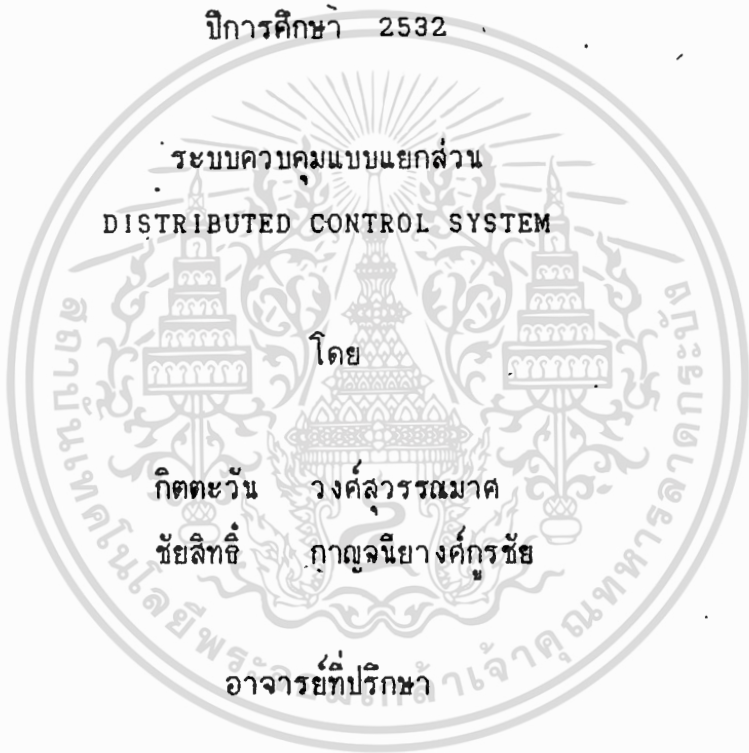




ปีการศึกษา 2532



ระบบควบคุมแบบแยกส่วน

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM

โดย

กิตติตะวัน วงศ์สุวรรณภาค

ชัยสิทธิ์ กาญจนนิยางค์กรชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

เรื่อง ระบบควบคุมแบบแยกส่วน

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติตะวัน วงศ์สุวรรณภาค 29-1007

2. นาย ชัยสิทธิ์ กาญจนนิยางค์กรชัย 29-1036


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล)

026933'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ปร 22 พ.ย. 2533 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมแบบแยกส่วน
(DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM)

กิตติเตวัน วงศ์สุวรรณมาศ 291007

ชัยสิทธิ์ กาญจนนิยางค์กรชัย 291036

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลพดุง ผดุงกุล

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ เป็นการพัฒนาและออกแบบตัวควบคุมที่สามารถควบคุมได้จากระยะไกลซึ่งเป็นการจำลองจากระบบโรงงานจริง คือ มีตัวควบคุมตามจุดต่าง ๆ ที่โปรเซส (Process) กำลังดำเนินการอยู่ และมีจุดปฏิบัติการ (Operate) อยู่ที่ศูนย์กลาง ทำให้ผู้ควบคุมระบบสามารถควบคุมระบบกระบวนการต่าง ๆ ได้จากจุดศูนย์กลางนี้ โดยไม่ต้องเข้าไปใกล้บริเวณจุดต่าง ๆ ที่ขบวนการนั้นกำลังดำเนินการอยู่ อันเป็นผลให้เกิดความปลอดภัยและความสะดวกในการควบคุมเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ ณ จุดปฏิบัติการหรือจุดศูนย์กลาง ยังสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บข้อมูลผลลัพธ์การควบคุมของตัวควบคุม (controller) แต่ละตัวได้อีกด้วย อันจะเป็นประโยชน์ให้ผู้ควบคุมสามารถนำไปวิเคราะห์และปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับกระบวนการได้ต่อไป

สำหรับปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ ในส่วนตัวควบคุม (ตัว Controller) ผู้จัดทำได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 เป็นตัวประมวลผลและทำหน้าที่ควบคุมโปรเซส และจำลองใช้คอมพิวเตอร์ IBM PC เป็นจุดศูนย์กลางหรือจุดปฏิบัติการของระบบ โดยระบบควบคุมนี้สามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้หลายรูปแบบคือ พี (P) พีไอ (PI) พีไอดี (PID) ปิด/เปิด (ON/OFF) และสัญญาณที่เป็นอินพุตและเอาพุตของระบบใช้ขนาดตามแบบมาตรฐานที่ใช้ในระบบคอนโทรลทั่ว ๆ ไปคือ 4-20 mA หรือ 1-5 V อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM

KITTAWON WONGSUWANMAS

CHAIYASIT KANJANEERYANGKONCHAI

ADVISOR :

POLPADUNG PADUNGKUL

YEAR 1989

ABSTRACT

This project is a development and designed the controller which can be controled from distance. The project copied from factory system. The controller can control all process from the center, does not have to get into the processing area. The result of this situation leed to more secure and convenience for control.

Beside, the operation also can accumulate all data which useful for controller to adjust parameter for next processing.

For controller, we use microprocessor Z-80 in order to control process and duplicate computer IBM PC. By using this system, we will have model : P , PI , PID , ON/OFF. The signal of input or output is 4-20 mA. or 1-5 V.

สารบัญ

		หน้าที่
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎี	5
	2.1 การควบคุมกระบวนการแบบ พีไอดี	5
	2.2 การแปลงสัญญาณต่อเนื่อง (ANALOG) เป็นสัญญาณ ไม่ต่อเนื่อง (DIGITAL)	8
	2.3 การแปลงสัญญาณไม่ต่อเนื่อง (DIGITAL) เป็นสัญญาณต่อเนื่อง (ANALOG)	12
	2.4 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	14
	2.5 การจัดลำดับการขออินเทอร์รัพท์ (PRIORITY INTERRUPT)	15
บทที่ 3	การออกแบบและการสร้าง	16
	คุณสมบัตินี้และขอบเขตของโครงการนี้	16
	การทำงานของระบบ	19
	ส่วนของฮาร์ดแวร์	20
	1. วงจรเอทที ที่ออกแบบและใช้ในงาน	21
	1. ICL 7109	21
	2. วงจรสร้างระดับแรงดันอ้างอิง (VOLTAGE REFERENCE) 2 โวลต์	22
	3. วงจรมัลติเพลกเซอร์	22
	4. ไอซี 8255	22
	5. วงจรดีโคดเดอร์	23
	6. วงจรโมโนสเตเบิล	23
	7. วงจรสร้างระดับแรงดันอ้างอิง (VOLTAGE REFERENCE) 1 โวลต์	23
	8. วงจรห้กลบ 1 โวลต์	23
	9. บัฟเฟอร์	23
	10. การทำงานของวงจร	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรดิจิทัลเอ ที่ออกแบบและใช้ในงาน	27
1. การเลือกพอร์ทด้วยไอซี 74LS138	27
และการค้างข้อมูลด้วยรีจิสเตอร์เบอร์ 8255	
2. ความต่างศักย์อ้างอิง (VOLTAGE REFERENCE)	31
3. การใช้งานไอซี 7541	32
(12 BIT DIGITAL TO ANALOG CONVERTOR)	
4. วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความต่างศักย์ (I TO V)	33
5. วงจรป้องกันความถี่สูง (LOWPASS FILTER)	33
6. วงจรเปลี่ยนความต่างศักย์เป็นกระแส (V TO I)	33
3. วงจรอินเตอร์เฟล	35
4. วงจรจัดลำดับการอินเตอร์รัพท์	38
(PRIORITY INTERRUPT LOGIC)	
5. Z-SI-BUS และแหล่งจ่ายไฟ (SUPPLY)	40
ส่วนของซอร์ฟแวร์	43
1. โฟลชาร์จของโปรแกรมบนไอบีเอ็มพีซี	44
2. โฟลชาร์จของโปรแกรมบนที่ตัวควบคุม	55
1. โปรแกรมย่อย โหมด พี	57
1. โปรแกรมย่อย โหมด พี ไอพีพี	59
1. โปรแกรมย่อย โหมด พี ไอที	61
3. โฟลชาร์จของโปรแกรมการติดต่อระหว่าง	65
ไอบีเอ็มพีซีและตัวควบคุม	
บทที่ 4 การทดลอง และ ผลการทดลอง	66
4.1 การทดลอง	66
4.2 ผลการทดลอง	67
สรุปและวิจารณ์	
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

บทที่ 1

บทนำ

ระบบควบคุมกระบวนการ (Process control system) โดยทั่วไป มีวิธีการควบคุมอยู่ 2 แบบคือการควบคุมแบบซีควีเชียล (Sequential) หรือการทำซ้ำ (Repetitive) ตามลำดับวิธีการจนสัมฤทธิ์ผล และการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback) ซึ่งเป็นการควบคุมที่มีการส่งสัญญาณป้อนกลับให้กระบวนการเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้

ในระยะเริ่มต้นของการควบคุม การควบคุมกระบวนการเป็นอนาล็อกทั้งหมดโดยสัญญาณการควบคุมเป็นความดันอากาศ (Air Presser) หรือกระแสไฟฟ้า โดยเรียกระบบควบคุมแบบนี้ว่าระบบควบคุมแบบนิวเมติก (Pneumatic Process control system) และระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Process control system) ตามลำดับ

ต่อมาเมื่อระบบทางดิจิทัล เริ่มมีบทบาทเข้ามาแทนที่ระบบอนาล็อกมากขึ้นในรูปการควบคุมจึงมีการนำระบบดิจิทัลเข้ามาช่วยในการควบคุม โดยในระยะแรกเริ่มนั้นมีการใช้ระบบดิจิทัลเข้ามาช่วยในการบันทึกข้อมูล ลักษณะดาต้าล็อกกิ้ง (Data Logging) ซึ่งมีส่วนช่วยในการวิเคราะห์ผลการควบคุม จากข้อมูลหรือการควบคุมที่เข้ามา จากการบันทึกด้วยเรคคอร์ดเดอร์ หรือที่บันทึกด้วยชาร์ตต่างๆ (Chart) โดยรับสัญญาณอนาล็อกจากอุปกรณ์ควบคุมแล้วแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยตัวแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล คือ เอดีซี (ADC)

ในที่สุดเมื่อระบบทางดิจิทัล เข้ามาแทนที่ระบบอนาล็อกเกือบทั้งหมดจึงเกิดระบบควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง หรือ ไดเรกต์ดิจิทัลคอนโทรล (Direct Digital Control) หรือ คอมพิวเตอร์โพรเซสคอนโทรล (Computer Process Control) แสดงดังรูป 1.1 ซึ่งแสดงการควบคุมแบบดิจิทัลโดยตรง มีส่วนควบคุมเป็นคอมพิวเตอร์ ส่วน ADC และ DAC เป็นตัวแปลงสัญญาณเพื่อติดต่อกับกระบวนการ สำหรับการทำงานของส่วนควบคุมก็จะเป็นการกำหนดจากโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโทรลเลอร์แอคชั่น (Control Action) หรือคอนโทรลโหมด (Control Mode)

ในรูปควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีคุณสมบัติของทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer function) และคุณลักษณะ (Characteristic) ที่แน่นอน ยกเว้นตัวควบคุม ซึ่งสามารถเลือกรูปแบบ เพื่อให้การควบคุมเป็นไปได้ดีที่สุด เหมาะสมกับกระบวนการ ซึ่งรวมไปถึงเสถียรภาพของกระบวนการนั้นด้วย แอคชั่น หรือ โหมดการควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น 4 โหมดคือ

1. ออนออฟ คอนโทรลโหมด (ON/OFF Control Mode)
2. พรอมโพรชันนอล คอนโทรลโหมด (Proportional Control Mode)
3. อินทิกรัล คอนโทรลโหมด (Integral Control Mode)
4. ดิริเวทิฟ คอนโทรลโหมด (Derivative Control Mode)

Distributed Control System (DCS)

เป็นวิวัฒนาการอีกขั้นหนึ่งของระบบควบคุม จากเดิมที่ผู้ควบคุมจะต้องอยู่ใกล้กับตัวคอนโทรลเลอร์ซึ่งมักจะวางไว้ใกล้กับกระบวนการที่ทำการควบคุม โดยผู้ควบคุมทำหน้าที่คอยเชคผล บันทึกข้อมูล และทำการควบคุมจากจุดที่กระบวนการดำเนินอยู่ ซึ่งเป็นการไม่สะดวกเพราะไม่สามารถมองงานระบบรวมและทำการคอนโทรลจากจุดเดียวได้ อีกทั้งในกระบวนการบางอย่างอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ใกล้ได้ ระบบ DCS จึงถือกำเนิดขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ด้วยการแบ่งแยกระบบออกให้ส่วนปฏิบัติการ (Operate) และส่วนควบคุมกระบวนการแยกจากกัน ซึ่งมีรูปแบบแตกต่างกันไปอยู่หลายลักษณะแล้วแต่บริษัทที่ผลิต สำหรับโครงการนี้ใช้ลักษณะที่เป็นพื้นฐานทั่วไปโดยแบ่งระบบออกเป็นสองส่วน ดังนี้

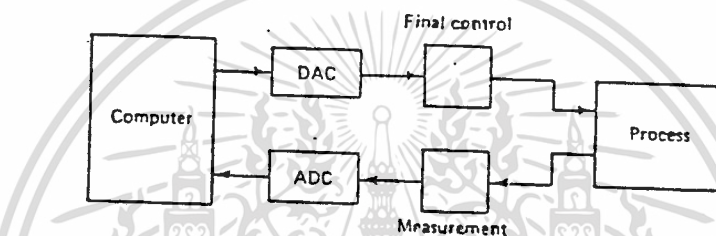
- ส่วนตัวควบคุม (Field Control Unit: FCU) ทำหน้าที่ดังต่อไปนี้
 - * รับค่าปฏิบัติการจาก สถานีปฏิบัติการ (Operator Station: OPS)
 - * ประมวลผลและควบคุมกระบวนการจนถึงจุดที่ตั้งไว้ (Setpoint)
 - * ส่งผลลัพท์กลับไปที่ สถานีปฏิบัติการ (Operator Station)

- สถานีปฏิบัติการ (Operator Station : OPS) มีหน้าที่ดังนี้

- * ติดต่อกับผู้ใช้ ให้ป้อนค่าฟังก์ชันและข้อมูล พารามิเตอร์ต่างๆ ของการควบคุม

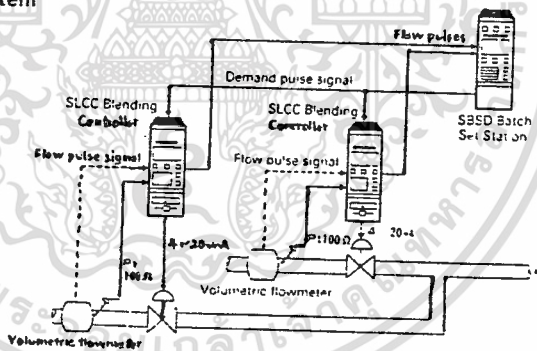
- * แปลงข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาให้อยู่ในรูปรหัส (code) เพื่อส่งให้กับ FCU
- * รับค่าผลลัพธ์จากการปฏิบัติการของ FCU มาบันทึกและจัดการให้อยู่ในรูปที่แสดงผล (Display) แล้วผู้ใช้เข้าใจได้ง่าย เพื่อนำไปวิเคราะห์หรือปรับปรุงระบบต่อไป

รูปที่ 1.2 ถึง 1.6 แสดงถึงระบบ Distributed Control แบบต่างๆ ที่ใช้ในระบบโรงงานจริง



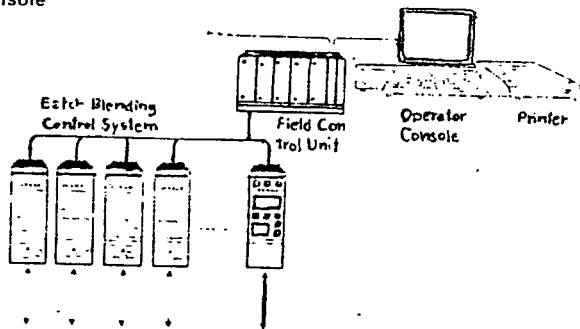
รูป 1.1

Blending control system

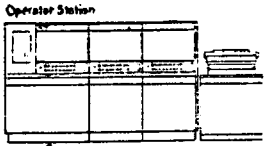


รูป 1.2

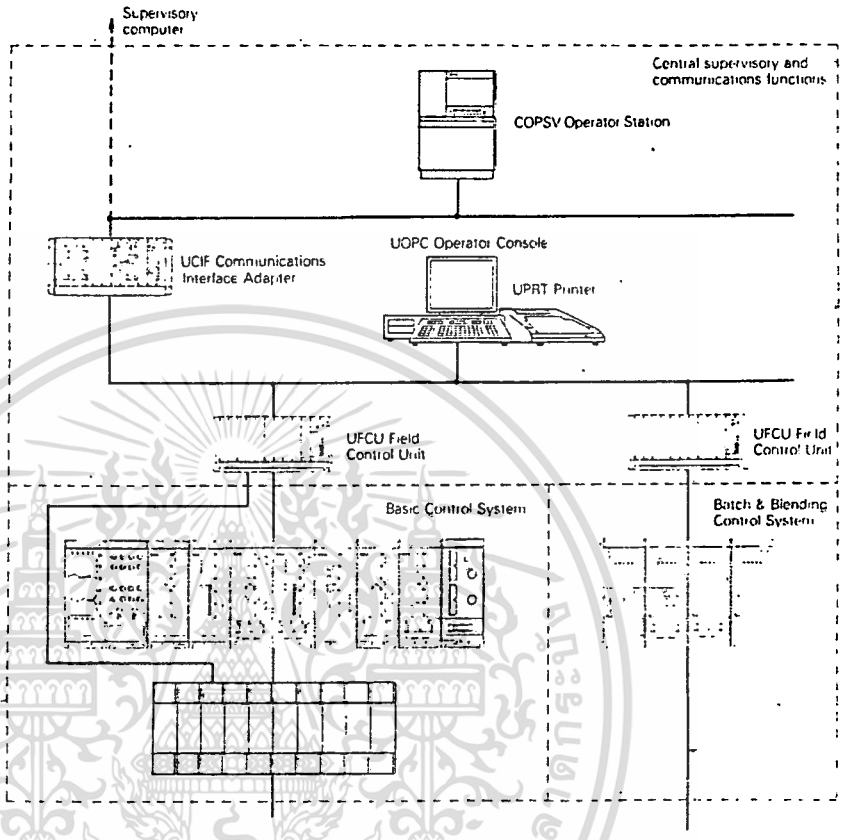
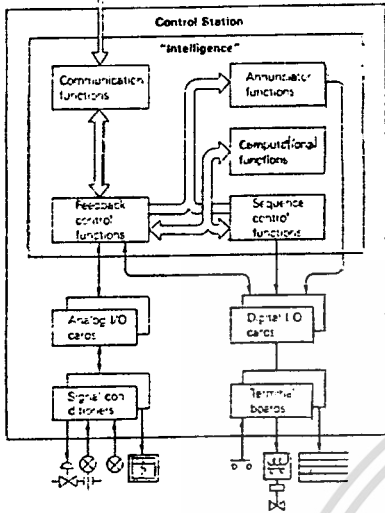
Distributed Control System with Central Operator Console



รูป 1.3



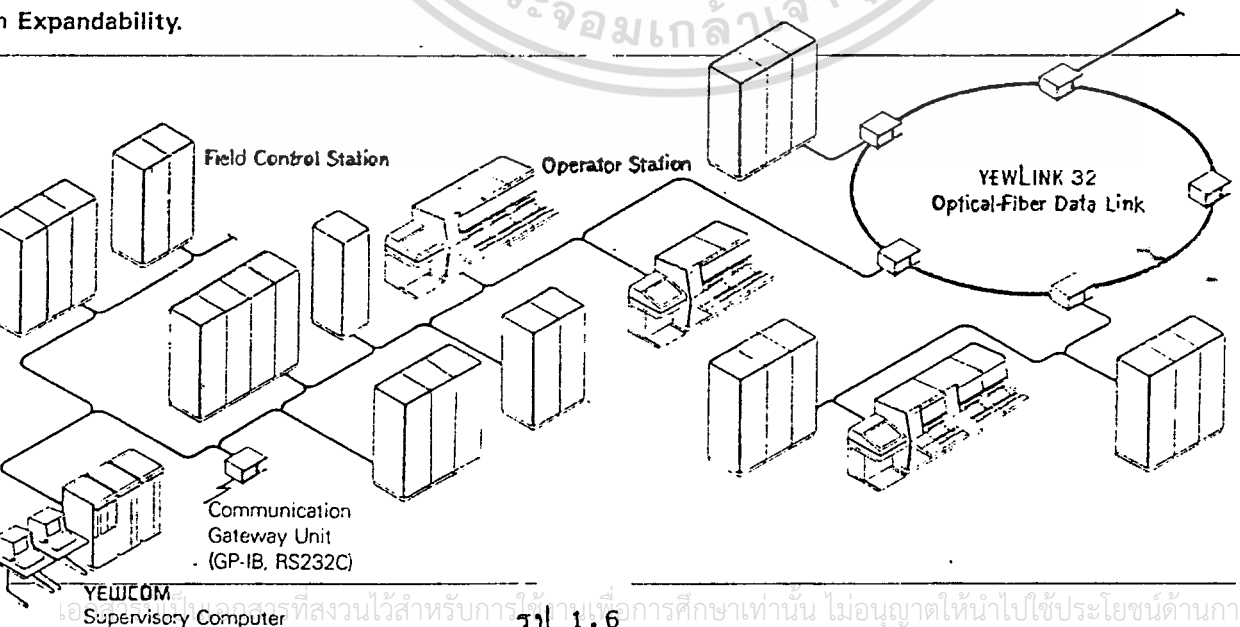
รูป 1.4



YewSeries 80 Electronic Control System

รูป 1.5

Expandability.



รูป 1.6

ขอสงวนไว้สำหรับการใช้ทางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ารณิต่างสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา -4- ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

ระบบควบคุมแบบกระจายหรือระบบควบคุมแบบแยกส่วน (DISTRIBUTED PROCESS CONTROL SYSTEM) หรือที่เรียกชื่อย่อ ๆ ว่า ดีซีเอส (DCS) นี้เป็นการสังเคราะห์เทคโนโลยีของตัวควบคุมกระบวนการ (Process Control) คอมพิวเตอร์ และการสื่อสารข้อมูลเข้าด้วยกัน ในระบบที่ใช้งานจริงและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขายกันอยู่นั้น มีขนาดใหญ่ และมีรายละเอียดต่าง ๆ อยู่มาก สำหรับโครงการนี้นำเพียงหลักสำคัญใหญ่ ๆ มาใช้งานเพื่อแสดงให้เห็นว่าคอมพิวเตอร์ พีซี ที่มีอยู่ทั่วไปนั้นสามารถนำมาใช้งานแทนได้ในระบบขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นความเหมาะสมและประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า

การทำและพัฒนาระบบ ดีซีเอส ต้องใช้ความรู้หลายส่วนประกอบกันเพื่อพัฒนาสร้างขึ้นเป็นระบบ โดยความรู้ที่นำมาใช้ในการทำโครงการนี้พอจะจำแนกเป็นทฤษฎีบทได้ดังนี้

2.1 การควบคุมกระบวนการแบบ นี ไอ ดี

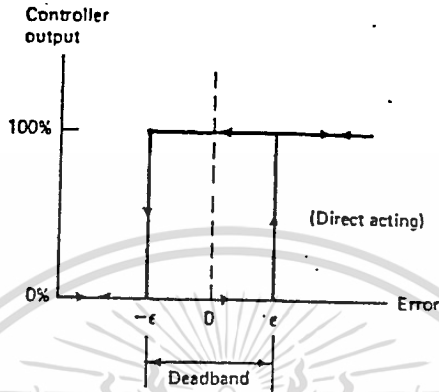
ในส่วนนี้เราจะกล่าวถึงรายละเอียดของการควบคุมกระบวนการแบบต่าง ๆ แอคชั่น หรือโหมดของการควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น 4 โหมดคือ

1) ออนออฟ คอนโทรลโหมด (ON/OFF Control Mode)

เป็นโหมดควบคุมแบบง่ายที่สุดใน 4 โหมดนี้ เป็นการควบคุมแบบ 2 ตำแหน่ง (two position control) แสดงในรูป 2.1.1 เอาท์พุทของตัวควบคุมจะมีเพียง 2 สถานะคือ 0 เปอร์เซ็นต์กับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุม เมื่อสัญญาณค่าผิดพลาดมีค่าเกินกว่านิกิตที่กำหนดไว้ เอาท์พุทของตัวควบคุมก็จะเปลี่ยนจาก 0 เปอร์เซ็นต์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และในทางกลับกันเอาท์พุทของตัวควบคุมก็จะเปลี่ยนจาก 100 เปอร์เซ็นต์เป็น 0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อค่าผิดพลาดลดต่ำกว่านิกิต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของตัวควบคุมจะไม่พอดีกับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณค่าผิดพลาด ทำให้เกิดเดดแบนด์ (Dead band) รอบจุดค่าผิดพลาดศูนย์ การควบคุมในโหมดนี้เช่น การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมในโหมดนี้จะเกิดการออสซิลเลต (Oscillate) ถ้าหากความถี่ของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณค่าผิดพลาดมีค่ามาก สมการของการควบคุมโหมดนี้คือ

$$C = \begin{cases} 0 \% & ; e < \mathcal{E} \\ 100 \% & ; e > \mathcal{E} \end{cases}$$

$C =$ เอาท์พุทของตัวควบคุม $\mathcal{E} = 1/2$ ของเดดแบนด์



รูปที่ 2.1.1

2) พรอพพรชันแนล คอนโทรลโหมด (Proportional Control Mode)
 โหมดนี้เอาท์พุทของตัวควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับสัญญาณค่าผิดพลาด โดยถ้าสัญญาณค่าผิดพลาดเปลี่ยนไปมากน้อยตามขนาดของอัตราขยาย ดังรูป 2.1.2 ความสัมพันธ์ของเอาท์พุทของตัวควบคุมกับสัญญาณค่าผิดพลาดสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

