำในการทำงานทางตรรก และใช้ในการถ่ายเทข้อมูลติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ไอโอและหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูล

### 3.3.2 รีจิสเตอร์ B

เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้งานในคำสั่งของการคูณและหาร ใช้เป็นตัวคูณหรือตัวหาร และเป็นที่ยึดผลลัพธ์ตัวที่สองหลังการคูณและหาร

### 3.3.3 คำแสดงสถานะโปรแกรม (Program Status Word : PSW)

รีจิสเตอร์ PSW เป็นรีจิสเตอร์ที่แสดงผลที่ได้หลังจากการใช้คำสั่งต่าง ๆ และใช้เป็นตัวเลือกกลุ่มการทำงานของรีจิสเตอร์กลุ่มต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.3

### 3.3.4 ตัวชี้สแต็ก (Stack Pointer : SP)

MCS-51 จะรวมเอาสแต็กทางฮาร์ดแวร์ที่ใช้ RAM ภายใน สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมหลัก การผ่านพารามิเตอร์ระหว่างงานในแต่ละส่วนโปรแกรม และการใช้สแต็กเก็บตัวแปรข้อมูลชั่วคราว หรือการเก็บสถานะระหว่างการบริการงานอินเทอร์รัพท์ โดยที่ SP จะมีขนาด 8 บิต จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะนำมาเก็บในหน่วยความจำระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าของ SP ลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลไปแล้วในคำสั่ง POP หรือ RETURN โดยทฤษฎีทางสถาปัตยกรรม MCS-51 สามารถใช้สแต็กให้มีเนื้อที่ถึง 128 ไบต์ แต่ในทางปฏิบัติ สำหรับโปรแกรมทั่วไปจะใช้น้อยกว่านี้ SP จะถูกเริ่มตำแหน่งที่ 07H ดังนั้น สแต็กจะเริ่มบรรจุข้อมูลที่ 08H MCS-51 สามารถเปลี่ยนแปลงค่าใน SP ก็เลยเปลี่ยนตำแหน่งสแต็กได้ในที่ใด ๆ ของ RAM ภายใน

### 3.3.5 ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer : DPTR)

DPTR รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ประกอบด้วยไบต์สูง (DPH) และไบต์ต่ำ (DPL) ที่สามารถที่จะเลือกแบ่งรีจิสเตอร์ 8 บิตให้ใช้ได้โดยอิสระ หรือจะใช้รวมกันทั้ง 16 บิต ในการ Increment หรือ Decrement เพื่อประโยชน์ใช้เป็นฐานเลขที่อยู่รีจิสเตอร์ในการกระโดดโดยอ้อม การใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูลและชี้ตำแหน่งเลขที่อยู่ความจำข้อมูลภายนอก

### 3.3.6 พอร์ต 0 ถึง 3

รีจิสเตอร์ P0, P1, P2 และ P3 ของกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR) จะเป็นตัวเลขค่าของพอร์ต 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

### 3.3.7 บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งเป็นสองรีจิสเตอร์ ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์ส่ง และอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์รับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF มันจะถ่ายเข้าบัฟเฟอร์ส่งซึ่งเป็นตัวจัดการส่งข้อมูลอนุกรม วิธีการเคลื่อนย้ายเข้า SBUF ขึ้นอยู่กับการเริ่ม (Initial) การส่ง เมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.8 รีจิสเตอร์ควบคุม

กลุ่ม SFR ที่เป็น IP, IE, TMOD, TCON, SCON และ PCON จะประกอบด้วยบิตที่ใช้ในการควบคุมและแสดงสถานะของการทำงานในระบบอินเทอร์รัพท์ ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ และพอร์ตอนุกรม

(MSB)				(LSB)			
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

สัญลักษณ์	ตำแหน่ง	ข้อกำหนดการทำงาน		
CY	PSW7	แฟล็กตัวทด จะเซต/เคลียร์ด้วยอาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ระหว่างการใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์ หรือตรรกศาสตร์ที่แน่นอน		
AC	PSW6	แฟล็กตัวทดของ Auxiliary จะเซต/เคลียร์ด้วยอาร์ดแวร์ระหว่างการบวกและลบ ที่แสดงผลจากการทดหรือยืมจากบิตที่ 3 $2^3$ $b_3$		
F0	PSW5	แฟล็ก 0 จะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้กำหนดสถานะแฟล็กนี้เอง		
RS1	PSW4	รีจิสเตอร์ตัวควบคุมการเลือกแบงค์ด้วยค่า RS1 และ RS0		
RS0	PSW3	จะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ เพื่อเลือกกลุ่มรีจิสเตอร์ทำงานแบงค์ โดยปรับค่าใน RS1 และ RS0 ให้อิงกับบิตคลุ่มลักษณะการเลือกแบงค์ต่อไปนี้		
	RS1	RS0	เลือกแบงค์	ค่าแอดเดรส
	0	0	แบงค์ 0	00H - 07H
	0	1	แบงค์ 1	08H - 0FH
	1	0	แบงค์ 2	10H - 17H
	1	1	แบงค์ 3	18H - 1FH
OV	PSW2	แฟล็ก Overflow จะเซต/เคลียร์ด้วยอาร์ดแวร์ระหว่างการใช้คำสั่งที่แสดงผลถึงการเกิดลักษณะ Overflow		
-	PSW1	บิตสำรอง		
P	PSW0	แฟล็กพาริตี จะเซต/เคลียร์ด้วยอาร์ดแวร์ในแต่ละวัฏจักรคำสั่ง แสดงถึงตัวเลขค่า "1" ในแต่ละบิตของแอกคิวมิวเลเตอร์ เช่น "1" มี 6 ตัว จะเป็นพาริตีคู่ P บิตจะเท่ากับ 0		

รูปที่ 3.3 รีจิสเตอร์ค่าแสดงสถานะโปรแกรม PSW

**หมายเหตุ** อธิบายความหมายอาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในตารางต่าง ๆ ในแต่ละบิตของตัวรีจิสเตอร์นี้ การที่บิตจะเซตหรือเคลียร์นั้น ถ้าเกิดขึ้นจากอาร์ดแวร์ จะหมายถึงว่าค่าบิตในรีจิสเตอร์ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 25 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

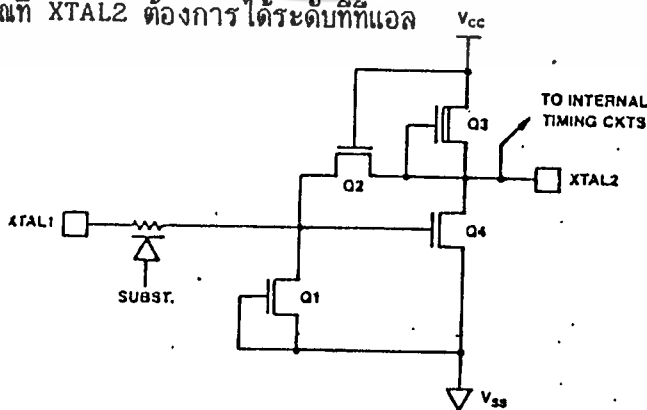
จะเกิดเซตตัวเอง เนื่องจากผลของความหมายของการทำงานตามคำสั่งของบิทนั้น เช่น T1 จะเซตตัวเองด้วยฮาร์ดแวร์ เมื่อการส่งข้อมูลได้สิ้นสุดถึง STOP บิทแล้ว ช่วยให้เราสามารถตรวจสอบได้ว่าการส่งข้อมูลครั้งละ ไบต์นั้นสิ้นสุดหรือยัง ถ้ายัง จะได้รอต่อไปก่อน หรือมีการคำนวณแล้วผลลัพธ์เกิด Overflow ใน PSW ก็เซตตัวเองที่บิท OV ส่วนทางซอฟต์แวร์ หมายถึงเราสามารถที่จะเซตหรือเคลียร์ได้ด้วยการใช้คำสั่งต่าง ๆ ในการเซตหรือเคลียร์ในบิทแต่ละบิทของรีจิสเตอร์ เป็นลักษณะทางซอฟต์แวร์

### 3.4 การจัดการหน่วยความจำ

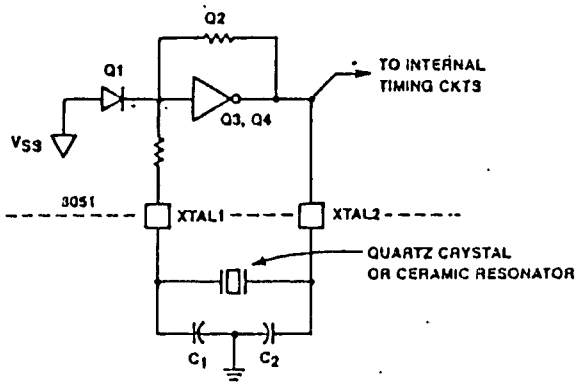
ตัว MCS-51 จะแยกแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล โปรแกรมหน่วยความจำขยายได้ถึง 64 กิโลไบต์ ความจำข้อมูลมี 128 ไบต์ และอีก 128 ไบต์ใช้สำหรับรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR) และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกอีก 64 กิโลไบต์

### 3.5 ออสซิลเลเตอร์

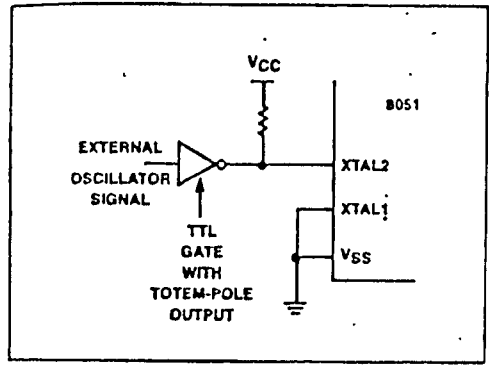
วงจรออสซิลเลเตอร์ที่อยู่ในชิปสำหรับแบบ HMOS จะเป็น Single Linear Inverter ตามรูป 3.4 เพื่อให้ใช้คริสตอลความถี่ เป็นออสซิลเลเตอร์แบบรีแอ็กทีฟบวก ดังรูป 3.5 ในการใช้งานคริสตอลนี้จะทำงานที่โหมด Fundamental เสมือนเป็น Inductance โดยต่อขานานตัวคาปาซิเตอร์ภายนอกกับตัวคริสตอล การกำหนดตัวคริสตอลและค่าคาปาซิเตอร์ C1 และ C2 ในรูป 3.5 ไม่ค่อยวิกฤตนัก อาจจะมีค่าประมาณ 30 PF สำหรับทุกความถี่ของตัวคริสตอลชนิดนี้ ส่วนการใช้ Ceramic Resonator ค่าคาปาซิเตอร์ที่มาต่อจะมีค่าสูงกว่า โดยมีค่าประมาณ 47 PF การใช้ค่าคาปาซิเตอร์อาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับตัว Ceramic Resonator นั้น ๆ การขับตัว HMOS ด้วยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกก็กระทำได้เช่นกัน โดยต่อเข้าที่ขา XTAL2 และต่อลงดินที่ขา XTAL1 ดังรูปที่ 3.6 การใช้พูล์อันทัวตันทาน ควรจะใช้เพราะระดับสัญญาณที่ XTAL2 ต้องการได้ระดับที่ทีแอล



รูปที่ 3.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51 แบบ HMOS



รูปที่ 3.5 การใช้วงจรออสซิลเลเตอร์บน HMO51 ชิพ



รูปที่ 3.6 การจ่ายสัญญาณนาฬิกาภายนอกในการชิพ HMOS MCS-51

### 3.6 ช่วงจังหวะเวลาของชิพ

วัฏจักรแมซินประกอบด้วย 6 สถานะ หรือเท่ากับ 12 คาบของออสซิลเลเตอร์ แต่ละสถานะจะแบ่งเป็นเฟส 1 (P1) ครึ่งหนึ่งเป็นช่วงเฟส 1 แอ็กทีฟ และเฟส 2 (P2) เป็นช่วงเฟส 2 แอ็กทีฟ ดังนั้นในแต่ละวัฏจักรแมซิน จะประกอบด้วย 12 คาบของออสซิลเลเตอร์ เป็นจำนวน S1P1 คือ สถานะที่ 1 เฟสที่ 1 ถึง S6P2 คือ สถานะที่ 6 เฟสที่ 2 โดยปกติการทำงานแบบคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์จะทำในช่วงเฟส 1 และการถ่ายเทข้อมูลภายในระหว่างรีจิสเตอร์จะทำในช่วงเฟส 2

ตามแผนภูมิในรูป 3.7 แสดงถึงช่วงเวลาการเฟรช และจะทำงานอ้างอิงถึงลักษณะภายในและเฟส เนื่องจากสัญญาณนาฬิกาภายในใช้ไม่สามารถที่จะควบคุมการเข้าถึงภายในได้ โดยปกติ ALE จะแอ็กทีฟ 2 ครั้งในแต่ละวัฏจักรแมซิน และจะเกิดขึ้นระหว่าง S1P2 ถึง S2P1 ครึ่งหนึ่ง และระหว่าง S4P2 ถึง S5P1 อีกครึ่งหนึ่ง

การทำงานของแต่ละวัฏจักรคำสั่งจะเริ่มที่ S1P2 เมื่ออ็อบไคด์เก็บเข้าในรีจิสเตอร์คำสั่ง หรืออ่านอ็อบไคด์เข้ามา ถ้าคำสั่งมีสองไบต์ ไบต์ที่สองจะถูกอ่านในช่วง S4 ภายในวัฏจักรแมซินเดียวกัน ก็เป็น 1 ไบต์คำสั่ง และยังคงเฟรชที่ S4 แต่ไบต์ที่ถูกอ่าน (ซึ่งควรจะเป็นไบต์ที่สองของคำสั่งเดียวกัน) จะไม่มีผล และตัวนับโปรแกรม (PC) จะยังไม่เพิ่มค่าไม่ว่ากรณีใด การทำงานจะสมบูรณ์ที่ปลายของ S5P2 ตามรูปที่ 3.7(A) กับ 3.7(B) เป็นการแสดงแผนภูมิเวลาสำหรับ 1 ไบต์ใน 1 รอบคำสั่ง กับ 2 ไบต์ใน 1 รอบคำสั่ง

คำสั่ง MCS-51 ส่วนใหญ่จะทำงานในช่วงหนึ่งวัฏจักรยกเว้นคำสั่ง MUL (คูณ) DIV (หาร) ที่ใช้มากกว่าสองวัฏจักรในการที่จะทำงานให้สมบูรณ์ได้จะใช้ถึงสี่วัฏจักร ปกติรหัสสองไบต์จะถูกเฟรชจากหน่วยความจำโปรแกรมช่วงทุกวัฏจักรแมซิน ยกเว้นคำสั่งพิเศษ คือ MOVX ซึ่งมี 1 ไบต์คำสั่ง แต่จะใช้เวลาสองวัฏจักร ในการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ระหว่างการทำคำสั่ง MOVX การเฟรชจะถูกสลับหรือหายไป ขณะที่หน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะถูกแอดเดรสและสไตรบหรือกรับเข้าไปในชิพ

รูป 3.7(C) และ 3.7(D) เป็นการแสดงแผนภูมิเวลาปกติของคำสั่งประเภท 1 ไบต์แต่ใช้ 2 วัฏจักรแมซิน

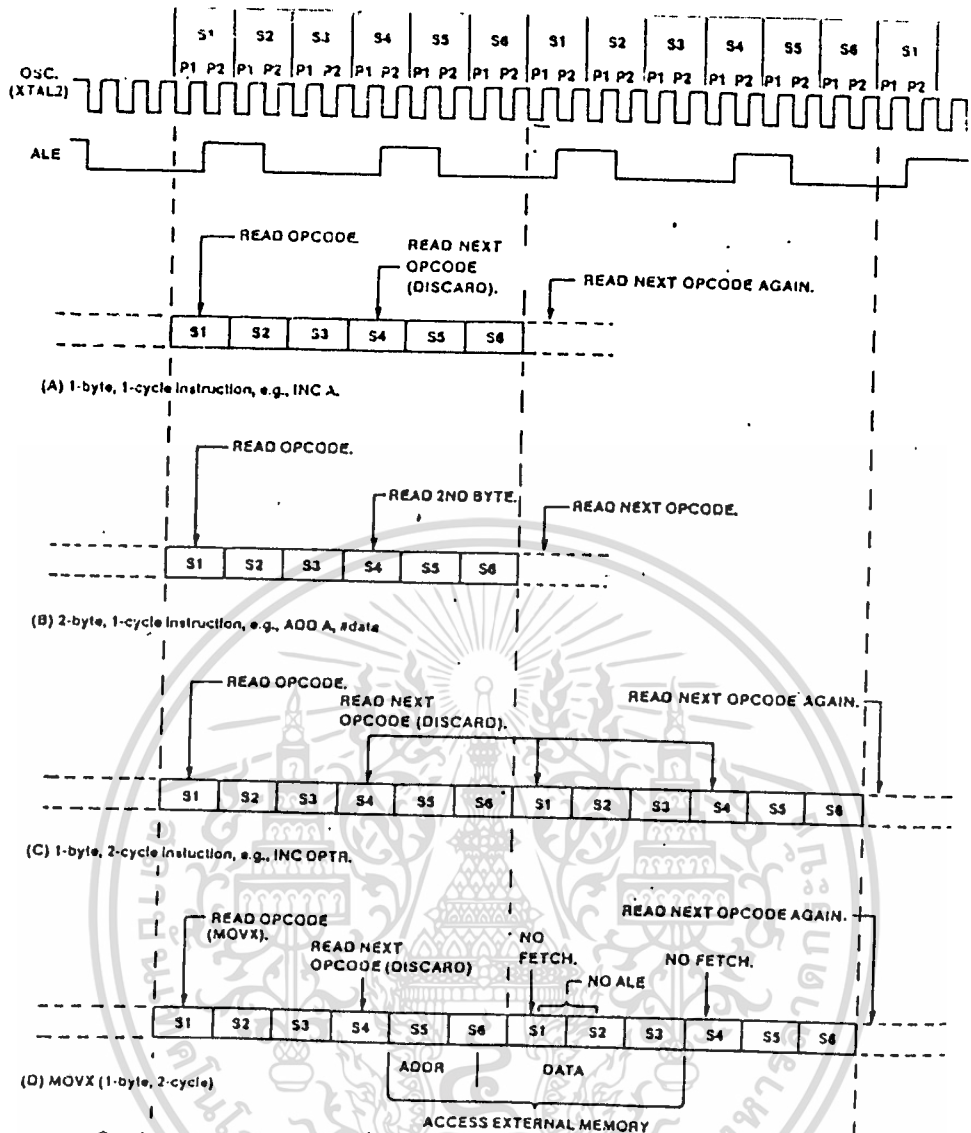
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 โครงสร้างพอร์ตและการทำงาน

ทั้งสี่พอร์ตใน MCS-51 เป็นแบบสองทิศทาง แต่ละพอร์ตจะประกอบด้วยแลตซ์เป็น PO ถึง P3 ของ SFR จะมีตัวขับเอาต์พุตและบัฟเฟอร์อินพุต ตัวขับเอาต์พุตของพอร์ต 0 และ 2 และบัฟเฟอร์อินพุตของพอร์ต 0 จะใช้งานในการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานที่เอาต์พุตพอร์ต 0 จะเป็นตัวกำหนดไบต์อันดับต่ำของแอดเดรสหน่วยความจำภายนอก ค่าแอดเดรสและค่าข้อมูลจะถูกผลิตเพิล็กซ์ด้วยช่วงจังหวะการเฟรซและการอ่านหรือเขียนข้อมูล และเอาต์พุตพอร์ต 2 จะเป็นตัวกำหนดส่งไบต์สูงของแอดเดรสในการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก บางขาของตัวขับเอาต์พุตและบัฟเฟอร์อินพุตของพอร์ต 1 และพอร์ต 3 ทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานเป็นหลายฟังก์ชัน (Multifunction) ได้ดังนี้

ขาพอร์ต	การใช้งานตามฟังก์ชัน
P3.0	RxD (พอร์ตรับข้อมูลอนุกรม)
P3.1	TxD (พอร์ตส่งข้อมูลอนุกรม)
P3.2	INT0 (การใช้อินเทอร์รัพท์ภายนอกตัวที่ 1)
P3.3	INT1 (การใช้อินเทอร์รัพท์ภายนอกตัวที่ 2)
P3.4	T0 (Timer/Counter 0 สัญญาณอินพุตภายนอก)
P3.5	T1 (Timer/Counter 1 สัญญาณอินพุตภายนอก)
P3.6	WR (สวิตรบบการเขียนหน่วยความจำภายนอก)
P3.7	RD (สวิตรบบการอ่านหน่วยความจำภายนอก)

ตัวขับเอาต์พุตแลตซ์ในการที่จะให้ทำงานตามตารางบน จะต้องเริ่มโปรแกรมด้วยการเซตค่า "1" เก็บในแลตซ์ก่อน



รูปที่ 3.7 แสดงถึงช่วงจังหวะการเฟตช์ และการทำงานตามลำดับที่อ้างถึงลักษณะภายในและเฟส 3.8 การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก

การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอกมี 2 แบบ คือ การเข้าถึงของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก กับของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การเข้าถึงของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะใช้ขาสัญญาณ PSEN (Program Store Enable) แอ็กทีฟต่ำ เป็นสวิตช์ควบคุมการอ่านและการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะใช้ขา RD หรือ WR แอ็กทีฟต่ำเป็นสัญญาณสวิตช์ควบคุมหน่วยความจำ

การเฟตช์โปรแกรมภายนอกจะใช้ขาแอดเดรส 16 บิตเสมอ ส่วนการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลสามารถใช้กำหนดเลขที่อยู่ได้ทั้ง 16 บิตแอดเดรส เช่น MOVX @DPTR หรือ 8 บิตแอดเดรส เช่น MOVX @Ri

เมื่อไรที่ใช้ 16 บิตแอดเดรส ไบต์สูงของค่าแอดเดรสจะส่งออกที่พอร์ท 2 และจะคงสถานะค่านั้นตลอดในช่วงวัฏจักรการอ่านและเขียน ระหว่างช่วงเวลานี้ตัวเลขที่ของพอร์ท 2 ใน SFR จะไม่ต้องประกอบด้วยค่า "1" และค่าข้อมูลใน SFR จะไม่มีการเซตไปถ้าช่วงวัฏจักรการ

การใช้หน่วยความจำภายนอกไม่มีการเข้าถึงข้อมูลในวัฏจักรต่อมา ค่าใน SFR ของพอร์ต 2 จะปรากฏค่าเดิมกลับมาใหม่ในวัฏจักรตัวต่อมา

ถ้าใช้เป็น 8 บิตแอดเดรส ค่าใน SFR ของพอร์ตจะยังคงค่าเดิมที่ขาพอร์ต 2 ตลอดช่วงวัฏจักรการใช้ความจำภายนอก ซึ่งลักษณะนี้จะเป็นการใช้งานด้านเพจของหน่วยความจำ

ในกรณีใช้แอดเดรสไบต์ต่ำเป็นช่วงเวลาพัลส์เดียวกับข้อมูลของพอร์ต 0 ขาสัญญาณแอดเดรส / ข้อมูล จะขับ FET ทั้ง 2 ตัวในพอร์ต 0 เป็นบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลออก ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 จะไม่มีการรับกระแสเข้า จึงไม่จำเป็นต้องพูลอ์นจากภายนอก สัญญาณ ALE (Address Latch Enable) ก็จะใช้เป็นขาควบคุมรับไบต์แอดเดรสเก็บไว้ภายนอก ซึ่งค่าแอดเดรสจะคงที่ที่ช่วงขอบขาลง ALE ดังนั้นในวัฏจักรการเขียนข้อมูลจะถูกเขียนออกไปที่พอร์ต 0 ก่อนที่ WR จะแฉีกที่ฟต่ำ ส่วนวัฏจักรการอ่านข้อมูลจะรับเข้ามาที่พอร์ต 0 ก่อนสไตรบการอ่านจะปรากฏเล็กน้อย และระหว่างการเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก ตัวซีพียูจะส่งค่า OFFH มาเก็บไว้ที่พอร์ต 0 ของ SFR

การใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก จะขึ้นอยู่กับสองกรณีคือ

1. เมื่อไรก็ตามที่ EA แฉีกที่ฟ หรือ
2. เมื่อไรก็ตามที่ตัวนับโปรแกรม PC ประกอบด้วยตัวเลขที่มีค่า OFFFH

ในรุ่นที่ไม่มี ROM ในตัว ให้ใช้ค่าแฉีกที่ฟต่ำป้อนที่ขา EA เพื่อกำหนดเฟรซีโปรแกรมภายนอกที่มีต่ำกว่า 4 กิโลไบต์ได้

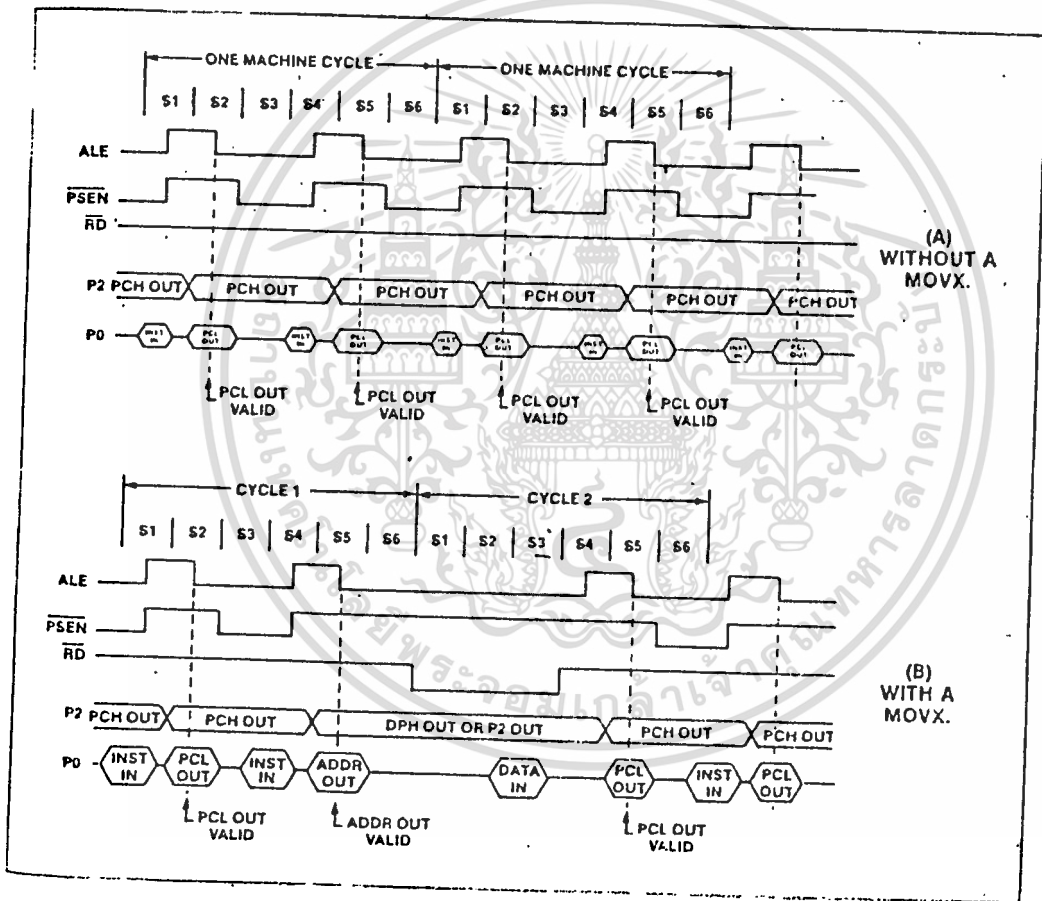
เมื่อซีพียูทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ทั้ง 8 บิต ค่าพอร์ต 2 จะส่งค่าแอดเดรสออกมาด้วย ทำให้ไม่สามารถจะใช้งานเป็นไอโอได้ในระหว่างการเฟรซีโปรแกรมภายนอก และระหว่างการเข้าถึงของข้อมูลภายนอก พอร์ต 2 จะส่งทั้ง DPH หรือ SFR ขึ้นอยู่กับการใช้คำสั่งว่าใช้แบบให้คำสั่งส่งเอาท์พุทออกที่ DPH ก็จะใช้คำสั่ง MOVX @DPTR หรือใช้แบบให้ข้อมูลส่งข้อมูลออกที่พอร์ต P2 ของ SFR ก็จะใช้คำสั่ง MOVX @Ri

### 3.8.1 สัญญาณ PSEN

ใช้เป็นการควบคุมเฟรซีการอ่านโปรแกรมภายนอก PSEN จะไม่แฉีกที่ฟถ้ามีการเฟรซีโปรแกรมภายใน เมื่อซีพียูเข้าถึงการใช้โปรแกรมภายนอก PSEN จะแฉีกที่ฟ 2 ครั้งในแต่ช่วงวัฏจักรการเฟรซี ยกเว้นคำสั่ง MOVX ช่วงเวลาของการที่ PSEN เกิดแฉีกที่ฟจะไม่เหมือนกับช่วง RD แฉีกที่ฟ ช่วงวัฏจักรการอ่านที่สมบูรณ์จะรวมเอาช่วงที่ ALE แฉีกที่ฟ และแฉีกที่ฟซ้ำลูกที่สองกับสัญญาณการควบคุม RD ที่เกิดพัลส์ต่ำ ประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งจะใช้เวลา 12 คาบสัญญาณนาฬิกา ส่วนช่วงเวลาของ PSEN ที่สมบูรณ์จะรวมเอาช่วงที่ ALE แฉีกที่ฟ และแฉีกที่ฟซ้ำลูกที่สองกับสัญญาณควบคุม PSEN ประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งจะใช้เวลา 6 คาบสัญญาณนาฬิกา ลักษณะการทำงานตามลำดับของวัฏจักรการอ่านทั้ง 2 แบบ แสดงในรูปที่ 3.8

### 3.8.2 สัญญาณ ALE

ฟังก์ชันหลักของ ALE คือ การใช้งานด้านให้จังหวะที่แน่นอนในการแลตช์เอาไบต์ต่ำของแอดเดรสจาก P0 ไปเก็บไว้ที่ภายนอก เพื่อใช้ในการถอดรหัสแอดเดรสโปรแกรมภายนอก. โดยจะให้ ALE ทำงานอีกครั้งสองครั้งในทุก ๆ วัฏจักรแมชชีน สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นตลอดแม้ว่าจะไม่ได้เฟรชจากภายนอก ช่วงเวลาเดียวเท่านั้นที่ ALE ไม่เกิดพัลส์ คือ ระหว่างการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก ตามรูปที่ 3.8(B) จะเห็นว่าพัลส์แรกของ ALE ในวัฏจักรที่สองของคำสั่ง MOVX ขาดหายไป หรือมีเพียงพัลส์เดียวในหนึ่งคำสั่ง ลักษณะพัลส์ที่เกิดขึ้นคงที่ในอัตรา 1/6 ของสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ และสามารถนำมาใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาภายนอก หรือกำหนดเวลาได้



รูปที่ 3.8 จังหวะการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก

## โปรแกรม

ซอร์สโค้ดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง ของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ เสมือนเป็นหัวใจของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ การทำงานของส่วนซอร์สโค้ด เริ่มโดยการอ่านโปรแกรม(ซึ่งถูกแปลงเป็นซอร์สโค้ด(Source Code)เก็บไว้ใน ฮาร์ดแวร์)เข้ามาในซีพียู 8031 และ ทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่อ่านเข้ามา แล้วส่งผลไปแสดงผ่านทางส่วนฮาร์ดแวร์ โดยมี โปรแกรมเคาน์เตอร์(Program Counter)เป็นตัวแสดงว่า ต้องอ่านโปรแกรมที่ตำแหน่งเท่าไร ความเร็วในการทำงานของส่วนซอร์สโค้ด ขึ้นอยู่กับ สัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้ ซีพียูทำงาน ดังนั้นจะเห็นว่าในการที่จะทำความเข้าใจถึงการออกแบบและการทำงานของ ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ นั้น เราต้องเข้าใจถึงส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และขั้นตอนกระบวนการทำงานของส่วนซอร์สโค้ดให้ละเอียดเสียก่อน ส่วนทางฮาร์ดแวร์ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อน ในที่นี้จะกล่าวถึงส่วนทางซอร์สโค้ด

ส่วนโปรแกรมทางซอร์สโค้ดแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

#### 1. โปรแกรมควบคุมการทำงานของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้

ในการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้ จะเป็นการทำงานของการจัดระบบต่างๆ ตั้งแต่เซตค่าคอนโทรล รีจิสเตอร์ หรือรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ เซตค่าพารามิเตอร์ในโหมดควบคุม กำหนดขั้นตอนการทำงาน การรับข้อมูลที่ผ่านมาจาก เวกต์ 0809 การส่งข้อมูลที่ประมวลผลได้ ผ่านทาง ดีทูเอ MC1408 การแสดงผลข้อมูลทางส่วนแสดงผล การรับค่าข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านทางคีย์บอร์ด ที่ต่อเข้ากับ พอร์ต 1.0-1.7 การจัดส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (แรม 6264) ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ตลอดจนการตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานของ ตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ ในการเขียนโปรแกรมส่วนนี้จะต้องทำความเข้าใจถึงขั้นตอนกระบวนการทำงานของส่วนวงจรฮาร์ดแวร์ ให้ละเอียดว่ามีการทำงานอย่างไรระหว่างการทำงานของโปรแกรม

รูป 4.1 แสดงโฟลวชาร์ต(Flowchart) การทำงานของ เมนโปรแกรม(Main Program) เริ่มต้นด้วยการเซตค่ารีจิสเตอร์ต่างๆ จากนั้นจะเข้าสู่ทีน(Routine)การรับข้อมูล ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดภายหลัง เมื่อรับข้อมูลต่างๆหมดแล้วนั้น จะรอรับการกดคีย์ ว่าเป็นคีย์รัน (RUN) หรือไม่ ถ้าใช่จะไปทำงานในโหมดที่เราบอค่าในตอนรับข้อมูล

รูป 4.2 แสดงโฟลวชาร์ต ส่วนการรับข้อมูล ว่าผู้ใช้ต้องการทำงานในโหมดไหน มีค่าขอบเขตและเซตนิยน์ เท่าไร

รูป 4.3 แสดงโพลชาртการรับข้อมูล ในการรับข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาใน เราต้องทราบ ลักษณะข้อมูลของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ก่อน (ดูรายละเอียดในส่วนการคำนวณ) เมื่อมีการกดคีย์นั้นๆ เช่น เป็นคีย์ฟังก์ชัน (FNC) ก็จะเข้าสู่ rutin ฟังก์ชัน และจะรอรับคีย์อีกว่าเป็นคีย์ฟังก์ชันอะไร

รูป 4.4 แสดงรายละเอียดของ rutin ฟังก์ชัน

รูป 4.5 แสดงการจัดเรียงข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา

2. โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ในการทำงานของส่วนนี้ จะเป็นการทำงานโดยนำข้อมูลที่มีอยู่ มาประมวลผล ซึ่งได้แก่ การแปลงเลขฐาน 10 เป็นฐาน 16 การ บวก ลบ คูณหาร ซึ่งขั้นตอนในการประมวลผลจะมีส่วนสำคัญมาก เพราะถ้าโปรแกรมที่เขียนนั้นทำงานได้รวดเร็ว ก็ จะส่งผลให้ การทำงานของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ นั้นเร็วขึ้นด้วย

ลักษณะของการเก็บข้อมูล ข้อมูลจะถูกเก็บ 1 คำ โดยใช้ 4 ไบต์

ไบต์ ที่ 1 แสดงเครื่องหมายโดย 00 = + , FF = -

ไบต์ ที่ 2,3 แสดงส่วน จำนวนเต็ม

ไบต์ ที่ 4 แสดงส่วนทศนิยม

ตัวอย่าง เช่น

00 00 01 00 = 256.5 ฐาน 10

00 FF 01 10 = 272055 ฐาน 10

ในการแปลงเลขฐาน 10 เป็นฐาน 16 นั้น มีขั้นตอนการทำงานดังรูป 4.6

ตัวอย่าง เช่น

แปลงเลข 1234.55 เป็นฐาน 16 ได้

เลข 1 หลักพัน เปิด ตาราง ได้ ค่า 3E8

เลข 2 หลักร้อยเปิด ตาราง ได้ ค่า E8

เลข 3 หลักสิบ เปิด ตาราง ได้ ค่า 1E

เลข 4 หลักหน่วยเปิด ตาราง ได้ ค่า 4

เพราะฉะนั้น ได้ส่วน จำนวนเต็ม = 3E8 + E8 + 1E + 4  
= 4D2

เลข 5 ในทศนิยมตำแหน่งที่ 1 เปิด ตาราง ได้ = 80

เลข 5 ในทศนิยมตำแหน่งที่ 2 เปิด ตาราง ได้ = 80

เพราะฉะนั้น ส่วนทศนิยมได้ 80+080 = 88

และได้ 1234.55 = 4D2.88

- รูป 4.6 แสดงโพลซาร์ต การแปลงเลขฐาน 10 เป็นฐาน 16
- รูป 4.7 แสดงโพลซาร์ต การบวก ตามแบบข้อมูลที่กำหนดไว้แล้ว
- รูป 4.8 แสดงโพลซาร์ต การลบ ตามแบบข้อมูลที่กำหนดไว้แล้ว
- รูป 4.9 แสดงโพลซาร์ต การคูณ โดยใช้คำสั่งคูณของ MCS-51
- รูป 4.10 แสดงโพลซาร์ต การหาร โดยวิธีการเลื่อนบิตและเซตค่า

4. โปรแกรมฟังก์ชันการควบคุมแบบต่างๆ ประกอบไปด้วย โปรแกรมควบคุม โหมดต่างๆ เช่นโหมด P PI PID ON/OFF เป็นต้น โดยมีหลักการคือรับสัญญาณอนาลอก จากกระบวนการมาประมวลผล ด้วยสมการดิคริต เพื่อให้ 8031ประมวลผลได้ แล้วแปลงเป็นสัญญาณอนาลอก เป็นเอาต์พุตของตัวควบคุม

การแปลงสมการ PID Mode

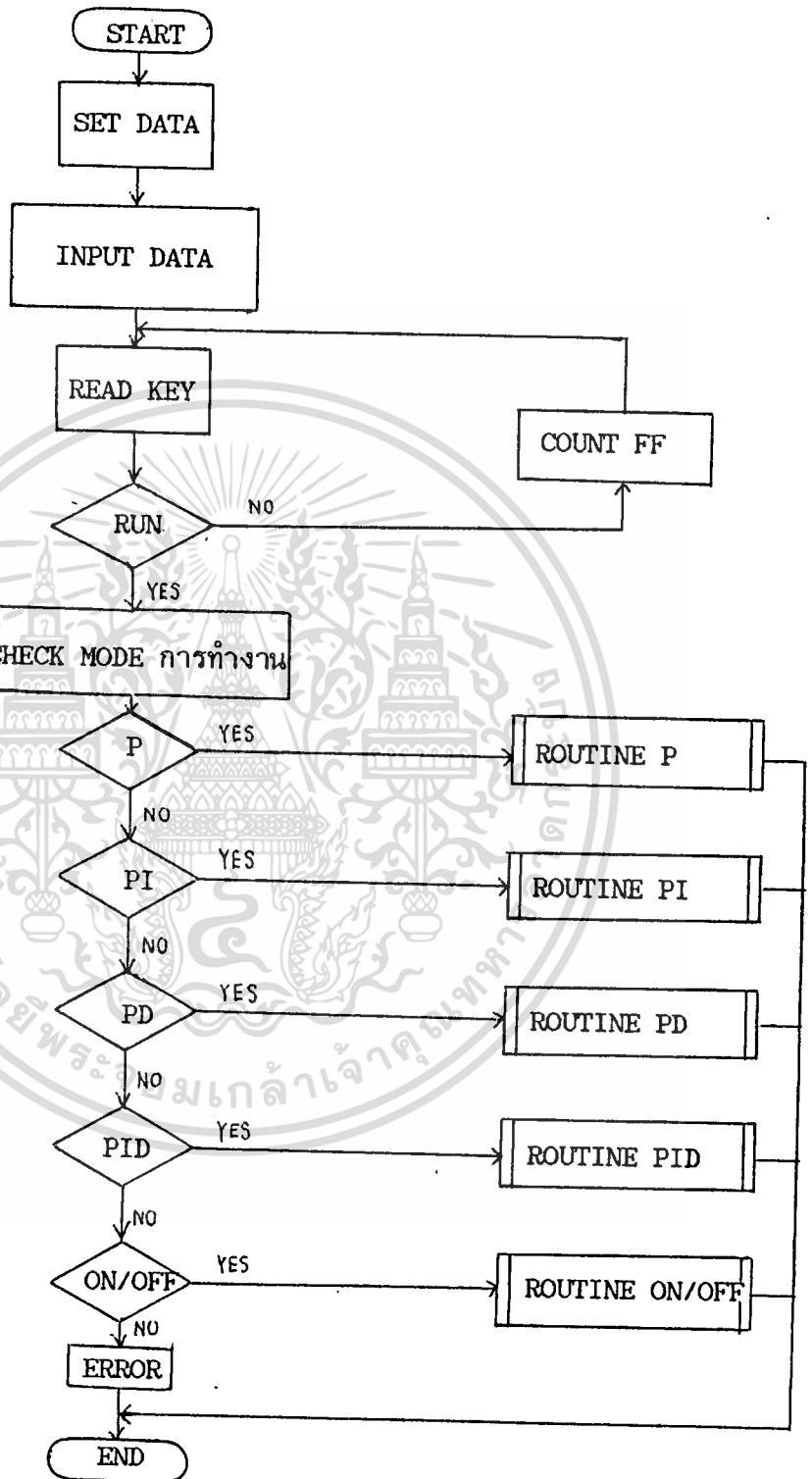
$$\begin{aligned}
 \text{จาก } C &= K_p + K_i \int E \, dt + K_d \, dE/dt \\
 &= K_p + (E + K_i/K_p \int E \, dt + K_d/K_p \, dE/dt) + K \\
 &= K_p + (E + 1/T_i \int E \, dt + T_d \, dE/dt) + K \\
 C_n &= K_p [ E_{n+1}/T_i * E_i(t) + T_d (E_n - E_{n-1})/t ] + K \\
 C_{n-1} &= K_p [ E_{n+1} + \Delta t/T_i * E_i(t) + T_d/\Delta t (E_{n-1} - E_{n-2}) ] + K \\
 C_n - C_{n-1} &= K_p [ (E_n - E_{n-1}) + t/T_i * E_n + T_d/t (E_n - 2E_{n-1} - E_{n-2}) ] \\
 &= K_p (1 + \Delta t/T_i + T_d/\Delta t) E_n - K_p (1 + 2T_d/\Delta t) E_{n-1} \\
 &\quad + K_p (T_d/\Delta t) E_{n-2}
 \end{aligned}$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned}
 A_0 &= K_p (1 + \Delta t/T_i + T_d/\Delta t) \\
 A_1 &= K_p (1 + 2T_d/\Delta t) \\
 A_2 &= K_p T_d/\Delta t
 \end{aligned}$$

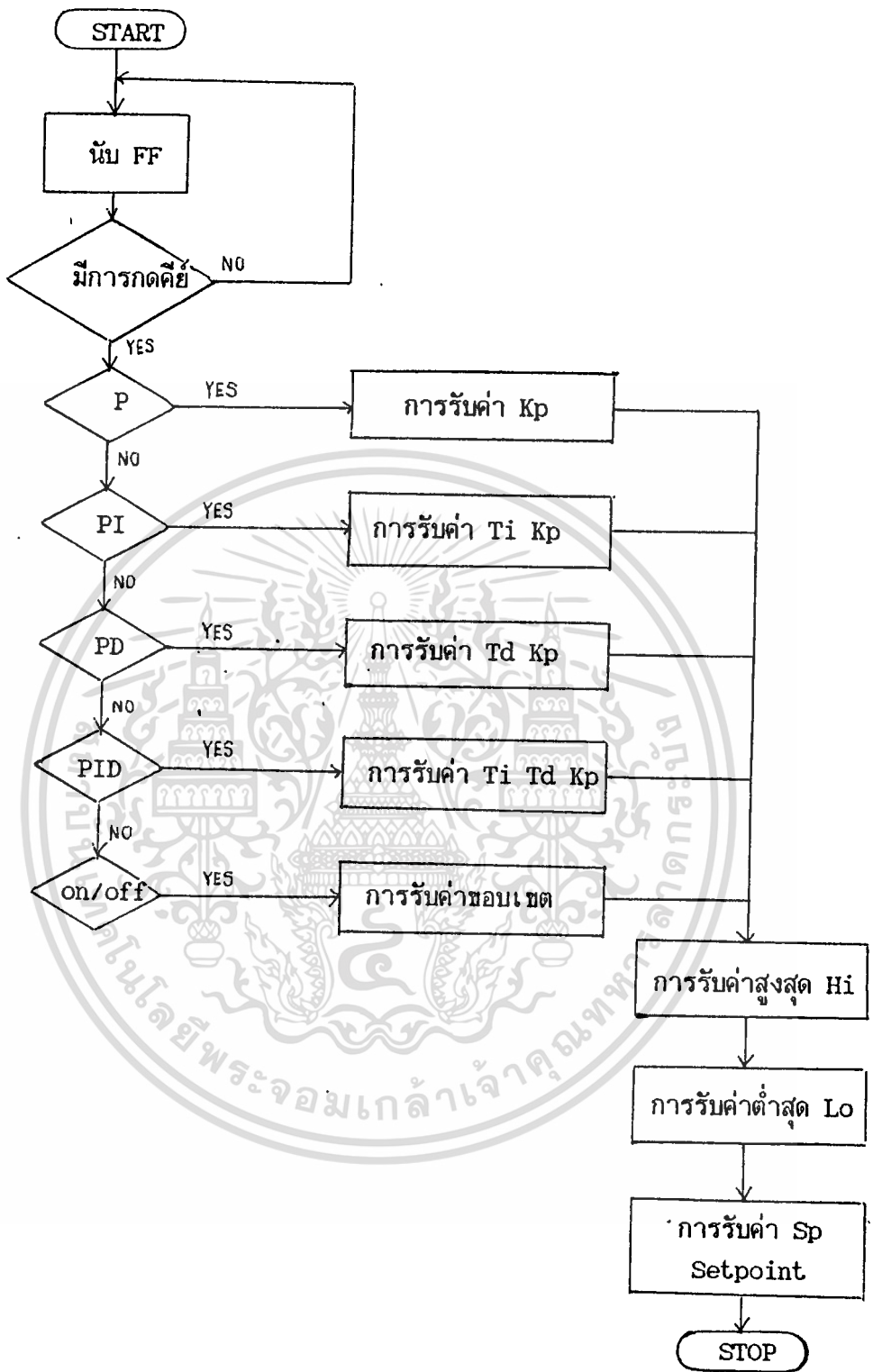
เราจะได้  $C_n = C_{n-1} + A_0 * E_n - A_1 * E_{n-1} + A_2 * E_{n-2}$

- รูป 4.11 แสดงโพลซาร์ตของการคำนวณ CONTROL AREA ก่อนเข้าสู่โหมดควบคุม
- รูป 4.12 แสดงโพลซาร์ตของการทำงานโหมด P
- รูป 4.13 แสดงโพลซาร์ตของการงานโหมด PI และ PID