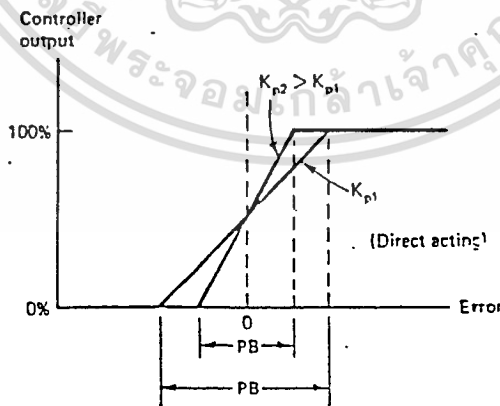
$$C_p = K_p * e + C_o$$

$C_p =$ เอาท์พุทของตัวควบคุม

$K_p =$ อัตราขยายพรอพพรชันแนล

$e =$ ค่าผิดพลาด

$C_o =$ เอาท์พุทของตัวควบคุมเมื่อไม่มีค่าผิดพลาด



รูปที่ 2.1.2

จากรูปที่ 2.1.2 พีบี คือพรופןโพชั่นแนลแบนด์ หมายถึงค่าเปอร์เซ็นต์ของสัญญาณค่าผิดพลาดที่เปลี่ยนไป 100 เปอร์เซ็นต์

3) อินทิกรัล คอนโทรลโหมด (Integral Control Mode)
หรือ รีเซตแอกชัน (Action) ในโหมดนี้จะเป็นการอินทิเกรตค่าสัญญาณค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มทำการควบคุม จนถึงเวลาในปัจจุบัน เพื่อแก้ค่าผิดพลาด ตามสมการ

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

- $C_i(t)$ = เอาท์พุทของตัวควบคุมเมื่อเวลา t
- K_i = อัตราขยายอินทิกรัล
- $C_i(0)$ = เอาท์พุทของตัวควบคุมเมื่อเวลา $t = 0$
- $e(t)$ = ค่าผิดพลาดที่เวลา t

4) ดิริฟเวทีฟ คอนโทรลโหมด (Derivative Control Mode)
ในโหมดนี้ตัวควบคุมจะแก้สัญญาณค่าผิดพลาดตามเวลา บางทีเรียกว่า เรท แอกชัน (Rate Action) สมการการควบคุมในโหมดนี้คือ

$$C_d(t) = K_d * d e(t) / d t$$

- $C_d(t)$ = เอาท์พุทของตัวควบคุมที่เวลา t
- K_d = อัตราขยายดิริฟเวทีฟ
- $e(t)$ = ค่าผิดพลาดที่เวลา t

ในการควบคุมสำหรับโหมดอินทิกรัลและดิริฟเวทีฟ ในระบบควบคุมจะไม่ใช่เพียงลำพัง แต่จะใช้ร่วมกับโหมดพรופןโพชั่นแนล

โหมดและอัลกอริทึมของสมการการควบคุมที่ใช้ในงานนี้

1. โหมด พี $DCP = (K_P * DE) + DCO$
 $DE = DV - DSP$

2. โหมด พีไอ $DCPI = (KP * DE) + (KP * KI * DT * SUM)$
 $SUM = SUM + DE$

3. โหมด พีไอดี $DCPID = (KP*DE)+(KP*KI*DT*SUM)+(KP*KD*DDE)/DT$
 $DDE = DV - DVO$

- DCP = เอาท์พุทแบบดิจิตอลของคอนโทรลโหมดพี
DCPI = เอาท์พุทแบบดิจิตอลของคอนโทรลโหมดพีไอ
DCPID = เอาท์พุทแบบดิจิตอลของคอนโทรลโหมดพีไอดี
KP = ค่าเกนพรופןโพซันแนล KI = ค่าเกนอินทิกรัล
KD = ค่าเกนดินพีเรนท์ DV = ค่าดิจิตอลของอินพุท
DE = ค่าผิดพลาด DSP = ค่าเซตพอยต์
DCO = ค่าออฟเซต DT = ช่วงเวลาการแซมปลิง
SUM = ผลรวมของค่าผิดพลาด DDE = ผลต่างของค่าผิดพลาด

2.2 การแปลงสัญญาณต่อเนื่อง (ANALOG) เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง (DIGITAL) วงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณต่อเนื่องเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง (Analog to Digital Conversion Circuit) หรือเรียกย่อๆ ว่าวงจรเอทีดี มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ดังนี้

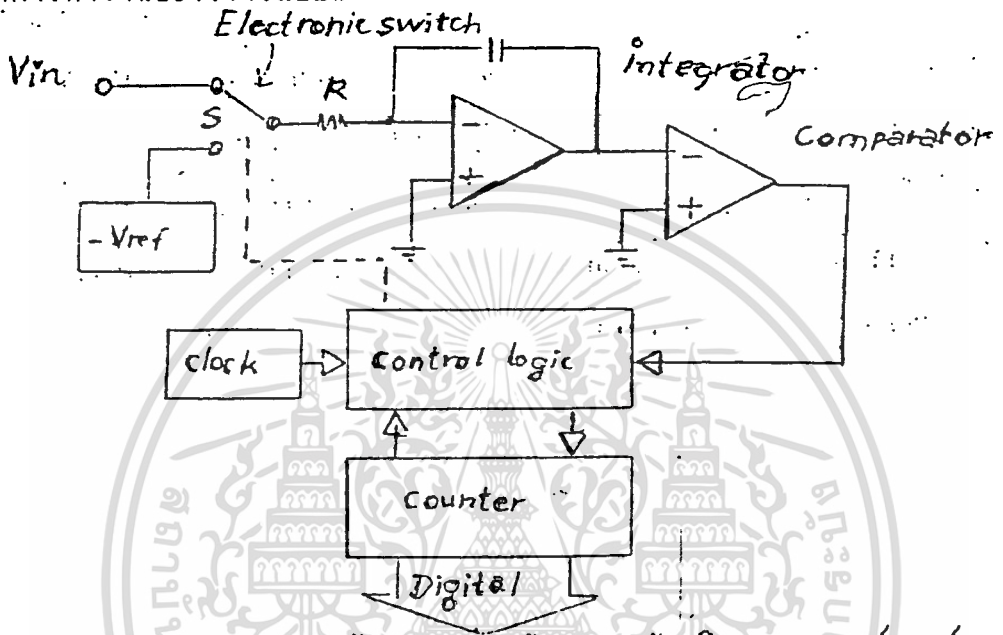
1. เบสิกเมทอด (Basic Method) โดยใช้วงจร คอมพาราเตอร์
2. เคาน์เตอร์ ไทป์ (Counter Type ADC)
3. แทรคกิง เอทีดี (Tracking ADC)
4. อินทิเกรตติ้ง เอทีดี แบ่งย่อยได้อีก 2 แบบ
 - 4.1 ซิงเกิล สโลป คอนเวอร์เตอร์ (Single Slope Converter)
 - 4.2 ดวล สโลป คอนเวอร์เตอร์ (Dual Slope Converter)
5. ซัคเซสซีฟ แอพรอกซิเมชัน เอทีดี (Successive Approximation)
6. ฟลัช เรล หรือ แฟลช เอทีดี (Flash ADC)

แต่เราจะกล่าวรายละเอียดกันเฉพาะในแบบที่เราใช้คืออินทิเกรตติ้ง เอทีดี แบบ ดวล สโลป

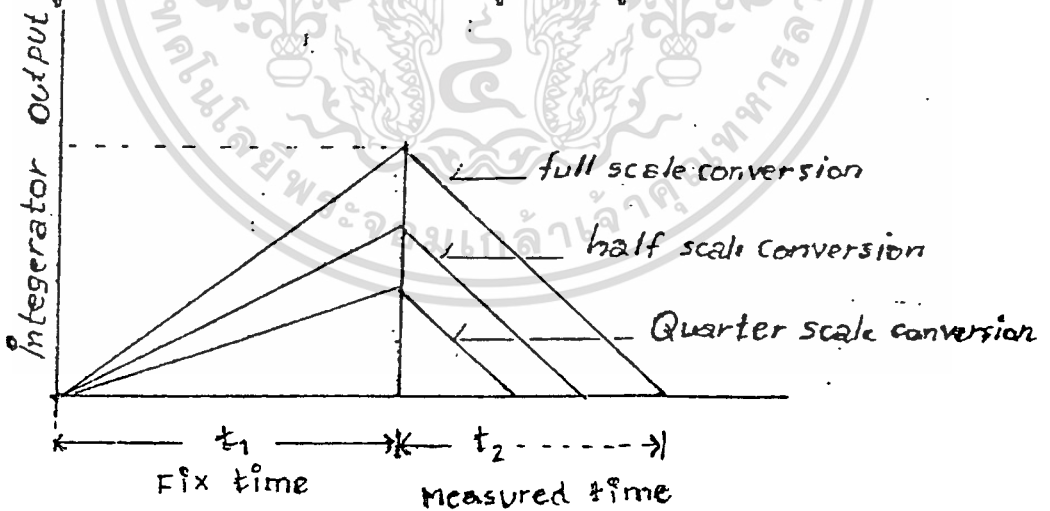


คู่อลสไลป คอนเวอร์เตอร์ (Dual Slope Converter)

เอทูดิ (ADC) แบบนี้มีการจัดวงจรดังในรูป 2.2.1 และรูป 2.2.2 แสดงช่วงเวลาการทำงานของวงจรแบบนี้



รูป 2.2.1 แสดงการจัดวงจร เอทูดิ แบบ คู่อลสไลป คอนเวอร์เตอร์



รูป 2.2.2 แสดงช่วงเวลาการทำงานของ เอทูดิแบบคู่อลสไลป คอนเวอร์เตอร์

ในไซเคิลการทำงานของวงจรจะมีสองช่วงคือ t_1 และ t_2 ในเวลา t_1 จะเป็นช่วงเวลาที่ได้รับการออกแบบให้มีความแน่นอนคงที่ ในช่วงเวลานี้สัญญาณอินพุทจะต่อเข้ากับอินทิเกรเตอร์ ผ่านสวิตช์ S ซึ่งทำให้เอาท์พุทที่ถูกอินทิเกรต, V_{int} เป็นรูปสัญญาณแรम्ป (ramp) เพิ่มขึ้นทางบวกและสไลป์ขึ้นอยู่กับขนาดของ V_{in} จนกระทั่ง V_{int} ถึงค่าค่าหนึ่งเมื่อสิ้นสุด t_1 ในช่วงเวลา t_2 อินพุทจะถูกตัดออกจากอินทิเกรเตอร์และต่อกับแรงดันอ้างอิงซึ่งมีค่าลบเข้ากับอินพุทของอินทิเกรเตอร์ โดยการควบคุมทางลอจิกในลักษณะเช่นนี้จะทำให้ V_{int} ลดลงด้วยสไลป์ลงที่จากการคายประจุผ่านลง $-V_{ref}$ เมื่อเริ่มต้นเวลา t_2 เคาท์เตอร์จะรีเซ็ตและเริ่มนับจนเมื่อ V_{int} มีค่าลดลงถึงศูนย์ คอมพารเตอรฺ์จะเปลี่ยนสถานะ ไปบอกส่วนควบคุมลอจิกให้หยุดนับและค่าเอาท์พุทของ เคาท์เตอร์จะถูกแปลงเป็นรหัสดิจิตอล ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับแรงดันอินพุทจะเป็นไปตามสมการ

$$t_2 = t_1 \cdot V_{in} / V_{ref}$$

ดังนั้นรหัสดิจิตอลที่แสดงค่า t_2 จะแสดงค่าอัตราส่วนของแรงดันอินพุทต่อแรงดันอ้างอิงด้วย

คุณลักษณะสำคัญของตัวสไลป์มีหลายประการคือ ประการแรกความแม่นยำของมันไม่ขึ้นอยู่กับสเถียรภาพของสัญญาณคล็อก และตัวเก็บประจุแต่จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของแรงดันอ้างอิงและความเป็นเชิงเส้นของอินทิเกรเตอร์ประการที่สอง การจำกัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวเองของวงจรสามารถกระทำได้ ถ้าเซ็ทให้ t_1 มีขนาดเท่ากับคาบเวลาของสัญญาณรบกวนเช่น ในการจำกัดสัญญาณ 50 เฮิร์ต t_1 จะให้มีค่า 20 ms

ส่วนเสียที่สำคัญของเอทดี แบบนี้คือความเร็วในการคอนเวอร์เตอร์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งมักนิยมใช้กับเครื่องมือที่ไม่ต้องการความเร็วมากนัก เช่น DMM เป็นต้น

แอดคูลูเรซี เมนเทนแนนท์ เอเกติ (MAINTAINING ACCURACY A/D CONVERTERS)

ถึงแม้ว่าการใช้เอทีดีแบบ 12 บิตจะทำให้การแปลงค่าสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลมีความละเอียดและถูกต้องมากขึ้นแล้วก็ตามที แต่ถ้าการแปลงค่าสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นยังมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นในระดับบิตที่ 2 หรือบิตที่ 3 นั้นย่อมเป็นสิ่งที่ไม่น่าพอใจเท่าไรนัก เพราะนั่นหมายถึงการใช้งานไอซีอย่างไม่ได้ประสิทธิภาพเต็มที่ และในระบบการควบคุมกระบวนการความถูกต้องแม่นยำเป็นสิ่งสำคัญมาก มีสาเหตุหลายประการที่ทำให้การแปลงค่าสัญญาณเกิดความผิดพลาดขึ้น อาทิเช่น อินพุตที่เข้ามาถ้ามีการกระเพื่อมก็จะทำให้ค่าดิจิตอลที่แปลงได้ขาดความเที่ยงตรง , ระดับแรงดันอ้างอิงถ้าคลาดเคลื่อนก็จะทำให้การแปลงค่าผิดพลาด , การออกแบบหลายปรีนซ์ก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพของวงจร ฯลฯ เทคนิคของการรักษาความถูกต้องแม่นยำของวงจร เอทีดีพอจะสรุปได้ดังนี้

1. แยกกราวด์ของสัญญาณอนาลอกที่จะทำการคอนเวอร์ทและดิจิตอล กราวด์ออกจากกราวด์ในส่วนอื่น ๆ ของวงจร และต่อเข้ากับจุดที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำที่สุด และใกล้กับกราวด์ไฟเลี้ยงมากที่สุด
2. กราวด์ แพทเทิร์น ควรมีขนาดกว้าง ๆ เพื่อลดอิมพีแดนซ์
3. การแก้ปัญหาเรื่อง น้อยส์ ด้วยการทำกราวด์เพลน หรือการชิลด์ได้ส่วนที่มีการคอนเวอร์ท แต่ต้องระวังอย่าให้มีการเปลี่ยนแปลงกระแสในกราวด์เพลนหรือส่วนที่ชิลด์เพราะจะทำให้มันทำตัวเสมือนเสาอากาศ (Antenna) ดี ๆ นี้เอง ยิ่งเป็นการเพิ่มน้อยส์หนักขึ้นไปอีก กราวด์เพลนควรต่อเข้ากับกราวด์อนาลอกของตัวคอนเวอร์ท
4. ขยายพาส ฟิลหลาย ด้วยคาปาซิเตอร์และควรมี น้อยส์ฟิลเตอร์

2.3 การแปลงสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง (DIGITAL) เป็นสัญญาณต่อเนื่อง (ANALOG)

เมื่อข้อมูลที่ถูกประมวลผลจากไมโครโปรเซสเซอร์เสร็จสิ้นแล้ว จะนำเอาผลไปใช้งาน จำเป็นต้องแปลงข้อมูลนั้นกลับมาเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง (analog) อีก วงจรแปลงนี้มีหลายชนิดคือ

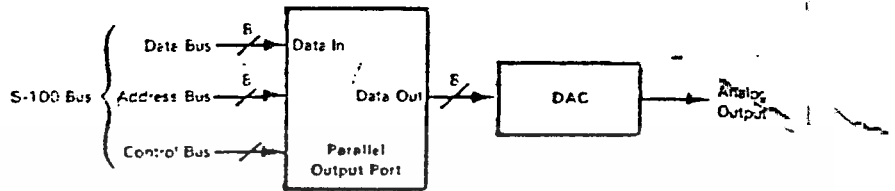
1) สวิตช์กระแส (current switching DAC) จะใช้ตัวต้านทานค่าต่างๆปรับให้กระแสที่ไหลจากจุดแรงดันอ้างอิงเข้าสู่วงจรบวกโดยบิตที่มีค่าต่ำจะใช้ความต้านทานค่าสูง วงจรนี้จึงต้องใช้ตัวต้านทานที่มีค่าต่างกันมากๆ ดังนั้น การสร้างเป็นวงจรรวมจะยุ่งยาก

2) สวิตช์แรงดัน (voltage switching DAC) จะใช้ตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันมาต่อแบ่งแรงดันเป็นจำนวนขั้น เท่ากับ $2^n - 1$ ขั้นแล้วใช้วงจรเกทต่อกันเป็นสวิตช์ปิดเปิด โดยผลของการปิดเปิด สวิตช์จุดที่ต่อจากตัวต้านทานถึงวงจรขยายแบบบัฟเฟอร์เพียงจุดเดียว วงจรนี้นิยมสร้างด้วยเทคโนโลยีวงจรรวมแบบมอส

3) แลลดเคอร์เนทเวียร์ค (r-2r ladder network) เป็นลักษณะผสมระหว่างแบบสวิตช์กระแสและแรงดันโดยจะใช้ความต้านทานเพียง 2 ค่าคือ r และ 2r ต่อสลับกัน เป็นบันไดทำให้มีการแบ่งแรงดันที่แต่ละจุด และแต่ละจุดจะมีตัวต้านทานต่อเข้าไปยังวงจรผลบวกซึ่งจะได้ผลบวกเป็นค่าแรงดัน

หมายเหตุ วงจรต่างๆค้นหาได้ในดาต้าบุ๊กทั่วไป

ตามปกติแล้วตัวเปลี่ยนสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องไปเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง (DACs) จะได้ผลรวมกระแส หรือผลรวมของค่าความต่างศักย์จากจำนวนน้ำหนักของเลขฐานสอง ที่ถูกควบคุมโดยข้อมูล ของสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง (DIGITAL WORD) ซึ่งผลรวมกระแสหรือผลรวมของค่าความต่างศักย์นั้นจะแสดงในรูปของโครงข่ายวงจรผลรวมข้อมูลที่ไม่โครโปรเซสเซอร์ติดต่อกันที่ตัวแปลงสัญญาณ (DACs) จะแสดงผลโดยพอร์ตแบบขนาน (PARALLEL PORT) ดังภาพที่ 2.3.1



ภาพที่ 2.3.1 บล็อกไดอะแกรมของการติดต่อกับDAC

ผลลัพธ์ของข้อมูลเลขฐานสองที่ส่งไปยังพอร์ทของตัวเปลี่ยนสัญญาณ (DACs) จะทำให้เกิด
การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแบบต่อเนื่อง ที่เป็นกระแสหรือความต่างศักย์

2.4 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การติดต่อระหว่างตัวควบคุมกับกระบวนการกับตัวคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีปฏิบัติการนั้น จะมีระยะทางไกลกันมาก จึงเลือกใช้รูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือ มาตรฐาน RS-232

การส่งข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบซิงค์โครนัสและอะซิงค์โครนัส

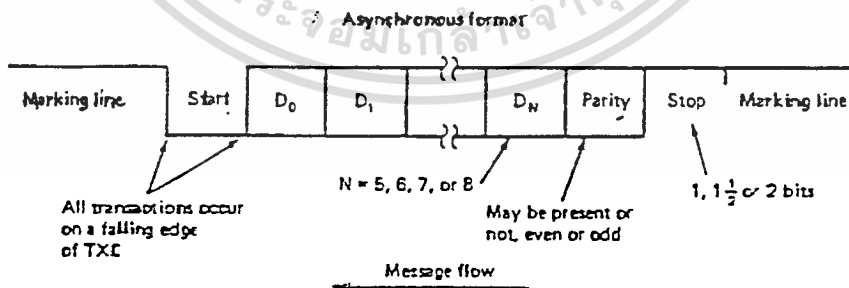
- การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

ไม่ว่าการส่งข้อมูลนั้นจะเป็นแบบขนานหรืออนุกรม การส่งข้อมูลแบบซิงค์โครนัสก็คือระบบการส่งที่ข้อมูลแต่ละเวิร์ดถูกส่งออกไปตามเวลาที่แน่นอน ซึ่งหมายถึงระยะเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละเวิร์ดที่ถูส่งออกไปมีค่าแน่นอน

- การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงค์โครนัส

คือระบบการรับส่งข้อมูลที่แต่ละคำ ถูกส่งออกไปอย่างไม่มีการกำหนดเวลาแน่นอน นั่นคือระยะเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละคำที่ถูส่งออกไปมีค่าไม่แน่นอน

ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบบอะซิงค์โครนัสนั้น โครงสร้างของข้อมูลที่จะส่งจะมีลักษณะเป็นบล็อก ๆ ซึ่งแต่ละบล็อกประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (Start bit) ส่วนของข้อมูลและบิตสุดท้ายสุดข้อมูล (Stop bit) โดยบิตเริ่มต้นจะแสดงถึงการเริ่มต้นของกลุ่มข้อมูล แล้วตามด้วยส่วนของกลุ่มข้อมูล และบางกรณีอาจจะมีการเพิ่มบิตพาริตีเพื่อให้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และบิตสิ้นสุดข้อมูลก็จะเป็นการบอกว่าข้อมูลในบล็อกๆ นั้นหมดลงเพียงแค่นั้น ส่วนในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสนั้นจะต้องมีการส่งสัญญาณนาฬิกาไปพร้อมๆ กับสัญญาณข้อมูลในการส่งข้อมูลระยะสั้นๆ สัญญาณนาฬิกาซึ่งใช้เป็นสัญญาณซิงค์ อาจจะส่งแยกไปในสายส่งสัญญาณอีกเส้นหนึ่งไม่ส่งรวมไปในสายส่งข้อมูลก็ได้ ซึ่งรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอะซิงค์โครนัส สามารถแสดงได้ดังภาพข้างล่าง



2.5 การจัดลำดับการขออินเทอร์รัพท์ (PRIORITY INTERRUPT)

จุดประสงค์ของขบวนการ คือ ช่วยให้ CPU หนีจากการทำงานในโปรแกรมหลักไว้ชั่วคราวแล้วกระโดดไปอินเทอร์รัพท์ในส่วนของโปรแกรมที่ตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์นั้น โดยขึ้นกับชนิดและโหมดการอินเทอร์รัพท์ จากการทำงานนี้ใช้ มาร์ค-เคเบิลอินเทอร์รัพท์ ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะสั่งให้ Z-80 ENABLE หรือ DISABLE ต่อการขออินเทอร์รัพท์ได้ด้วยวิธีการทาง SOFTWARE โดยใช้คำสั่ง EI และ DI แต่ข้อเสียคือ Z-80 สามารถตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์ได้เพียงครั้งเดียวถ้ามีอุปกรณ์ภายนอกตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ความลำบากจึงเกิดขึ้น

PRIORITY INTERRUPT สามารถตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์อุปกรณ์ภายนอกได้หลายชิ้นแต่ทีละชิ้น เรียงลำดับตามความพอใจของผู้ใช้ในกรณีที่มีอุปกรณ์ภายนอกมากกว่า 1 ตัว ทำการขออินเทอร์รัพท์ในเวลาเดียวกัน

ฮาร์ดแวร์ที่ส่งข้อมูลบอก CPU ว่ามีอุปกรณ์ภายนอกใดบ้างที่ขออินเทอร์รัพท์ คือ PRIORITY LOGIC

ข้อได้เปรียบ คือ การตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์ด้วยวิธีนี้ CPU สามารถตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์ของอุปกรณ์ภายนอกมากกว่า 1 ตัวในเวลาเดียวกัน นับว่าวิธีการนี้ทำให้ Z-80 ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงอีกระดับหนึ่ง

การออกแบบ และ การสร้าง

จากที่ได้เคยกล่าวแล้วว่าโครงการนี้เป็นลักษณะของระบบควบคุมแบบแยกส่วน (DISTRIBUTED CONTROL) ดังนั้นงานจึงถูกแบ่งสองส่วน คือ

- ส่วนตัวควบคุม (FIELD CONTROL UNIT) ซึ่งเป็นส่วนที่จะสร้างขึ้นมาจากทั้ง ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

- สถานีปฏิบัติการ (OPERATOR STATION) ซึ่งในที่นี้ก็คือคอมพิวเตอร์ IBM ดังนั้น ฮาร์ดแวร์ในส่วนนี้เราจึงไม่ต้องสร้าง แต่จะเป็นงานทางด้านซอฟต์แวร์

นอกจากนี้ สิ่งที่เป็นพิเศษในโครงการนี้ก็คือ ในการออกแบบระบบ ผู้ทำได้ เกิดแนวคิดที่จะทำในระบบขั้ว แล้วนำการดมาเสียบ โดยการออกแบบให้ใช้ได้ทั้งกับระบบ ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 และ SLOT-IBM ให้ชื่อว่า Z-SI-BUS (Z-80_SLOT-IBM_BUS) รายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป สำหรับเหตุผลและ ประโยชน์ที่ทำได้ในระบบเช่นนี้ก็คือด้วยประการต่อไปนี้

1. หากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ที่ใช้ในการควบคุมระบบตามปกติเกิด ขัดข้องหรือเสียหาย ก็สามารถทดแทนได้จากระบบคอมพิวเตอร์ IBM
2. สามารถขยายระบบเพิ่มเติมได้อีกในอนาคต รวมทั้งในส่วนนี้จะ เป็นประโยชน์ ต่อผู้ทำโครงการรุ่นต่อไป สามารถนำไปใช้งานได้ในโครงการที่ใช้ระบบไมโครโปรเซส เซอร์ Z-80 หรือ SLOT-IBM
3. ดีกว่าการใช้สายแพร่ ซึ่งมักจะก่อให้เกิดปัญหาได้เช่นเวลาสายบิดอาจทำให้ สายขาดในได้ เป็นต้น และไม่สามารถขยายระบบได้หรือได้ก็ยุ่งยากลำบาก
4. ทำให้ผู้ทำโครงการนี้ได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพราะต้องไปศึกษา เรื่องระบบฮาร์ดแวร์ของ IBM และ Z-80 เมื่อที่จะผนวกระบบทั้งสองเข้าด้วยกันได้