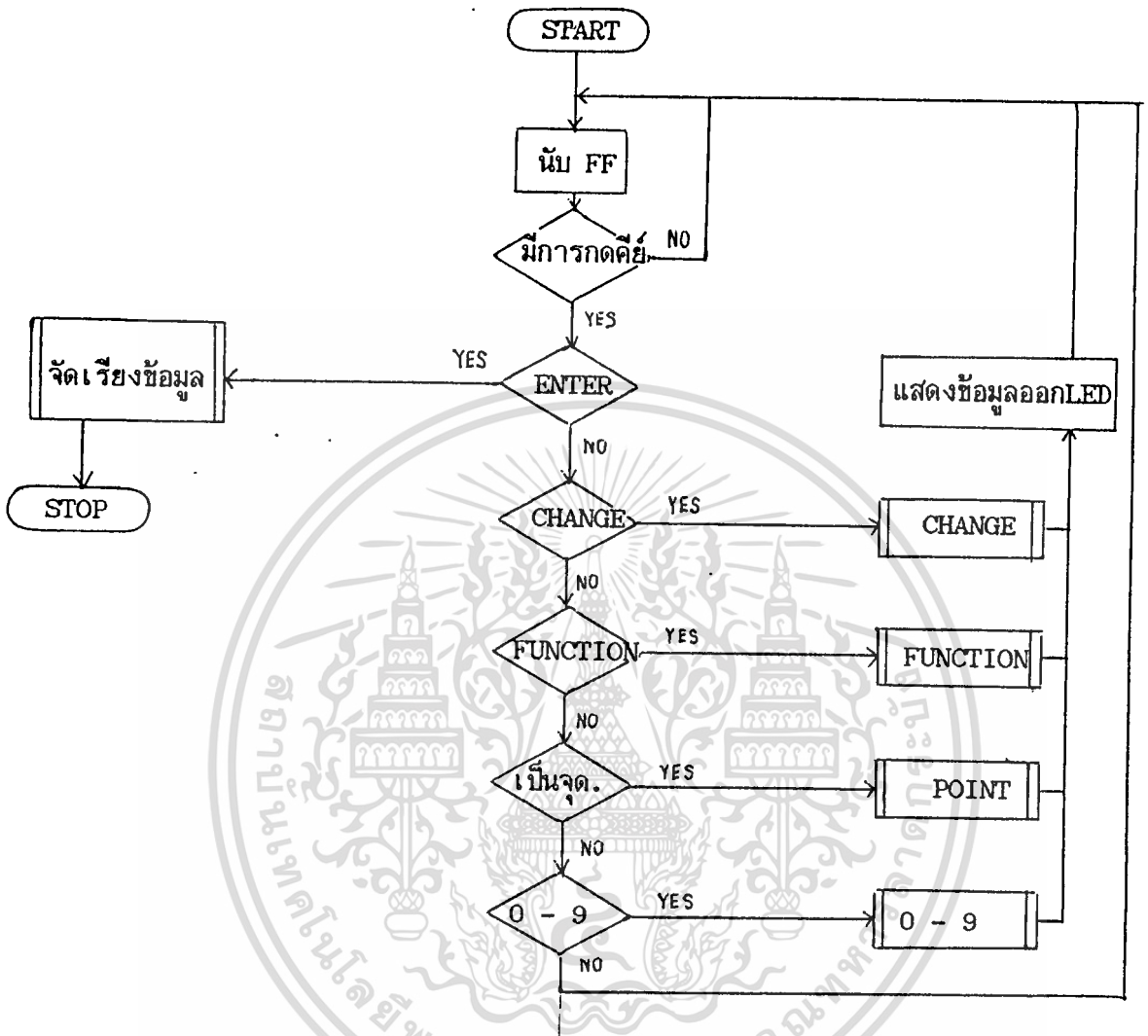


รูป 4.1

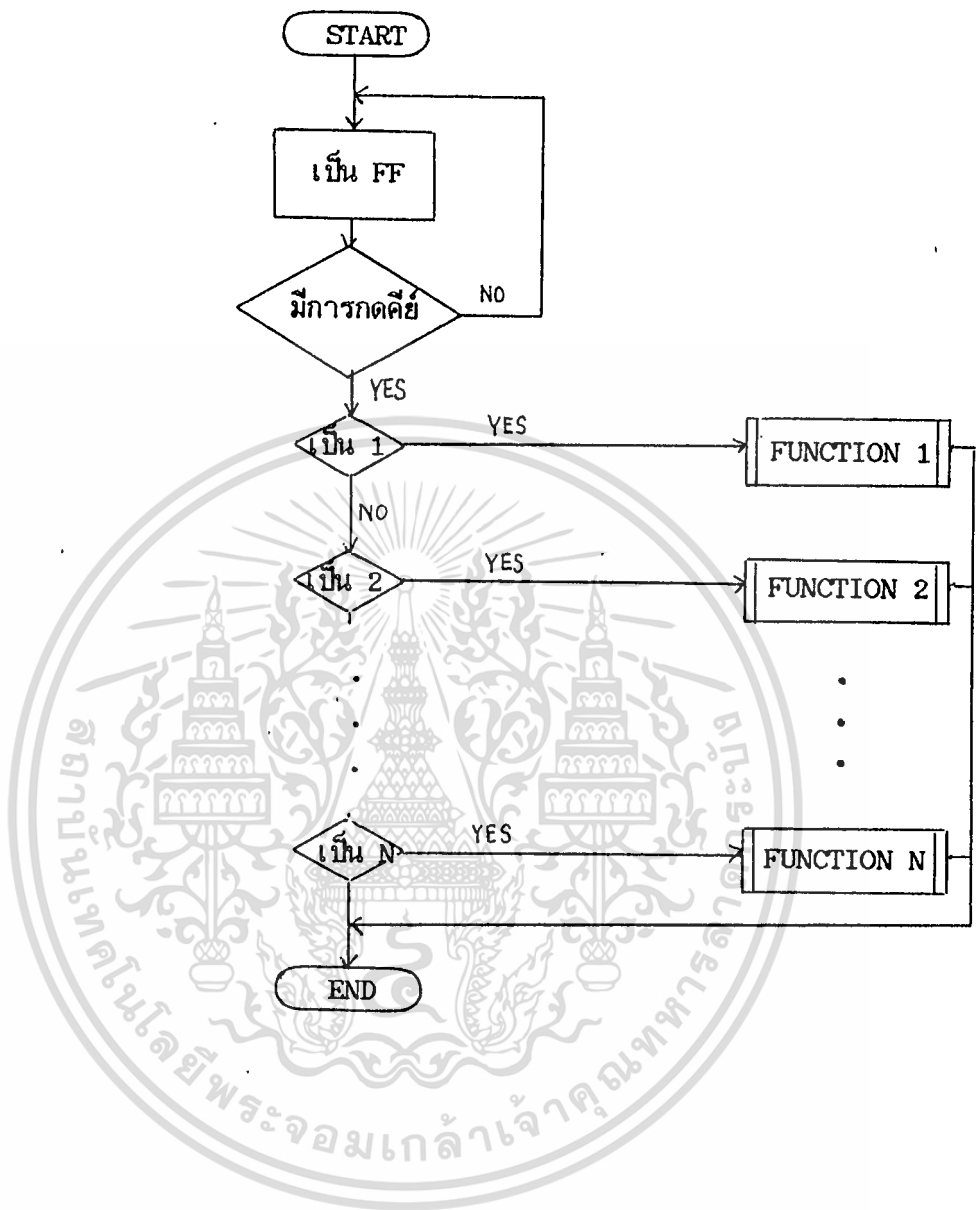
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 35 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



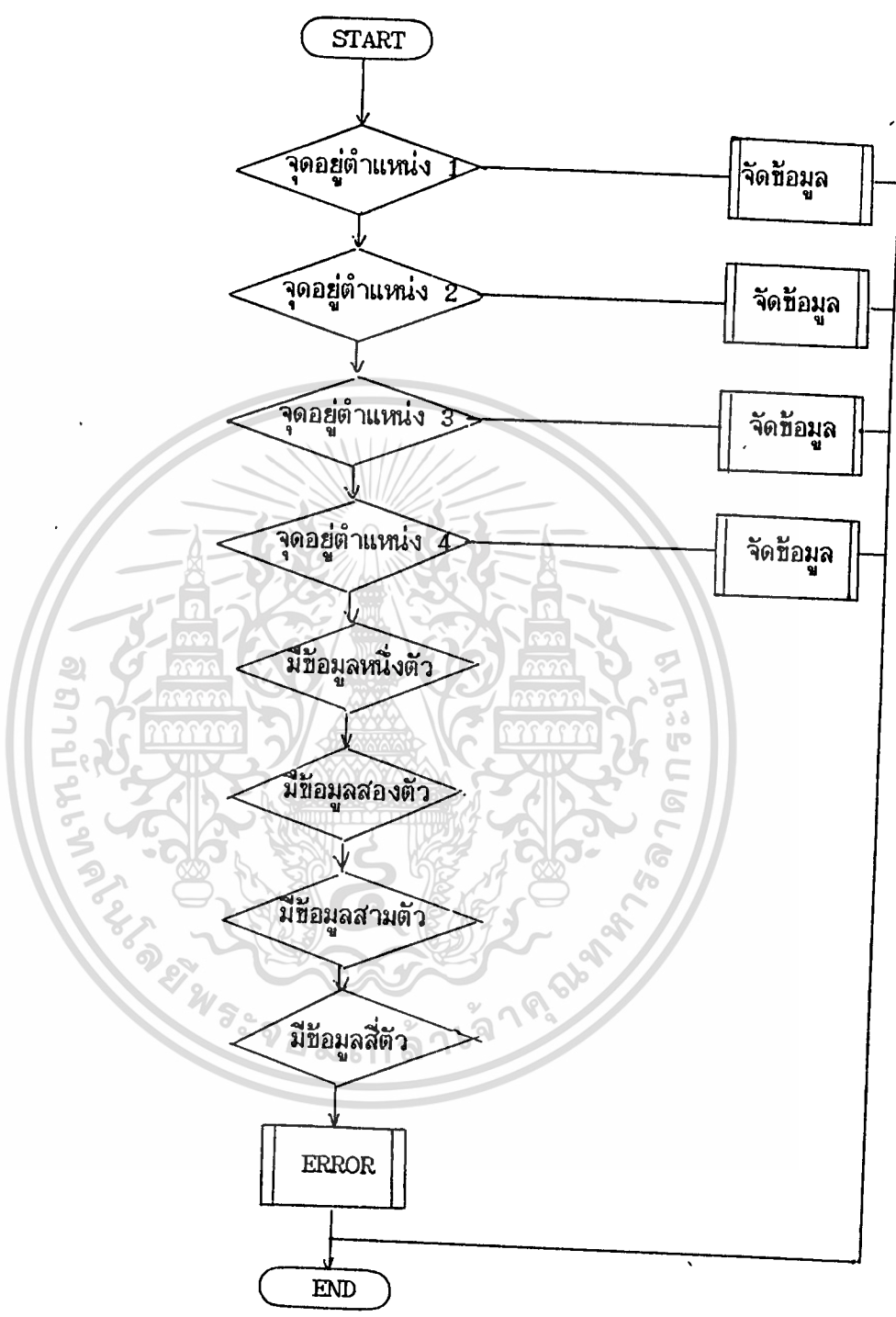
รูป 4.2



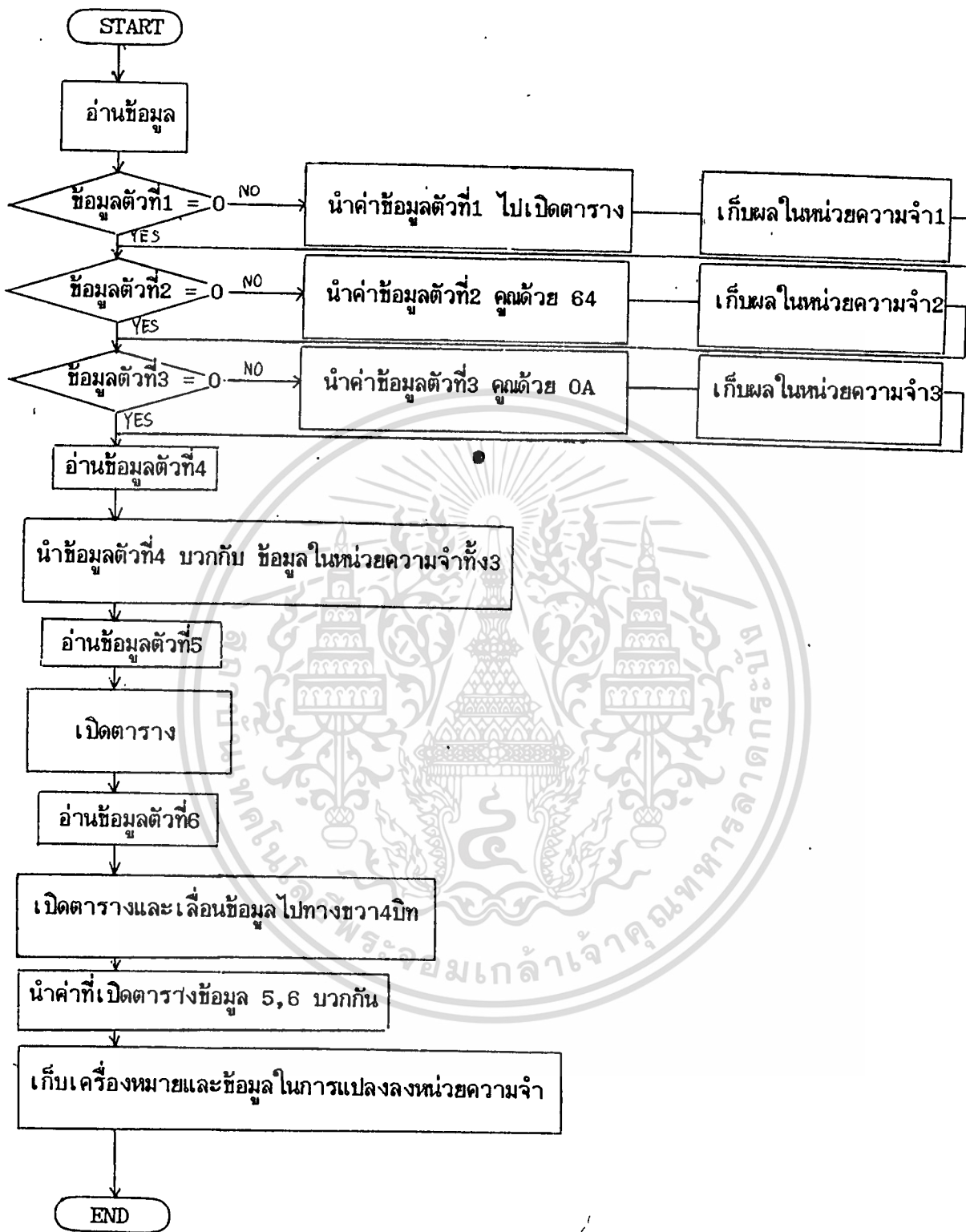
รูป 4.3



รูป 4.4

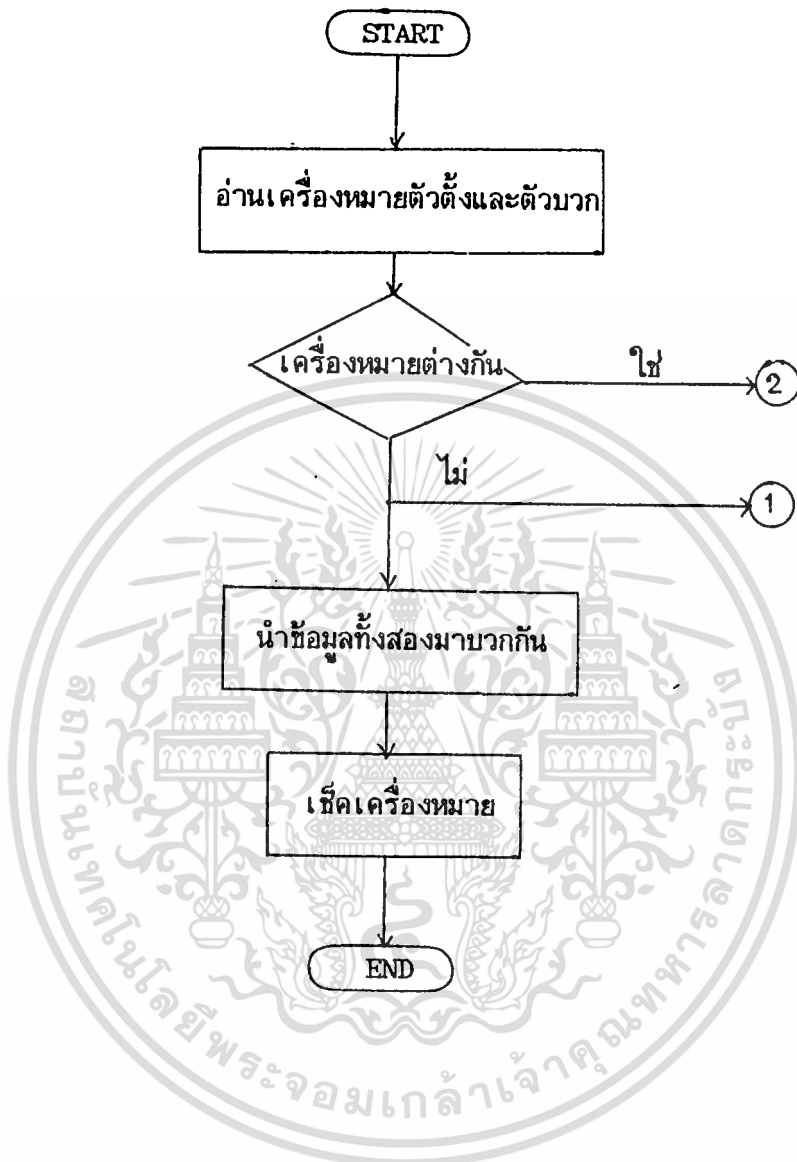


รูป 4.5

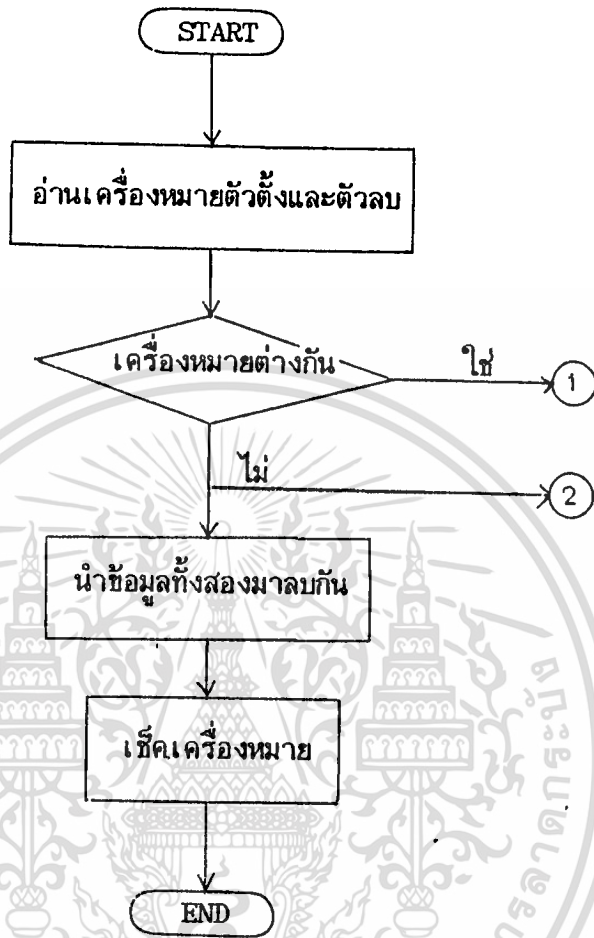


รูป 4.6

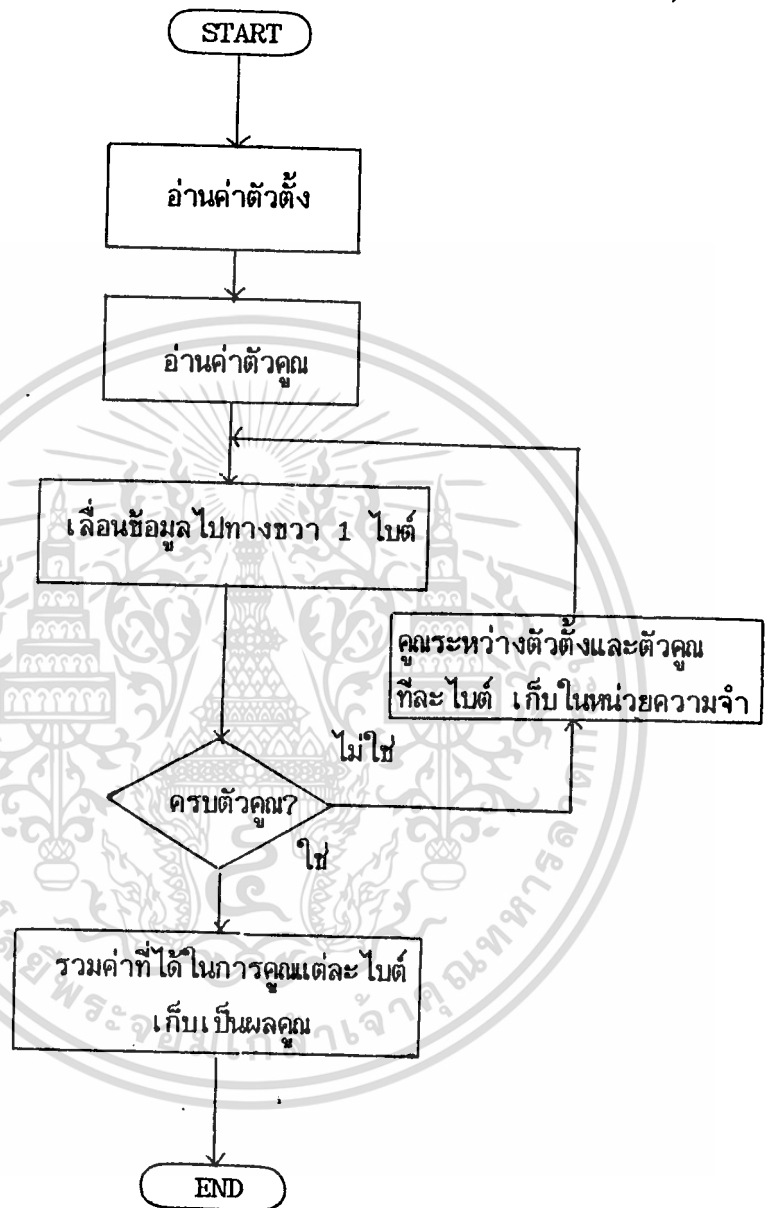
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 40  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



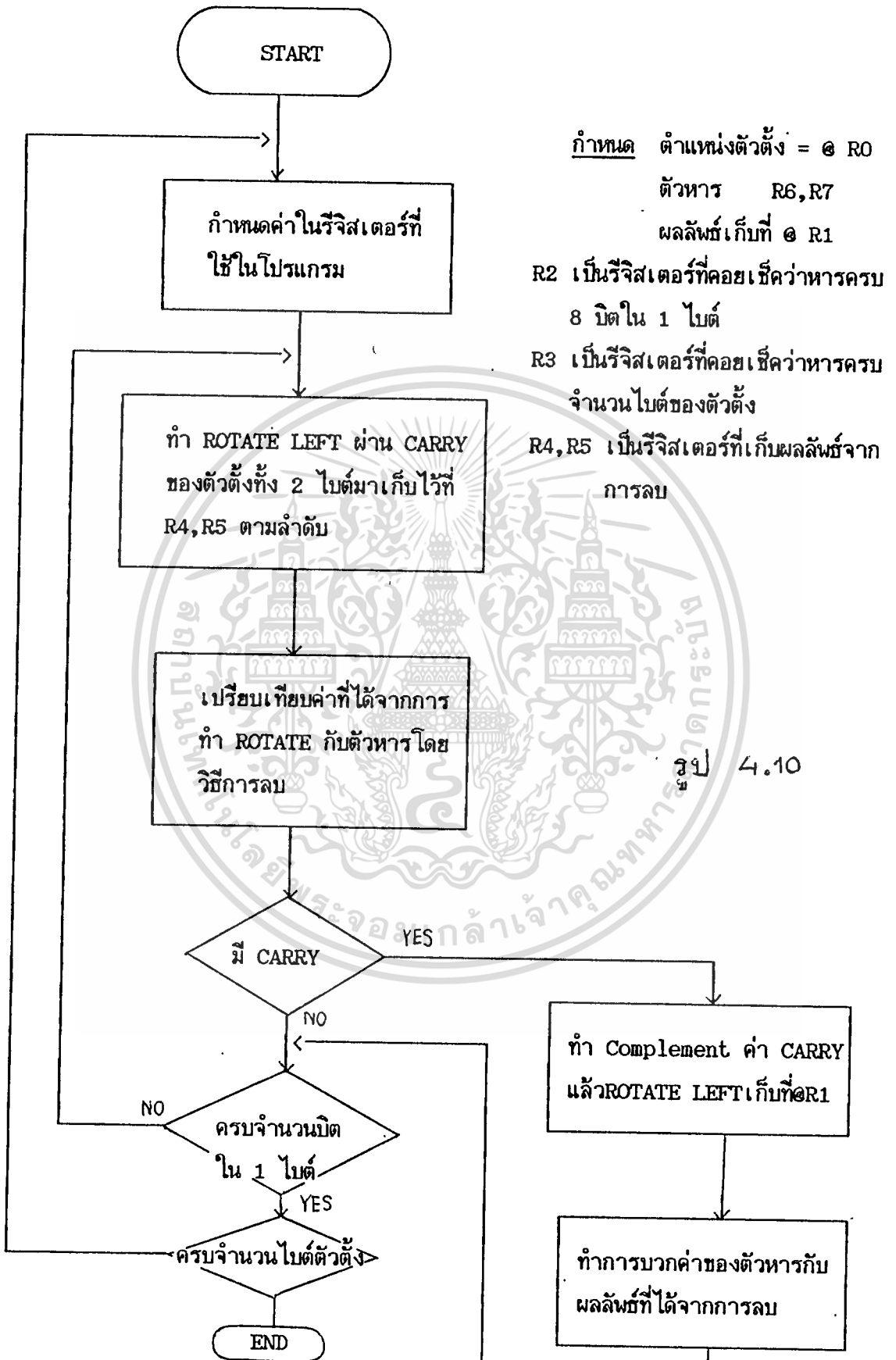
รูปที่ 4.7



รูป 4.8



รูป 4.9



กำหนด ตำแหน่งตัวตั้ง = ๑ R0

ตัวหาร R6, R7

ผลลัพธ์เก็บที่ ๑ R1

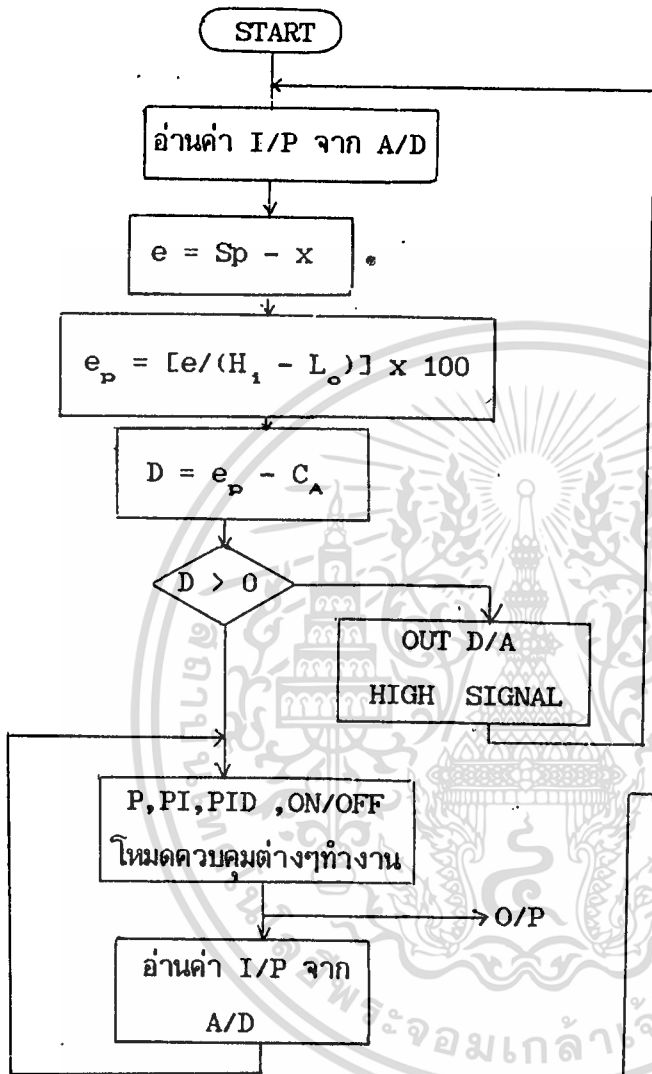
R2 เป็นรีจิสเตอร์ที่คอยเช็คค่าหารครบ 8 บิตใน 1 ไบต์

R3 เป็นรีจิสเตอร์ที่คอยเช็คค่าหารครบจำนวนไบต์ของตัวตั้ง

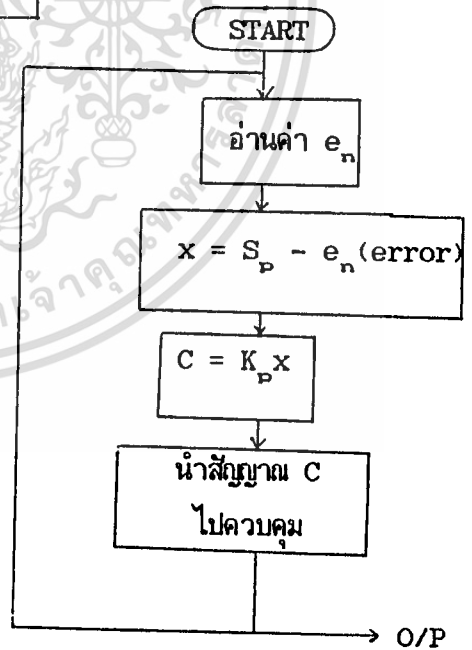
R4, R5 เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บผลลัพธ์จากการลบ

รูป 4.10

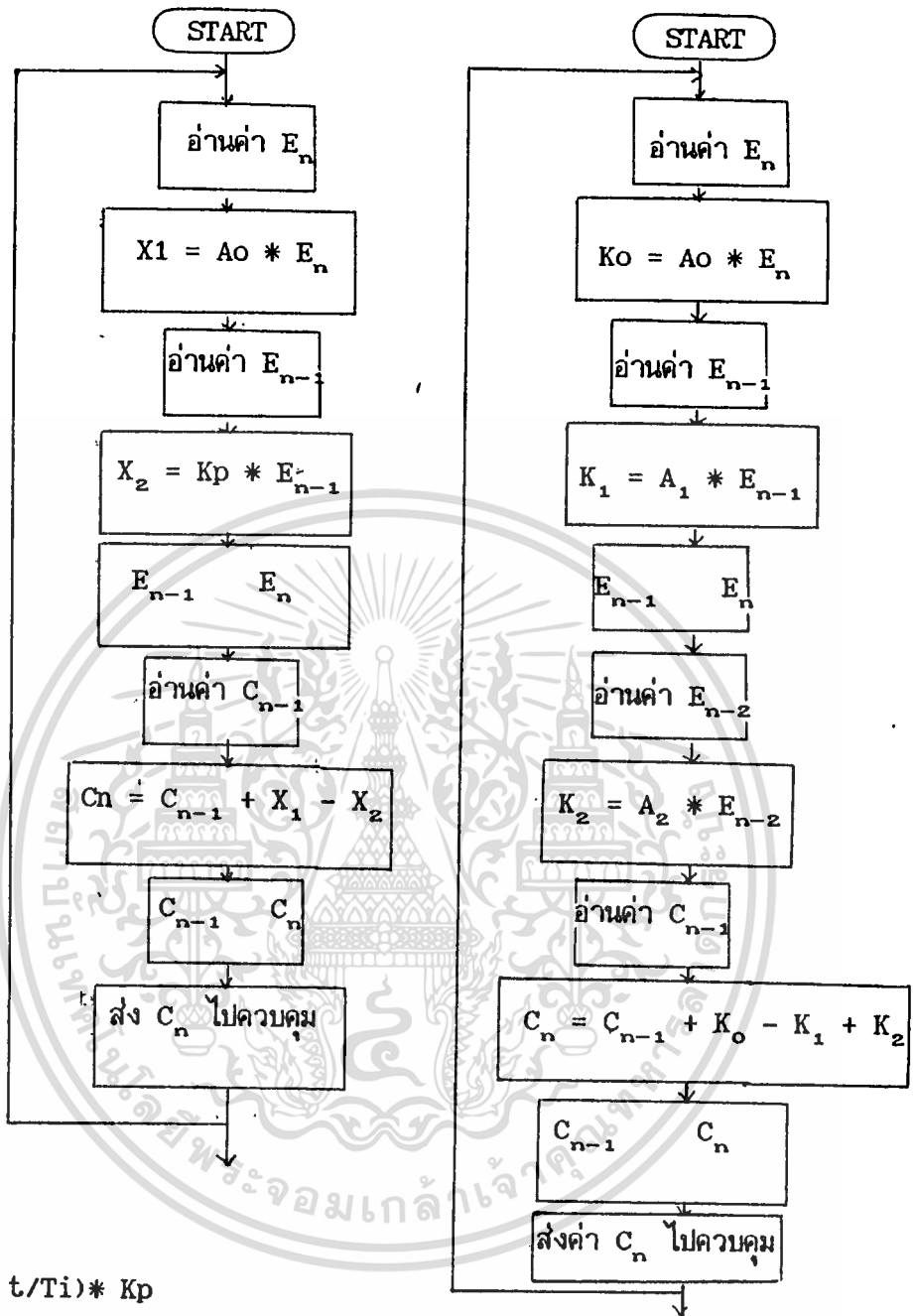
การคำนวณ CONTROL AREA(%) เพื่อเข้าสู่โหมดการทำงาน



รูป 4.11



รูป 4.12



$$A_0 = (1 + t/Ti) * Kp$$

$$A_0 = Kp * (1 + t/Ti + Td/t)$$

$$A_1 = Kp * (1 + 2Td/t)$$

$$A_2 = Kp * Td/t$$

รูป 4.13

การทดลองและสรุป

1. สร้างวงจรอาร์ดแวร์ตามทีออกแบบในบทที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 1.1 หน่วยประมวลผล ซิงเกิ้ลชิพ 8031 ขนาด 8 บิต
- 1.2 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก 8 กิโลไบต์ และสำรองอีก 8 กิโลไบต์
- 1.3 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก 8 กิโลไบต์
- 1.4 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตมีขนาด 1-5 โวลต์ หรือ 4-20 มิลลิแอมป์
- 1.5 ไทม์คอนเวอร์ตของหน่วยอินพุตเอทุติ 0809 มีขนาด 120 ไมโครวินาที
- 1.6 มี 8 ช่องอินพุตมัลติเพล็กซ์
- 1.7 มี 2 ช่องเอาต์พุต
- 1.8 แสดงผลด้วยแอลอีดี 7 เซกเมนต์ 6 หลัก
- 1.9 ใช้คีย์บอร์ด 16 คีย์เป็นหน่วยป้อนข้อมูล

2. การทดลองส่วนโปรแกรมคือ

2.1 ทดสอบการทำงานของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ ทางด้านวงจรอาร์ดแวร์ส่วนต่าง ๆ คือ

- 2.1.1 โปรแกรมส่วนทดสอบการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ 2031 กับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- 2.1.2 โปรแกรมส่วนทดสอบการทำงานของวงจรมัลติพลูคิเตอร์คอนเวอร์เตอร์
- 2.1.3 โปรแกรมส่วนทดสอบการทำงานของวงจรมัลติพลูคิเตอร์คอนเวอร์เตอร์
- 2.1.4 โปรแกรมทดสอบการรับค่าจากหน่วยป้อนโปรแกรม หรือคีย์บอร์ด
- 2.1.5 โปรแกรมทดสอบการแสดงผล ผ่านหน่วยแสดงผล

3. ทดสอบการทำงานของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ ได้ทดลองโดยกำหนดค่าสัญญาณอินพุตให้กับตัวควบคุม และให้ผู้ใช้กำหนดค่าพารามิเตอร์ ตามการอินนิเชียลตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ แล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ได้เทียบกับทฤษฎี ตามโหมดควบคุม ออนออฟโหมด หรือพโพรชันนอลโหมด หรือพโพรชันนอลและอินทิกรัลโหมด

## การอินทิเกรตโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

เมื่อต้องการที่จะใช้งานโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนด โหมดการควบคุมของคอนโทรลเลอร์ และค่าพารามิเตอร์ของแต่ละโหมดควบคุม ค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำกำหนดช่วงเรนจ์(Range) ของสัญญาณอินพุทของคอนโทรลเลอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กดคีย์ เลือกโหมดควบคุม เพื่อเลือกโหมดควบคุม เป็น

- ออนออฟโหมด(on/off control mode)
- พีโหมด (P-control mode)
- พีไอโหมด (PI-control mode)
- พีไอดีโหมด (PID-control mode)

2. กดคีย์ป้อนค่าเกณฑ์ ค่าของเวลาหน่วงตามแต่ละโหมด เช่นค่า  $K_p$  สำหรับพรีโพรชันนอลโหมด ค่า  $T_i$  สำหรับโหมดควบคุมที่มีอินทิกรัล โหมดประกอบอยู่ ค่า  $T_d$  สำหรับโหมดควบคุมที่มีดิฟเฟอเรนเชียลประกอบอยู่

3. กดคีย์ ป้อนค่าขีดจำกัดสูงและต่ำ ของสัญญาณอินพุทของคอนโทรลเลอร์

4. กดคีย์ ป้อนค่าอ้างอิงหรือเซตพอยน์ ที่ต้องการกำหนดให้กระบวนการเครื่องโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์นี้จะรับค่าอ้างอิง เป็นค่าในช่วงขอบเขตขีดจำกัดบนล่างเป็นค่าที่เป็นจริงหรือเป็นค่าที่เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์(0-100 %) ก็ได้

5. กดคีย์ป้อนค่าโหมดคอนโทรลแอเรีย(Mode Control Area) ในรูปของเปอร์เซ็นต์ คือเป็นค่าคงที่ เครื่องโปรแกรมเมเบิลจะเริ่มทำงานตามโหมดคอนโทรล เมื่อสัญญาณอินพุทในตอนแรกที่เครื่องเริ่มทำงาน มีค่าผิดพลาดหรือเออเรอร์เป็นเปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับค่าโหมดคอนโทรลแอเรีย

## สรุปและวิจารณ์

### ทางด้านฮาร์ดแวร์

สำหรับตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ที่สร้างขึ้นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 เป็นหลักนี้ ได้ออกแบบวงจรหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกสำรองไว้ 8 กิโลไบต์เพื่อไว้ใช้พัฒนาโปรแกรมทางด้านออปติ멈คอนโทรล(Optimum Control) ซึ่งจะสามารถพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต

อนึ่งตัวควบคุมที่ออกแบบนี้มีข้อจำกัดคือความถี่ในการสุ่มค่าของเวกทูมิมีค่า  $1/(120 \times 10^{-6})$  เฮิร์ตซ์ และความถี่ในการส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับกระบวนการที่ควบคุมของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้มีค่า 500 กิโลเฮิร์ตซ์

ดังนั้นถ้าจะเพิ่มประสิทธิภาพของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ ก็สามารถทำได้โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีไทม์คอนเวอร์ตค่าน้อยๆ หรือเปลี่ยนวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาให้หน่วยประมวลผลมีค่าความถี่มากขึ้น(วงจรเดิมใช้ความถี่ 6 เมกกะเฮิร์ตซ์)

### ทางด้านซอฟต์แวร์

ในการควบคุมกระบวนการโดยใช้ตัวควบคุมแบบอนาลอก จะมีปัญหาในการปรับเปลี่ยนค่า แต่ในตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมนั้นใช้โปรแกรมในการปรับเปลี่ยนค่า ทำให้มีความง่ายในการใช้งานและเกิดความรวดเร็วในการปรับแต่ง แต่ในการใช้โปรแกรมนั้นจะมีปัญหาในการเขียนโปรแกรม ซึ่งมีความยุ่งยากในการพัฒนาโปรแกรม โดยเฉพาะการใช้ซิงเกิ้ลชีฟเบอร์ 8031 เนื่องจากจะต้องแปลงโปรแกรมให้เป็นออปโค้ด(OP Code) และเมื่อแปลงเป็นออปโค้ดแล้วยังมีปัญหาในการทดสอบโปรแกรมว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาโปรแกรมของตัวควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้มีแอสเซมเบลอร์(Assembler) เข้ามาช่วยแก้ปัญหาในการแปลงออปโค้ด แต่ยังคงขาดตัวอิมูเลเตอร์(Emulator)ซึ่งเป็นตัวจำลองโปรแกรมลงบนคอมพิวเตอร์ ทำให้เราสามารถดูผลของโปรแกรมได้ โดยที่เราไม่ต้องนำโปรแกรมไปทดลองกับวงจรฮาร์ดแวร์จริงๆ

## ภาคผนวก

### โปรแกรมส่วนต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0000          ; @4040 - @4043 = P
0000          ; @4045 - @4048 = Ti
0000          ; @404A - @404D = Td
0000          ; @4050 - @4053 = Hi
0000          ; @4055 - @4058 = Lo
0000          ; @405A - @405D = SP
0000          ; @405F          = CODE OF MODE
0000          ;                0 = ON / OFF
0000          ;                1 = P
0000          ;                2 = PI
0000          ;                3 = PD
0000          ;                4 = PID
0000          ;                5 = ON/OFF
0000          ; @4060 - @4063 , @4065 - @4068 ADD&SUB
0000          ;                @406A = RESULT
0000          ; @4080 - @4083 , @4085 - @4088 MUL
0000          ;                @408A = RESULT
0000          ; @4090 - @4093 , @4095 - @4098 DIV
0000          ;                @409A = RESULT
0000          ; @4000 - @4003 , DATA FROM A/D
0000          ; @4005 - @4007 , DATA INPUT FOR CONVERT
0000          ; @400A - @400C , DATA OUTPUT FOR CONVERT
0000          ; @40A0 - @40A3 , KEEP SETPOINT TO CON VERT
0000          ; @A000 - @BFFF , @C000 - @DFFF = D/A
0000          ; @E000 - @FFFF ,                = A/D
0000          ; @7-0-FF -- @7-5-FF                = LED DISPLAY
0000          ; @0000 - @1FFF ,                = EPROM
0000          ; X          = R REGISTER
0000          X          EQU    HF0
0000          ORG    H0000
0000 020030          LJMP  PROJEC          ; JUMP TO PROJEC
0003          ORG    H0003
0003 75397F          MOV    H39,#H7F          ; H39 CHECK INPUT FROM SOFTWARE
0006 0206A8          LJMP  INPUT          ; OR HARDWARE ( H39 = 7F)
0013          ORG    H0013
0013 0200AB          LJMP  INP          ; JUMP TO RECIVE DATA A/D
0030          ORG    H0030
0030 75810A PROJEC  MOV    H81,#H0A          ; STACK POINTER = 0A
0033 1206A8          LCALL INPUT
0036 9070FF          MOV    DPTR,#H70FF          ; 'RUN' TO LED

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0039 7477          MOV    A,#H77          ; R = 77
003B F0           MOVX   @DPTR,A
003C 9071FF        MOV    DPTR,#H71FF
003F 747C          MOV    A,#H7C          ; U = 7C
0041 F0           MOVX   @DPTR,A
0042 9072FF        MOV    DPTR,#H72FF
0045 7475          MOV    A,#H75          ; N = 75
0047 F0           MOVX   @DPTR,A
0048 C3           RUN1:  CLR    C              ; CHECK KEYPRESSED
0049 7590FF        MOV    H90,#HFF
004C 120A0C        LCALL DELAY
004F A990          MOV    R1,H90
0051 E9           MOV    A,R1
0052 94FF          SUBB   A,#HFF
0054 60F2          JZ     RUN1
0056 C3           CLR    C
0057 747F          MOV    A,#H7F
0059 99           SUBB   A,R1
005A 6002          JZ     POCES           ; KEP PRESSED TO POCES
005C 0148          AJMP  RUN1
005E 9075FF        POCES: MOV    DPTR,#H75FF
0061 7448          MOV    A,#H48
0063 F0           MOVX   @DPTR,A
0064 9073FF        MOV    DPTR,#H73FF
0067 7448          MOV    A,#H48
0069 F0           MOVX   @DPTR,A
006A 02006D        LJMP  PROCES
006D 90405F        PROCES MOV    DPTR,#H405F      ; READ CODE
0070 E0           MOVX   A,@DPTR        ; CHECK MODE CONTROLLER
0071 B40105        PO_P:  CJNE   A,#H01,PO_P1
0074 120128        LCALL PRO_P
0077 019C          AJMP  POEND
0079 B40205        PO_PI: CJNE   A,#H02,PO_PD
007C 1201BE        LCALL PRO_PI
007F 019C          AJMP  POEND
0081 B40305        PO_PD: CJNE   A,#H03,P0_PID
0084 1202FF        LCALL PRO_PD
0087 019C          AJMP  POEND
0089 B40405        P0_PID CJNE   A,#H04,PO_OF
008C 120436        LCALL P_PID

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง 52 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