คุณสมบัติและขอบเขตของโครงการนี้

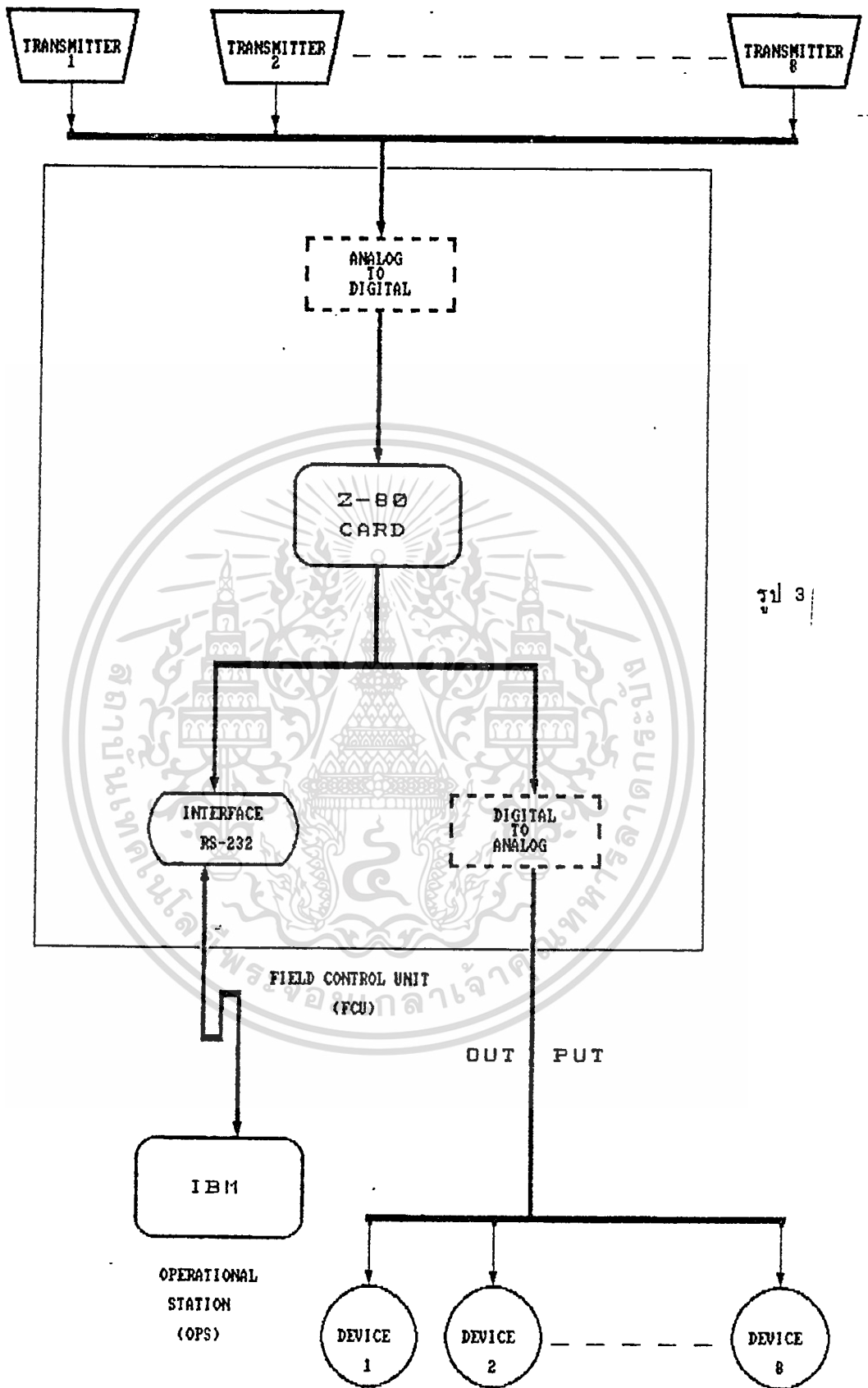
1. ในส่วนตัวควบคุม (FCU) ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 ทำหน้าที่เป็นตัว

2. ส่วนสถานีปฏิบัติการ (OPS) หรือจุดศูนย์กลางใช้คอมพิวเตอร์ IBM เป็นตัวหลัก
3. เลือกรูปแบบการควบคุมได้ 4 แบบคือ แบบ พี(P)คอนโทรล พีไอ(PI)คอนโทรล พีไอดี(PID)คอนโทรลออนออฟ(ON/OFF)คอนโทรล
4. บันทึกข้อมูลได้ ในลักษณะ ดาต้าล็อกกิ้ง(Data Logging)
5. มี 8 ช่องอินพุตมัลติเพลกซ์
6. มี 2 ช่องเอาต์พุต
7. สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตมีขนาด 1-5 โวลต์ หรือ 4-20 มิลลิแอมป์
8. ส่วนป้อนข้อมูลใช้คีย์บอร์ดที่ประกอบอยู่กับคอมพิวเตอร์ IBM

บล็อกไดอะแกรมของระบบงานร่วม

รูปภาพ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบงานร่วม

(รูปอยู่ในหน้าถัดไป)



รูป 3

การทำงานของระบบ

การทำงานเริ่มต้นจากการที่ ตัวคอนโทรลเลอร์ จะทำการเช็คค่าตนเอง อยู่ในโหมดใด พี พีโอ หรือพีไอดี ถ้าอยู่ในโหมด พี ก็จะไปทำที่โปรแกรม พี ทำการควบคุมระบบเลยโดยใช้ค่า เซตต่างๆ จากที่เก็บไว้ใน หน่วยความจำบัพเฟอร์ ถ้าอยู่ในโหมดอื่น ก็จะไปทำงานตามโปรแกรมในโหมดนั้นๆ และก็ทำการวนลูป คอยเช็คค่า สถานีปฏิบัติการ(Operator Station)หรือ ไอบีเอ็มทำการติดต่อกับชนิดของตนเองหรือยัง (เพราะจำลองจากระบบโรงงานจริงว่า สถานีปฏิบัติการจะทำการติดต่อกับ คอนโทรลเลอร์หลายตัว) โดยผ่านทางส่วนของวงจรรีโมต RS-232C เมื่อ สถานี (IBM)ทำการติดต่อกับ ชนิดของตนเองแล้วก็จะคอยรับข้อมูล และคำสั่งต่าง ๆ อาทิเช่น ค่าเซตพอยต์ ค่าพิกัด โหมดของการคอนโทรล เป็นต้น หลังจากนั้น ตัวควบคุมก็เริ่มทำการคอนโทรล ด้วยการรับคำสั่งสัญญาณที่เป็นตัวแปรควบคุม จากอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งโดยมากมักจะเป็น ทรานสดิวเซอร์โดยสามารถรับได้ทั้งหมด 8 ช่องเพราะอาศัยหลักการ มัลติเพล็กซ์(Multiplex) ผ่านทาง ADC แปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้กับ Z-80การ์ด และ RS-232C โดย Z-80การ์ด จะนำค่านี้ไปทำการประมวลผลด้วยการเทียบค่ากับจุดที่ตั้งไว้(Setpoint) เกิดเป็นตัวแปรค่าผิดพลาดขึ้น นำไปเข้าโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเข้าที่โปรแกรมใดนั้นขึ้นอยู่กับโหมดการคอนโทรลที่ตั้งไว้ เช่นถ้าเซตไว้อยู่ที่โหมด พิคอนโทรล ก็จะไปทำที่โปรแกรมคำนวณสมการ พิคอนโทรล เป็นต้นหลังจากนั้นก็ส่งค่าที่ประมวลได้ออกไปที่ส่วน ดิจิตอลเอาต์ไปแปลงค่าเป็นสัญญาณอนาล็อกออกไปควบคุมระบบหรือ อุปกรณ์ภายนอกยังผลให้ตัวแปรที่เราต้องการควบคุมมีค่าขยับเข้าใกล้ ค่าที่เราตั้งไว้ (Setpoint)มากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงนี้ก็จะส่งผลย้อนกลับให้ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) แปลงค่าเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านเข้าทาง เอชดี อีก แล้วก็เข้ากระบวนการทำงานเช่นเดิม วนรอบไปเรื่อยๆ ซึ่งในแต่ละครั้งก็จะยังผลให้ตัวแปรที่เราต้องการควบคุมมีค่าเข้าใกล้ค่าที่ตั้งไว้(Setpoint) เข้าไปทุกที จนกระทั่งมีค่าเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ (Setpoint) หรือตัวแปร ค่าผิดพลาดมีค่าศูนย์ การทำงานจึงสิ้นสุดลง

ส่วน RS-232C นั้นจะรับคำสั่งสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากส่วน ADC นั้นไปส่งให้กับ OPS (IBM)นำไปทำการบันทึกข้อมูล (Data Logging) และแสดงผลทางจอ CRT เพื่อให้ผู้ควบคุมทำการวิเคราะห์ระบบ หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับควบคุมกระบวนการต่อไปได้

หมายเหตุ การติดต่อระหว่าง นิลด์คอนโทรลยูนิต กับ โอเปอร์เรเตอร์ สเตชัน IBM นั้นจะผ่านทางวงจรรีโมตคอนโทรล RS-232 ซึ่งเป็นการสื่อสารส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโครงงานนี้มีทั้งส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วยวงจรหลัก ๆ 5 ส่วนด้วยกัน คือ

1. วงจร อนุาลอกทูลิจิตอล คอนเวอร์เตอร์ (Analog To Digital Converter) เรียกว่า วงจร เอกุติ
2. วงจร ดิจิตอลทูลอนาลอก คอนเวอร์เตอร์ (Digital To Analog Converter) เรียกว่า วงจร ดิทเอ
3. วงจรแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรมตามมาตรฐาน อาร์เอส-232 (RS-232)
4. วงจรจัดลำดับการอินเทอร์รัพท์ (Priority Interrupt Circuit)
5. วงจรจัดการบัลและซัพพลาย

สิ่งที่จะต้องกล่าวถึงก่อนคือ วงจรADC (Analog To Digital Converter) และ DAC (Digital To Analog Converter) ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแบบ 12 บิต ซึ่งแตกต่างจากโครงงานอื่น ๆ โดยทั่วไปที่มักใช้แบบ 8 บิต ทั้งนี้ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. ผู้ทำมองเห็นว่างาน Control Process เป็นงานที่ต้องการความละเอียดถูกต้องมาก (Accuracy สูง) ดังนั้นจึงใช้แบบจำนวนบิตมากเพื่อลดการerrorที่จะเกิดขึ้นจากการแปลงค่าจาก อนุาลอกเป็นดิจิตอลหรือดิจิตอลเป็นอนุาลอก

2. เป็นมาตรฐาน เพราะจากการศึกษาข้อมูลพบว่าระบบคอนโทรลเลอร์โดยทั่วไปมักใช้แบบ 12 บิตเช่นกันและอีกเหตุผลหนึ่งก็เพื่อการศึกษาด้วย

แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือ เรื่องของความละเอียดด้วยเช่นกัน สัญญาณอินพุท ไม่เลี้ยงวงจร แรงดันอ้างอิง จะต้องมีความเที่ยงตรงสูงและคงที่มาก

1. วงจรเอทีที ที่ออกแบบและใช้ในงานนี้

ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดการทำงานของวงจรต่อไป จำเป็นที่เราจะต้องทราบรายละเอียดการทำงานบางอย่างของ ไอซี เบอร์ ICL7109 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 12 บิตเสียก่อน

ICL7109

เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท INTENSIL ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอลขนาด 12 บิตแบบไบนารี พร้อมกับบิตที่แสดงเครื่องหมาย (polarity) และแสดงการเกินพิกัดของสัญญาณอินพุท (overrange) อีก 2 บิตรวมทั้งหมดเป็น 14 บิต การทำงานของไอซี ชนิดนี้เป็นแบบ คัลลิบร่า คอนเวอร์เตอร์ จากสเปคของไอซี กำหนดให้ อินพุทที่เข้ามาสูงสุดได้ไม่เกินโวลเตจชันพลายด้านบวกลบหนึ่ง ($V^+ - 1$) ดังนั้นถ้าเราใช้ไฟเลี้ยงด้านบวกขนาด 5 โวลต์ ก็จะทำให้ สัญญาณอนาลอกอินพุทที่เข้ามา มีขนาดสูงสุดได้ไม่เกิน 4 โวลต์หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือค่าเต็มพิกัด (Full scale) ของสัญญาณอนาลอกอินพุทมีค่าเท่ากับ 4 โวลต์ และมีข้อกำหนดถัดไปอีกคือ V_{ref} ที่ค่าเต็มพิกัด = 2 V (voltage reference) ดังนั้น ถ้าต้องการโวลเตจค่าเต็มพิกัด = 4 โวลต์ จะต้องใช้ แรงดันระดับอ้างอิง = 2 โวลต์

การทำงานของวงจรใน ICL7109 มี ไทม์มิ่ง ไดอะแกรม แบ่งออกเป็น 3 ช่วง (หรือ 3 phase) ดังรูปข้างล่าง คือ

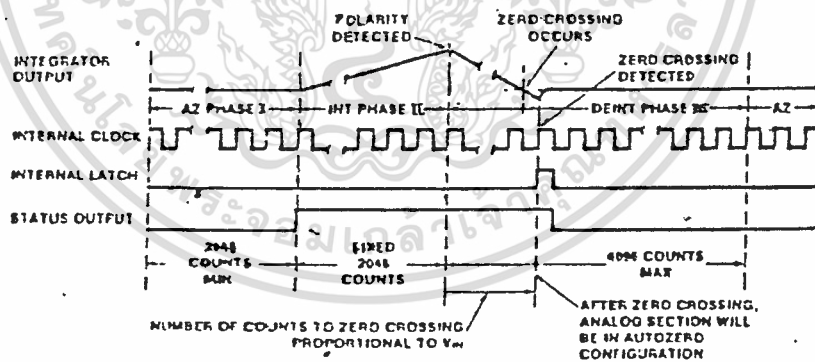


Figure 2. Conversion Timing (RUN/HOLD Pin High)

รูป 3.1.1 แสดงช่วงเวลาที่ทำการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล

1. ช่วง ออโตซีโร (Auto-Zero Phase)
2. ช่วง อินทิเกรตสัญญาณ (Signal Integrate Phase)
3. ช่วง ดี-อินทิเกรตสัญญาณ (De-Integrate Phase)

ซึ่งจาก ไทม์มิ่ง ไดอะแกรม จะเห็นได้ว่าเป็นหลักการของดวลสโปลคอนเวอร์เตอร์ โดยในช่วงของการอินทิเกรตสัญญาณนั้นจะเป็นช่วงเวลาคงที่ (fix time) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ โดยสโปลในช่วงเวลานี้จะขึ้นอยู่กับโวลเตจอินพุทที่เข้ามาและในช่วงของการดี-อินทิเกรตสัญญาณจะเป็นช่วงที่เคาท์เตอร์ในไอซี ทำการรีเซ็ตและนับค่าซึ่งช่วงเวลาทั้งสองนี้จะทำให้บาลเตตัส ซึ่งเป็นขาเอาท์พุท มีสถานะเป็น "1" จนกว่าจะแปลงค่าเสร็จก็จะตกเป็น "0" ทันทีจนกระทั่งถึงที่ช่วงออโตซีโร ก็ยังคงสถานะเป็น "0" อยู่จนกว่าจะเข้าสู่ช่วงของอินทิเกรตสัญญาณอีกครั้ง จึงจะมีสถานะเป็น "1" วนรอบในลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ และจากลักษณะดังกล่าวเสมือนเป็นการบอกรูปกราฟภายนอกว่า ช่วงใดเป็นเวลาที เอาต์ กำลังแปลงค่าอยู่และเมื่อใดที่ทำการแปลงค่าเสร็จแล้ว จากจุดนี้เองที่เราจะนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบวงจรต่อไป

จากรูปวงจรในรูปที่ 3.1.2 เราสามารถอธิบายเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้ วงจรสร้างระดับแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference) 2 โวลต์ เราใช้ไอซี LM336 ชนิด 5 โวลต์ซึ่งให้ค่าเบรคควาน์คงที่ที่ 5 โวลต์แล้วใช้ตัวต้านทาน (Resistor) แบ่งแรงดัน (divider) ให้ได้ 2 โวลต์ ซึ่งจะให้ค่าที่เที่ยงตรงมาก (high precision) ซึ่งการเลือกค่าความต้านทานที่จะมาต่อเข้ากับ LM336 ต้องเลือกค่าให้เหมาะสมเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเบรคควาน์ในไอซี และมีความต้านทานแบบปรับค่าได้ 20K ต่อขนานเข้ากับ LM336 รวมทั้งขา แอดจัสต์ด้วย (Adjust) เพื่อให้สามารถปรับแต่งค่าแรงดันที่ถูกต้องขึ้นได้ ส่วนคาปาซิเตอร์ 2 ตัวที่ต่อคร่อมกับไอซีนี ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวน วงจรมัลติเพลกเซอร์ ทำหน้าที่มัลติเพลกซ์สัญญาณอินพุทที่มีอยู่ทั้งหมด 8 ช่อง (channel) ให้เหลือเพียงหนึ่งไปเข้ากับวงจรเอาต์พุทใน ICL7109 ทำให้ไม่ต้องใช้ เอาต์พุทหลายตัว โดยในส่วนนี้เราใช้ไอซี 4051 (Analog switch IC) และมีไอซี 4042 ซึ่งเป็นไอซีควอดแลกซ์ ทำหน้าที่แลกซ์ค่าอินพุทของไอซี 4051 ที่เอาท์ค่ามาจาก ซีพียู (CPU) ไอซี 8255 ทำหน้าที่เป็นพอร์ทแลกซ์ค่าดิจิตอลที่ได้จาก ICL7109 ให้ซีพียูสามารถอ่านค่าเข้าไปเก็บในหน่วยความจำได้โดยเราใช้พอร์ท แลกซ์ค่าไปท์สูง (B9-B12, POL, OR)

และพอร์ท C กับค่าไบท์ค่า (B1-B8)

วงจร Decoder ใช้ไอซี 74LS138 และ 7408 ทำงานร่วมกัน และต้องนำสัญญาณ AEN จากระบบนี้มาใช้งานด้วย โดยดีโคดีให้ 8255 เป็นพอร์ทเบอร์ A0-A3 และไอซี 4042 เป็นพอร์ทเบอร์ A8

วงจรมอนอสเตเบิล เป็นส่วนที่ทำหน้าที่คอยเช็คเวลาเมื่อใดที่ เอทติใน ICL7109 ทำการแปลงค่าสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเรียบร้อยแล้วจะทำการส่งพัลส์ไปอินเทอร์รัพท์ ซีพียู Z-80 เพื่อให้ ซีพียู ทำการอ่านค่าดิจิตอลที่ได้เข้าไปเก็บในหน่วยความจำโดยเราใช้ไอซี 74221 (Dual Monostable) ทำการเชคขอบขาลงของขาสเตตัสของ ICL7109 แล้วจึงส่งพัลส์ไปอินเทอร์รัพท์ Z-80 โดยความกว้างของพัลส์นี้เราสามารถเลือกค่าได้โดยการกำหนดได้จากค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อกับขา 14 และ 15 ของไอซี 74221 ดังที่เห็นในรูปวงจร

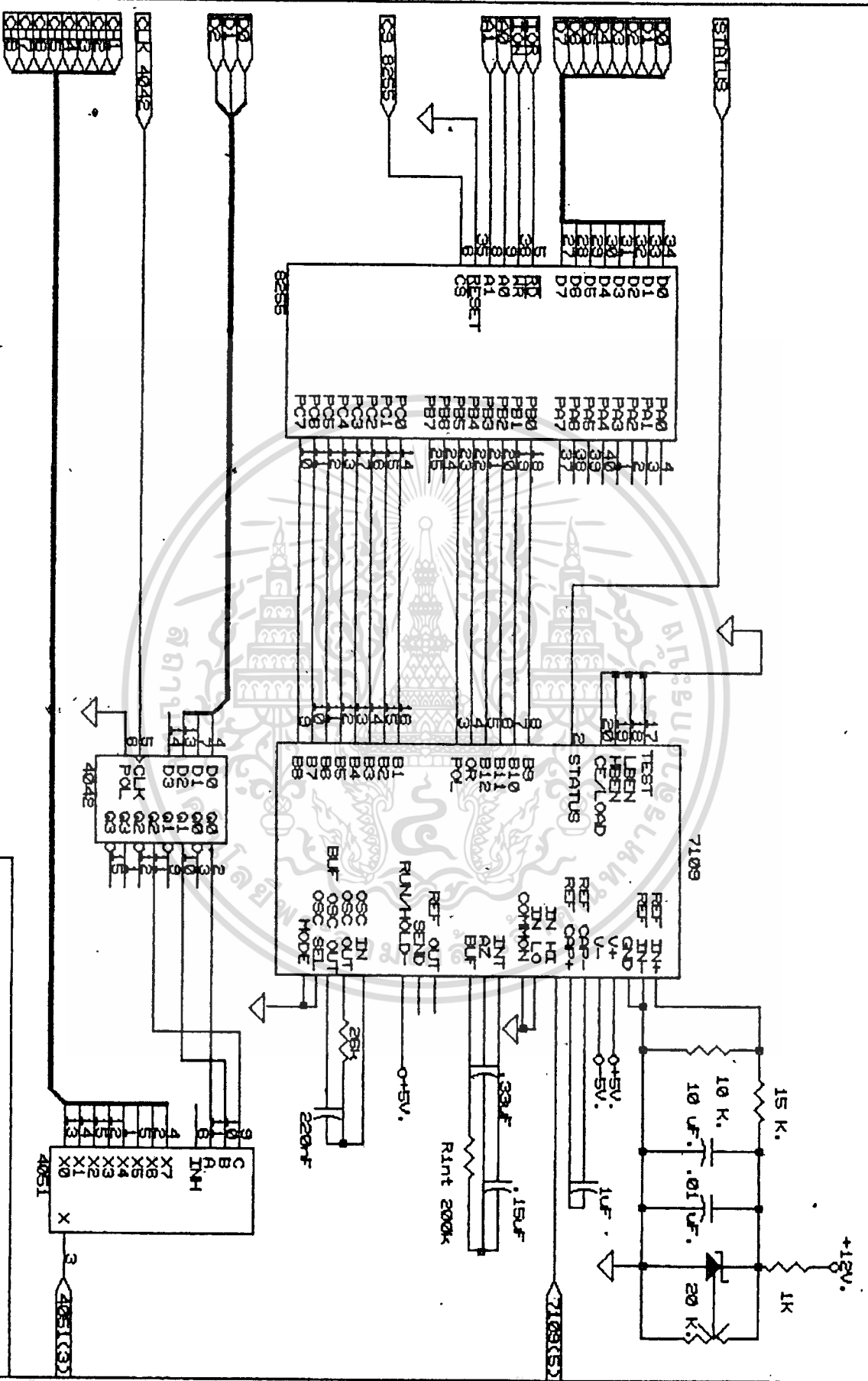
$$\text{ความกว้างของ pulse} = R \times C$$

ขนาดความกว้างของ pulse นี้จะต้องเหมาะสม ถ้ามีความกว้างมากเกินไปจะทำให้เกิดการอินเทอร์รัพท์ซ้ำด้วยข้อมูลเดียวกันทำให้ค่าที่ได้รับผิดพลาด เช่น ข้อมูลในหน่วยความจำของแชนแนลที่ 3 สมมติว่าเป็นที่แอดเดรส 5200 ไปเหมือนกับในแอดเดรส 5100 ซึ่งเป็นหน่วยความจำของข้อมูลใน channel ที่ 2 ทั้ง ๆ ที่ระดับแรงดันอินพุทที่เข้าต่างกัน เป็นต้น แต่ถ้าพัลส์แคบเกินไปก็จะทำให้ Z-80 ไม่สามารถเชค อินเทอร์รัพท์ได้

วงจรสร้างระดับแรงดัน 1 โวลต์ ลักษณะวงจรคล้ายกับวงจรสร้างแรงดัน 2 โวลต์ ต่างกันตรงที่วงจรนี้จะใช้ LM336 ชนิด 2.5 โวลต์เพื่อสร้างแรงดันระดับ 1 โวลต์ไปเข้ากับวงจรห้กลับ 1 โวลต์

วงจรห้กลับ 1 โวลต์ ทำหน้าที่ลดสัญญาณอินพุทจาก 1-5 โวลต์ให้เหลือ 0-4 โวลต์ โดยวงจรประกอบไปด้วยไอซี ออปแอมป์ OP-07 และตัวต้านทานค่า 1K อีก 4 ตัวต่อกันในลักษณะซั่มมิงแอมป์ (Summing Amplifier) โดยโวลเตจอินพุทที่ขาลบมาจาก วงจรสร้างระดับแรงดัน 1 โวลต์ ดังนั้นจะมีค่า 1 โวลต์เสมอ ส่วนโวลเตจอินพุทที่ขาลบมาจากไอซี 4051 (มีค่า 1-5 โวลต์) ได้เข้าที่พท = $V - 1$ โวลต์

บัฟเฟอร์ ไอซีออปแอมป์ LM310 ทั้ง 2 ตัวที่เห็นในรูปวงจรทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เพื่อแก้ปัญหาโวลเตจดรอปอันเนื่องมาจากระดับแรงดันอินพุทที่เปลี่ยนไปและค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นในตัวอนาลอกสวิตช์



Title	DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM
Size	Document Number
REV	