008F 019C          AJMP  POEND
0091 B40505  PO_OF: CJNE  A,#H05,ERROR1
0094 1205BE          LCALL PRO_OF
0097 019C          AJMP  POEND
0099 02009C  ERROR1 LJMP  POEND          ; ERROR
009C 020030  POEND: LJMP  PROJEC          ; TO START AGAIN
009F              ;
009F 740F  DELAY1 MOV   A,#H0F          ; DELAY
00A1 792F  DEL1:  MOV   R1,#H2F
00A3 19     DEL2:  DEC   R1
00A4 B900FC          CJNE  R1,#H00,DEL2
00A7 14          DEC   A
00A8 70F7          JNZ   DEL1
00AA 22          RET
00AB 9071FF  INP:   MOV   DPTR,#H71FF          ; READ DATA FROM A/D
00AE 7448          MOV   A,#H48          ; ADDRESS @EF00
00B0 F0          MOVX  @DPTR,A          ; KEEP DATA READ TO @4000
00B1 12009F          LCALL DELAY1          ; SET IE DISABLE INTERRUPT
00B4 90EF00          MOV   DPTR,#HEF00
00B7 E0          MOVX  A,@DPTR
00B8 F9          MOV   R1,A
00B9 904000          MOV   DPTR,#H4000
00BC 7400          MOV   A,#H00
00BE F0          MOVX  @DPTR,A
00BF A3          INC   DPTR
00C0 7400          MOV   A,#H00
00C2 F0          MOVX  @DPTR,A
00C3 A3          INC   DPTR
00C4 E9          MOV   A,R1
00C5 F0          MOVX  @DPTR,A
00C6 A3          INC   DPTR
00C7 7400          MOV   A,#H00
00C9 F0          MOVX  @DPTR,A
00CA 75A881          MOV   HA8,#H81
00CD 32          RETI
00CE 9072FF  SETPOT MOV   DPTR,#H72FF          ; CONVERT SETPOINT
00D1 7448          MOV   A,#H48          ; RANGE 51 - FF
00D3 F0          MOVX  @DPTR,A
00D4 90405A          MOV   DPTR,#H405A          ; (SP - 1.BC) + 51
00D7 120110          LCALL MOVE1

```

00D7 120110 ที่สวณไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยนาให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

00DA 904080      MOV  DPTR,#H4080
00DD 12011C      LCALL MOVE2
00E0 904085      MOV  DPTR,#H4085
00E3 7400        MOV  A,#H00
00E5 F0           MOVX @DPTR,A
00E6 A3          INC  DPTR
00E7 7400        MOV  A,#H00
00E9 F0           MOVX @DPTR,A
00EA A3          INC  DPTR
00EB 7401        MOV  A,#H01
00ED F0           MOVX @DPTR,A
00EE A3          INC  DPTR
00EF 74BC        MOV  A,#HBC
00F1 F0           MOVX @DPTR,A
00F2 120CAA      LCALL MUL
00F5 90408C      MOV  DPTR,#H408C
00F8 E0           MOVX A,@DPTR
00F9 2433        ADD  A,#H33
00FB F9          MOV  R1,A
00FC A3          INC  DPTR
00FD E0           MOVX A,@DPTR
00FE FA          MOV  R2,A
00FF 9040A0      MOV  DPTR,#H40A0
0102 7400        MOV  A,#H00
0104 F0           MOVX @DPTR,A
0105 A3          INC  DPTR
0106 7400        MOV  A,#H00
0108 F0           MOVX @DPTR,A
0109 A3          INC  DPTR
010A E9          MOV  A,R1
010B F0           MOVX @DPTR,A
010C A3          INC  DPTR
010D EA          MOV  A,R2
010E F0           MOVX @DPTR,A
010F 22          RET
0110 E0          MOVE1: MOVX A,@DPTR ; MOVE DATA TO REGISTER
0111 F9          MOV  R1,A
0112 A3          INC  DPTR
0113 E0          MOVX A,@DPTR

```

0114 FA ออกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง 54 หรือทำซ้ำ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0115 A3          INC    DPTR
0116 E0          MOVX  A,@DPTR
0117 FB          MOV   R3,A
0118 A3          INC    DPTR
0119 E0          MOVX  A,@DPTR
011A FC          MOV   R4,A
011B 22          RET
011C E9          MOVE2: MOV   A,R1                ; MOVE REGISTER TO MEMORY
011D F0          MOVX  @DPTR,A
011E A3          INC    DPTR
011F EA          MOV   A,R2
0120 F0          MOVX  @DPTR,A
0121 A3          INC    DPTR
0122 EB          MOV   A,R3
0123 F0          MOVX  @DPTR,A
0124 A3          INC    DPTR
0125 EC          MOV   A,R4
0126 F0          MOVX  @DPTR,A
0127 22          RET
0128 753805      PRO_P: MOV   H38,#H05
012B 9072FF      MOV   DPTR,#H72FF
012E 7448        MOV   A,#H48
0130 F0          MOVX  @DPTR,A
0131 9040A0      P_P:   MOV   DPTR,#H40A0
0134 120110      LCALL MOVE1
0137 904060      MOV   DPTR,#H4060
013A 12011C      LCALL MOVE2
013D 904000      MOV   DPTR,#H4000
0140 120110      LCALL MOVE1
0143 904065      MOV   DPTR,#H4065
0146 12011C      LCALL MOVE2
0149 120D76      LCALL SUB
014C E538        MOV   A,H38
014E 602D        JZ    PRO_P1
0150 90406A      MOV   DPTR,#H406A
0153 120110      LCALL MOVE1
0156 904080      MOV   DPTR,#H4080
0159 12011C      LCALL MOVE2
015C 904085      MOV   DPTR,#H4085
015F 7400        MOV   A,#H00

```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0161 F0          MOVX  @DPTR,A
0162 A3          INC   DPTR
0163 7400        MOV   A,#H00
0165 F0          MOVX  @DPTR,A
0166 A3          INC   DPTR
0167 7400        MOV   A,#H00
0169 F0          MOVX  @DPTR,A
016A A3          INC   DPTR
016B 747D        MOV   A,#H7D
016D F0          MOVX  @DPTR,A
016E 120CAA      LCALL MUL
0171 90408C      MOV   DPTR,#H408C
0174 E0          MOVX  A,@DPTR
0175 C3          CLR   C
0176 940A        SUBB  A,#H0A
0178 5032        JNC   HIGH
017A 753800      MOV   H38,#H00
017D 90406A      PRO_P1 MOV   DPTR,#H406A
0180 E0          MOVX  A,@DPTR
0181 7025        JNZ   HIGH2
0183 904040      MOV   DPTR,#H4040
0186 120110      LCALL MOVE1
0189 904080      MOV   DPTR,#H4080
018C 12011C      LCALL MOVE2
018F 90406A      MOV   DPTR,#H406A
0192 120110      LCALL MOVE1
0195 904085      MOV   DPTR,#H4085
0198 12011C      LCALL MOVE2
019B 120CAA      LCALL MUL
019E           ;OUTPUT TO D/A
019E 90408B      MOV   DPTR,#H408B
01A1 E0          MOVX  A,@DPTR
01A2 7008        JNZ   HIGH
01A4 A3          INC   DPTR
01A5 E0          MOVX  A,@DPTR
01A6 21AE        AJMP  HIGH1
01A8 7400        HIGH2: MOV   A,#H00
01AA 21AE        AJMP  HIGH1
01AC 74FF        HIGH:  MOV   A,#HF
01AE 90AF00      HIGH1: MOV   DPTR,#HAF00

```

```

01B1 F0          MOVX @DPTR,A
01B2             ;PREPAIR DATA INPUT
01B2 90EF00     MOV DPTR,#HEF00
01B5 74FF       MOV A,#HFF
01B7 F0         MOVX @DPTR,A
01B8 75A885     MOV HA8,#H85
01BB 2131       AJMP P_P
01BD 22         RET
01BE 1202A7 PRO_PI LCALL PIA0
01C1 9074FF PI1:  MOV DPTR,#H74FF
01C4 74E0       MOV A,#HE0
01C6 F0         MOVX @DPTR,A
01C7 9040A0     MOV DPTR,#H40A0
01CA 120110     LCALL MOVE1
01CD 904060     MOV DPTR,#H4060
01D0 12011C     LCALL MOVE2
01D3 904000     MOV DPTR,#H4000
01D6 120110     LCALL MOVE1
01D9 904065     MOV DPTR,#H4065
01DC 12011C     LCALL MOVE2
01DF 120D76     LCALL SUB
01E2 90406A     MOV DPTR,#H406A
01E5 120110     LCALL MOVE1
01E8 9040B0     MOV DPTR,#H40B0 ; ER1
01EB 12011C     LCALL MOVE2
01EE 904060     MOV DPTR,#H4060
01F1 120110     LCALL MOVE1
01F4 904080     MOV DPTR,#H4080
01F7 12011C     LCALL MOVE2
01FA 9040C5     MOV DPTR,#H40C5 ; A0
01FD 120110     LCALL MOVE1
0200 904085     MOV DPTR,#H4085
0203 12011C     LCALL MOVE2
0206 120CAA     LCALL MUL
0209 90408A     MOV DPTR,#H408A
020C 120110     LCALL MOVE1
020F 9040BA     MOV DPTR,#H40BA ; X1
0212 12011C     LCALL MOVE2
0215 9040B5     MOV DPTR,#H40B5 ; ER2
0218 120110     LCALL MOVE1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่สอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง 57 หน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

021B 904080      MOV  DPTR,#H4080
021E 12011C      LCALL MOVE2
0221 904040      MOV  DPTR,#H4040
0224 120110      LCALL MOVE1
0227 904085      MOV  DPTR,#H4085
022A 12011C      LCALL MOVE2
022D 120CAA      LCALL MUL
0230 90408A      MOV  DPTR,#H408A
0233 120110      LCALL MOVE1
0236 9040C0      MOV  DPTR,#H40C0      ; X2
0239 12011C      LCALL MOVE2
023C 9040B0      MOV  DPTR,#H40B0
023F 120110      LCALL MOVE1
0242 9040B5      MOV  DPTR,#H40B5      ; ER1 -> ER2
0245 12011C      LCALL MOVE2
0248 9040CA      MOV  DPTR,#H40CA
024B 120110      LCALL MOVE1
024E 904060      MOV  DPTR,#H4060
0251 12011C      LCALL MOVE2
0254 9040BA      MOV  DPTR,#H40BA
0257 120110      LCALL MOVE1
025A 904065      MOV  DPTR,#H4065
025D 12011C      LCALL MOVE2
0260 120D50      LCALL ADD      ; Cn-1 + X1
0263 90406A      MOV  DPTR,#H406A
0266 120110      LCALL MOVE1
0269 904060      MOV  DPTR,#H4060
026C 12011C      LCALL MOVE2
026F 9040C0      MOV  DPTR,#H40C0
0272 120110      LCALL MOVE1
0275 904065      MOV  DPTR,#H4065
0278 12011C      LCALL MOVE2
027B 120D76      LCALL SUB      ;Cn-1 +X1 -X2
027E 90406A      MOV  DPTR,#H406A
0281 120110      LCALL MOVE1
0284 9040CA      MOV  DPTR,#H40CA
0287 12011C      LCALL MOVE2
028A 90406B      MOV  DPTR,#H406B

```

```

028D E0      MOVX  A,@DPTR

```

```

028E 7004      JNZ  P_PI

```

```

0290 A3          INC    DPTR
0291 E0          MOVX  A,@DPTR
0292 4196        AJMP  P_PI1
0294 74FF        P_PI:  MOV   A,#HFF
0296 90AF00     P_PI1: MOV   DPTR,#HAF00
0299 F0          MOVX  @DPTR,A
029A 90EF00     MOV   DPTR,#HEF00
029D 74FF        MOV   A,#HFF
029F F0          MOVX  @DPTR,A
02A0 75A885     MOV   HA8,#H85
02A3 0201C1     LJMP  PI1
02A6 22         RET
02A7 904090     PIA0: MOV   DPTR,#H4090 ; Kp(1 + DEL T/Ti)
02AA 7400        MOV   A,#H00
02AC F0          MOVX  @DPTR,A
02AD A3          INC   DPTR
02AE 7400        MOV   A,#H00
02B0 F0          MOVX  @DPTR,A
02B1 A3          INC   DPTR
02B2 7410        MOV   A,#H10
02B4 F0          MOVX  @DPTR,A
02B5 A3          INC   DPTR
02B6 7400        MOV   A,#H00
02B8 F0          MOVX  @DPTR,A
02B9 904045     MOV   DPTR,#H4045
02BC 120110     LCALL MOVE1
02BF 904095     MOV   DPTR,#H4095
02C2 12011C     LCALL MOVE2
02C5 120DEA     LCALL DIVS
02C8 90409B     MOV   DPTR,#H409B
02CB E0          MOVX  A,@DPTR
02CC 04         INC   A
02CD F0          MOVX  @DPTR,A
02CE 90409A     MOV   DPTR,#H409A
02D1 120110     LCALL MOVE1
02D4 904080     MOV   DPTR,#H4080
02D7 12011C     LCALL MOVE2
02DA 904040     MOV   DPTR,#H4040
02DD 120110     LCALL MOVE1
02E0 904085     MOV   DPTR,#H4085

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02E3	12011C		LCALL MOVE2	
02E6	120CAA		LCALL MUL	
02E9	90408A		MOV DPTR,#H408A	
02EC	120110		LCALL MOVE1	
02EF	9040C5		MOV DPTR,#H40C5	
02F2	E9		MOV A,R1	
02F3	F0		MOVX @DPTR,A	
02F4	A3		INC DPTR	
02F5	7400		MOV A,#H00	
02F7	F0		MOVX @DPTR,A	
02F8	A3		INC DPTR	
02F9	EA		MOV A,R2	
02FA	F0		MOVX @DPTR,A	
02FB	A3		INC DPTR	
02FC	EB		MOV A,R3	
02FD	F0		MOVX @DPTR,A	
02FE	22		RET	
02FF	1203F1	PRO_PD	LCALL PD	
0302	9040A0	PD3:	MOV DPTR,#H40A0	; SP - INPUT
0305	120110		LCALL MOVE1	
0308	904060		MOV DPTR,#H4060	
030B	12011C		LCALL MOVE2	
030E	904000		MOV DPTR,#H4000	
0311	120110		LCALL MOVE1	
0314	904065		MOV DPTR,#H4065	
0317	12011C		LCALL MOVE2	
031A	120D76		LCALL SUB	
031D	90406A		MOV DPTR,#H406A	; En - @40D5
0320	120110		LCALL MOVE1	
0323	9040D5		MOVE DPTR,#H40D5	
0326	12011C		LCALL MOVE2	
0329	9040DA		MOV DPTR,#H40DA	; En-1 * 2
032C	120110		LCALL MOVE1	
032F	904080		MOV DPTR,#H4080	
0332	12011C		LCALL MOVE2	
0335	904085		MOV DPTR,#H4085	
0338	7400		MOV A,#H00	
033A	F0		MOVX @DPTR,A	
033B	A3		INC DPTR	
033C	F0		MOVX @DPTR,A	

033D	A3	INC	DPTR	
033E	7402	MOV	A,#H02	
0340	F0	MOVX	@DPTR,A	
0341	A3	INC	DPTR	
0342	7400	MOV	A,#H00	
0344	F0	MOVX	@DPTR,A	
0345	120CAA	LCALL	MUL	
0348	9040D5	MOV	DPTR,#H40D5	; En + En-2
034B	120110	LCALL	MOVE1	
034E	904060	MOV	DPTR,#H4060	
0351	12011C	LCALL	MOVE2	
0354	9040E0	MOV	DPTR,#H40E0	
0357	120110	LCALL	MOVE1	
035A	904065	MOV	DPTR,#H4065	
035D	12011C	LCALL	MOVE2	
0360	120D50	LCALL	ADD	
0363	9040DA	MOV	DPTR,#H40DA	; En-1 TO En-2
0366	120110	LCALL	MOVE1	
0369	9040E0	MOV	DPTR,#H40E0	
036C	12011C	LCALL	MOVE2	
036F	90406A	MOV	DPTR,#H406A	
0372	120110	LCALL	MOVE1	
0375	904060	MOV	DPTR,#H4060	
0378	12011C	LCALL	MOVE2	
037B	90408A	MOV	DPTR,#H408A	
037E	120110	LCALL	MOVE1	
0381	904065	MOV	DPTR,#H4065	
0384	12011C	LCALL	MOVE2	
0387	120D76	LCALL	SUB	
038A	9040D5	MOV	DPTR,#H40D5	; En TO En-1
038D	120110	LCALL	MOVE1	
0390	9040DA	MOV	DPTR,#H40DA	
0393	12011C	LCALL	MOVE2	
0396	90406A	MOV	DPTR,#H406A	
0399	120110	LCALL	MOVE1	
039C	904080	MOV	DPTR,#H4080	
039F	12011C	LCALL	MOVE2	
03A2	9040D0	MOV	DPTR,#H40D0	
03A5	120110	LCALL	MOVE1	
03A8	904085	MOV	DPTR,#H4085	

เอกสารนี้เป็นเอกสารใช้ภายในอาคารสำนักงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาก และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

03AB	12011C		LCALL MOVE2	
03AE	120CAA		LCALL MUL	
03B1	90408A		MOV DPTR,#H408A	
03B4	120110		LCALL MOVE1	
03B7	904060		MOV DPTR,#H4060	
03BA	12011C		LCALL MOVE2	
03BD	9040E5		MOV DPTR,#H40E5	
03C0	120110		LCALL MOVE1	
03C3	904065		MOV DPTR,#H4065	
03C6	12011C		LCALL MOVE2	
03C9	120D50		LCALL ADD	
03CC	90406A		MOV DPTR,#H406A	; Cn - Cn-1
03CF	120110		LCALL MOVE1	
03D2	9040E5		MOV DPTR,#H40E5	
03D5	12011C		LCALL MOVE2	
03D8	EA		MOV A,R2	
03D9	7003		JNZ PD1	
03DB	EB		MOV A,R3	
03DC	61E0		AJMP PD2	
03DE	74FF	PD1:	MOV A,#HFF	
03E0	90AF00	PD2:	MOV DPTR,#HAF00	
03E3	F0		MOVX @DPTR,A	
03E4	90EF00		MOV DPTR,#HEF00	
03E7	74FF		MOV A,#HFF	
03E9	F0		MOVX @DPTR,A	
03EA	75A885		MOV HA8,#H85	
03ED	020302		LJMP PD3	
03F0	22		RET	
03F1	90404A	PD:	MOV DPTR,#H404A	; Kp * Td/0.16 -> @40D0
03F4	120110		LCALL MOVE1	
03F7	904090		MOV DPTR,#H4090	
03FA	12011C		LCALL MOVE2	
03FD	904095		MOV DPTR,#H4095	
0400	7400		MOV A,#H00	
0402	F0		MOVX @DPTR,A	
0403	A3		INC DPTR	
0404	F0		MOVX @DPTR,A	
0405	A3		INC DPTR	
0406	F0		MOVX @DPTR,A	
0407	A3		INC DPTR	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้วงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0408 7416      MOV    A,#H16
040A F0        MOVX  @DPTR,A
040B 120DEA    LCALL DIVS
040E 90409A    MOV   DPTR,#H409A
0411 120110    LCALL MOVE1
0414 904080    MOV   DPTR,#H4080
0417 12011C    LCALL MOVE2
041A 904040    MOV   DPTR,#H4040
041D 120110    LCALL MOVE1
0420 904085    MOV   DPTR,#H4085
0423 12011C    LCALL MOVE2
0426 120CAA    LCALL MUL
0429 90408A    MOV   DPTR,#H408A
042C 120110    LCALL MOVE1
042F 9040D0    MOV   DPTR,#H40D0
0432 12011C    LCALL MOVE2
0435 22         RET
0436 1202A7    P_PID: LCALL PIA0      ; Kp(1+del T/Ti)
0439 1203F1    LCALL PD          ; Kp(Td/del T)
043C 9040C5    MOV   DPTR,#H40C5
043F 120110    LCALL MOVE1
0442 904060    MOV   DPTR,#H4060
0445 12011C    LCALL MOVE2
0448 9040D0    MOV   DPTR,#H40D0
044B 120110    LCALL MOVE1
044E 904065    MOV   DPTR,#H4065
0451 12011C    LCALL MOVE2
0454 120D50    LCALL ADD          ; A0
0457 90406A    MOV   DPTR,#H406A
045A 120110    LCALL MOVE1
045D 9040F0    MOV   DPTR,#H40F0      ; 40F0 = A0
0460 12011C    LCALL MOVE2
0463 9040D0    MOV   DPTR,#H40D0      ; Kp(1 + 2 Td/del T)
0466 120110    LCALL MOVE1
0469 904080    MOV   DPTR,#H4080
046C 12011C    LCALL MOVE2
046F 904085    MOV   DPTR,#H4085
0472 7400      MOV   A,#H00
0474 F0        MOVX  @DPTR,A
0475 A3        INC   DPTR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้วงนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง 63 หรือหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0476 F0          MOVX @DPTR,A
0477 A3          INC DPTR
0478 7402        MOV A,#H02
047A F0          MOVX @DPTR,A
047B A3          INC DPTR
047C 7400        MOV A,#H00
047E F0          MOVX @DPTR,A
047F 120CAA      LCALL MUL
0482 90408A      MOV DPTR,#H408A
0485 120110      LCALL MOVE1
0488 904060      MOV DPTR,#H4060
048B 12011C      LCALL MOVE2
048E 904040      MOV DPTR,#H4040
0491 120110      LCALL MOVE1
0494 904065      MOV DPTR,#H4065
0497 12011C      LCALL MOVE2
049A 120D50      LCALL ADD ; A1
049D 90406A      MOV DPTR,#H406A
04A0 120110      LCALL MOVE1
04A3 9040F5      MOV DPTR,#H40F5 ; A1 = 40F5
04A6 12011C      LCALL MOVE2
04A9 9040A0      PID: MOV DPTR,#H40A0 ; SP - INPUT
04AC 120110      LCALL MOVE1
04AF 904060      MOV DPTR,#H4060
04B2 12011C      LCALL MOVE2
04B5 904000      MOV DPTR,#H4000
04B8 120110      LCALL MOVE1
04BB 904065      MOV DPTR,#H4065
04BE 12011C      LCALL MOVE2
04C1 120D76      LCALL SUB
04C4 90406A      MOV DPTR,#H406A ; En * A0
04C7 120110      LCALL MOVE1
04CA 904080      MOV DPTR,#H4080
04CD 12011C      LCALL MOVE2
04D0 9040F0      MOV DPTR,#H40F0
04D3 120110      LCALL MOVE1
04D6 904085      MOV DPTR,#H4085
04D9 12011C      LCALL MOVE2
04DC 120CAA      LCALL MUL
04DF 90408A      MOV DPTR,#H408A

```

```

04E2 120110      LCALL MOVE1
04E5 904120      MOV  DPTR,#H4120      ; K0 = 4120
04E8 12011C      LCALL MOVE2
04EB 904130      MOV  DPTR,#H4130      ; En-1 = 4130
04EE 120110      LCALL MOVE1
04F1 904080      MOV  DPTR,#H4080
04F4 12011C      LCALL MOVE2
04F7 9040F5      MOV  DPTR,#H40F5
04FA 120110      LCALL MOVE1
04FD 904085      MOV  DPTR,#H4085
0500 12011C      LCALL MOVE2
0503 120CAA      LCALL MUL              ; En-1 * A1
0506 90408A      MOV  DPTR,#H408A
0509 120110      LCALL MOVE1
050C 904125      MOV  DPTR,#H4125      ; K1 = 4125
050F 12011C      LCALL MOVE2
0512 90406A      MOV  DPTR,#H406A      ; En -- En-1
0515 120110      LCALL MOVE1
0518 901022      MOV  DPTR,#4130
051B 12011C      LCALL MOVE2
051E 904135      MOV  DPTR,#H4135      ; En-2 * A2 = K2
0521 120110      LCALL MOVE1
0524 904080      MOV  DPTR,#H4080
0527 12011C      LCALL MOVE2
052A 9040C5      MOV  DPTR,#H40C5
052D 120110      LCALL MOVE1
0530 904085      MOV  DPTR,#H4085
0533 12011C      LCALL MOVE2
0536 120CAA      LCALL MUL              ; K2 -- 412A
0539 90408A      MOV  DPTR,#H408A
053C 120110      LCALL MOVE1
053F 90412A      MOV  DPTR,#H412A
0542 12011C      LCALL MOVE2
0545 904060      MOV  DPTR,#H4060      ; K2 + K0
0548 12011C      LCALL MOVE2
054B 904120      MOV  DPTR,#H4120
054E 120110      LCALL MOVE1
0551 904065      MOV  DPTR,#H4065
0554 12011C      LCALL MOVE2
0557 120D50      LCALL ADD

```

เอกสารนี้เป็นที่สงวนไว้สำหรับการใช้รวมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

055A 90406A      MOV  DPTR,#H406A      ; K2 + K0 - K1
055D 120110      LCALL MOVE1
0560 904060      MOV  DPTR,#H4060
0563 12011C      LCALL MOVE2
0566 904125      MOV  DPTR,#H4125
0569 120110      LCALL MOVE1
056C 904065      MOV  DPTR,#H4065
056F 12011C      LCALL MOVE2
0572 120D76      LCALL SUB
0575 90413A      MOV  DPTR,#H413A
0578 120110      LCALL MOVE1
057B 904060      MOV  DPTR,#H4060
057E 12011C      LCALL MOVE2
0581 90406A      MOV  DPTR,#H406A
0584 120110      LCALL MOVE1
0587 904065      MOV  DPTR,#H4065
058A 12011C      LCALL MOVE2
058D 120D50      LCALL ADD
0590 90406A      MOV  DPTR,#H406A
0593 120110      LCALL MOVE1
0596 90413A      MOV  DPTR,#H413A
0599 12011C      LCALL MOVE2
059C E9             MOV  A,R1
059D 700A        JNZ  PID1
059F EA             MOV  A,R2
05A0 7003        JNZ  PID2
05A2 EB             MOV  A,R3
05A3 A1AD        AJMP PID3
05A5 74FF        PID2: MOV  A,#HFF
05A7 A1AD        AJMP PID3
05A9 7400        PID1: MOV  A,#H00
05AB A1AD        AJMP PID3
05AD 90AF00      PID3: MOV  DPTR,#HAF00
05B0 F0           MOVX @DPTR,A
05B1 90EF00      MOV  DPTR,#HEF00
05B4 74FF        MOV  A,#HFF
05B6 F0           MOVX @DPTR,A
05B7 75A885      MOV  HA8,#H85
05BA 0204A9      LJMP PID
05BD 22           RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

05BE 9040A2 PRO_OF MOV DPTR,#H40A2
05C1 E0 MOVX A,@DPTR
05C2 F9 MOV R1,A
05C3 904002 MOV DPTR,#H4002
05C6 E0 MOVX A,@DPTR
05C7 C3 CLR C
05C8 99 SUBB A,R1
05C9 4004 JC ON
05CB 7400 MOV A,#H00
05CD A1D1 AJMP ON1
05CF 74FF ON: MOV A,#HFF
05D1 90AF00 ON1: MOV DPTR,#HAF00
05D4 F0 MOVX @DPTR,A
05D5 90EF00 MOV DPTR,#HEF00
05D8 74FF MOV A,#HFF
05DA F0 MOVX @DPTR,A
05DB 75A885 MOV HA8,#H85
05DE A1BE AJMP PRO_OF
05E0 22 RET
05E1 9074FF CONVER MOV DPTR,#H74FF
05E4 7448 MOV A,#H48
05E6 F0 MOVX @DPTR,A
05E7 904020 MOV DPTR,#H4020
05EA 120110 LCALL MOVE1
05ED 904040 MOV DPTR,#H4040
05F0 E9 MOV A,R1
05F1 F0 MOVX @DPTR,A
05F2 904004 MOV DPTR,#H4004
05F5 12011C LCALL MOVE2
05F8 120C28 LCALL CONV
05FB 90400A MOV DPTR,#H400A
05FE 120110 LCALL MOVE1
0601 904041 MOV DPTR,#H4041
0604 12011C LCALL MOVE2
0607 904025 MOV DPTR,#H4025
060A 120110 LCALL MOVE1
060D 904045 MOV DPTR,#H4045
0610 E9 MOV A,R1
0611 F0 MOVX @DPTR,A
0612 904004 MOV DPTR,#H4004

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์อาจารย์เพื่อใช้ในการสอนเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0615	12011C	LCALL MOVE2
0618	120C28	LCALL CONV
061B	90400A	MOV DPTR,#H400A
061E	120110	LCALL MOVE1
0621	904046	MOV DPTR,#H4046
0624	12011C	LCALL MOVE2
0627	90402A	MOV DPTR,#H402A
062A	120110	LCALL MOVE1
062D	90404A	MOV DPTR,#H404A
0630	E9	MOV A,R1
0631	F0	MOVX @DPTR,A
0632	904004	MOV DPTR,#H4004
0635	12011C	LCALL MOVE2
0638	120C28	LCALL CONV
063B	90400A	MOV DPTR,#H400A
063E	120110	LCALL MOVE1
0641	90404B	MOV DPTR,#H404B
0644	12011C	LCALL MOVE2
0647	904030	MOV DPTR,#H4030
064A	120110	LCALL MOVE1
064D	904050	MOV DPTR,#H4050
0650	E9	MOV A,R1
0651	F0	MOVX @DPTR,A
0652	904004	MOV DPTR,#H4004
0655	12011C	LCALL MOVE2
0658	120C28	LCALL CONV
065B	90400A	MOV DPTR,#H400A
065E	120110	LCALL MOVE1
0661	904051	MOV DPTR,#H4051
0664	12011C	LCALL MOVE2
0667	904035	MOV DPTR,#H4035
066A	120110	LCALL MOVE1
066D	904055	MOV DPTR,#H4055
0670	E9	MOV A,R1
0671	F0	MOVX @DPTR,A
0672	904004	MOV DPTR,#H4004
0675	12011C	LCALL MOVE2
0678	120C28	LCALL CONV
067B	90400A	MOV DPTR,#H400A
067E	120110	LCALL MOVE1

```

0681 904056      MOV   DPTR,#H4056
0684 12011C      LCALL MOVE2
0687 90403A      MOV   DPTR,#H403A
068A 120110      LCALL MOVE1
068D 90405A      MOV   DPTR,#H405A
0690 E9            MOV   A,R1
0691 F0            MOVX  @DPTR,A
0692 904004      MOV   DPTR,#H4004
0695 12011C      LCALL MOVE2
0698 120C28      LCALL CONV
069B 90400A      MOV   DPTR,#H400A
069E 120110      LCALL MOVE1
06A1 90405B      MOV   DPTR,#H405B
06A4 12011C      LCALL MOVE2
06A7 22          RET
06A8 758900      INPUT: MOV   H89,#H00    ;TMOD
06AB 75A885      MOV   HA8,#H85    ;IE
06AE 75B8FF      MOV   HB8,#HFF    ;IP
06B1 759800      MOV   H98,#H00    ;SCON
06B4 758800      MOV   H88,#H00    ;TCON
06B7 75D000      MOV   HD0,#H00    ;PSW
06BA 758700      MOV   H87,#H00    ;PCON
06BD 7C00        MOV   R4,#H00     ;R4 = POSITION LED
06BF 120C03      LCALL NO_LED
06C2 7471        MOV   A,#H71
06C4 9070FF      MOV   DPTR,#H70FF
06C7 F0            MOVX  @DPTR,A
06C8 7474        MOV   A,#H74
06CA 9071FF      MOV   DPTR,#H71FF
06CD F0            MOVX  @DPTR,A
06CE 7464        MOV   A,#H64
06D0 9072FF      MOV   DPTR,#H72FF
06D3 F0            MOVX  @DPTR,A
06D4 7452        MOV   A,#H52
06D6 9073FF      MOV   DPTR,#H73FF
06D9 F0            MOVX  @DPTR,A
06DA C3          FB1:  CLR   C
06DB 7590FF      MOV   H90,#HFF
06DE 120A0C      LCALL DELAY
06E1 A990        MOV   R1,H90

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อที่ ๕๗ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06E3	E9		MOV	A,R1
06E4	94FF		SUBB	A,#HFF
06E6	60F2		JZ	FB1
06E8	C3		CLR	C
06E9	74F3		MOV	A,#HF3
06EB	99		SUBB	A,R1
06EC	601B		JZ	LP
06EE	C3		CLR	C
06EF	74CF		MOV	A,#HCF
06F1	99		SUBB	A,R1
06F2	6036		JZ	LPI
06F4	C3		CLR	C
06F5	743F		MOV	A,#H3F
06F7	99		SUBB	A,R1
06F8	6072		JZ	LPD
06FA	C3		CLR	C
06FB	74F9		MOV	A,#HF9
06FD	99		SUBB	A,R1
06FE	6069		JZ	L_PID
0700	C3		CLR	C
0701	74DF		MOV	A,#HDF
0703	99		SUBB	A,R1
0704	6060		JZ	L_OF
0706	0206DA		LJMP	FB1
0709	120C03	LP:	LCALL	NO_LED
070C	7443		MOV	A,#H43
070E	9070FF		MOV	DPTR,#H70FF
0711	F0		MOVX	@DPTR,A
0712	120A0C		LCALL	DELAY
0715	1209A7		LCALL	RECIVE
0718	120878		LCALL	KEEP
071B	904020		MOV	DPTR,#H4020
071E	120887		LCALL	KEEP1
0721	90405F		MOV	DPTR,#H405F
0724	7401		MOV	A,#H01
0726	F0		MOVX	@DPTR,A
0727	020808		LJMP	HLS
072A	120C03	LPI:	LCALL	NO_LED
072D	7443		MOV	A,#H43
072F	9070FF		MOV	DPTR,#H70FF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อที่ 70 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0732	F0	MOVX @DPTR,A
0733	120A0C	LCALL DELAY
0736	1209A7	LCALL RECIVE
0739	120878	LCALL KEEP
073C	904020	MOV DPTR,#H4020
073F	120887	LCALL KEEP1
0742	120C03	LCALL NO_LED
0745	7456	MOV A,#H56
0747	9070FF	MOV DPTR,#H70FF
074A	F0	MOVX @DPTR,A
074B	74ED	MOV A,#HED
074D	9071FF	MOV DPTR,#H71FF
0750	F0	MOVX @DPTR,A
0751	1209A7	LCALL RECIVE
0754	120878	LCALL KEEP
0757	904025	MOV DPTR,#H4025
075A	120887	LCALL KEEP1
075D	90405F	MOV DPTR,#H405F
0760	7402	MOV A,#H02
0762	F0	MOVX @DPTR,A
0763	020808	LJMP HLS
0766	0207A8	L_OF: LJMP LOF
0769	0207AB	L_PID: LJMP LPID
076C	120C03	LPD: LCALL NO_LED
076F	7443	MOV A,#H43
0771	9070FF	MOV DPTR,#H70FF
0774	F0	MOVX @DPTR,A
0775	120A0C	LCALL DELAY
0778	1209A7	LCALL RECIVE
077B	120878	LCALL KEEP
077E	904020	MOV DPTR,#H4020
0781	120887	LCALL KEEP1
0784	120C03	LCALL NO_LED
0787	7456	MOV A,#H56
0789	9070FF	MOV DPTR,#H70FF
078C	F0	MOVX @DPTR,A
078D	7464	MOV A,#H64
078F	9071FF	MOV DPTR,#H71FF
0792	F0	MOVX @DPTR,A
0793	1209A7	LCALL RECIVE

0796	120878		LCALL KEEP
0799	90402A		MOV DPTR,#H402A
079C	120887		LCALL KEEP1
079F	90405F		MOV DPTR,#H405F
07A2	7403		MOV A,#H03
07A4	F0		MOVX @DPTR,A
07A5	020808		LJMP HLS
07A8	0207FF	LOF:	LJMP LOFF
07AB	120C03	LPID:	LCALL NO_LED
07AE	7443		MOV A,#H43
07B0	9070FF		MOV DPTR,#H70FF
07B3	F0		MOVX @DPTR,A
07B4	1209A7		LCALL RECIVE
07B7	120878		LCALL KEEP
07BA	904020		MOV DPTR,#H4020
07BD	120887		LCALL KEEP1
07C0	120C03		LCALL NO_LED
07C3	7456		MOV A,#H56
07C5	9070FF		MOV DPTR,#H70FF
07C8	F0		MOVX @DPTR,A
07C9	74ED		MOV A,#HED
07CB	9071FF		MOV DPTR,#H71FF
07CE	F0		MOVX @DPTR,A
07CF	1209A7		LCALL RECIVE
07D2	120878		LCALL KEEP
07D5	904025		MOV DPTR,#H4025
07D8	120887		LCALL KEEP1
07DB	120C03		LCALL NO_LED
07DE	7456		MOV A,#H56
07E0	9070FF		MOV DPTR,#H70FF
07E3	F0		MOVX @DPTR,A
07E4	7464		MOV A,#H64
07E6	9071FF		MOV DPTR,#H71FF
07E9	F0		MOVX @DPTR,A
07EA	1209A7		LCALL RECIVE
07ED	120878		LCALL KEEP
07F0	90402A		MOV DPTR,#H402A
07F3	120887		LCALL KEEP1
07F6	90405F		MOV DPTR,#H405F
07F9	7404		MOV A,#H04

```

07FB F0          MOVX  @DPTR,A
07FC 020808      LJMP  HLS
07FF 90405F  LOFF: MOV  DPTR,#H405F
0802 7405        MOV  A,#H05
0804 F0          MOVX  @DPTR,A
0805 020808      LJMP  HLS
0808 120C03  HLS:  LCALL NO_LED
080B 7445        MOV  A,#H45
080D 9070FF      MOV  DPTR,#H70FF
0810 F0          MOVX  @DPTR,A
0811 747F        MOV  A,#H7F
0813 9071FF      MOV  DPTR,#H71FF
0816 F0          MOVX  @DPTR,A
0817 1209A7      LCALL RECIVE
081A 120878      LCALL KEEP
081D 904030      MOV  DPTR,#H4030
0820 120887      LCALL KEEP1
0823 120C03      LCALL NO_LED
0826 745E        MOV  A,#H5E
0828 9070FF      MOV  DPTR,#H70FF
082B F0          MOVX  @DPTR,A
082C 7474        MOV  A,#H74
082E 9071FF      MOV  DPTR,#H71FF
0831 F0          MOVX  @DPTR,A
0832 120A0C      LCALL DELAY
0835 1209A7      LCALL RECIVE
0838 120878      LCALL KEEP
083B 904035      MOV  DPTR,#H4035
083E 120887      LCALL KEEP1
0841 120C03      LCALL NO_LED
0844 7490        MOV  A,#H90
0846 9070FF      MOV  DPTR,#H70FF
0849 F0          MOVX  @DPTR,A
084A 7443        MOV  A,#H43
084C 9071FF      MOV  DPTR,#H71FF
084F F0          MOVX  @DPTR,A
0850 120A0C      LCALL DELAY
0853 1209A7      LCALL RECIVE
0856 120878      LCALL KEEP
0859 90403A      MOV  DPTR,#H403A

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบ 73 นี้ออก และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

085C 120887      LCALL KEEP1
085F 1205E1      LCALL CONVER
0862 1200CE      LCALL SETPOT
0865 9073FF      MOV  DPTR,#H73FF
0868 74ED        MOV  A,#HED
086A F0          MOVX @DPTR,A
086B E539        MOV  A,H39
086D B47F07      CJNE A,#H7F,IN1
0870 9074FF      MOV  DPTR,#H74FF
0873 7462        MOV  A,#H62
0875 F0          MOVX @DPTR,A
0876 32          RETI
0877 22          IN1:  RET
0878 904010      KEEP: MOV  DPTR,#H4010
087B E0          MOVX A,@DPTR
087C F9          MOV  R1,A
087D A3          INC  DPTR
087E E0          MOVX A,@DPTR
087F FA          MOV  R2,A
0880 A3          INC  DPTR
0881 E0          MOVX A,@DPTR
0882 FB          MOV  R3,A
0883 A3          INC  DPTR
0884 E0          MOVX A,@DPTR
0885 FC          MOV  R4,A
0886 22          RET
0887 E9          KEEP1: MOV  A,R1
0888 F0          MOVX @DPTR,A
0889 EA          MOV  A,R2
088A A3          INC  DPTR
088B F0          MOVX @DPTR,A
088C EB          MOV  A,R3
088D A3          INC  DPTR
088E F0          MOVX @DPTR,A
088F EC          MOV  A,R4
0890 A3          INC  DPTR
0891 F0          MOVX @DPTR,A
0892 22          RET
0893 EC          ROT:  MOV  A,R4
0894 23          ROT:  MOV  A,R4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ RL ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0895	900899		MOV	DPTR,#INST
0898	73		JMP	@A+DPTR
0899	G1A5	INST:	AJMP	ROT1
089B	G1B7		AJMP	ROT2
089D	G1D1		AJMP	ROT3
089F	G1F3		AJMP	ROT4
08A1	I11D		AJMP	ROT5
08A3	I14F		AJMP	ROT6
08A5	9075FF	ROT1:	MOV	DPTR,#H75FF
08A8	ED		MOV	A,R5
08A9	F0		MOVX	@DPTR,A
08AA	904100		MOV	DPTR,#H4100
08AD	F0		MOVX	@DPTR,A
08AE	904000		MOV	DPTR,#H4000
08B1	EA		MOV	A,R2
08B2	F0		MOVX	@DPTR,A
08B3	0C		INC	R4
08B4	0209B8		LJMP	REC
08B7	9075FF	ROT2:	MOV	DPTR,#H75FF
08BA	ED		MOV	A,R5
08BB	F0		MOVX	@DPTR,A
08BC	904101		MOV	DPTR,#H4101
08BF	F0		MOVX	@DPTR,A
08C0	904100		MOV	DPTR,#H4100
08C3	E0		MOVX	A,@DPTR
08C4	9074FF		MOV	DPTR,#H74FF
08C7	F0		MOVX	@DPTR,A
08C8	904001		MOV	DPTR,#H4001
08CB	EA		MOV	A,R2
08CC	F0		MOVX	@DPTR,A
08CD	0C		INC	R4
08CE	0209B8		LJMP	REC
08D1	9075FF	ROT3:	MOV	DPTR,#H75FF
08D4	ED		MOV	A,R5
08D5	F0		MOVX	@DPTR,A
08D6	904102		MOV	DPTR,#H4102
08D9	F0		MOVX	@DPTR,A
08DA	904101		MOV	DPTR,#H4101
08DD	E0		MOVX	A,@DPTR
08DE	9074FF		MOV	DPTR,#H74FF

08E1	F0		MOVX @DPTR,A
08E2	904100		MOV DPTR,#H4100
08E5	E0		MOVX A,@DPTR
08E6	9073FF		MOV DPTR,#H73FF
08E9	F0		MOVX @DPTR,A
08EA	904002		MOV DPTR,#H4002
08ED	EA		MOV A,R2
08EE	F0		MOVX @DPTR,A
08EF	0C		INC R4
08F0	0209B8		LJMP REC
08F3	9075FF	ROT4:	MOV DPTR,#H75FF
08F6	ED		MOV A,R5
08F7	F0		MOVX @DPTR,A
08F8	904103		MOV DPTR,#H4103
08FB	F0		MOVX @DPTR,A
08FC	904102		MOV DPTR,#H4102
08FF	E0		MOVX A,@DPTR
0900	9074FF		MOV DPTR,#H74FF
0903	F0		MOVX @DPTR,A
0904	904101		MOV DPTR,#H4101
0907	E0		MOVX A,@DPTR
0908	9073FF		MOV DPTR,#H73FF
090B	F0		MOVX @DPTR,A
090C	904100		MOV DPTR,#H4100
090F	E0		MOVX A,@DPTR
0910	9072FF		MOV DPTR,#H72FF
0913	F0		MOVX @DPTR,A
0914	904003		MOV DPTR,#H4003
0917	EA		MOV A,R2
0918	F0		MOVX @DPTR,A
0919	0C		INC R4
091A	0209B8		LJMP REC
091D	9075FF	ROT5:	MOV DPTR,#H75FF
0920	ED		MOV A,R5
0921	F0		MOVX @DPTR,A
0922	904104		MOV DPTR,#H4104
0925	F0		MOVX @DPTR,A
0926	904103		MOV DPTR,#H4103
0929	E0		MOVX A,@DPTR
092A	9074FF		MOV DPTR,#H74FF

092A นี้ 9074FF การที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้วงวนเพื่อตรวจสอบสถานะเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ 76 ปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

092D	F0	MOVX	@DPTR,A
092E	904102	MOV	DPTR,#H4102
0931	E0	MOVX	A,@DPTR
0932	9073FF	MOV	DPTR,#H73FF
0935	F0	MOVX	@DPTR,A
0936	904101	MOV	DPTR,#H4101
0939	E0	MOVX	A,@DPTR
093A	9072FF	MOV	DPTR,#H72FF
093D	F0	MOVX	@DPTR,A
093E	904100	MOV	DPTR,#H4100
0941	E0	MOVX	A,@DPTR
0942	9071FF	MOV	DPTR,#H71FF
0945	F0	MOVX	@DPTR,A
0946	904004	MOV	DPTR,#H4004
0949	EA	MOV	A,R2
094A	F0	MOVX	@DPTR,A
094B	0C	INC	R4
094C	0209B8	LJMP	REC
094F	9075FF	ROT6: MOV	DPTR,#H75FF
0952	ED	MOV	A,R5
0953	F0	MOVX	@DPTR,A
0954	904105	MOV	DPTR,#H4105
0957	F0	MOVX	@DPTR,A
0958	904104	MOV	DPTR,#H4104
095B	E0	MOVX	A,@DPTR
095C	9074FF	MOV	DPTR,#H74FF
095F	F0	MOVX	@DPTR,A
0960	904103	MOV	DPTR,#H4103
0963	E0	MOVX	A,@DPTR
0964	9073FF	MOV	DPTR,#H73FF
0967	F0	MOVX	@DPTR,A
0968	904102	MOV	DPTR,#H4102
096B	E0	MOVX	A,@DPTR
096C	9072FF	MOV	DPTR,#H72FF
096F	F0	MOVX	@DPTR,A
0970	904101	MOV	DPTR,#H4101
0973	E0	MOVX	A,@DPTR
0974	9071FF	MOV	DPTR,#H71FF
0977	F0	MOVX	@DPTR,A
0978	904100	MOV	DPTR,#H4100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเราใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

097B E0          MOVX  A,@DPTR
097C 9070FF      MOV   DPTR,#H70FF
097F F0          MOVX  @DPTR,A
0980 904005      MOV   DPTR,#H4005
0983 EA          MOV   A,R2
0984 F0          MOVX  @DPTR,A
0985 7C00        MOV   R4,#H00
0987 02098A      LJMP  INKEY
098A              ;POSITION = 6
098A C3          INKEY: CLR  C
098B 7590FF      MOV   H90,#HFF
098E 120A0C      LCALL DELAY
0991 A990        MOV   R1,H90
0993 E9          MOV   A,R1
0994 94FF        SUBB  A,#HFF
0996 60F2        JZ    INKEY
0998 C3          CLR  C
0999 747F        MOV   A,#H7F
099B 99          SUBB  A,R1
099C 607A        JZ    END
099E C3          CLR  C
099F 74FC        MOV   A,#HFC
09A1 99          SUBB  A,R1
09A2 6077        JZ    CHG
09A4 02098A      LJMP  INKEY
09A7 7C00        RECEIVE MOV  R4,#H00
09A9 7F05        MOV   R7,#H05
09AB 7900        MOV   R1,#H00
09AD 904000      MOV   DPTR,#H4000
09B0 7400        MOV   A,#H00
09B2 F0          RE:    MOVX  @DPTR,A
09B3 A3          INC   DPTR
09B4 09          INC   R1
09B5 B905FA        CJNE  R1,#H05,RE
09B8 C3          REC:  CLR  C
09B9 7590FF      MOV   H90,#HFF
09BC 120A0C      LCALL DELAY
09BF A990        MOV   R1,H90
09C1 E9          MOV   A,R1
09C2 94FF        SUBB  A,#HFF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

09C4 60F2      JZ    REC
09C6 C3         CLR   C
09C7 747F      MOV   A,#H7F
09C9 99        SUBB  A,R1
09CA 604C      JZ    END
09CC C3         CLR   C
09CD 74FC      MOV   A,#HFC
09CF 99        SUBB  A,R1
09D0 6049      JZ    CHG
09D2 C3         CLR   C
09D3 74FD      MOV   A,#HFD
09D5 99        SUBB  A,R1
09D6 6058      JZ    FUNC
09D8 C3         CLR   C
09D9 74F7      MOV   A,#HF7
09DB 99        SUBB  A,R1
09DC 6055      JZ    POINT
09DE 7400      MOV   A,#H00
09E0 7A00      MOV   R2,#H00
09E2 7B0A      MOV   R3,#H0A
09E4 900F00    MOV   DPTR,#H0F00
09E7 C3         LOOP2: CLR  C
09E8 93        MOVC  A,@A+DPTR
09E9 99        SUBB  A,R1
09EA 6009      JZ    LED
09EC 0A        INC   R2
09ED EA         MOV   A,R2
09EE 9B        SUBB  A,R3
09EF 600D      JZ    C1
09F1 EA         MOV   A,R2
09F2 0209E7    LJMP  LOOP2
09F5          ;KEY PRESS IN 0 -9
09F5 900F10    LED:  MOV   DPTR,#H0F10
09F8 EA         MOV   A,R2
09F9 93        MOVC  A,@A+DPTR
09FA FD        MOV   R5,A
09FB 020893    LJMP  ROT
09FE 9075FF    C1:   MOV   DPTR,#H75FF
0A01 7462      MOV   A,#H62
0A03 F0        MOVX  @DPTR,A

```