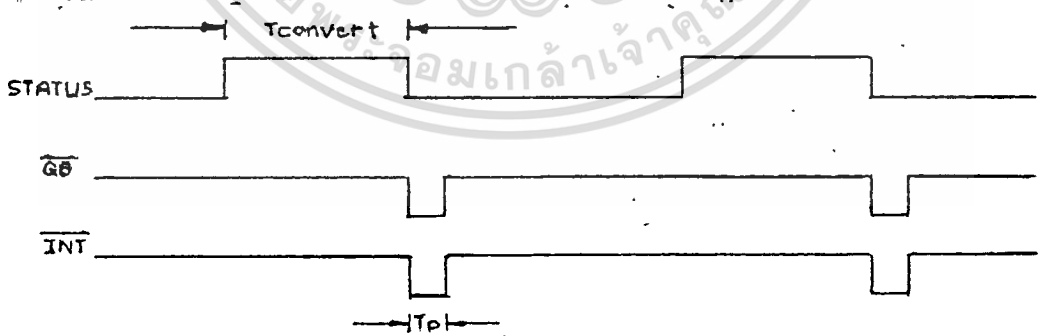
การทำงานของวงจร

เริ่มต้นด้วยการที่ ซีพียูจะทำการส่งค่า 00H ออกไปที่พอร์ทไอซี4042 ทำการแลทซ์ค่าเอาไว้ให้กับ อนุาลอกสวิทซ์ 4051 ซึ่งจะมีผลทำให้ สัญญาณอินพุทของแรก ได้รับเลือกต่อเข้า อินพุทของเอทติ โดยจะต้องผ่านวงจรับัฟเฟอร์ก่อนและในส่วนนี้ต้องมีการปรับจูนค่าจนเอาท์พุทของบัฟเฟอร์มีค่าเท่ากับอินพุทในระดับถึงทุกนิยาม 3 ตำแหน่ง หลังจากนั้นจะไปเข้าวงจรถักลบหนึ่งโวลต์แล้วจึงไปเข้ากับเอทติเพื่อทำการแปลงค่าสัญญาณให้เป็นค่าดิจิตอลและจะถูกแลทซ์ไว้ที่ ตัว8255 หลังจากทำการแปลงค่าสัญญาณเรียบร้อยแล้วขาสเตตัสของ ICL7109 จะตกเป็น "0" เกิดขอบขาลงขึ้นซึ่งจะไปทริกให้วงจรมอนอสเตเบิล 74221 ทำการส่งพัลส์ เอาท์พุท (ซึ่งมีขนาด = $R \cdot C$) ออกไปอินเทอร์รัพท์ ซีพียู ซีพียูก็จะกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมอินเทอร์รัพท์เซอร์วิส ซึ่งจะทำให้เกิดงานดังนี้ 1. อ่านค่าดิจิตอลของสัญญาณที่ถูกแลทซ์ไว้ที่ตัว 8255 เข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับแชนแนล 1

2. ทำการเพิ่มค่าที่ เอาท์ออกไปที่พอร์ทไอซี 4042 เป็น 01H ยังผลให้ $Q_0 - Q_2$ ของไอซี 4042แลทซ์ค่า 001 เอาไว้และที่ขา A, B, C ของ4051 ก็เป็น 001ด้วย ทำให้อินพุทแชนแนล 2 ได้รับการเลือกให้ต่อเข้ากับวงจรถักเอทติ สรุปรก็คือ เลื่อนอินพุทเป็นแชนแนลถัดไป

3. เพิ่มค่าแอดเดรสหน่วยความจำให้เป็นของแชนแนลถัดไป

4. เช็คค่าครบ 8 อินพุทหรือยัง ถ้ายังก็กระโดดกลับทำงานที่เมนโปรแกรมตามปกติ แต่ถ้ารับค่าอินพุทครบ 8 แชนแนลแล้ว ก็ทำการรีเซตค่าแอดเดรสหน่วยความจำและค่าเอาท์พุทที่ส่งไปพอร์ทไอซี 4042ให้กลับเป็นของแชนแนล 1 อีกครั้งแล้วจึงค่อยกระโดดกลับทำงานที่เมนโปรแกรม



รูป 3.1.3 แสดงช่วงเวลาที่เกิดการอินเทอร์รัพท์ ซีพียู

2. วงจร ทิทูเอ ที่ออกแบบและใช้งาน

1. การเลือกพอร์ทด้วยไอซี 74LS138 และการค้างข้อมูลด้วยชิพพอร์ทเบอร์ 8255
2. ความต่างศักย์อ้างอิง (VOLTAGE REFERENCE)
3. การใช้งาน IC 7541 (12 BIT DIGITAL TO ANALOG CONVERTOR)
4. วงจรเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (I TO V)
5. วงจรป้องกันความถี่สูง (LOWPASS FILTER)
6. วงจรเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (V TO I)

1. การเลือกพอร์ทด้วยไอซี 74LS138 และการค้างข้อมูลด้วยชิพพอร์ทเบอร์ 8255

1.1 IOW เป็นสัญญาณจากการออร์กันระหว่าง \overline{IORQ} และ WR เมื่อสัญญาณทั้งสองทำงานที่ลอจิก 0 พร้อมกันก็เป็นการบ่งบอกว่า Z-80 กำลังส่งข้อมูลออกไปให้กับอุปกรณ์ภายนอก จากวงจรนี้มีการใช้เฉพาะการนำข้อมูลออกจาก Z-80 ไปให้กับอุปกรณ์ภายนอกเท่านั้น

1.2 D0-D7 (DATA BUS) เป็นขาสัญญาณเข้าและออกแบบสภาวะสองทิศทางซึ่งเป็นทางผ่านข้อมูลระหว่าง Z80 กับหน่วยความจำและอุปกรณ์ภายนอก

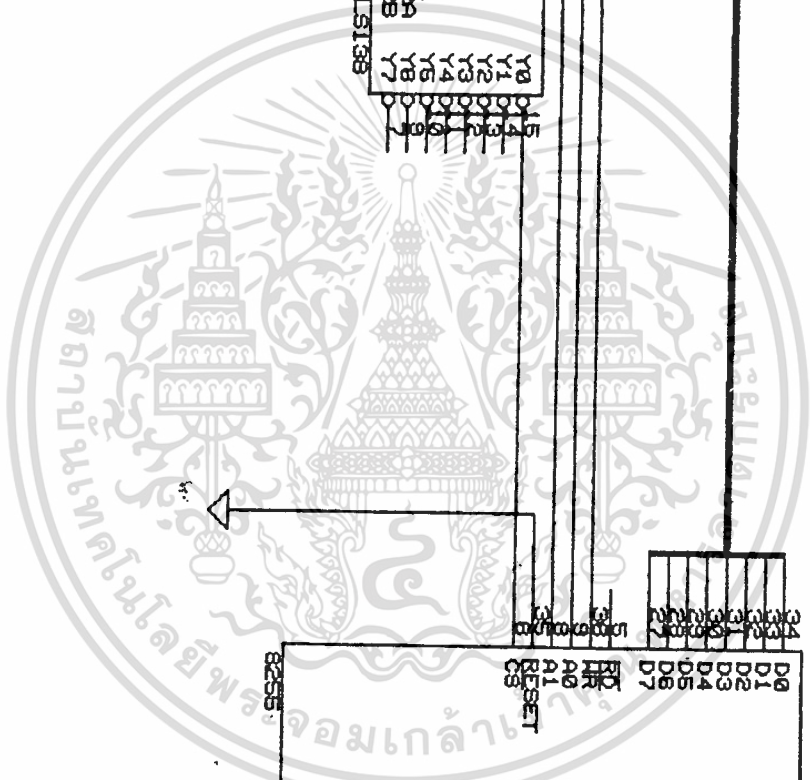
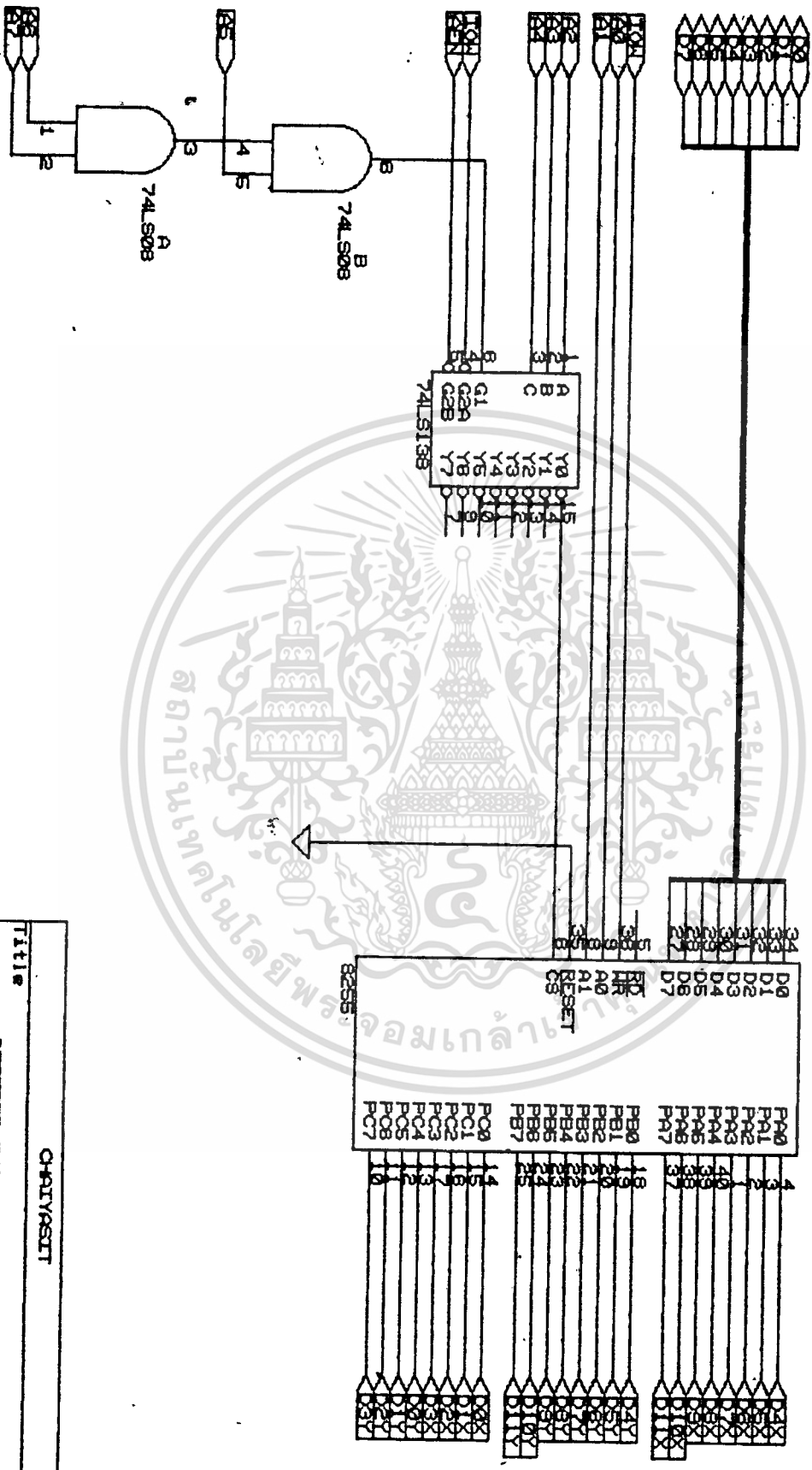
1.3 AEN ปกติจะมีลอจิก 0 ถ้ามีการทำงานแบบ DMA เกิดขึ้นจะมีลอจิก 1

1.4 A2 A3 A4 จะเลือกพอร์ทของ 74LS138 ดังภาพที่ 3.2.1 เมื่อขา IOW มีลอจิก 0 และขา A7 A6 A5 มีลอจิก 1 และ AEN มีลอจิก 0 74LS138 จะทำงานโดยการเลือกสัญญาณออกโดยการแปลงรหัส

จากการเลือกพอร์ท ดังตารางต่อไปนี้

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	เลขฐานสิบหก
1	1	1	0	0	0	x	x	E0 - E3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงรหัสจะไปทำให้ 8255 ทำงานต่อไป โดยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ตี 27- อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		CHAYASIT
DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM		
Size Document Number	DT06 PART B255 01	
Date: February 15, 1980	Sheet	of

1.5 การทำงานของ 8255 เป็นไอซีที่สามารถหารายละเอียดได้ในหนังสือที่เกี่ยวกับการติดต่อระหว่าง Z80 กับอุปกรณ์ภายนอกทั่วไป ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวแต่ในสิ่งที่ใช้กับวงจร

1.5.1 การอ่านและการเขียนรีจิสเตอร์ของ 8255 ขณะนี้เราได้ทำการต่อ 8255 เข้ากับระบบของ Z-80 แล้ว ต่อไปจะทำการโปรแกรมใช้งาน 8255 ตามที่เราต้องการ จะเริ่มต้นพิจารณาที่รีจิสเตอร์ภายใน 4 ตัวของ 8255 สำหรับวงจรการถอดรหัสของเราที่ตำแหน่งของรีจิสเตอร์จะอยู่ที่ 11100000 , 11100001 , 11100010 , 11100011 รายละเอียดของรีจิสเตอร์นี้มีดังนี้ คือ

	ขาอุปกรณ์				ชื่อรีจิสเตอร์
RD	WR	A1	AO		
1	0	0	0	เขียนข้อมูลให้พอร์ทเอ	
0	1	0	0	อ่านข้อมูลจากพอร์ทเอ	
1	0	0	1	เขียนข้อมูลให้พอร์ทบี	
0	1	0	1	อ่านข้อมูลจากพอร์ทบี	
1	0	1	0	เขียนข้อมูลให้พอร์ทซี	
0	1	1	0	อ่านข้อมูลจากพอร์ทซี	
1	0	1	1	เขียนข้อมูลควบคุม	
0	1	1	1	ไม่มีการอ่านรีจิสเตอร์	

หน้าที่ของรีจิสเตอร์จะถูกกำหนดการทำงานจากรีจิสเตอร์ควบคุมในที่นี้จะกล่าวถึงการทำงานของ 8255 ในโหมด 0 เพียงโหมดเดียว

โหมด 0 : อินพุตเอาท์พุตรีจิสเตอร์เบื้องต้น ในการจัด 8255 ให้อยู่ในโหมด 0 นั้น เราต้องส่งคำสั่งควบคุม (control word) ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมก่อน คำสั่งควบคุมนี้จะกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่แต่ละพอร์ทของ 8255 ในวงจรนี้คือ 80H ซึ่งจะทำให้พอร์ททั้งสามใน 8255 เป็นพอร์ทเอาท์พุตทั้งหมด ดังตารางด้านล่าง

เบอร์พอร์ต	ข้อมูล	ความหมาย
E3	80	ส่งข้อมูลควบคุมให้กับรีจิสเตอร์โดยให้ พอร์ต ABC เป็นตัวส่งข้อมูล
E0	XX	เขียนข้อมูล XX ให้กับพอร์ต A
E1	XX	เขียนข้อมูล XX ให้กับพอร์ต B
E2	XX	เขียนข้อมูล XX ให้กับพอร์ต C

การใช้โหมด 0 ของ 8255 ในวงจร จากภาพที่ 3-2.1 ขา RESET ของ 8255 ต่อลงกราวด์ เนื่องจากเราไม่ต้องการให้ 8255 ถูก RESET ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าขาพอร์ตของ 8255 มี 24 ขา และเราต้องการได้สัญญาณที่มีความแม่นยำยิ่งขึ้นจึงใช้ไอซีเปลี่ยนสัญญาณ (DAC) 12 บิต ดังนั้น 8255 1 ตัว เราสามารถติดต่อกับตัวเปลี่ยนสัญญาณ (DAC) ได้ถึง 2 ตัวในเวลาเดียวกัน โดยการเลือกพอร์ตเพียงครั้งเดียว เราจึงแบ่งขาพอร์ตของ 8255 ซึ่งมีทั้งหมด 24 ขา ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือ พอร์ต A 8 ขารวมกับพอร์ต C ด้านล่าง 4 ขารวมเป็น 12 ขา ส่วนที่สองคือพอร์ต B มี 8 ขารวมกับพอร์ต C ด้านบนอีก 4 ขารวมเป็น 12 ขา เนื่องจากเราต้องส่งข้อมูลออกทางพอร์ต C พร้อมกัน 8 ขา ไม่สามารถแยกส่งทีละ 4 บิตได้ จึงเกรงว่าอาจจะมัลผลต่อสัญญาณที่ส่งให้กับตัวเปลี่ยนสัญญาณ (DAC) จึงใช้พอร์ตทั้ง 4 บิตบนและล่างข้างละ 4 บิตเป็น 4 บิตที่ต่อกับ 4 บิตทำให้กับตัวเปลี่ยนสัญญาณ (DAC) ทั้ง 2 ตัว เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่เกิดขึ้นให้น้อยลง ดังตารางด้านล่าง

	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DAC1	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	C3	C2	C1	C0
DAC2	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	C7	C6	C5	C4

2. ความต่างศักย์อ้างอิง (VOLTAGE REFERENCE)

วงจรความต่างศักย์อ้างอิงเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในวงจร เปลี่ยนสัญญาณ (DAC) ซึ่งวงจรความต่างศักย์อ้างอิงเป็นส่วนสำคัญมากในการสร้างความแม่นยำให้กับผลลัพธ์ที่ได้ เพราะถ้าค่าต่างศักย์อ้างอิงไม่คงที่มีความแปรปรวนตามการดึงกระแสของอุปกรณ์ภายนอก ก็จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่แม่นยำ เกิดการแปรปรวน ดังนั้นจึงใช้อุปกรณ์ที่เป็นตัวสร้างความต่างศักย์อ้างอิง ตามความเป็นจริงแล้วเราอาจใช้โวลเตจเรกกูเลตก็ได้แต่ก็ไม่ดีพอ หรือใช้การปรับค่าความต่างศักย์จากความต้านทานที่มี 3 ขาแล้วให้ผ่านบัฟเฟอร์ ก็ยังไม่สมควร

ด้วยเหตุที่ว่าความต้านทานขาจะสร้างสัญญาณรบกวนให้กับวงจรอย่างมาก และบัฟเฟอร์ก็
มีค่า offset ที่เราไม่สามารถแก้ได้ จากวงจรได้เลือกไอซี LM336 ดังภาพที่ 3.2.2

การที่เราใช้ค่าความต่างศักย์อ้างอิงเป็นลบ เนื่องจากตัวเปลี่ยนสัญญาณ (DAC)
นั้นเป็นแบบดิจิตอลซิงโคร คอนเวอร์ชัน (Digital/Synchro Conversion) จึงต้อง
ซึ่งกระแสจากกราวด์ขึ้นมาความต้านทานปรับค่าได้มิได้ เพื่อปรับค่าความต่างศักย์แม่นยำขึ้น
ดังนั้นจึงควรใช้ความต้านทานที่มีคุณภาพพอสมควร

คาปาซิเตอร์ 1 ไมโครฟารัด มิได้ เพื่อป้องกันความถี่ต่ำที่จะไปรบกวนระบบ

คาปาซิเตอร์ 47 นาโนฟารัด มิได้ เพื่อป้องกันความถี่สูงที่จะไปรบกวนระบบ

ความต้านทาน 1K โอห์มได้มาจากการคำนวณ เนื่องจากเราต้องการเพียง 1.1mA

ในการทำงานของไอซีเปลี่ยนสัญญาณ (DAC) โดยการคำนวณดังสมการต่อไปนี้

ค่าความต่างศักย์อ้างอิง / ความต้านทานเบื้องต้น

บิตสูงให้กระแส $5/20K = 2.5 * 10^{-4}$ แอมป์

รวมกระแสประมาณ = 1.1 มิลลิแอมป์ มี 2 ตัว รวมกระแสประมาณ = 2.2

มิลลิแอมป์

ดังนั้นโวลเตจที่คร่อมความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม จึงได้กระแส $7/1K = 7$ มิลลิแอมป์ ก็ยังทำ
ให้ไอซี LM336 ทำงานได้ ดังนั้นการต่อจาก ขั้วหลาย -12 โวลต์จากอุปกรณ์ร่วมกัน ก็จะมี
อิทธิพลต่อโวลเตจอ้างอิงได้น้อยลง ความแม่นยำของระบบก็มีมากขึ้น

3. การใช้งานไอซี 7541 (12 BIT DIGITAL TO ANALOG CONVERTOR)

จากภาพที่ 3.2.2 ไอซี 7541 เป็นแบบความต้านทานขั้นบันได (R-2R
LADDER) ซึ่งภายในวงจรมีความต้านทานป้อนกลับ 10K โอห์ม ในตัว การคำนวณกระแส
จากความต่างศักย์อ้างอิงได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อต้น ไอซี 7541 สร้างมาให้ใช้กับวงจร
ซิงค์กระแส ดังนั้น กระแสที่ขา 1 จึงเป็นกระแสย้อนกลับ ขา 2 จึงต้องต่อกับขากราวด์

ไอซี 7541 จึงได้จ่ายกระแสออกมาเล็กน้อยจึงต้องต่อกับวงจรเปลี่ยนกระแสเป็น
ความต่างศักย์

ขา $D_0 - D_{12}$ ก็ต่อกับขา 8255 โดยตรง โดยพอร์ท C ต่ำ ต่อกับ 4 บิตต่ำ และพอร์ท A ต่อ
กับ 8 บิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด หมายเหตุ ดูตัวอย่างเมื่อเต็มได้จากคำตักขบเบอร์ ไอซี PM7541 รั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความต่างศักย์ (I TO V)

จากภาพที่ 3.2.2 เราใช้ออปแอมป์ OP-07 ซึ่งเป็นออปแอมป์แบบความแม่นยำสูง ออกแบบและผลิตโดยบริษัท PRECISION MONOLITHICS ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ค่าเริ่มต้น (OFFSET) มีค่าเพียง 0.1 มิลลิโวลต์ และจะดริฟท์ในอัตรา 0.6 ไมโครโวลต์ต่อหนึ่ง องศาเซนติเกรด แต่มีอัตราสlew rate ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 0.17 โวลต์ต่อไมโครเซค และความถี่ ๓. จุดเกินเท่ากับหนึ่ง เพียง 600 กิโลเฮิร์ต และเพาเวอร์แบนด์วิดท์เท่ากับ 3.5 กิโลเฮิร์ต ส่วนกระแสอินพุตที่ระดับ 4 นาโนแอมป์เท่านั้น จากภาพที่ 3.2.2 เป็นวงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ ซึ่งในไอซี 7541 มีความต้านทานป้อนกลับในตัวอยู่แล้วคือ 18 เป็นแบบนอนอินเวอร์สตั้ง ขาอินพุตบวกต่อลงกราวด์ จากที่กล่าวมาแล้ว คือมีกระแสอินพุตต่ำ และมีค่าดริฟท์ต่ำ คาปาซิเตอร์ 15 พิโคฟารัด ทำหน้าที่ตัดความถี่สูงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวเปลี่ยนสัญญาณ (DAC) จาก Z-80

คุณสมบัติในวงจร ต้องการความแม่นยำสูง ค่าออฟเซตต่ำ ซึ่งการทำงานแบบกระแสตรง ไม่เกี่ยวกับความถี่ OP 07 จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมมาก

5. วงจรป้องกันความถี่สูง (LOWPASS FILTER)

จากภาพที่ 3.2.2 เป็นวงจรแบบที่ เป็นวงจรป้องกันความถี่สูงอย่างง่าย โดยใช้สมการ

$$f = 1/2\pi\sqrt{RC} \quad R \text{ คือความต้านทานข้างใดข้างหนึ่ง}$$

เมื่อใช้ $C = 0.1 \text{ uF}$ $f = 1/2\pi\sqrt{(10k \times 0.1\text{uF})} \sim 2 \text{ Hz}$

$C = 47 \text{ nF}$ $f = 1/2\pi\sqrt{(10k \times 47\text{nF})} \sim 248 \text{ Hz}$

ซึ่งสามารถป้องกันความถี่ค่อนข้างต่ำ และความถี่สูงได้

6. วงจรแปลงความต่างศักย์เป็นกระแส

จากภาพที่ 3.2.2 เป็นการสร้างสัญญาณที่จุดขา 6 OP1 และจุดขา 8 ของ MOSFET ให้เท่ากัน ดังนั้นจุดขา 8 ของ MOSFET จะมีศักย์สูงกว่าจุดขา 6 ทำให้ MOSFET ทำงานจนกระทั่งจุดขา 8 มีความต่างศักย์เท่ากับจุดขา 6 OP1 จึงทำให้กระแสมีค่า

คงที่ตลอดนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ความต้านทาน 850 โอห์ม มีไว้เพื่อลดกระแสคาปาซิเตอร์ในออปแอมป์

ความต้านทาน 180 โอห์ม มีไว้เพื่อลดกระแสรั่วใน MOSFET และป้องกันไม่ให้ MOSFET รับกระแสมากเกินไป

การใช้กระแสคงที่เพราะกระแสเป็นสัญญาณที่สามารถส่งไปได้ไกล โดยมิ
การลดทอนสัญญาณน้อยกว่าการใช้ความต่างศักย์คงที่มาก



3. วงจรอินเทอร์เฟส

ทำหน้าที่เชื่อมการติดต่อระหว่างตัวควบคุมกระบวนการกับสถานีปฏิบัติการ โดยการแปลงข้อมูลจากขนานเป็นอนกรมเมื่อต้องการส่งข้อมูล และจากอนกรมเป็นขนานเมื่อต้องการรับข้อมูลเข้ามา วงจรในส่วนนี้ใช้ ไอซีเบอร์ 8250 เป็นตัวหลักของวงจร ซึ่งการแปลงค่าระดับสัญญาณจะเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 สำหรับรายละเอียดของ ไอซีเบอร์ 8250 สามารถหาอ่านได้จากหนังสือ "IBM Technical Reference" และวงจรที่ใช้งานแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3.1 โดยมีไอซี MC1488 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระดับ TTL เป็น -12 V ถึง $+12\text{ V}$ และไอซี MC1489 ทำหน้าที่กลับกัน