```

0A04 9071FF      MOV  DPTR,#H71FF
0A07 E9          MOV  A,R1
0A08 F0          MOVX @DPTR,A
0A09 0209B8      LJMP REC
0A0C 74FF      DELAY: MOV  A,#HFF
0A0E 14          A1:   DEC  A
0A0F 796F      MOV  R1,#H6F
0A11 19          A2:   DEC  R1
0A12 B900FC      CJNE R1,#H00,A2
0A15 70F7      JNZ  A1
0A17 22          RET
0A18 020A99     END:   LJMP PACK
0A1B 120C03     CHG:   LCALL NO_LED
0A1E 7C00      MOV  R4,#H00
0A20 904000     MOV  DPTR,#H4000
0A23 7905      MOV  R1,#H05
0A25 74FF      MOV  A,#HFF
0A27 F0          CHG1: MOVX @DPTR,A
0A28 A3          INC  DPTR
0A29 19          DEC  R1
0A2A B900FA     CJNE R1,#H00,CHG1
0A2D 0209A7     LJMP RECIVE
0A30 020BCD     FUNC: LJMP FUNCT
0A33           ; ' ' TO LED
0A33 EC          POINT: MOV  A,R4
0A34 7F00      MOV  R7,#H00
0A36 B40011     PO_1: CJNE A,#H00,PO_2
0A39 904100     MOV  DPTR,#H4100
0A3C 7408      MOV  A,#H08
0A3E F0          MOVX @DPTR,A
0A3F 9075FF     MOV  DPTR,#H75FF
0A42 F0          MOVX @DPTR,A
0A43 7C01      MOV  R4,#H01
0A45 7F00      MOV  R7,#H00
0A47 0209B8     LJMP REC
0A4A B40110     PO_2: CJNE A,#H01,PO_3
0A4D 904100     MOV  DPTR,#H4100
0A50 E0          MOVX A,@DPTR
0A51 54BF      ANL  A,#HBF
0A53 F0          MOVX @DPTR,A

```

```

0A54 9075FF      MOV    DPTR,#H75FF
0A57 F0          MOVX   @DPTR,A
0A58 7F01       MOV    R7,#H01
0A5A 0209B8     LJMP  REC
0A5D B40210  PO_3:  CJNE  A,#H02,PO_4
0A60 904101     MOV    DPTR,#H4101
0A63 E0          MOVX   A,@DPTR
0A64 54BF       ANL   A,#HBF
0A66 F0          MOVX   @DPTR,A
0A67 9075FF     MOV    DPTR,#H75FF
0A6A F0          MOVX   @DPTR,A
0A6B 7F02       MOV    R7,#H02
0A6D 0209B8     LJMP  REC
0A70 B40310  PO_4:  CJNE  A,#H03,PO_5
0A73 904102     MOV    DPTR,#H4102
0A76 E0          MOVX   A,@DPTR
0A77 54BF       ANL   A,#HBF
0A79 F0          MOVX   @DPTR,A
0A7A 9075FF     MOV    DPTR,#H75FF
0A7D F0          MOVX   @DPTR,A
0A7E 7F03       MOV    R7,#H03
0A80 0209B8     LJMP  REC
0A83 B40410  PO_5:  CJNE  A,#H04,PO_6
0A86 904103     MOV    DPTR,#H4103
0A89 E0          MOVX   A,@DPTR
0A8A 54BF       ANL   A,#HBF
0A8C F0          MOVX   @DPTR,A
0A8D 9075FF     MOV    DPTR,#H75FF
0A90 F0          MOVX   @DPTR,A
0A91 7F04       MOV    R7,#H04
0A93 0209B8     LJMP  REC
0A96 020BC4  PO_6:  LJMP  ERROR
0A99 904011  PACK:  MOV    DPTR,#H4011
0A9C 7400       MOV    A,#H00
0A9E F0          MOVX   @DPTR,A
0A9F A3         INC    DPTR
0AA0 F0          MOVX   @DPTR,A
0AA1 A3         INC    DPTR
0AA2 F0          MOVX   @DPTR,A
0AA3 BF0012  PACK0: CJNE  R7,#H00,PACK1

```

0AA6	904001	MOV	DPTR,#H4001
0AA9	E0	MOVX	A,@DPTR
0AAA	F9	MOV	R1,A
0AAB	A3	INC	DPTR
0AAC	E0	MOVX	A,@DPTR
0AAD	23	RL	A
0AAE	23	RL	A
0AAF	23	RL	A
0AB0	23	RL	A
0AB1	29	ADD	A,R1
0AB2	C4	SWAP	A
0AB3	904013	MOV	DPTR,#H4013
0AB6	F0	MOVX	@DPTR,A
0AB7	22	RET	
0AB8	BF011A	PACK1: CJNE	R7,#H01,PACK2
0ABB	904000	MOV	DPTR,#H4000
0ABE	E0	MOVX	A,@DPTR
0ABF	FE	MOV	R6,A
0AC0	A3	INC	DPTR
0AC1	E0	MOVX	A,@DPTR
0AC2	F9	MOV	R1,A
0AC3	A3	INC	DPTR
0AC4	E0	MOVX	A,@DPTR
0AC5	23	RL	A
0AC6	23	RL	A
0AC7	23	RL	A
0AC8	23	RL	A
0AC9	29	ADD	A,R1
0ACA	C4	SWAP	A
0ACB	F9	MOV	R1,A
0ACC	904012	MOV	DPTR,#H4012
0ACF	EE	MOV	A,R6
0AD0	F0	MOVX	@DPTR,A
0AD1	A3	INC	DPTR
0AD2	E9	MOV	A,R1
0AD3	F0	MOVX	@DPTR,A
0AD4	22	RET	
0AD5	BF0223	PACK2: CJNE	R7,#H02,PACK3
0AD8	904000	MOV	DPTR,#H4000
0ADB	E0	MOVX	A,@DPTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในงานที่ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อที่ 62 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

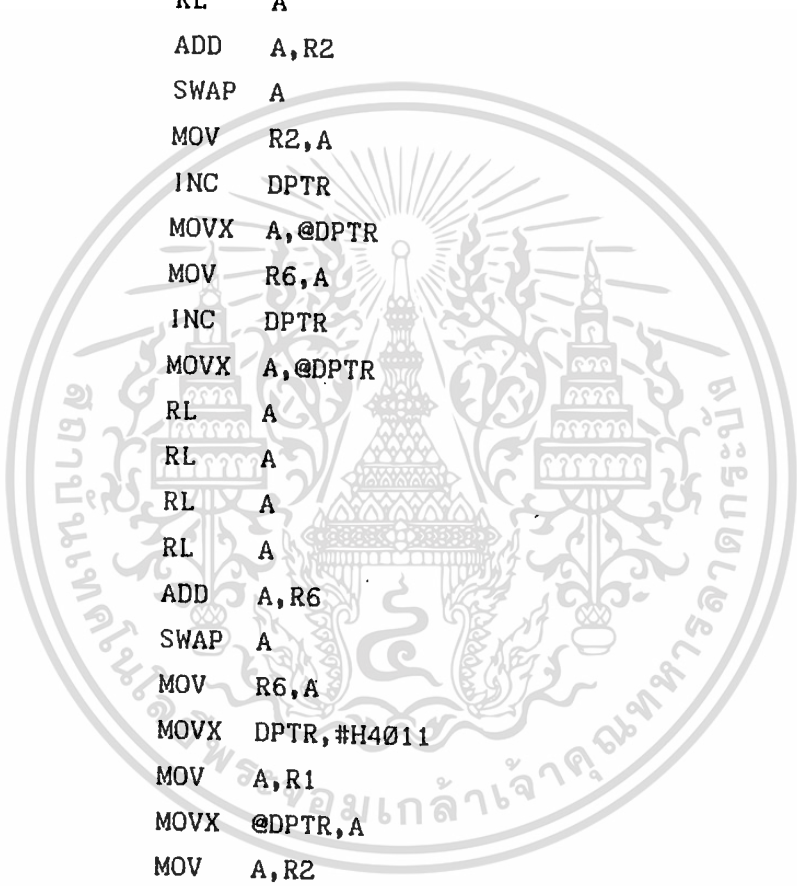
0ADC	F9		MOV	R1,A
0ADD	A3		INC	DPTR
0ADE	E0		MOVX	A,@DPTR
0ADF	23		RL	A
0AE0	23		RL	A
0AE1	23		RL	A
0AE2	23		RL	A
0AE3	29		ADD	A,R1
0AE4	C4		SWAP	A
0AE5	F9		MOV	R1,A
0AE6	A3		INC	DPTR
0AE7	E0		MOVX	A,@DPTR
0AE8	FE		MOV	R6,A
0AE9	A3		INC	DPTR
0AEA	E0		MOVX	A,@DPTR
0AEB	23		RL	A
0AEC	23		RL	A
0AED	23		RL	A
0AEE	23		RL	A
0AEF	2E		ADD	A,R6
0AF0	C4		SWAP	A
0AF1	FE		MOV	R6,A
0AF2	E9		MOV	A,R1
0AF3	904012		MOV	DPTR,#H4012
0AF6	F0		MOVX	@DPTR,A
0AF7	EE		MOV	A,R6
0AF8	A3		INC	DPTR
0AF9	F0		MOVX	@DPTR,A
0AFA	22		RET	
0AFB	BF0329	PACK3:	CJNE	R7,#H03,PACK4
0AFE	904000		MOV	DPTR,#H4000
0B01	E0		MOVX	A,@DPTR
0B02	F9		MOV	R1,A
0B03	A3		INC	DPTR
0B04	E0		MOVX	A,@DPTR
0B05	FA		MOV	R2,A
0B06	A3		INC	DPTR
0B07	E0		MOVX	A,@DPTR
0B08	23		RL	A
0B09	23		RL	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0B0A	23	RL	A
0B0B	23	RL	A
0B0C	2A	ADD	A,R2
0B0D	C4	SWAP	A
0B0E	FA	MOV	R2,A
0B0F	A3	INC	DPTR
0B10	E0	MOVX	A,@DPTR
0B11	FE	MOV	R6,A
0B12	A3	INC	DPTR
0B13	E0	MOVX	A,@DPTR
0B14	23	RL	A
0B15	23	RL	A
0B16	23	RL	A
0B17	23	RL	A
0B18	2E	ADD	A,R6
0B19	C4	SWAP	A
0B1A	FE	MOV	R6,A
0B1B	904011	MOV	DPTR,#H4011
0B1E	E9	MOV	A,R1
0B1F	F0	MOVX	@DPTR,A
0B20	EA	MOV	A,R2
0B21	A3	INC	DPTR
0B22	F0	MOVX	@DPTR,A
0B23	EE	MOV	A,R6
0B24	A3	INC	DPTR
0B25	F0	MOVX	@DPTR,A
0B26	22	RET	
0B27	BF0432	PACK4: CJNE	R7,#H04,PACK5
0B2A	904000	MOV	DPTR,#H4000
0B2D	E0	MOVX	A,@DPTR
0B2E	F9	MOV	R1,A
0B2F	A3	INC	DPTR
0B30	E0	MOVX	A,@DPTR
0B31	23	RL	A
0B32	23	RL	A
0B33	23	RL	A
0B34	23	RL	A
0B35	29	ADD	A,R1
0B36	C4	SWAP	A
0B37	F9	MOV	R1,A

0B38	A3		INC	DPTR
0B39	E0		MOVX	A,@DPTR
0B3A	FA		MOV	R2,A
0B3B	A3		INC	DPTR
0B3C	E0		MOVX	A,@DPTR
0B3D	23		RL	A
0B3E	23		RL	A
0B3F	23		RL	A
0B40	23		RL	A
0B41	2A		ADD	A,R2
0B42	C4		SWAP	A
0B43	FA		MOV	R2,A
0B44	A3		INC	DPTR
0B45	E0		MOVX	A,@DPTR
0B46	FE		MOV	R6,A
0B47	A3		INC	DPTR
0B48	E0		MOVX	A,@DPTR
0B49	23		RL	A
0B4A	23		RL	A
0B4B	23		RL	A
0B4C	23		RL	A
0B4D	2E		ADD	A,R6
0B4E	C4		SWAP	A
0B4F	FE		MOV	R6,A
0B50	904011		MOVX	DPTR,#H4011
0B53	E9		MOV	A,R1
0B54	F0		MOVX	@DPTR,A
0B55	EA		MOV	A,R2
0B56	A3		INC	DPTR
0B57	F0		MOVX	@DPTR,A
0B58	EE		MOV	A,R6
0B59	A3		INC	DPTR
0B5A	F0		MOVX	@DPTR,A
0B5B	22		RET	
0B5C	BF0565	PACK5:	CJNE	R7,#H05,ERROR
0B5F	EC		MOV	A,R4
0B60	B40109	PAC1:	CJNE	A,#H01,PAC2
0B63	904000		MOV	DPTR,#H4000
0B66	E0		MOVX	A,@DPTR
0B67	904012		MOV	DPTR,#H4012



0B6A	F0		MOVX	@DPTR,A
0B6B	22		RET	
0B6C	B40212	PAC2:	CJNE	A,#H02,PAC3
0B6F	904000		MOV	DPTR,#H4000
0B72	E0		MOVX	A,@DPTR
0B73	F9		MOV	R1,A
0B74	A3		INC	DPTR
0B75	E0		MOVX	A,@DPTR
0B76	23		RL	A
0B77	23		RL	A
0B78	23		RL	A
0B79	23		RL	A
0B7A	29		ADD	A,R1
0B7B	C4		SWAP	A
0B7C	904012		MOV	DPTR,#H4012
0B7F	F0		MOVX	@DPTR,A
0B80	22		RET	
0B81	B4031A	PAC3:	CJNE	A,#H03,PAC4
0B84	904000		MOV	DPTR,#H4000
0B87	E0		MOVX	A,@DPTR
0B88	F9		MOV	R1,A
0B89	A3		INC	DPTR
0B8A	E0		MOVX	A,@DPTR
0B8B	FA		MOV	R2,A
0B8C	A3		INC	DPTR
0B8D	E0		MOVX	A,@DPTR
0B8E	23		RL	A
0B8F	23		RL	A
0B90	23		RL	A
0B91	23		RL	A
0B92	2A		ADD	A,R2
0B93	C4		SWAP	A
0B94	FA		MOV	R2,A
0B95	904011		MOV	DPTR,#H4011
0B98	E9		MOV	A,R1
0B99	F0		MOVX	@DPTR,A
0B9A	A3		INC	DPTR
0B9B	EA		MOV	A,R2
0B9C	F0		MOVX	@DPTR,A
0B9D	22		RET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0B9E B40423 PAC4: CJNE A,#H04,ERROR
0BA1 904000 MOV DPTR,#H4000
0BA4 E0 MOVX A,@DPTR
0BA5 F9 MOV R1,A
0BA6 A3 INC DPTR
0BA7 E0 MOVX A,@DPTR
0BA8 23 RL A
0BA9 23 RL A
0BAA 23 RL A
0BAB 23 RL A
0BAC 29 ADD A,R1
0BAD C4 SWAP A
0BAE F9 MOV R1,A
0BAF A3 INC DPTR
0BB0 E0 MOVX A,@DPTR
0BB1 FA MOV R2,A
0BB2 A3 INC DPTR
0BB3 E0 MOVX A,@DPTR
0BB4 23 RL A
0BB5 23 RL A
0BB6 23 RL A
0BB7 23 RL A
0BB8 2A ADD A,R2
0BB9 C4 SWAP A
0BBA FA MOV R2,A
0BBB 904011 MOV DPTR,#H4011
0BBE E9 MOV A,R1
0BBF F0 MOVX @DPTR,A
0BC0 A3 INC DPTR
0BC1 EA MOV A,R2
0BC2 F0 MOVX @DPTR,A
0BC3 22 RET
0BC4 9072FF ERROR: MOV DPTR,#H72FF
0BC7 7452 MOV A,#H52
0BC9 F0 MOVX @DPTR,A
0BCA 0209B8 LJMP REC
0BCD C3 FUNCT: CLR C
0BCE 7590FF MOV H90,#HFF
0BD1 120A0C LCALL DELAY
0BD4 A990 MOV R1,H90