สิ่งที่สำคัญของวงจรถือคือ การโปรแกรมการทำงานของไอซี 8250 โดยจะต้องโปรแกรมให้ซิงค์กันระหว่าง ด้านที่ส่งและรับข้อมูล สิ่งที่ต้องทำการโปรแกรมได้แก่ บอดเรต (Baud Rate) รูปแบบของข้อมูลที่ส่งและรับกัน รูปแบบการอินเทอร์รัพท์ ฯลฯ การโปรแกรมเพื่อใช้งานตัว 8250 แสดงอยู่ในหน้าถัดไป

การติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างไอบีเอ็มกับตัวคอนโทรลเลอร์ใช้มาตรฐานรหัสแอสกี ในการติดต่อ

```

;-----
;   initial 8250 ,8 data bit,2 stop bit,9600 buad
;   enable interrupt 0ch
;-----

init:   PUSH   AX

        mov    dx,3fbh

        mov    al,80h           ;set divisor latch access bit
        out    dx,al

        mov    dx,3f8h

        mov    al,0ch          ;lsb value for 9600 baud
        out    dx,al

        mov    dx,3f9h

        mov    al,0            ;msb value for 9600 baud
        out    dx,al

        mov    dx,3fbh

        mov    al,07h          ;8 bit ,2 stop bit, no parity
        out    dx,al

        mov    dx,3f9h

        mov    al,5            ;recive ready,error int enable
        out    dx,al

        mov    ax,0

        mov    es,ax

        mov    bx,v0c          ;set vector int 0ch

        mov    word ptr es:[bx],offset recv

        mov    ax,CS

        mov    es:[bx+2],ax

        in     al,21h

        MOV    BYTE PTR SOLD,AL

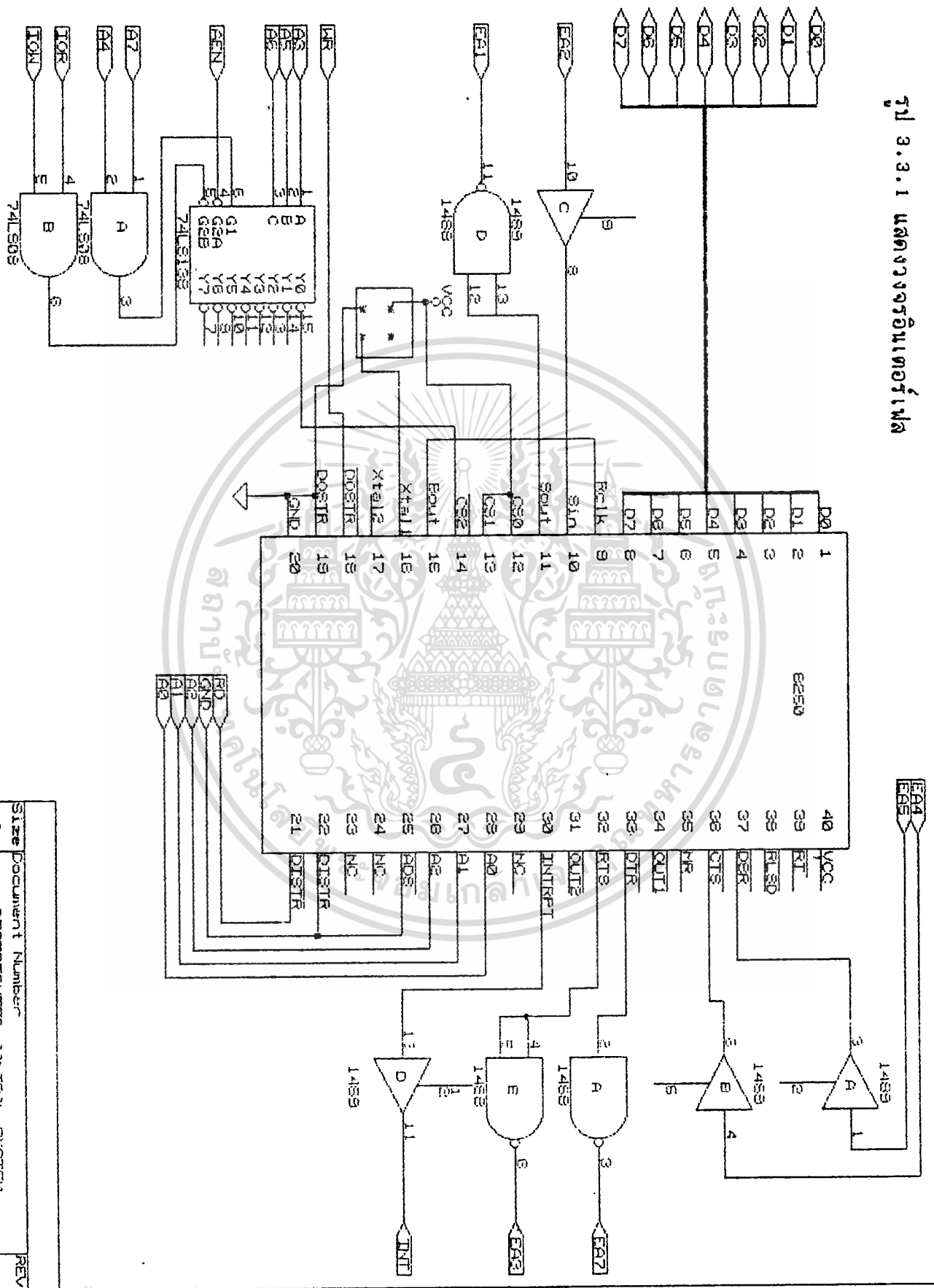
        and    al,0efh          ;enable irq4 of 8259

        out    21h,al

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.3.1 แสดงวงจรอินเทอร์เฟส



Size	Document Number	REV
A	DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM	
Date:	February 15, 1985	Sheet
	of	

4. วงจรจัดลำดับการอินเทอร์รัพท์ (PRIORITY INTERRUPT LOGIC)

จากรูป 4.1 อุปกรณ์ภายนอกขึ้นโดที่ขออินเทอร์รัพท์ จะต้องส่งสัญญาณการขออินเทอร์รัพท์ รีควีส (INTERUPT REQUEST) ให้กับ PRIORITY LOGIC ซึ่งวงจรนี้ออกแบบให้ใช้กับอินเทอร์รัพท์โหมด 1 เท่านั้น

เมื่อ CPU ได้รับการขออินเทอร์รัพท์แล้ว จะกระโดดไปทำงานที่ แอดเดรส 0038 ผู้ใช้ต้องเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากไอซี 74244 ซึ่งเป็นพอร์ตหนึ่ง จากวงจร คือ พอร์ต FF ซึ่งในโปรแกรมจะต้องตรวจสอบข้อมูลจากไอซี 74244 และปฏิบัติการดังนี้

1. อุปกรณ์ภายนอกโดบ้างที่ร้องขออินเทอร์รัพท์
2. CPU ต้องการให้อุปกรณ์ภายนอกโดได้รับการร้องขออินเทอร์รัพท์ก่อน
3. ทำงานตามที่กำหนดไว้
4. ก่อนออกจากการบริการต้องเอาท์พอร์ต เพื่อไปเคลียร์การร้องขออินเทอร์รัพท์ที่บริการแล้ว

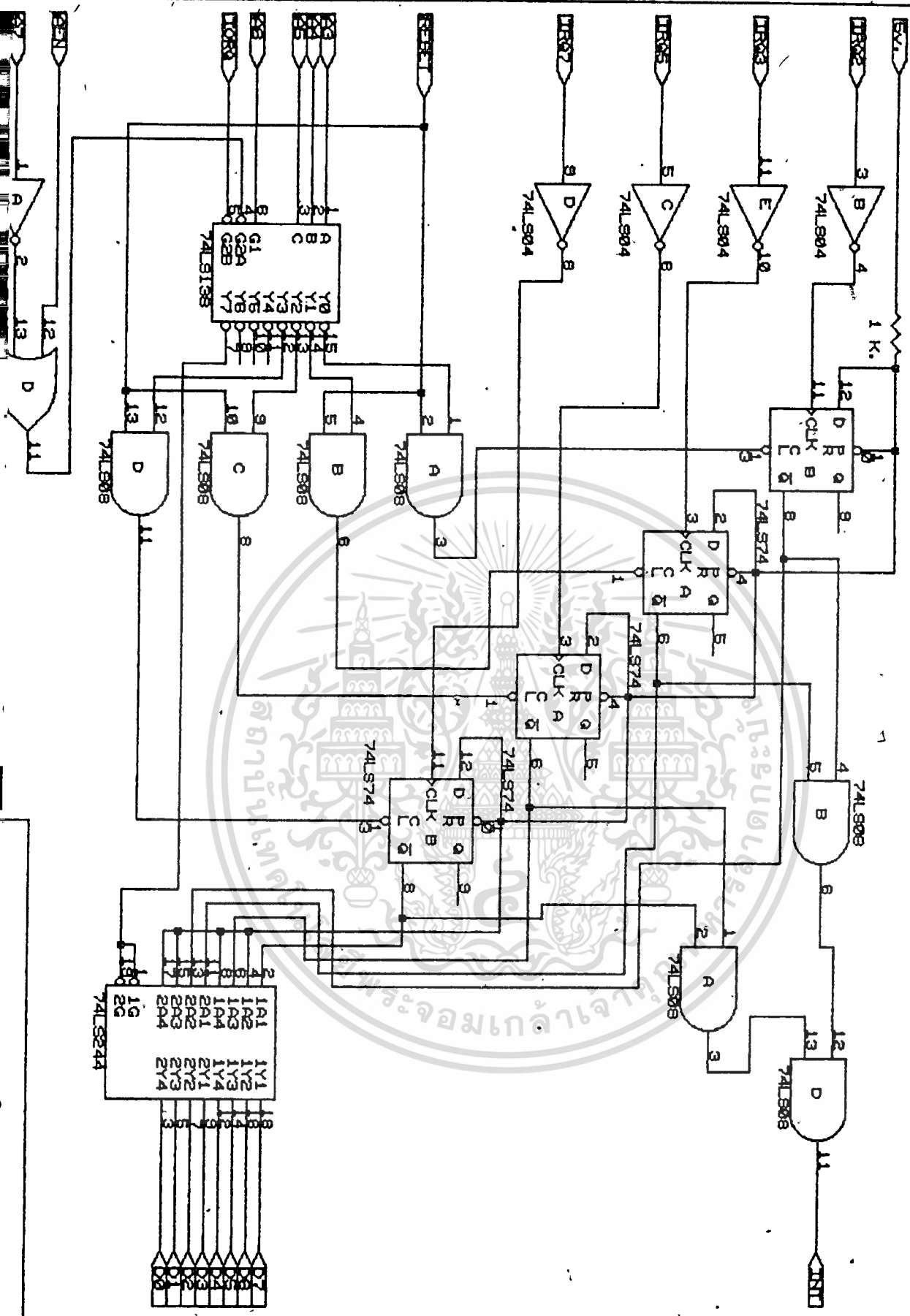
จากวงจรต้องเอาท์พอร์ต C0-C7 เมื่อบริการ การขออินเทอร์รัพท์ 2 แล้ว

จากวงจรต้องเอาท์พอร์ต C8-CF เมื่อบริการ การขออินเทอร์รัพท์ 3 แล้ว

จากวงจรต้องเอาท์พอร์ต D0-D7 เมื่อบริการ การขออินเทอร์รัพท์ 5 แล้ว

จากวงจรต้องเอาท์พอร์ต D8-DF เมื่อบริการ การขออินเทอร์รัพท์ 7 แล้ว

เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการบริการ การขออินเทอร์รัพท์ ซ้ำซ้อน สำหรับการเอาท์พอร์ต-ไม่ต้องคำนึงถึงข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Z-S1-BUS และ แหล่งจ่ายไฟ(SUPPLY)

คือ การสร้างสัญญาณบัล เพื่อให้อุปกรณ์ภายนอกต่อกับตัว CPU ได้สะดวกขึ้น โดยบนบัล จะมีสัญญาณทุกอย่างเหมือนกันหมด เพราะต่อขนานกันออกมา เพื่อขยายงานต่อไปได้อีก ตัวอย่าง เช่น S - 100 -IEEE 696 MICROPROCESSORS

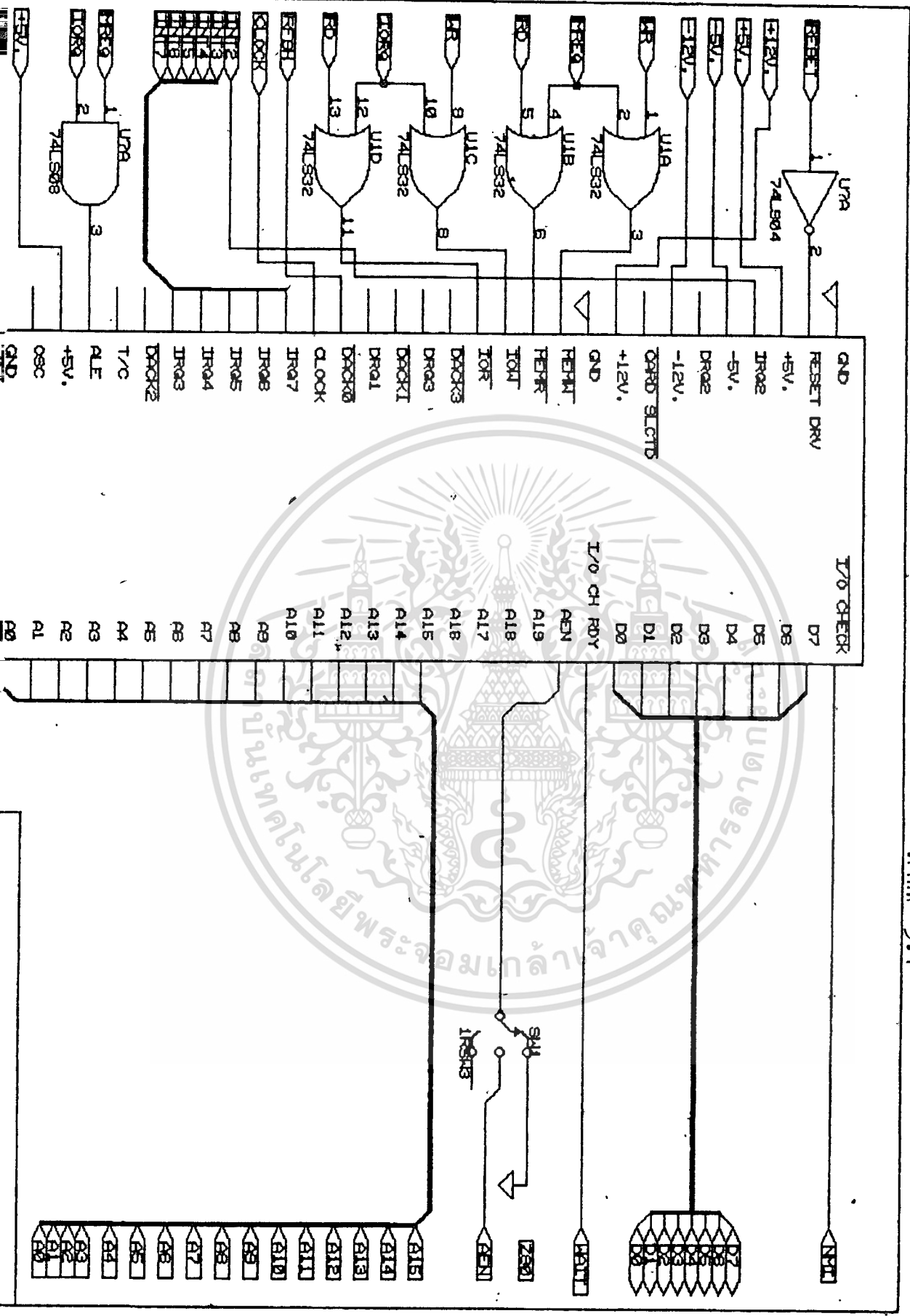
เราได้ใช้สัญญาณ Z-80 ประกอบบนสล๊อตไอบีเอ็ม เพราะการใช้งานในบางครั้งที่ Z-80 เกิดเสีย เราสามารถใช้ไอบีเอ็มควบคุมแทนการใช้ Z-80 ดังนั้นจึงต้องศึกษาการทำงานของสล๊อตไอบีเอ็มพีซี มาประกอบรวมกับการทำงานของ Z-80 เพื่อให้สัญญาณ Z-80 ทำงานให้ตรงกับการทำงานของ สล๊อตไอบีเอ็ม พีซี. แต่โครงการนี้ยังไม่สมบูรณ์พอที่จะให้กับ ไอบีเอ็ม ได้

รายละเอียดของสัญญาณต่าง ๆ บนสล๊อตไอบีเอ็มพีซีและสัญญาณของ Z-80 สามารถหาได้ในหนังสือ (IBM TECHNICAL REFERENCE และ Z-80 APPLICATION)

จากภาพที่ 5.1

สล๊อตไอบีเอ็ม	พี.ซี	ทำงานที่	สัญญาณ z-80	หมายเหตุ(ทำงานที่)
OSC	-	-	-	ปล่อยลอย
CLK	-	-	CLK	
RESET DRV	1	1	RESET	ต่อกับ 7404
AO-A19	-	-	AO-A15	A16-A19 ปล่อยลอย
DO-D7	-	-	DO-D7	
ALE	0	0	MREQ AND IORQ	0
I/O CHECK	0	0	NMI	0
I/O CHRDY	0	0	WAIT	0
IRQ2-IRQ7	0	0	INT0-INT7 (PRIORITY INTERRUPT)	0
IOR	0	0	IORQ OR RD	0
IOW	0	0	IORQ OR WR	0
MEMW	0	0	MREQ OR WR	0
MEMR	0	0	MREQ OR RD	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... สำหรับการ... เพื่อการ... สัญญาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน... ค่า...
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของซอฟต์แวร์

1. ใช้ภาษาซี ติดต่อกับผู้ใช้ โดยผู้ใช้งานสามารถใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามความต้องการ

2. ใช้ภาษาแอสเซมบลี 8088 ในการรับส่งข้อมูล จาก ไอบีเอ็ม ไปยัง Z0-80

3. ใช้ภาษาแอสเซมบลี ของ Z-80 ในการทำหน้าที่

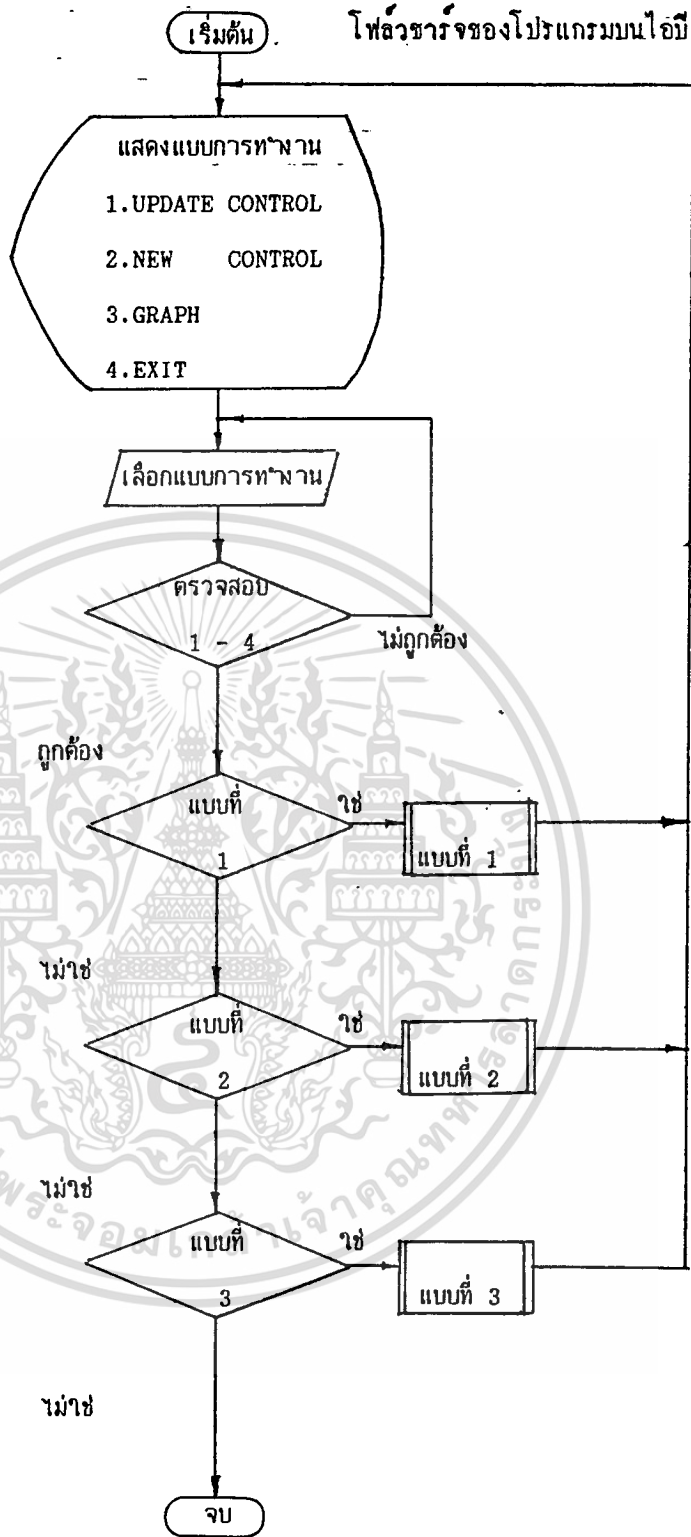
3.1 รับส่งข้อมูลจาก ไอบีเอ็ม

3.2 ประมวลผลผลลัพธ์ของระบบ

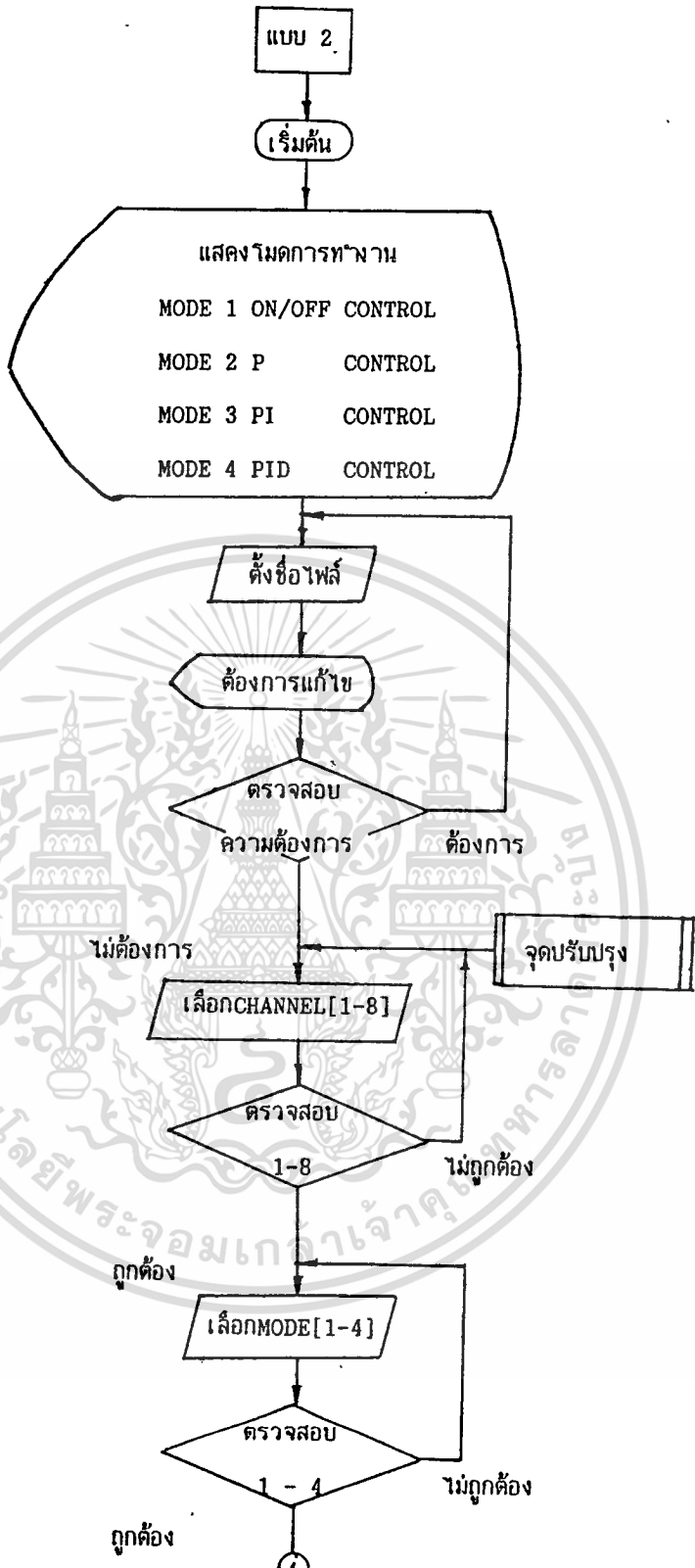
3.3 ควบคุมระบบการทำงาน

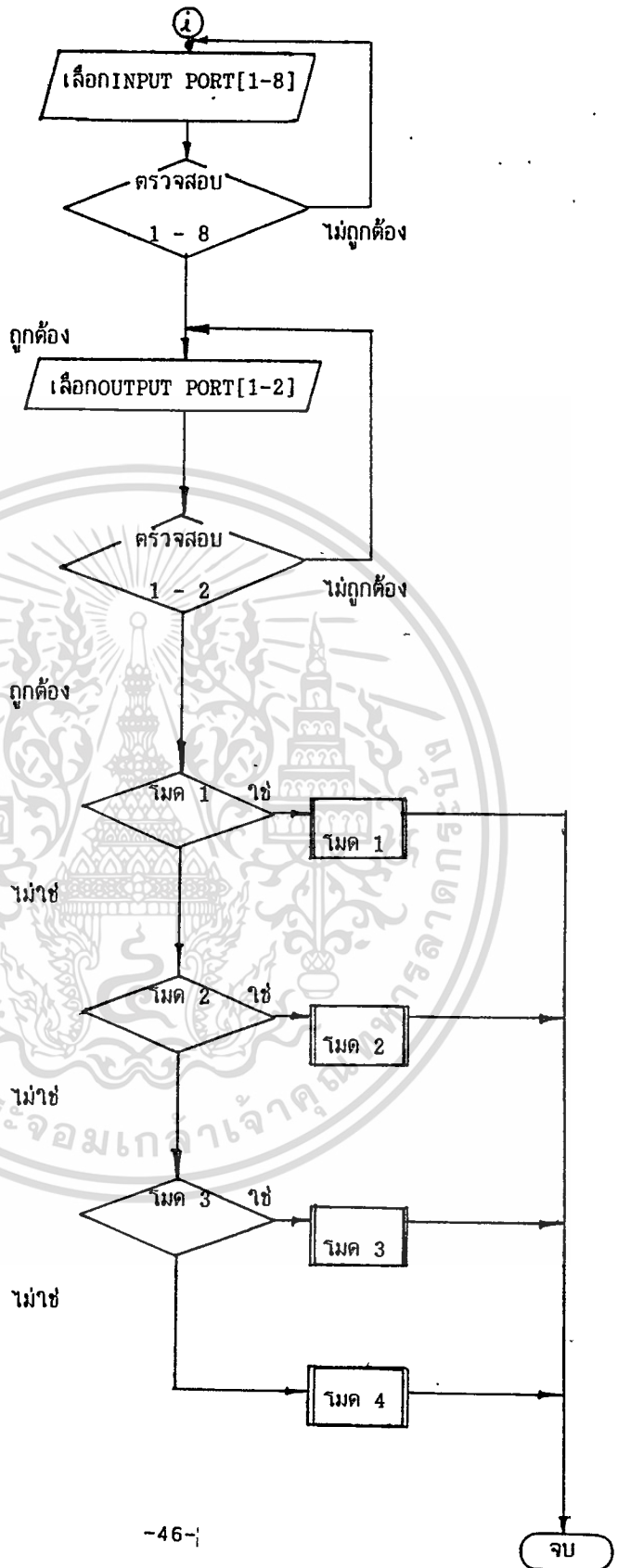
ไฟล์ซอร์ซการทำงานของระบบทั้งหมดอยู่หน้าถัดไป



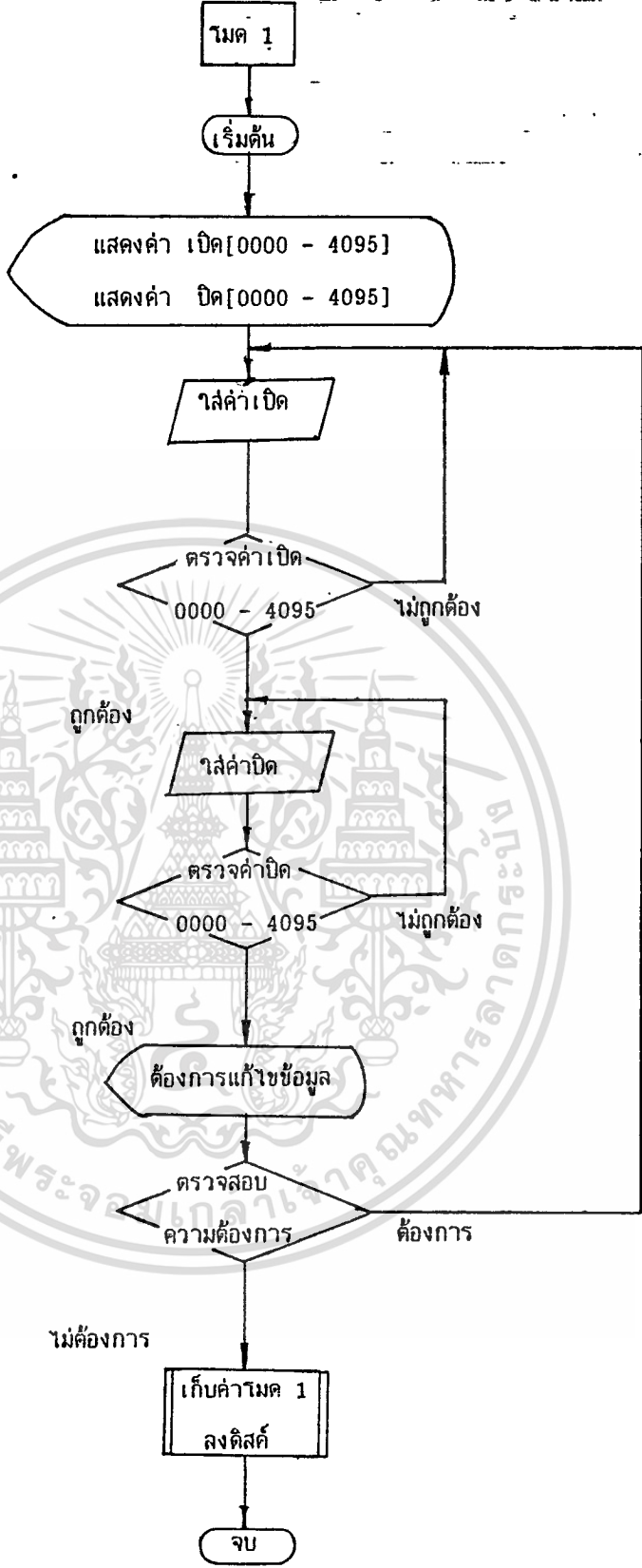


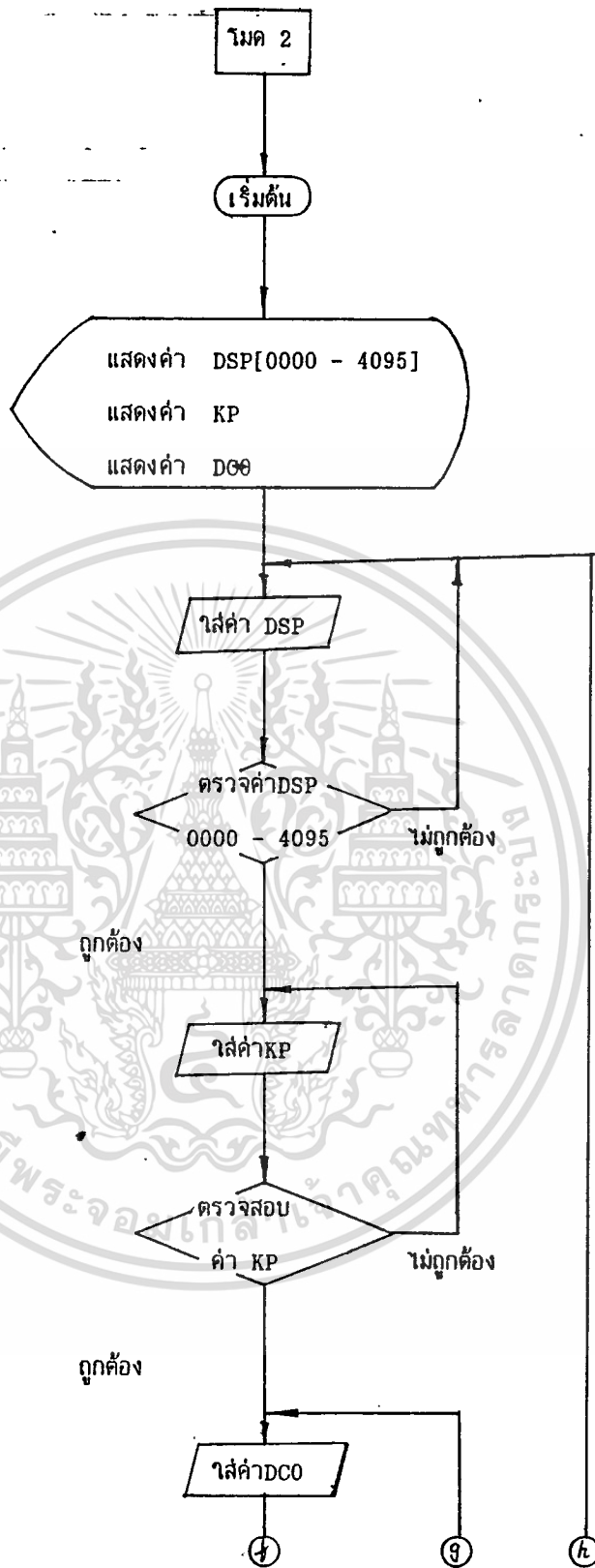
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



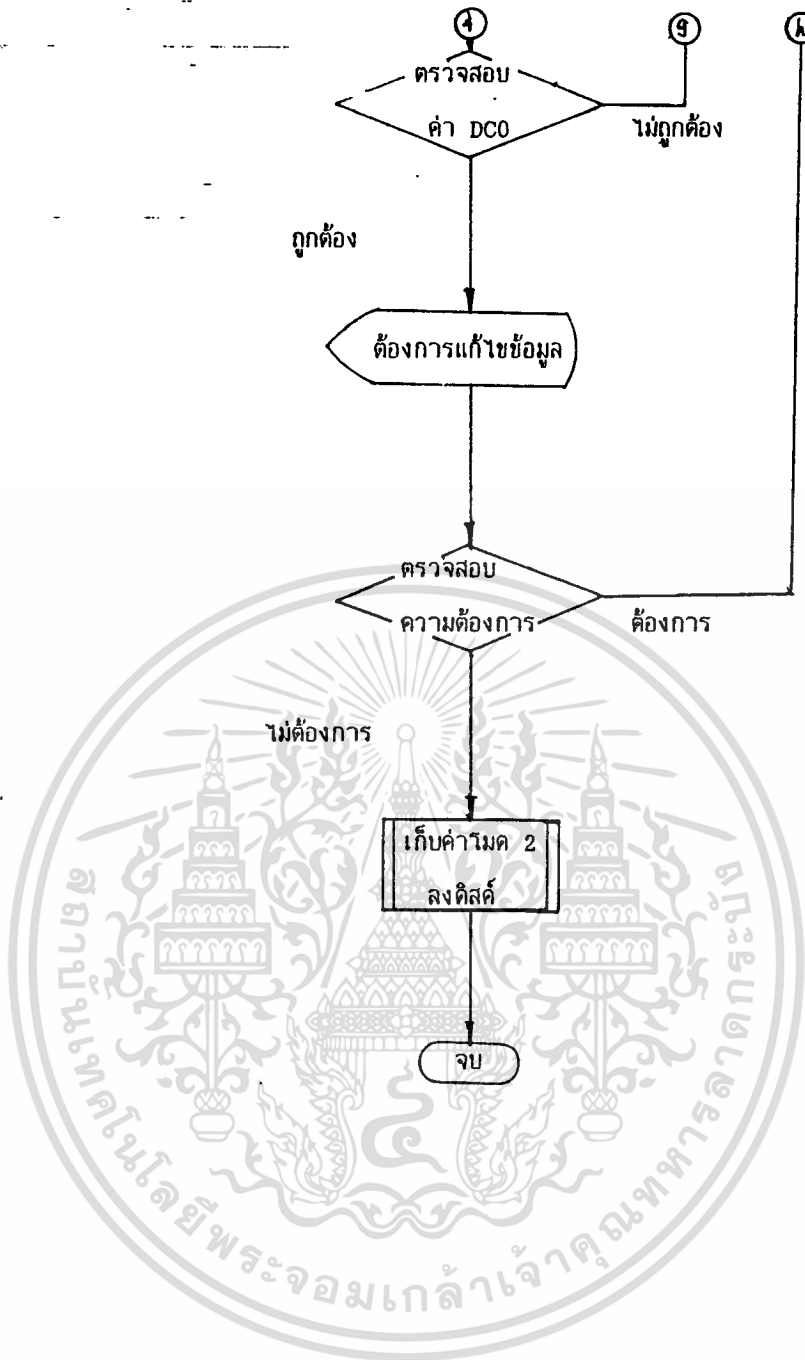


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

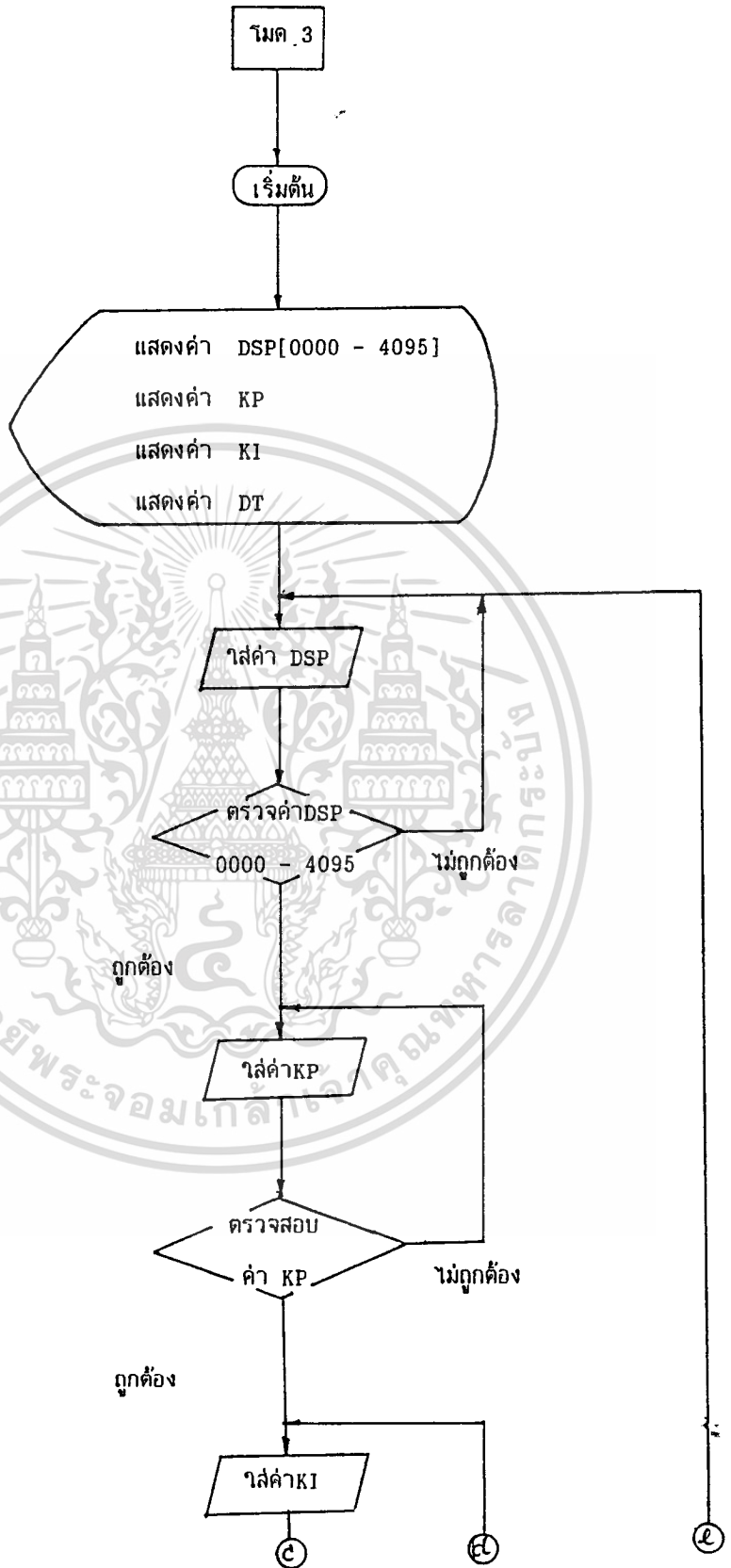




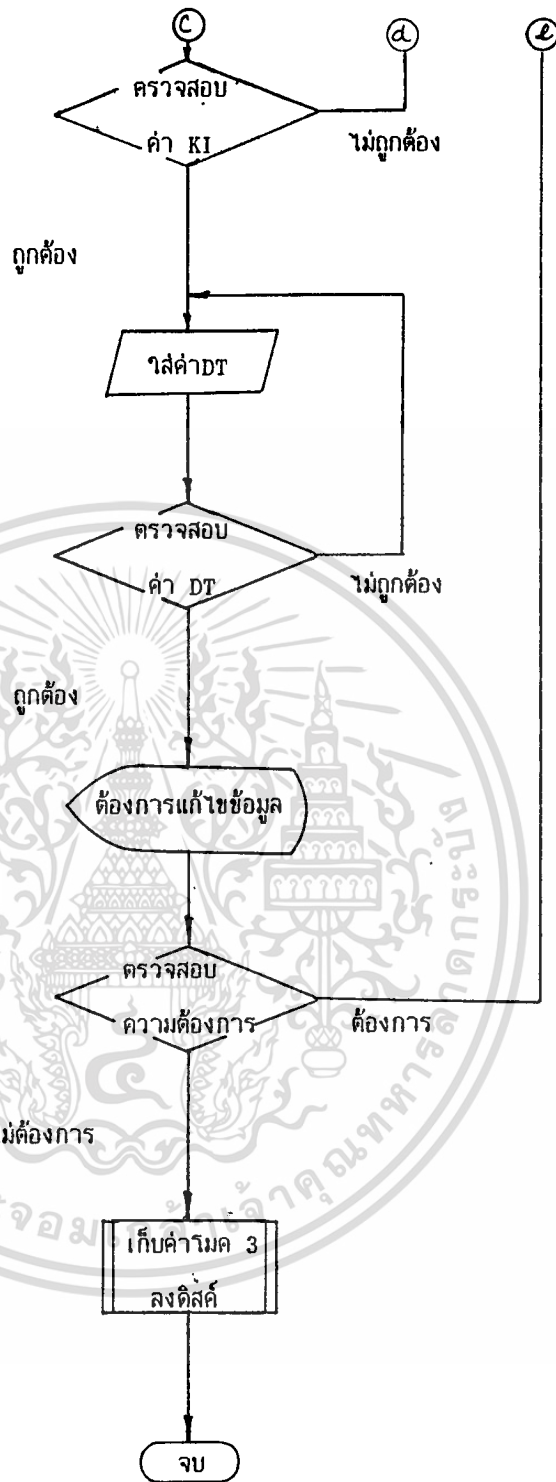
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



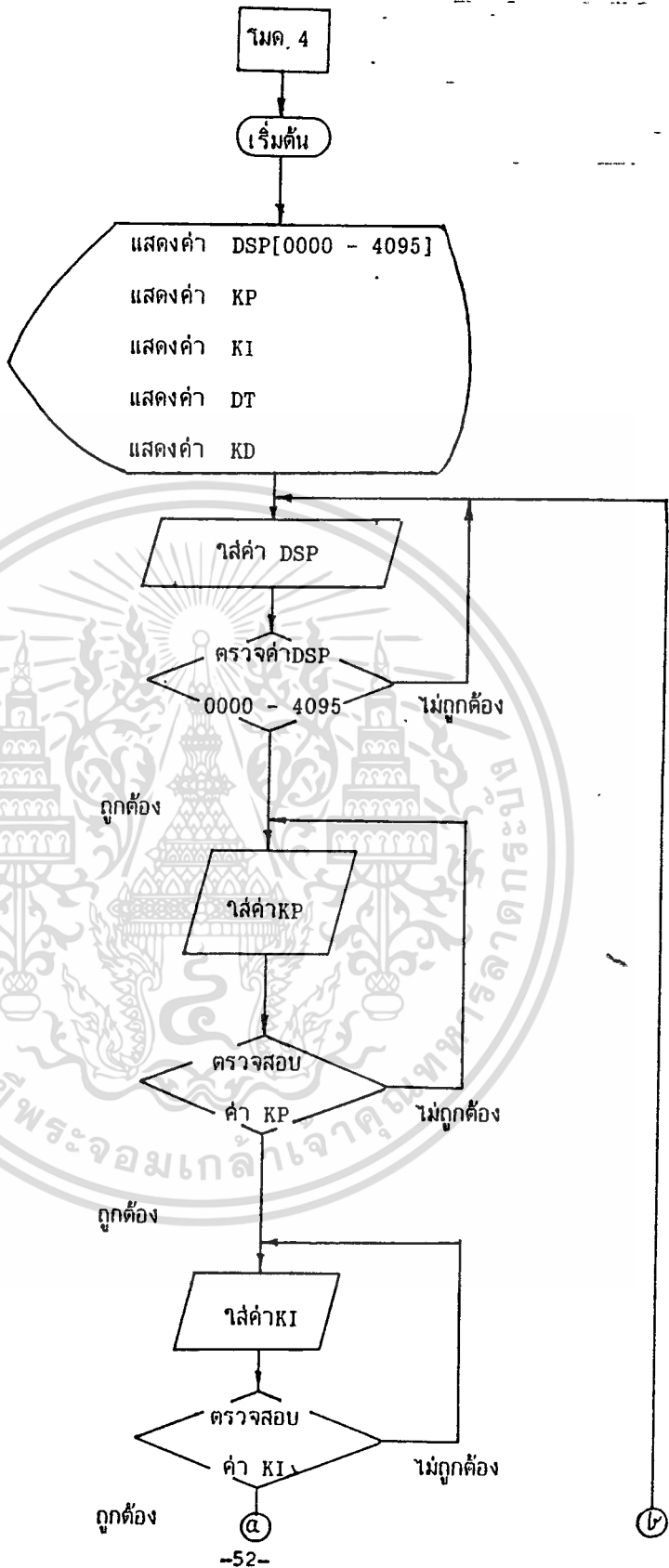
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

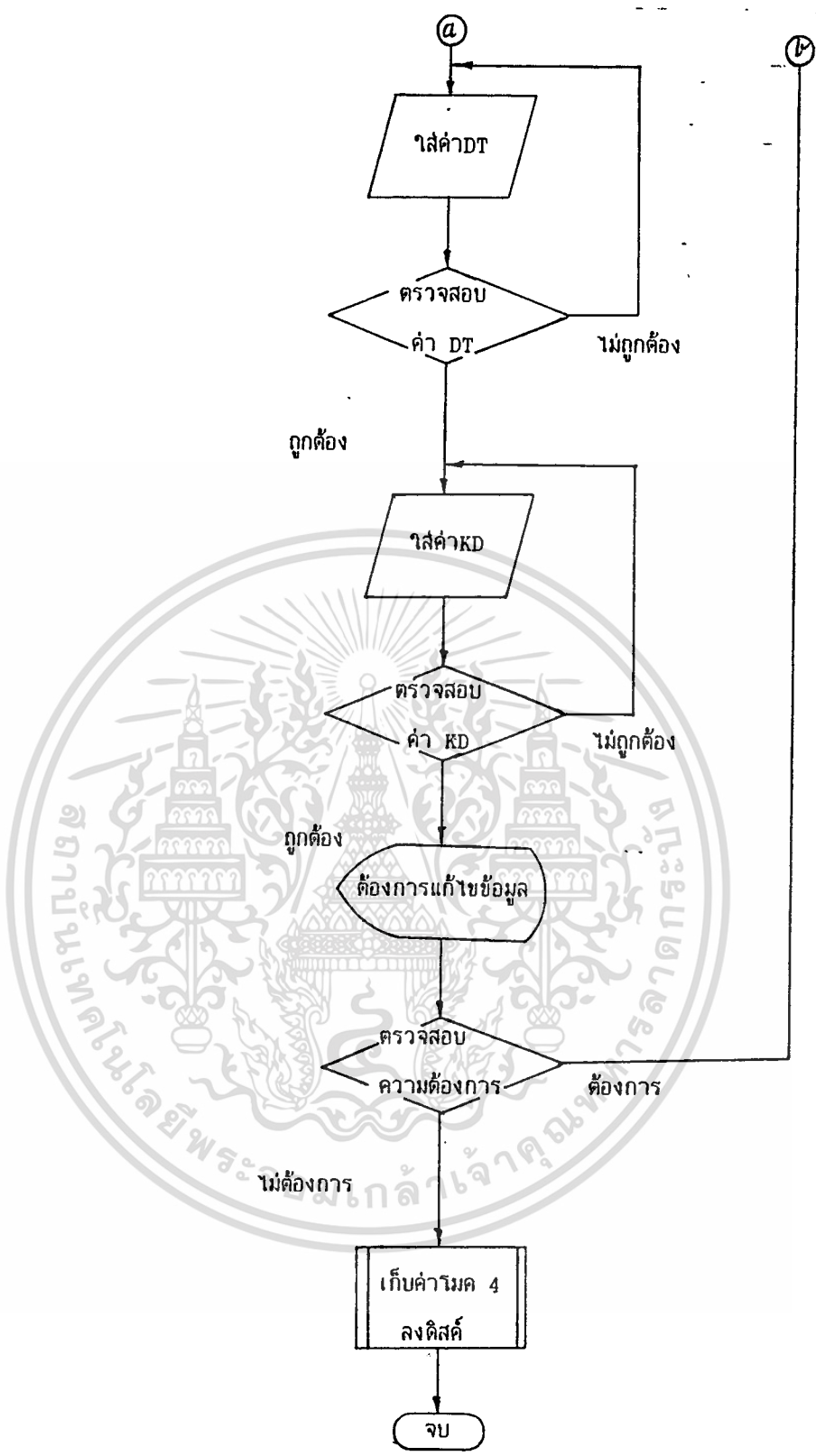


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

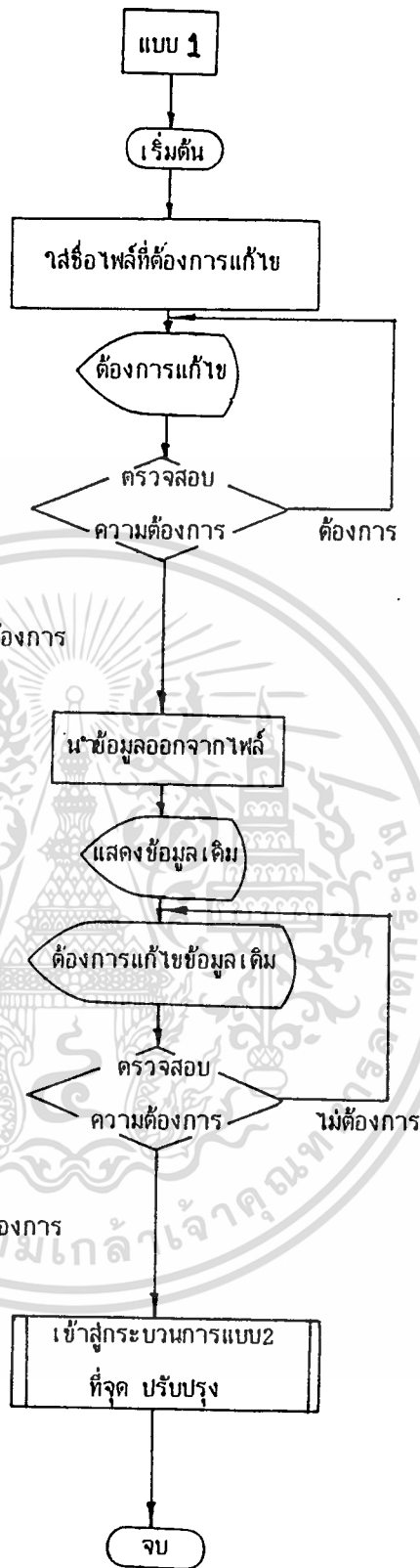


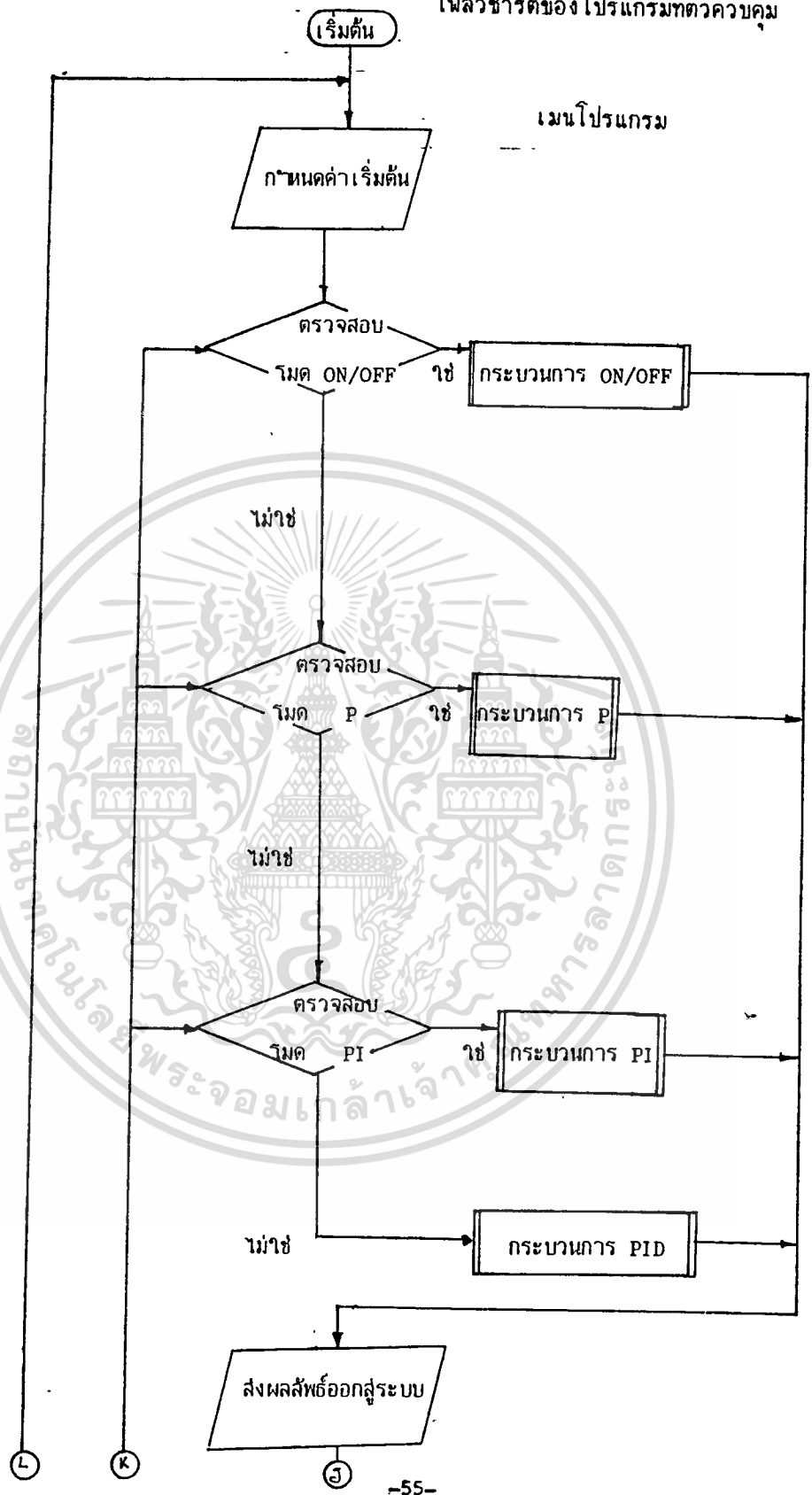
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



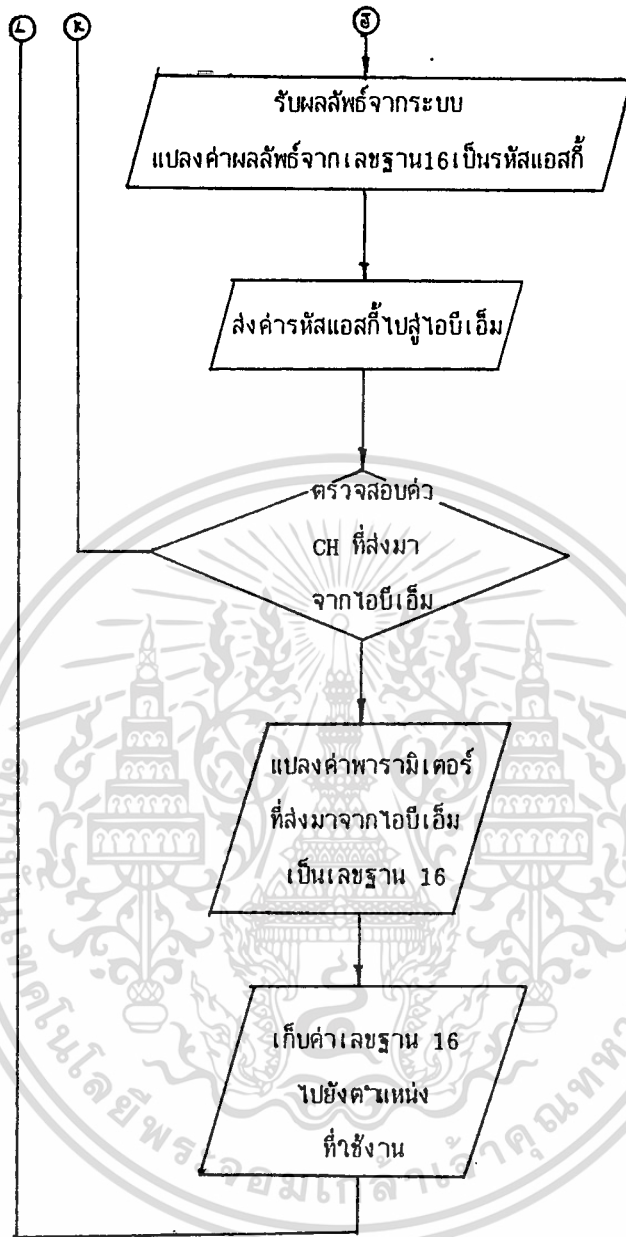


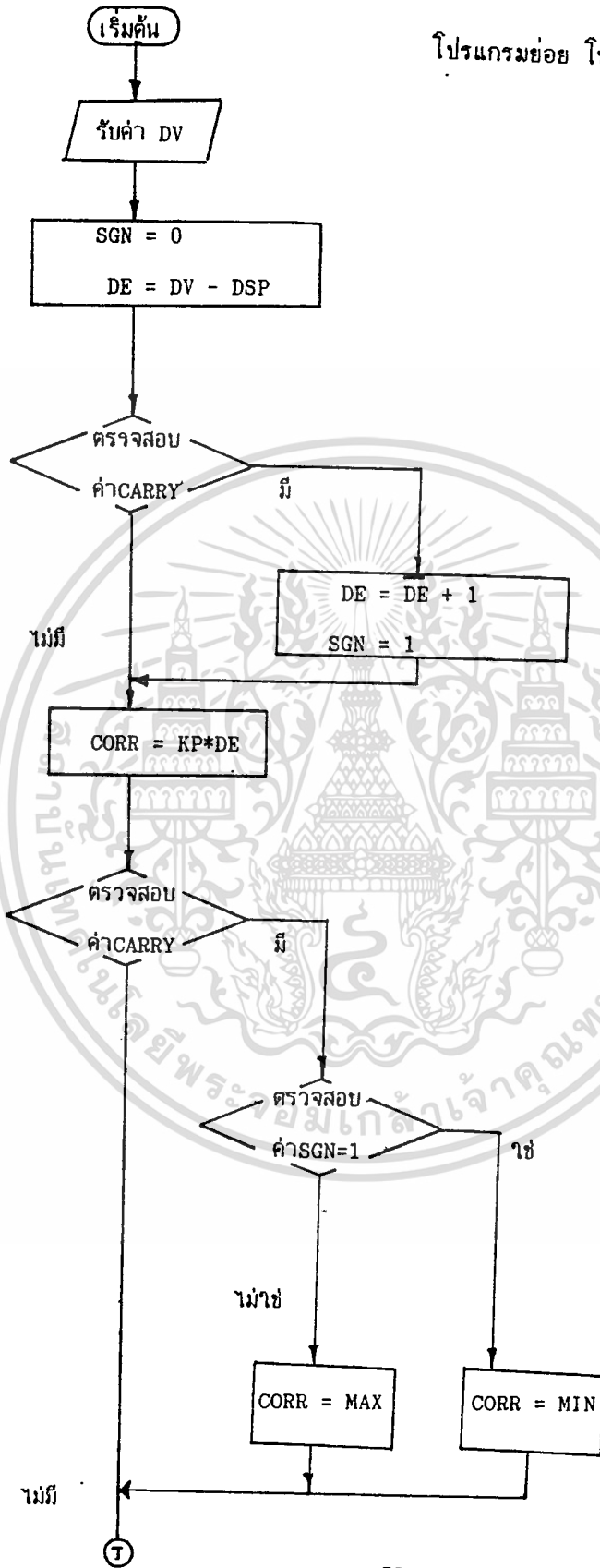
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

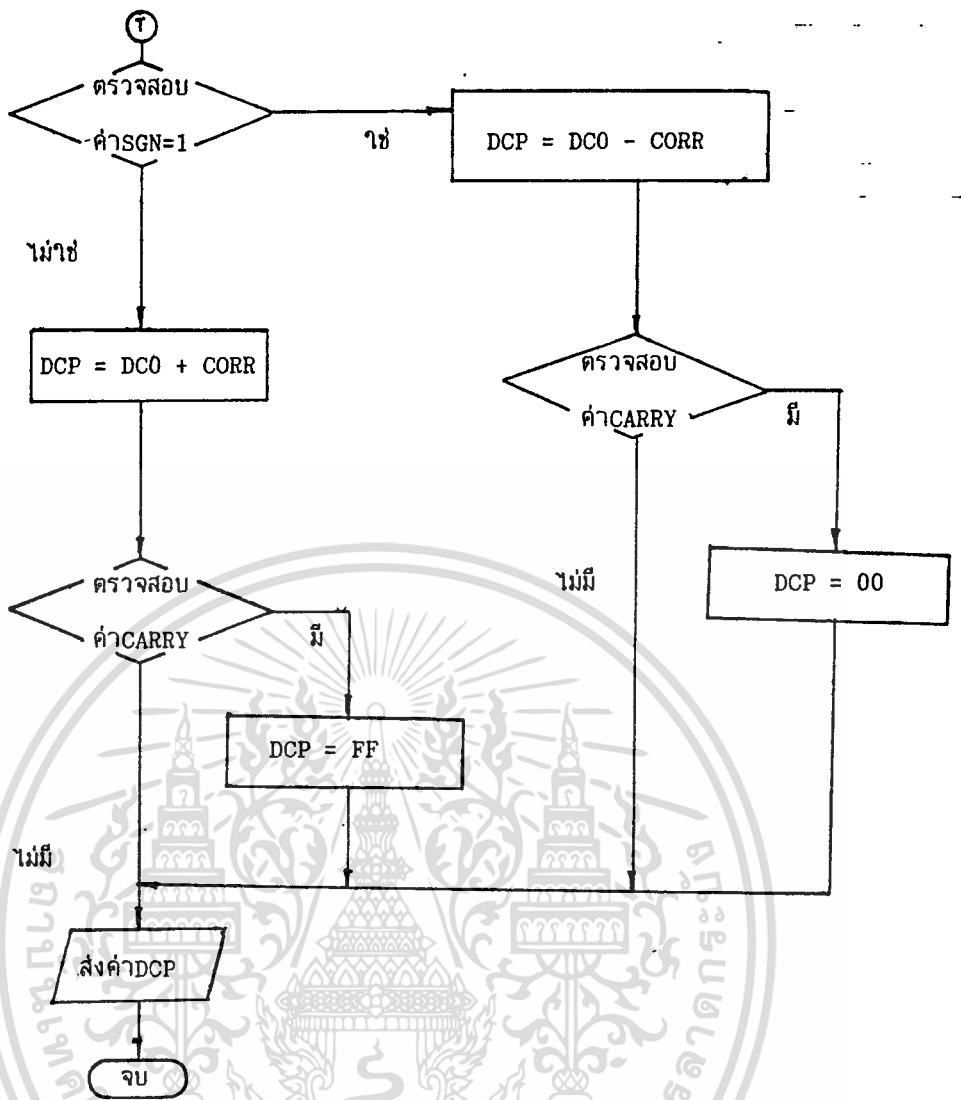




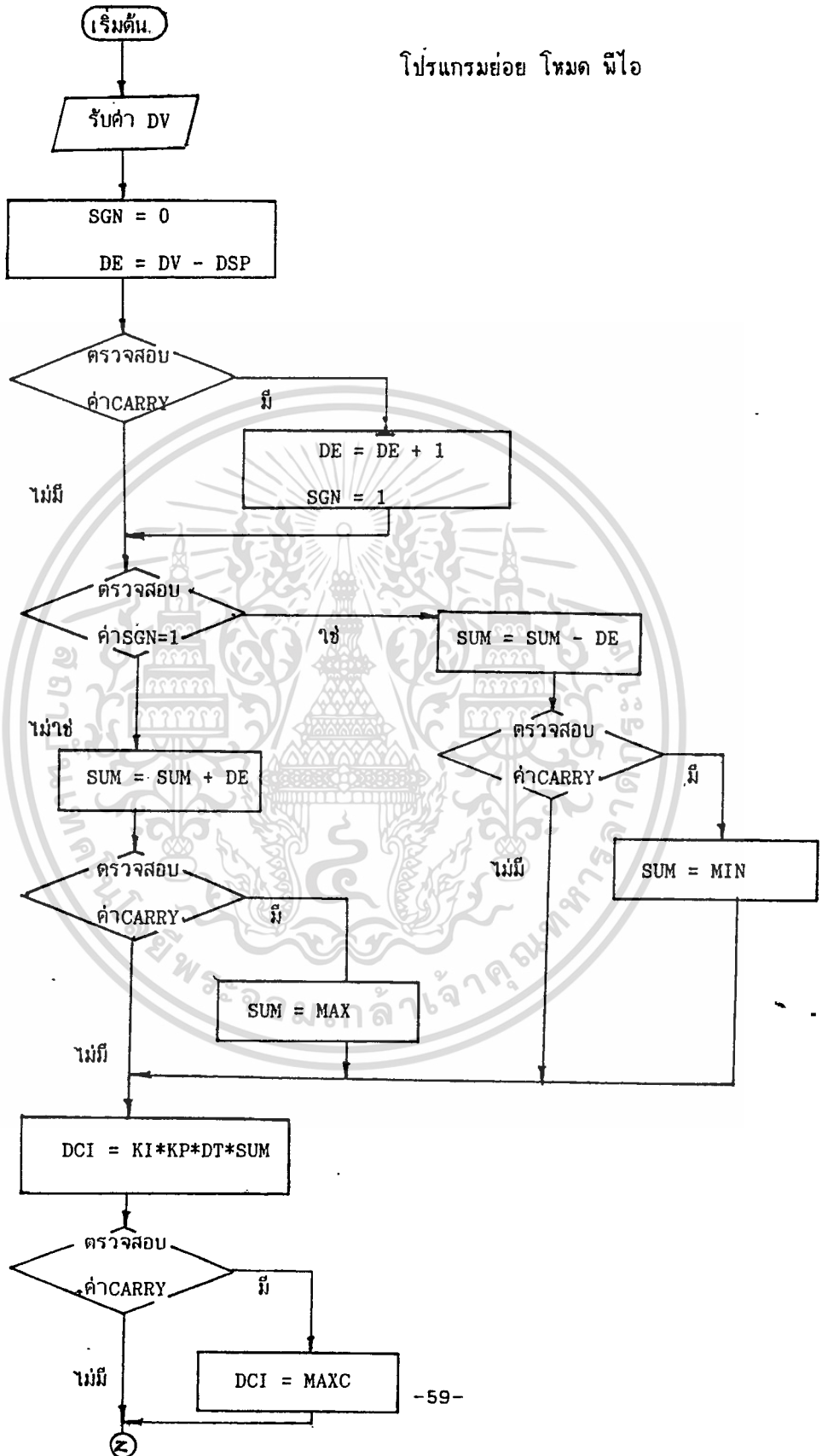
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

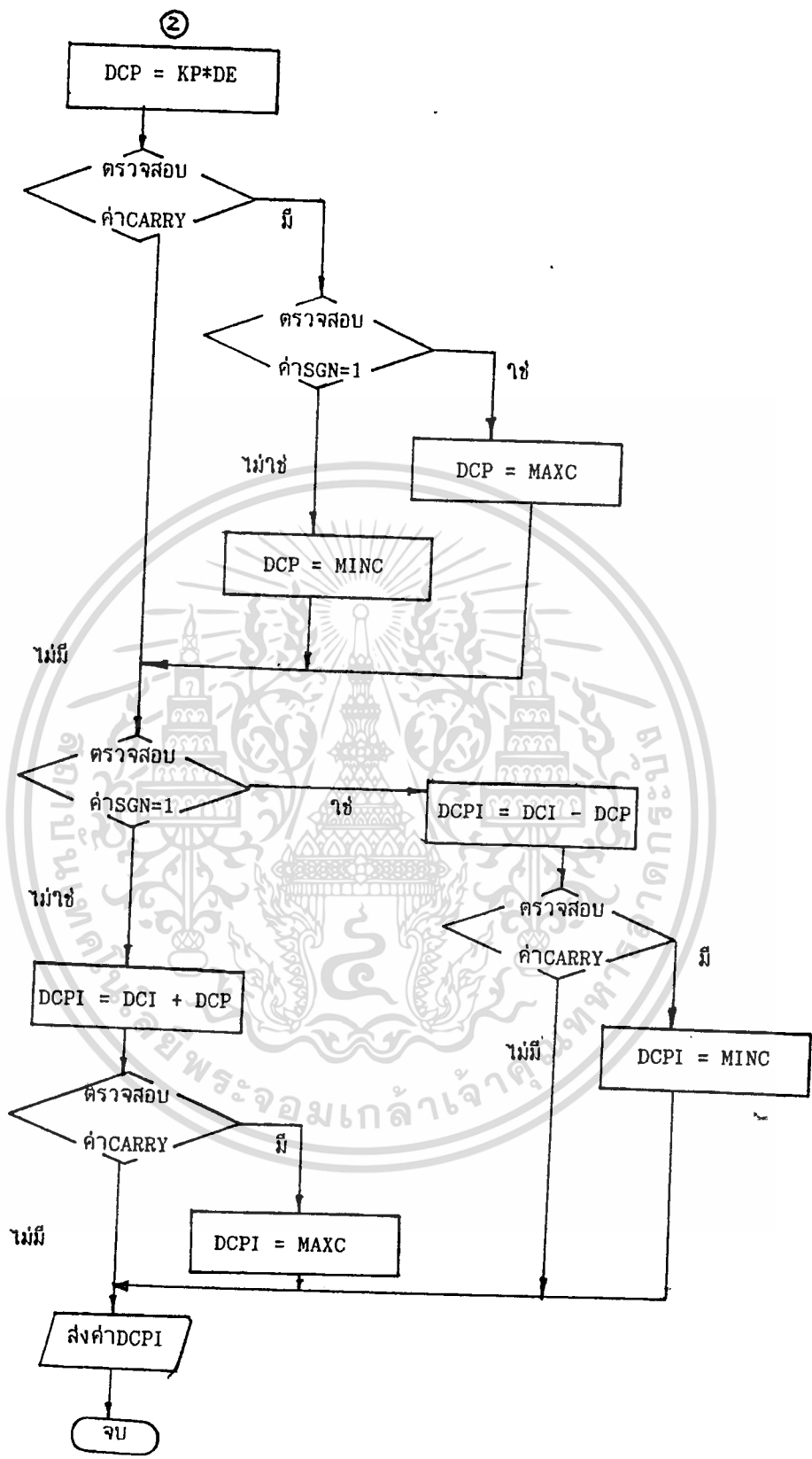






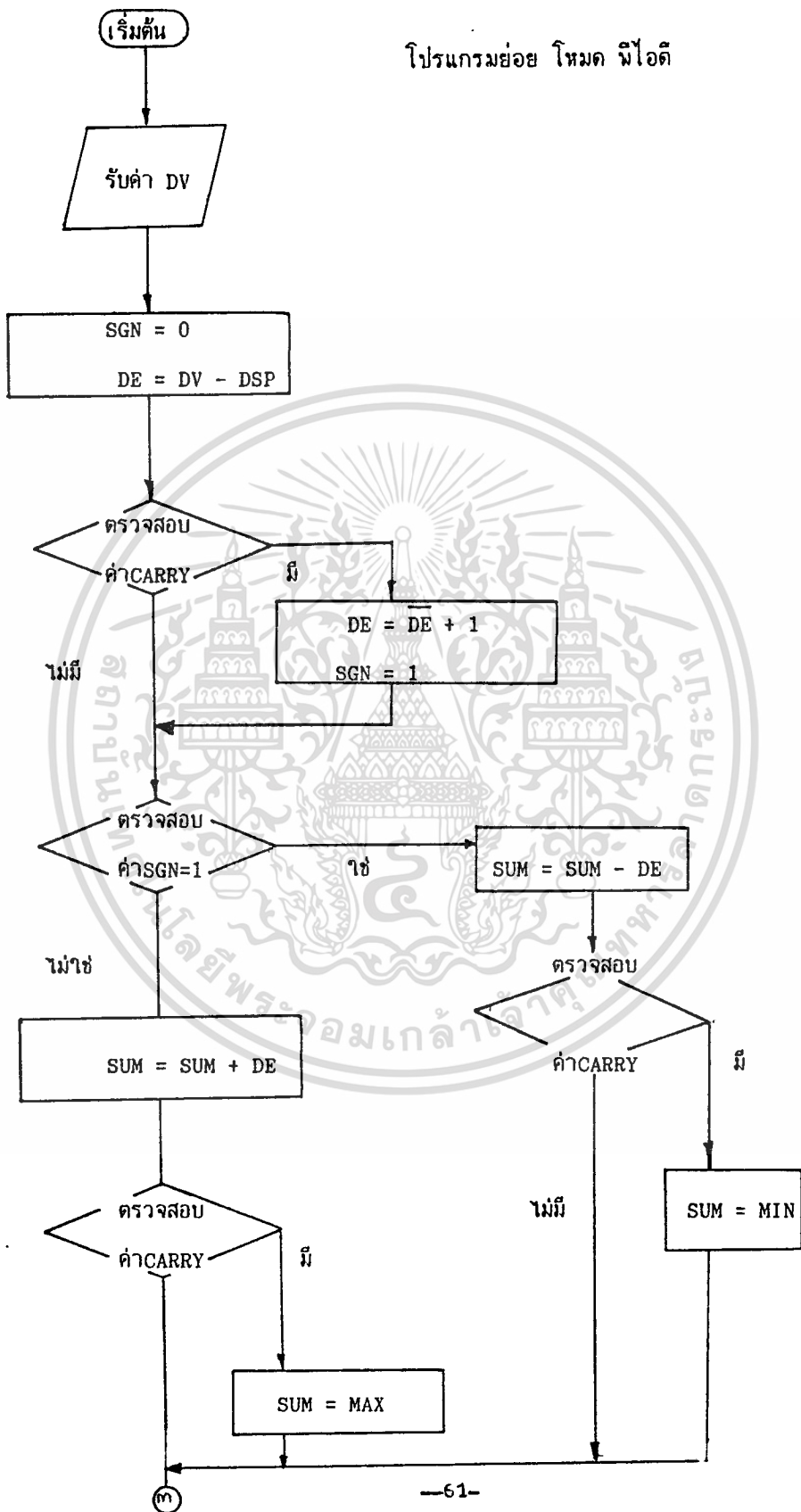
โปรแกรมย่อย โหมด ซีไอ



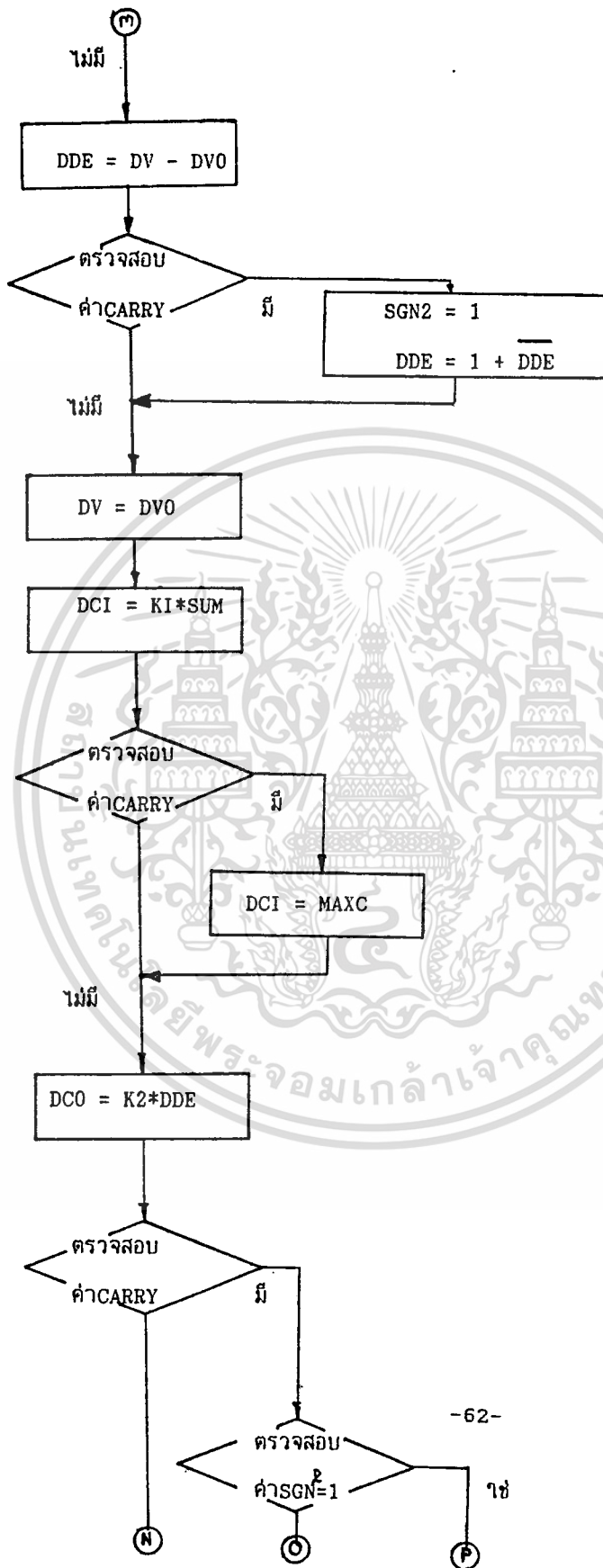


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

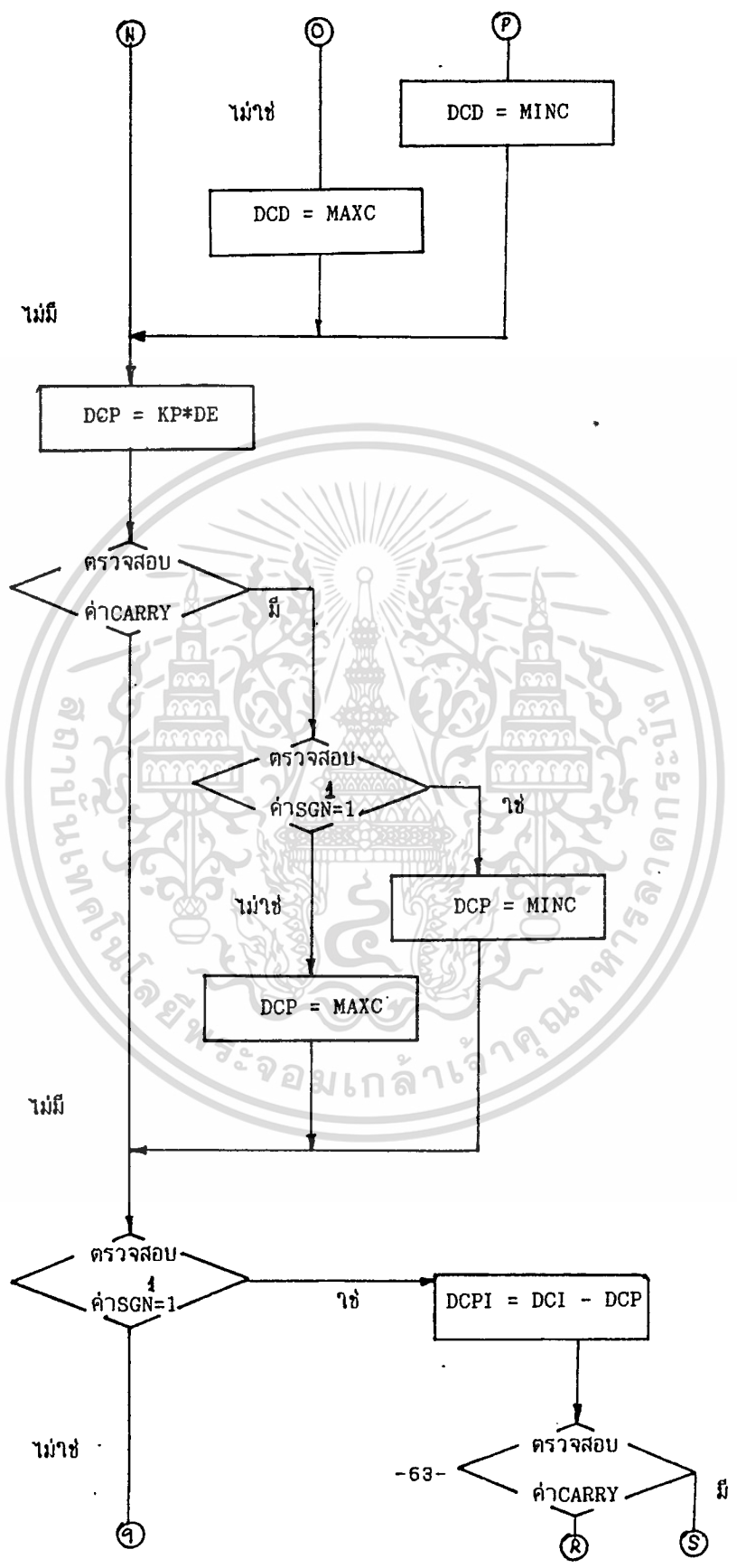
โปรแกรมย่อย โหมค จีไอที



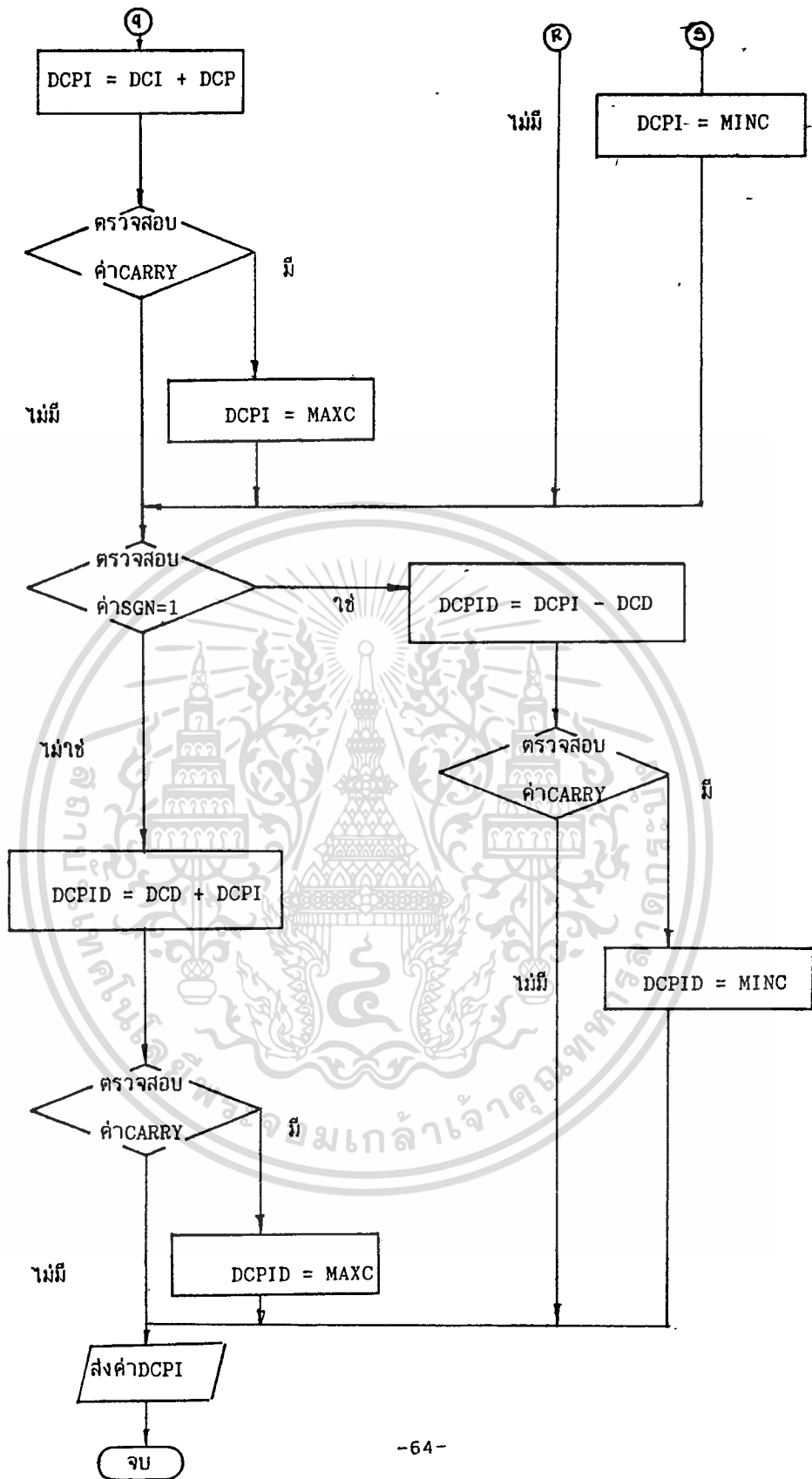
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

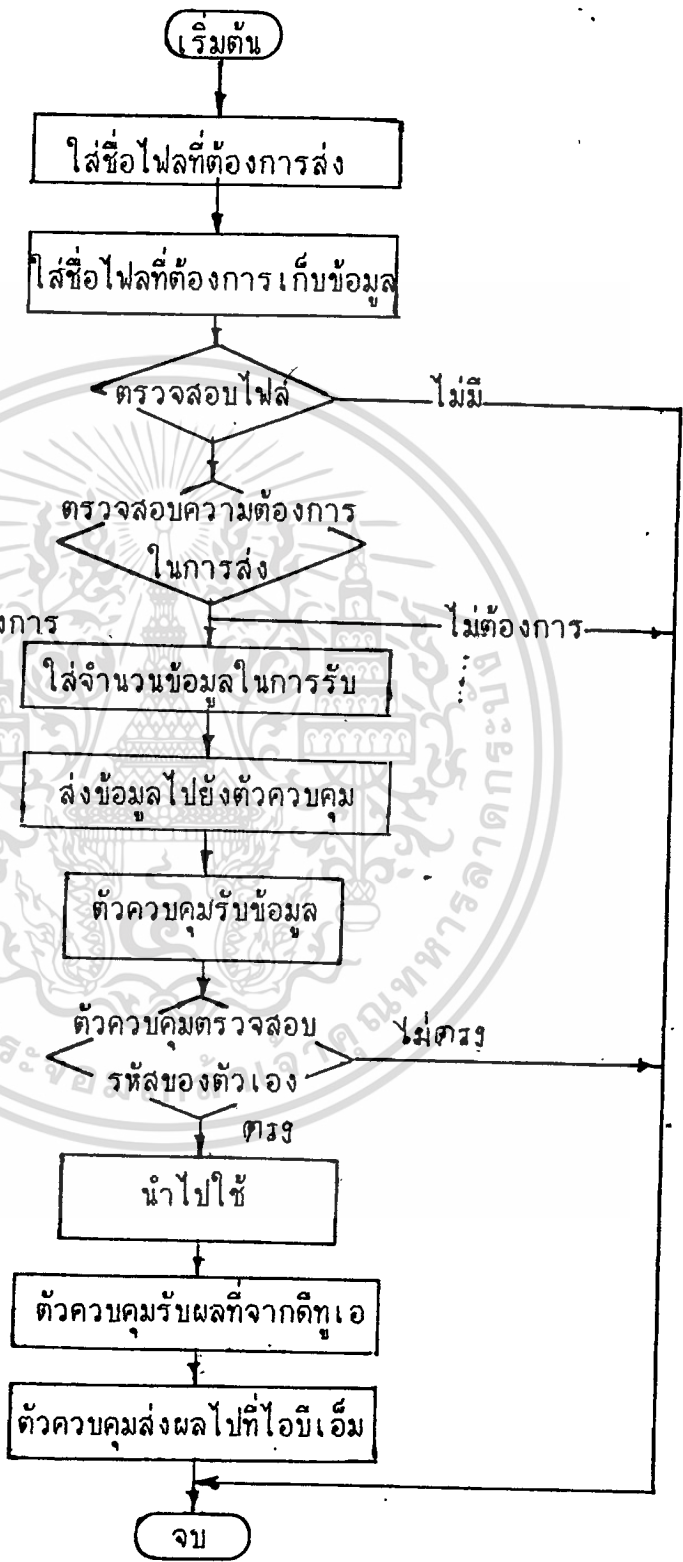


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลชาร์จของโปรแกรมการติดต่อระหว่างไอบีเอ็มพีซีและตัวควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

ก่อนที่จะทำการทดลองระบบรวมทั้งหมด คือนับตั้งแต่ให้ผู้ใช้อ่านค่าพารามิเตอร์การควบคุมต่าง ๆ จากสถานีปฏิบัติการ (Operation Station) ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พีซี แล้วตัวควบคุมทำการรับค่าพารามิเตอร์การควบคุมนำไปใช้ควบคุมระบบ พร้อมกับส่งค่าผลลัพธ์ของการควบคุมกลับมายังสถานีปฏิบัติให้ทำการบันทึกเก็บค่าเก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไปนั้น เราจะทำการทดลองในแต่ละส่วนก่อน เพื่อความแม่นยำ และตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนก่อน แล้วจึงค่อยทดลองระบบรวมทั้งหมดเพื่อดูค่าผิดพลาดของระบบรวมทั้งอีกครั้ง

4.1 การทดลอง

1) การทดลองส่วน เอทดี

ทำการทดลองด้วยการป้อนค่าอินพุตเป็นสัญญาณอนาลอกอินพุต ดีซี ที่มีความเที่ยงตรงสูง ๆ และเขียนโปรแกรมให้ซึ่งเก็ลบอร์ดทำการรับค่าสัญญาณที่ตกแปลงเป็นดิจิตอลแล้วเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ทั้งในรูปแบบ อ่านค่าพอร์ท (Read Port) และแบบอินเทอร์รัพท์ (Interrupt) ดูค่าผลลัพธ์ที่ได้จากหน่วยความจำเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้