```

```

0BD6 E9 MOV A,R1
0BD7 94FF SUBB A,#HFF
0BD9 60F2 JZ FUNCT
0BDB B9FB01 FUNC_0 CJNE R1,#HFB,FUNC_1
0BDE 22 RET
0BDF B9CF01 FUNC_1 CJNE R1,#HCF,FUNC_2
0BE2 22 RET
0BE3 B9F301 FUNC_2 CJNE R1,#HF3,FUNC_3
0BE6 22 RET
0BE7 B9FC01 FUNC_3 CJNE R1,#HFC,FUNC_4
0BEA 22 RET
0BEB B99F01 FUNC_4 CJNE R1,#H9F,FUNC_5
0BEE 22 RET
0BEF B9E701 FUNC_5 CJNE R1,#HE7,FUNC_6
0BF2 22 RET
0BF3 B9F901 FUNC_6 CJNE R1,#HF9,FUNC_7
0BF6 22 RET
0BF7 B9DF01 FUNC_7 CJNE R1,#HDF,FUNC_8
0BFA 22 RET
0BFB B9F701 FUNC_8 CJNE R1,#HF7,FUNC_9
0BFE 22 RET
0BFF B9FDCB FUNC_9 CJNE R1,#HFD,FUNCT
0C02 22 RET
0C03 9075FF NO_LED MOV DPTR,#H75FF
0C06 74FF MOV A,#HFF
0C08 F0 MOVX @DPTR,A
0C09 9074FF MOV DPTR,#H74FF
0C0C 74FF MOV A,#HFF
0C0E F0 MOVX @DPTR,A
0C0F 9073FF MOV DPTR,#H73FF
0C12 74FF MOV A,#HFF
0C14 F0 MOVX @DPTR,A
0C15 9072FF MOV DPTR,#H72FF
0C18 74FF MOV A,#HFF
0C1A F0 MOVX @DPTR,A
0C1B 9071FF MOV DPTR,#H71FF
0C1E 74FF MOV A,#HFF
0C20 F0 MOVX @DPTR,A
0C21 9070FF MOV DPTR,#H70FF
0C24 74FF MOV A,#HFF

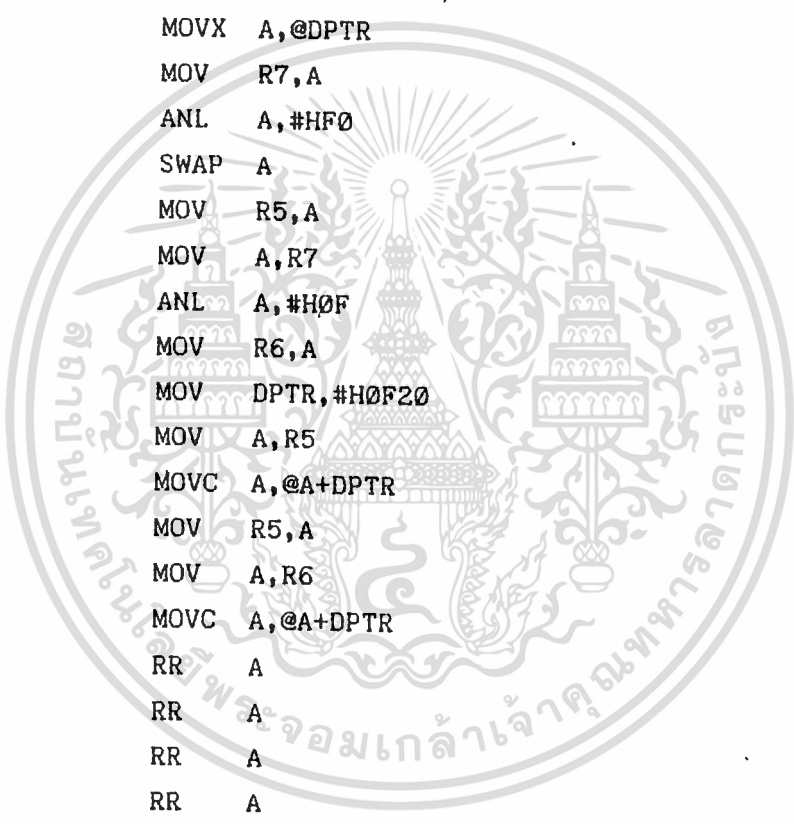
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0C26	F0		MOVX @DPTR,A
0C27	22		RET
0C28	7900	CONV:	MOV R1,#H00
0C2A	7A00		MOV R2,#H00
0C2C	7B00		MOV R3,#H00
0C2E	7C00		MOV R4,#H00
0C30	7D00		MOV R5,#H00
0C32	904005		MOV DPTR,#H4005
0C35	E0		MOVX A,@DPTR
0C36	FE		MOV R6,A
0C37	54F0		ANL A,#HF0
0C39	C4		SWAP A
0C3A	705D		JNZ TOUN
0C3C			;CONVERT HUNDRED
0C3C	EE	HUN:	MOV A,R6
0C3D	540F		ANL A,#H0F
0C3F	75F064		MOV X,#H64
0C42	A4		MUL AB
0C43	A9F0		MOV R1,X
0C45	FA		MOV R2,A
0C46	904006		MOV DPTR,#H4006
0C49	E0		MOVX A,@DPTR
0C4A	FF		MOV R7,A
0C4B	54F0		ANL A,#HF0
0C4D	C4		SWAP A
0C4E	75F00A		MOV X,#H0A
0C51	A4		MUL AB
0C52	C3		CLR C
0C53	2A		ADD A,R2
0C54	FA		MOV R2,A
0C55	E5F0		MOV A,X
0C57	39		ADDC A,R1
0C58	F9		MOV R1,A
0C59	C3		CLR C
0C5A	EF		MOV A,R7
0C5B	540F		ANL A,#H0F
0C5D	2A		ADD A,R2
0C5E	FA		MOV R2,A
0C5F	E9		MOV A,R1
0C60	3400		ADDC A,#H00

0C62	F9	MOV	R1,A
0C63	C3	CLR	C
0C64	EA	MOV	A,R2
0C65	2C	ADD	A,R4
0C66	FA	MOV	R2,A
0C67	E9	MOV	A,R1
0C68	3B	ADDC	A,R3
0C69	F9	MOV	R1,A
0C6A		;CONVERT PART FRACTION	
0C6A	A3	INC	DPTR
0C6B	E0	MOVX	A,@DPTR
0C6C	FF	MOV	R7,A
0C6D	54F0	ANL	A,#HF0
0C6F	C4	SWAP	A
0C70	FD	MOV	R5,A
0C71	EF	MOV	A,R7
0C72	540F	ANL	A,#H0F
0C74	FE	MOV	R6,A
0C75	900F20	MOV	DPTR,#H0F20
0C78	ED	MOV	A,R5
0C79	93	MOVC	A,@A+DPTR
0C7A	FD	MOV	R5,A
0C7B	EE	MOV	A,R6
0C7C	93	MOVC	A,@A+DPTR
0C7D	03	RR	A
0C7E	03	RR	A
0C7F	03	RR	A
0C80	03	RR	A
0C81	540F	ANL	A,#H0F
0C83	C3	CLR	C
0C84	2D	ADD	A,R5
0C85	D4	DA	A
0C86	400D	JC	PLUS
0C88	FD	CO1: MOV	R5,A
0C89	90400A	MOV	DPTR,#H400A
0C8C	E9	MOV	A,R1
0C8D	F0	MOVX	@DPTR,A
0C8E	A3	INC	DPTR
0C8F	EA	MOV	A,R2
0C90	F0	MOVX	@DPTR,A

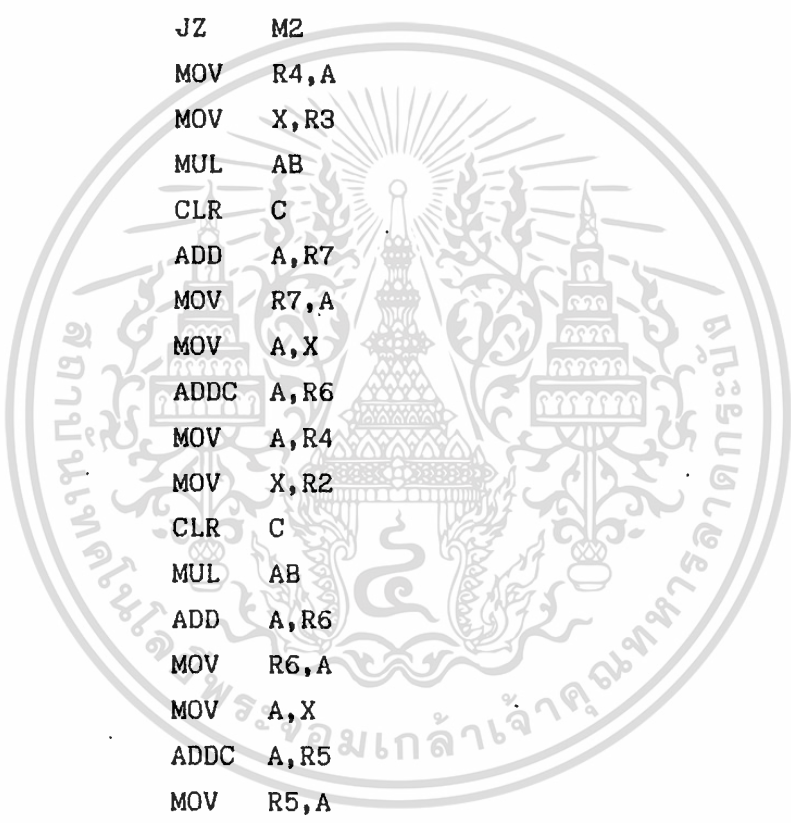


0C91	A3		INC	DPTR
0C92	ED		MOV	A,R5
0C93	F0		MOVX	@DPTR,A
0C94	22		RET	
0C95	240A	PLUS:	ADD	A,#H0A
0C97	1188		AJMP	CO1
0C99				;CONVERT TOUNSOUN
0C99	C3	TOUN:	CLR	C
0C9A	23		RL	A
0C9B	9402		SUBB	A,#H02
0C9D	FF		MOV	R7,A
0C9E	900F30		MOV	DPTR,#H0F30
0CA1	93		MOVC	A,@A+DPTR
0CA2	FB		MOV	R3,A
0CA3	0F		INC	R7
0CA4	EF		MOV	A,R7
0CA5	93		MOVC	A,@A+DPTR
0CA6	FC		MOV	R4,A
0CA7	020C3C		LJMP	HUN
0CAA	020CAD	MUL:	LJMP	STARTM
0CAD	120D35	STARTM	LCALL	SET
0CB0	120D1D		LCALL	SIGN
0CB3	904081		MOV	DPTR,#H4081
0CB6	E0		MOVX	A,@DPTR
0CB7	F9		MOV	R1,A
0CB8	A3		INC	DPTR
0CB9	E0		MOVX	A,@DPTR
0CBA	FA		MOV	R2,A
0CBB	A3		INC	DPTR
0CBC	E0		MOVX	A,@DPTR
0CBD	FB		MOV	R3,A
0CBE	904088		MOV	DPTR,#H4088
0CC1	E0		MOVX	A,@DPTR
0CC2	6012		JZ	M1
0CC4	FC		MOV	R4,A
0CC5	8AF0		MOV	X,R2
0CC7	A4		MUL	AB
0CC8	FF		MOV	R7,A
0CC9	AEF0		MOV	R6,X
0CCB	EC		MOV	A,R4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0CCC	89F0		MOV	X,R1
0CCE	C3		CLR	C
0CCF	A4		MUL	AB
0CD0	2E		ADD	A,R6
0CD1	FE		MOV	R6,A
0CD2	E5F0		MOV	A,X
0CD4	3D		ADDC	A,R5
0CD5	FD		MOV	R5,A
0CD6	904087	M1:	MOV	DPTR,#H4087
0CD9	E0		MOVX	A,@DPTR
0CDA	601F		JZ	M2
0CDC	FC		MOV	R4,A
0CDD	8BF0		MOV	X,R3
0CDF	A4		MUL	AB
0CE0	C3		CLR	C
0CE1	2F		ADD	A,R7
0CE2	FF		MOV	R7,A
0CE3	E5F0		MOV	A,X
0CE5	3E		ADDC	A,R6
0CE6	EC		MOV	A,R4
0CE7	8AF0		MOV	X,R2
0CE9	C3		CLR	C
0CEA	A4		MUL	AB
0CEB	2E		ADD	A,R6
0CEC	FE		MOV	R6,A
0CED	E5F0		MOV	A,X
0CEF	3D		ADDC	A,R5
0CF0	FD		MOV	R5,A
0CF1	EC		MOV	A,R4
0CF2	89F0		MOV	X,R1
0CF4	A4		MUL	AB
0CF5	2D		ADD	A,R5
0CF6	FD		MOV	R5,A
0CF7	E5F0		MOV	A,X
0CF9	7021		JNZ	ERROR2
0CFB	904086	M2:	MOV	DPTR,#H4086
0CFE	E0		MOVX	A,@DPTR
0CFF	6014		JZ	M3
0D01	FC		MOV	R4,A
0D02	8BF0		MOV	X,R3



0D04	C3		CLR	C
0D05	A4		MUL	AB
0D06	2E		ADD	A,R6
0D07	E5F0		MOV	A,X
0D09	3D		ADDC	A,R5
0D0A	FD		MOV	R5,A
0D0B	EC		MOV	A,R4
0D0C	8AF0		MOV	X,R2
0D0E	A4		MUL	AB
0D0F	2D		ADD	A,R5
0D10	FD		MOV	R5,A
0D11	E5F0		MOV	A,X
0D13	7007		JNZ	ERROR2
0D15	120D44	M3:	LCALL	SAVE
0D18	120D1D		LCALL	SIGN
0D1B	22		RET	
0D1C	22	ERROR2	RET	
0D1D	904080	SIGN:	MOV	DPTR,#H4080
0D20	E0		MOVX	A,@DPTR
0D21	F9		MOV	R1,A
0D22	904085		MOV	DPTR,#H4085
0D25	E0		MOVX	A,@DPTR
0D26	90408A		MOV	DPTR,#H408A
0D29	C3		CLR	C
0D2A	99		SUBB	A,R1
0D2B	6004		JZ	SG1
0D2D	74FF		MOV	A,#HFF
0D2F	F0		MOVX	@DPTR,A
0D30	22		RET	
0D31	7400	SG1:	MOV	A,#H00
0D33	F0		MOVX	@DPTR,A
0D34	22		RET	
0D35	7900	SET:	MOV	R1,#H00
0D37	7A00		MOV	R2,#H00
0D39	7B00		MOV	R3,#H00
0D3B	7C00		MOV	R4,#H00
0D3D	7D00		MOV	R5,#H00
0D3F	7E00		MOV	R6,#H00
0D41	7F00		MOV	R7,#H00
0D43	22		RET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0D44 90408B SAVE:  MOV  DPTR,#H408B
0D47 ED          MOV  A,R5
0D48 F0          MOVX @DPTR,A
0D49 A3          INC  DPTR
0D4A EE          MOV  A,R6
0D4B F0          MOVX @DPTR,A
0D4C A3          INC  DPTR
0D4D EF          MOV  A,R7
0D4E F0          MOVX @DPTR,A
0D4F 22          RET
0D50 020D53 ADD:  LJMP STARTA
0D53 904060 STARTA MOV  DPTR,#H4060
0D56 E0          MOVX A,@DPTR
0D57 F9          MOV  R1,A
0D58 904065      MOV  DPTR,#H4065
0D5B E0          MOVX A,@DPTR
0D5C C3          CLR  C
0D5D 99          SUBB A,R1
0D5E 7023        JNZ  SUBS
0D60 E9          ADDS: MOV  A,R1
0D61 FF          MOV  R7,A
0D62 120DC8      LCALL DATA
0D65 C3          CLR  C
0D66 2B          ADD  A,R3
0D67 FB          MOV  R3,A
0D68 EA          MOV  A,R2
0D69 3D          ADDC A,R5
0D6A FA          MOV  R2,A
0D6B C3          CLR  C
0D6C E9          MOV  A,R1
0D6D 3C          ADDC A,R4
0D6E F9          MOV  R1,A
0D6F 90406A      MOV  DPTR,#H406A
0D72 120DDE      LCALL SAVEAS
0D75 22          RET
0D76 904060 SUB:  MOV  DPTR,#H4060
0D79 E0          MOVX A,@DPTR
0D7A F9          MOV  R1,A
0D7B 904065      MOV  DPTR,#H4065
0D7E E0          MOVX A,@DPTR

```

กรณีนี้เอกสารที่ส่งจนได้สำเร็จแล้ว การดำเนินการเรียนการสอนต่อไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0D7F	C3		CLR	C
0D80	99		SUBB	A,R1
0D81	70DD		JNZ	ADDS
0D83	120DC8	SUBS:	LCALL	DATA
0D86	FE		MOV	R6,A
0D87	EB		MOV	A,R3
0D88	C3		CLR	C
0D89	9E		SUBB	A,R6
0D8A	FB		MOV	R3,A
0D8B	EA		MOV	A,R2
0D8C	9D		SUBB	A,R5
0D8D	FA		MOV	R2,A
0D8E	E9		MOV	A,R1
0D8F	9C		SUBB	A,R4
0D90	F9		MOV	R1,A
0D91	501E		JNC	COR
0D93	120DC8		LCALL	DATA
0D96	FB		MOV	R3,A
0D97	EE		MOV	A,R6
0D98	C3		CLR	C
0D99	9B		SUBB	A,R3
0D9A	FB		MOV	R3,A
0D9B	ED		MOV	A,R5
0D9C	9A		SUBB	A,R2
0D9D	FA		MOV	R2,A
0D9E	EC		MOV	A,R4
0D9F	99		SUBB	A,R1
0DA0	F9		MOV	R1,A
0DA1	904060		MOV	DPTR,#H4060
0DA4	E0		MOVX	A,@DPTR
0DA5	6005		JZ	SIGN0
0DA7	7F00		MOV	R7,#H00
0DA9	020DC1		LJMP	SUBB1
0DAC	7FFF	SIGN0:	MOV	R7,#HFF
0DAE	020DC1		LJMP	SUBB1
0DB1	904060	COR:	MOV	DPTR,#H4060
0DB4	E0		MOVX	A,@DPTR
0DB5	6005		JZ	SIGNF
0DB7	7FFF		MOV	R7,#HFF
0DB9	020DC1		LJMP	SUBB1

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0DBC 7F00   SIGNF: MOV  R7,#H00
0DBE 020DC1          LJMP SUBB1
0DC1 90406A   SUBB1: MOV  DPTR,#H406A
0DC4 120DDE          LCALL SAVEAS
0DC7 22          RET
0DC8 904061   DATA: MOV  DPTR,#H4061
0DCB E0          MOVX A,@DPTR
0DCC F9          MOV  R1,A
0DCD A3          INC  DPTR
0DCE E0          MOVX A,@DPTR
0DCF FA          MOV  R2,A
0DD0 A3          INC  DPTR
0DD1 E0          MOVX A,@DPTR
0DD2 FB          MOV  R3,A
0DD3 904066   MOV  DPTR,#H4066
0DD6 E0          MOVX A,@DPTR
0DD7 FC          MOV  R4,A
0DD8 A3          INC  DPTR
0DD9 E0          MOVX A,@DPTR
0DDA FD          MOV  R5,A
0ddb A3          INC  DPTR
0DDC E0          MOVX A,@DPTR
0DDD 22          RET
0DDE EF          SAVEAS MOV  A,R7
0DDF F0          MOVX @DPTR,A
0DE0 A3          INC  DPTR
0DE1 E9          MOV  A,R1
0DE2 F0          MOVX @DPTR,A
0DE3 A3          INC  DPTR
0DE4 EA          MOV  A,R2
0DE5 F0          MOVX @DPTR,A
0DE6 A3          INC  DPTR
0DE7 EB          MOV  A,R3
0DE8 F0          MOVX @DPTR,A
0DE9 22          RET
0DEA          ; DIVIDE
0DEA 904091   DIVS: MOV  DPTR,#H4091
0DED E0          MOVX A,@DPTR
0DEE F540          MOV  H40,A
0DF0 A3          INC  DPTR

```

เอกสารนี้แจ้งเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัด 95% เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0DF1	E0		MOVX	A,@DPTR
0DF2	F541		MOV	H41,A
0DF4	A3		INC	DPTR
0DF5	E0		MOVX	A,@DPTR
0DF6	F542		MOV	H42,A
0DF8	904096		MOV	DPTR,#H4096
0DFB	E0		MOVX	A,@DPTR
0DFC	6009		JZ	DATAD1
0DFE	F55E		MOV	H5E,A
0E00	A3		INC	DPTR
0E01	E0		MOVX	A,@DPTR
0E02	F55F		MOV	H5F,A
0E04	020E0F		LJMP	DATAEN
0E07	A3	DATAD1	INC	DPTR
0E08	E0		MOVX	A,@DPTR
0E09	F55E		MOV	H5E,A
0E0B	A3		INC	DPTR
0E0C	E0		MOVX	A,@DPTR
0E0D	F55F		MOV	H5F,A
0E0F	7840	DATAEN	MOV	R0,#H40
0E11	794B		MOV	R1,#H4B
0E13	7B03		MOV	R3,#H03
0E15	7C00		MOV	R4,#H00
0E17	7D00		MOV	R5,#H00
0E19	7A08	BYTE:	MOV	R2,#H08
0E1B	AE5E		MOV	R6,H5E
0E1D	AF5F		MOV	R7,H5F
0E1F	C3	BIT:	CLR	C
0E20	E6		MOV	A,@R0
0E21	33		RLC	A
0E22	F6		MOV	@R0,A
0E23	ED		MOV	A,R5
0E24	33		RLC	A
0E25	FD		MOV	R5,A
0E26	EC		MOV	A,R4
0E27	33		RLC	A
0E28	FC		MOV	R4,A
0E29	ED		MOV	A,R5
0E2A	C3		CLR	C
0E2B	9F		SUBB	A,R7

0E2C	FD		MOV	R5,A
0E2D	EC		MOV	A,R4
0E2E	9E		SUBB	A,R6
0E2F	4012		JC	BORROW
0E31	FC		MOV	R4,A
0E32	E7		MOV	A,@R1
0E33	B3		CPL	C
0E34	33		RLC	A
0E35	F7		MOV	@R1,A
0E36	DAE7	CHECK:	DJNZ	R2,BIT
0E38	08		INC	R0
0E39	09		INC	R1
0E3A	DBDD		DJNZ	R3,BYTE
0E3C	120E76		LCALL	SIGND
0E3F	120E51		LCALL	RESULT
0E42	22		RET	
0E43	FC	BORROW	MOV	R4,A
0E44	E7		MOV	A,@R1
0E45	B3		CPL	C
0E46	33		RLC	A
0E47	F7		MOV	@R1,A
0E48	ED		MOV	A,R5
0E49	3F		ADDC	A,R7
0E4A	FD		MOV	R5,A
0E4B	EC		MOV	A,R4
0E4C	3E		ADDC	A,R6
0E4D	FC		MOV	R4,A
0E4E	020E36		LJMP	CHECK
0E51	904096	RESULT	MOV	DPTR,#H4096
0E54	E0		MOVX	A,@DPTR
0E55	6010		JZ	RESUL1
0E57	90409B		MOV	DPTR,#H409B
0E5A	E54B		MOV	A,H4B
0E5C	F0		MOVX	@DPTR,A
0E5D	A3		INC	DPTR
0E5E	E54C		MOV	A,H4C
0E60	F0		MOVX	@DPTR,A
0E61	A3		INC	DPTR
0E62	E54D		MOV	A,H4D
0E64	020E74		LJMP	RES

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงหรือทำซ้ำ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0E67 90409B  RESUL1  MOV   DPTR,#H409B
0E6A E54C      MOV   A,H4C
0E6C F0        MOVX  @DPTR,A
0E6D A3        INC   DPTR
0E6E E54D      MOV   A,H4D
0E70 F0        MOVX  @DPTR,A
0E71 A3        INC   DPTR
0E72 E500      MOV   A,H00
0E74 F0        RES:  MOVX  @DPTR,A
0E75 22        RET
0E76 904090  SIGND: MOV  DPTR,#H4090
0E79 E0        MOVX  A,@DPTR
0E7A F9        MOV   R1,A
0E7B 904095  MOV   DPTR,#H4095
0E7E E0        MOVX  A,@DPTR
0E7F C3        CLR   C
0E80 90409A  MOV   DPTR,#H409A
0E83 99        SUBB  A,R1
0E84 6005      JZ    SIGND1
0E86 74FF      MOV   A,#HFF
0E88 020E8D  LJMP  SIGEN
0E8B 7400      SIGND1 MOV  A,#H00
0E8D F0        SIGEN: MOVX  @DPTR,A
0E8E 22        RET
0F00        ORG   H0F00
0F00 DF        DB   HDF ;0
0F01 F3        DB   HF3 ;1
0F02 CF        DB   HCF ;2
0F03 3F        DB   H3F ;3
0F04 F9        DB   HF9 ;4
0F05 E7        DB   HE7 ;5
0F06 9F        DB   H9F ;6
0F07 FB        DB   HFB ;7
0F08 EF        DB   HEF ;8
0F09 BF        DB   HBF ;9
0F10        ORG   H0F10           ;DATA TO LED
0F10 48        DB   H48
0F11 ED        DB   HED
0F12 62        DB   H62
0F13 E0        DB   HE0

```

0F14	C5	DB	HC5
0F15	D0	DB	HD0
0F16	50	DB	H50
0F17	E9	DB	HE9
0F18	40	DB	H40
0F19	C0	DB	HC0
0F1A	41	DB	H41
0F1B	54	DB	H54
0F1C	5A	DB	H5A
0F1D	64	DB	H64
0F1E	52	DB	H52
0F1F	53	DB	H53
0F20		ORG	H0F20 ; DATA FRACTION
0F20	00	DB	H00
0F21	16	DB	H16
0F22	32	DB	H32
0F23	48	DB	H48
0F24	64	DB	H64
0F25	80	DB	H80
0F26	96	DB	H96
0F27	B2	DB	HB2
0F28	C8	DB	HC8
0F29	E4	DB	HE4
0F30		ORG	H0F30
0F30	03	DB	H03
0F31	E8	DB	HE8
0F32	07	DB	H07
0F33	D0	DB	HD0
0F34	0B	DB	H0B
0F35	B8	DB	HB8
0F36	0F	DB	H0F
0F37	A0	DB	HA0
0F38	13	DB	H13
0F39	88	DB	H88
0F3A	17	DB	H17
0F3B	70	DB	H70
0F3C	1B	DB	H1B
0F3D	58	DB	H58
0F3E	1F	DB	H1F
0F3F	40	DB	H40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0F40	23	DB	H23
0F41	28	DB	H28
0F42	27	DB	H27
0F43	10	DB	H10

No Fatal errors

SYMBOL:

A2	0A11 : A1	0A0E : ADDS	0D60 : ADD	0D50 : BIT	0E1F :
BORROW	0E43 : BYTE	0E19 : CHG1	0A27 : C1	09FE : CONV	0C28 :
CONVER	05E1 : CHG	0A1B : CHECK	0E36 : CO1	0C88 : COR	0DB1 :
DEL1	00A1 : DATA	0DC8 : DATAD1	0E07 : DATAEN	0E0F : DEL2	00A3 :
DIVS	0DEA : DELAY1	009F : DELAY	0A0C : ERROR2	0D1C : ERROR	0BC4 :
END	0A18 : ERROR1	0099 : FUNC	0A30 : FB1	06DA : FUNC_7	0BF7 :
FUNC_4	0BEB : FUNC_5	0BEF : FUNC_6	0BF3 : FUNC_9	0BFF : FUNC_3	0BE7 :
FUNC_0	0BDB : FUNC_1	0BDF : FUNC_8	0BFB : FUNCT	0BCD : FUNC_2	0BE3 :
HUN	0C3C : HIGH1	01AE : HIGH2.	01A8 : HLS	0808 : HIGH	01AC :
INPUT	06A8 : INST	0899 : INP	00AB : INKEY	098A : IN1	0877 :
KEEP1	0887 : KEEP	0878 : LP	0709 : L_PID	0769 : LPID	07AB :
LED	09F5 : L_OF	0766 : LOOP2	09E7 : LOF	07A8 : LPD	076C :
LP1	072A : LOFF	07FF : M3	0D15 : MOVE1	0110 : MUL	0CAA :
MOVE2	011C : M2	0CFB : M1	0CD6 : NO_LED	0C03 : ON	05CF :
ON1	05D1 : PRO_OF	05BE : P_P	0131 : PRO_P1	017D : PO_PI	0079 :
PID2	05A5 : PROJEC	0030 : PID3	05AD : PRO_P	0128 : PO_P	0071 :
POINT	0A33 : PD3	0302 : POCES	005E : PO_OF	0091 : POEND	009C :
PO_5	0A83 : PLUS	0C95 : PACK	0A99 : PACK0	0AA3 : PACK3	0AFB :
PACK2	0AD5 : P0_PID	0089 : PACK4	0B27 : PACK5	0B5C : PAC1	0B60 :
PAC2	0B6C : PAC3	0B81 : PAC4	0B9E : PROCES	006D : PO_PD	0081 :
PRO_P1	01BE : PI1	01C1 : P_PI	0294 : P_PI1	0296 : PO_6	0A96 :
PRO_PD	02FF : P_PID	0436 : PD1	03DE : PD2	03E0 : PD	03F1 :
PIA0	02A7 : PID	04A9 : PO_4	0A70 : PID1	05A9 : PO_1	0A36 :
PO_2	0A4A : PO_3	0A5D : PACK1	0AB8 : REC	09B8 : RECEIVE	09A7 :
ROT2	08B7 : ROT5	091D : ROT6	094F : RUN1	0048 : RES	0E74 :
RE	09B2 : ROT1	08A5 : RESUL1	0E67 : ROT	0893 : ROT4	08F3 :
RESULT	0E51 : ROT3	08D1 : SIGEN	0E8D : SIGNF	0DBC : SUBB1	0DC1 :
SIGN0	0DAC : SAVEAS	0DDE : SET	0D35 : SUB	0D76 : SUBS	0D83 :
SIGN	0D1D : SG1	0D31 : SETPOT	00CE : SAVE	0D44 : STARTM	0CAD :
STARTA	0D53 : SIGND1	0E8B : SIGND	0E76 : TOUN	0C99 : X	0DF0 :

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการและปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ทั้งนี้ก็ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ซึ่งต้องขอขอบคุณ อาจารย์ วันชัย ธีรรุจา ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ให้การสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณคุณสุเจตน์ จันทรวงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านแอสเซมเบลอร์ของ 8031 และขอขอบคุณทางภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนโครงการ ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ ในการทดลอง ที่มีส่วนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



## เอกสารอ้างอิง

1. Curtis D. Johnson "Microprocessor-Based Process Control"  
Prentice-Hall ,1984
2. Handbook MCS 51 ,Intel Corporation ,1985
3. Joel Boney , "Math in the real world" Byte Sep 1987
4. Nicholas J.Krikelis , "Microprocessor Implementation of PID  
Controller and Lead-Lag Compensators" IEEE trans, Industrial  
Electronics ,Vol IE-31 , No1 February 1984