2) การทดลองส่วน ดีทเอ

ทำการป้อนค่าเป็นรหัสดิจิตอลบนซึ่งเก็ลบอร์ด และเขียนโปรแกรมให้ขับเข้าที่พท์ออกไปทำการวัดผลที่แปลงเป็นสัญญาณอนาลอกแล้วคือ สัญญาณดีซีที่เข้าที่พท์ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้

3) การทดลองส่วน เอทดี และ ดีทเอพร้อมกัน

ด้วยการเขียนโปรแกรมให้ซึ่งเก็ลบอร์ด ทำการรับค่าอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาลอกแบบ ดีซี ผ่านวงจร เอทดี แปลงค่าเป็นรหัสดิจิตอล แล้วทำการส่งค่าที่ได้รับนั้นออกไปยังวงจร ดีทเอ ให้ทำการแปลงสัญญาณกลับเป็นอนาลอกอีกครั้ง วัดโวลเตจที่อินพุต และ เข้าที่พท์ เปรียบเทียบค่าทั้งสอง ส่วนที่แตกต่างคือค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้น ทดลองทำการเปลี่ยนค่าอินพุต แล้วดูผลตอบสนองที่เข้าที่พท์

4) การทดลองส่วน วงจรอินเทอร์เฟส

ด้วยการเขียนโปรแกรมทั้งที่ คอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พีซี และที่ตัวควบคุม ให้ทำการรับส่งค่าต่าง ๆ ซึ่งกันและกัน แล้วตรวจสอบผลลัพธ์ ว่าข้อมูลที่ส่งไป และข้อมูลที่รับได้ มีค่าตรงกันหรือไม่

5) การทดลองการทำงานของระบบทั้งหมด

เรียกใช้โปรแกรมที่ท่าเมน ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งเขียนด้วยภาษา ซี ให้ผู้ใช้ ทำการป้อนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการควบคุมซึ่งโปรแกรมถูกเขียนไว้ ให้ผู้ใช้สามารถ ป้อนค่าต่าง ๆ ได้โดยง่าย และจะแจ้งความผิดพลาด ถ้าผู้ใช้ทำการป้อนค่าผิดพลาดซึ่ง อาจจะมาหรือน้อยเกินไป ต่อโหลด (Load) ของตัวควบคุมเป็น ตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์อย่างง่าย ๆ วัดค่าสัญญาณที่เข้าที่พหุคูณความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น อ่านค่าผลลัพธ์ของการควบคุมได้จากไฟล์ที่จัดเตรียมไว้สำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ของการควบคุม

ทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมเป็นค่าอื่น ๆ เช่น ค่าโหมด จากโหมด พี เป็นโหมด พีโอ หรือ เปลี่ยนค่าเซตพอยต์ เป็นต้น ดูความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองในส่วน เอทดี และดีทีเอ พร้อมกับผลการทดลองเพื่อ ตรวจสอบประสิทธิภาพ ของ เอทดี และ ดีทีเอ พร้อมกันนั้นแสดงอยู่ในตารางหน้าถัดไป ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ จะเห็นได้ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยมาก อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ สำหรับการควบคุมที่เราต้องการความแม่นยำ

ส่วนผลของการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างตัวควบคุม กับ ตัวคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าในส่วนตัวควบคุมสามารถรับข้อมูล จากคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มทั้งในแบบ อ่านค่าพอร์ท (Read Port) และ แบบอินเทอร์รัพต์ได้ และคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม รับข้อมูลที่ส่งกลับมาในแบบ อ่านค่าพอร์ท (Read Port) ซึ่งจากการทดลองพบว่า ถ้าส่งข้อมูลที่ อัตรา บอดเรท (Baud Rate) 1200 และ 2400 จะยังคงไม่มีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น แต่ถ้าส่งข้อมูลที่ บอดเรทสูงกว่านี้ เช่นที่ 4800 , 9600 ข้อมูลที่ส่งและรับได้จะไม่ตรงกัน คือมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ดังนั้นในการใช้งานจริง จะเลือกใช้ที่อัตราบอดเรท 2400 เป็น อัตราของการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง ตัวควบคุมกับคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็มที่ทำหน้าที่เป็นสถานีปฏิบัติการ

ผลการทดลองในการรันระบบทั้งหมด ปรากฏว่าผู้ใช้สามารถป้อนค่าพารามิเตอร์ได้ และตัวควบคุมสามารถรับค่าพารามิเตอร์ ไปทำการคำนวณและประมวลผลได้ ตามโหมดของการควบคุมที่ถูกเลือกใช้ โดยผลของเอ้าท์พุทที่ได้มีแนวโน้มเป็นไปตามทฤษฎีของการควบคุมแบบ ฟีโอดี เช่น ในโหมดพี ค่าเอ้าท์จะไม่มีทางเท่ากับค่าเซตพอยต์ที่เราตั้งไว้ เพราะการทำงานในโหมดพี จะต้องอาศัยค่าผิดพลาด (error) ในการทำงาน ซึ่งก็ความแตกต่างระหว่าง เซตพอยต์กับค่าอินพุทที่ได้รับ ดังนั้นในโหมดพี ค่าเอ้าท์พอยต์ก็เพียงแค่ออกใกล้เคียงกับค่าเซตพอยต์เท่านั้น หรือจากผลการทดลอง ถ้าผู้ใช้ป้อนค่า K_c สูง ๆ จะทำค่าเอ้าท์พุทที่ได้มีค่าแกว่งไกวมาก ก่อนที่จะเข้าสู่ภาวะสงบนิ่ง ซึ่งก็ถูกต้องตามทฤษฎี แต่ค่าเอ้าท์พุทที่ได้ยังมีค่าไม่ถูกต้องนักทั้งนี้เพราะ คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณและประมวลผลยังไม่ดีพอ



ผลการทดลอง

เมื่อป้อนโวลต์ให้กับเอทู้ติ ตรวจสอบการแปลงเลขฐาน 16 จาก Z-80 ได้ดังนี้

Input (volt)	Output		Error (%)
	ค่าที่ได้จริง (HEX)	ค่าคำนวณ (HEX)	
1.0	0 0 5	0 0 0	0.12
1.5	2 0 0	2 0 0	0.00
2.0	3 F F	4 0 0	0.02
2.5	6 0 1	6 0 0	0.12
3.0	8 0 5	8 0 0	0.09
3.5	A 0 4	A 0 0	0.12
4.0	C 0 5	C 0 0	0.09
4.5	E 0 7	E 0 0	0.12
5.0	F F F	F F F	0.17
		รวม	0.07

ผลการทดลอง

เมื่อให้த்துเออร์รับรหัสเลขฐาน 16 จาก Z-80 ได้ผลการทดลองดังนี้

Input (HEX)	Output		Error (%)
	ค่าที่ได้จริง (V.)	ค่าที่คำนวณ (V.)	
F F F	4.99	5.00	0.2
8 0 0	2.53	2.50	0.2
C 0 0	3.77	3.75	0.5
4 0 0	1.29	1.25	3.2
6 8 0	2.07	2.03	1.9
9 0 0	2.84	2.81	1.1
4 8 0	1.45	1.40	3.1
D 8 0	4.23	4.22	0.2
C C E	4.02	4.00	0.5
		รวม	1.2

ผลการทดลอง

เมื่อต่อโวลท์ให้กับเอาต์และวัดโวลท์ที่ตีทุเอ ได้ผลการทดลองดังนี้

ครั้งที่	Output		Error (%) รวม
	ค่าที่อินพุท (VOLT)	ค่าที่ตีทุเอ (VOLT)	
1	1.0	1.04	4.0
2	1.5	1.48	1.3
3	2.0	2.04	2.0
4	2.5	2.54	1.6
5	3.0	3.04	1.3
6	3.5	3.54	1.2
7	4.0	4.04	1.2
8	4.5	4.54	0.9
9	5.0	5.04	0.8
		รวม	1.6

สรุปและวิจารณ์

โดยสรุปแล้วผลการทดลองอยู่ในระดับที่น่าพอใจ คือสามารถทำการควบคุมจากสถานีปฏิบัติการ ซึ่งเราจำลองให้เป็นคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พิคซีได้ โดยมีการจัดแสดงเมนูบนหน้าจอ ให้ผู้ใช้สามารถป้อนและแก้ไขค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ง่ายและตัวคอนโทรลเลอร์ก็สามารถทำงานได้ตามโหมดที่ผู้ใช้ป้อนค่า และค่าผลลัพธ์ก็สามารถส่งกลับมาเก็บไว้ไอบีเอ็มได้แต่ยังไม่สามารถนำขึ้นมาพล็อตเป็นรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตกับเวลาเพื่อนำมาวิเคราะห์การควบคุมได้ เนื่องจากความรู้ทางด้านซอฟต์แวร์ยังไม่เพียงพอ ส่วนความแม่นยำถูกต้องของระบบ (Accuracy) ได้ผลดีอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

ในการออกแบบสร้าง ระบบควบคุมแบบแยกส่วนนี้ ประสบปัญหาหลายประการ ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการแก้ไขตลอดมา จึงมีความเห็นว่า ควรที่จะเสนอแนะไว้ ณ. ที่นี้ เมื่อผู้ที่จะศึกษาหรือนำเครื่องนี้ไปใช้งานจะได้เข้าใจถึงจุดที่ทำให้เกิดปัญหาต่างๆดังนี้ คือ

1 ในส่วนของดีทเอ เนื่องจากต้องการให้ได้ความแม่นยำในการแปลงสัญญาณสูง จึงต้องใช้ข้อปกรณในราคาที่สูงพอสมควร อีกทั้งวงจรยังไม่นับว่าดี จากผลการทดลองพบว่ามีค่าออฟเซต (OFF SET) ออกมาไม่มากนักพอจะยอมรับได้ แต่ก็นับว่าได้ออกแบบได้ประหยัดเพราะสามารถใช้ได้ 2 ช่องต่อ 1 การ์ด

2 ในส่วนเอทดี ต้องมีการปรับจูนค่าอยู่หลายจุด เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากที่สุด ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ใช้เพื่อปรับจูนวงจร ควรใช้แบบ ทริมพ็อตที่มีความละเอียดสูง และมีค่าไม่แปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ

3 ส่วนของการจัดลำดับการขออน์เตอร์รัท ออกแบบได้ประหยัดดีแต่มีปัญหาในความเข้าใจการทำงานบ้าง เพราะต้องเข้าใจการทำงานของอาร์คแวร์และซอฟต์แวร์ ผู้ใช้อาจสับสนได้

4 ส่วนแผงเมนบอร์ดนั้น ได้ออกแบบผิดพลาดไปมากพอสมควร แต่ได้แก้ไขจนใช้ได้ ทางผู้จัดทำเห็นว่าควรออกแบบให้ดีกว่านี้ ราคาในการจัดทำสูง ขนาดของลายวงจรจะใหญ่มากๆจึงต้องใช้พล็อตเตอร์ (PLOTTER) ขนาดใหญ่เท่าเตียงนอน (BED SIZE) ถึงจะสามารถเขียนลายวงจรออกมาได้ซึ่งเป็นปัญหาต่อผู้จัดทำมาก จึงต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ วิชัย จากสำนักวิจัยคอมพิวเตอร์ เป็นอย่างสูง ที่เอื้อเฟื้อและกรุณาต่อผู้จัดทำในอุปกรณ์การเขียนลายปริ้นท์ทุกครั้ง

5 ส่วนบัสบนเมนบอร์ดควรพัฒนาให้ติจะสามารถกับคอมพิวเตอร์ 16 บิตควบคุมแทนไมโครโปรเซสเซอร์ 8 บิตได้ เพราะปัจจุบันยังไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์ 16 บิตควบคุมแทนได้เนื่องจากต้องแก้ปัญหาหลายด้านบนเมนบอร์ด และต้องเข้าใจสัญญาการทำงานของทั้งคอมพิวเตอร์ 16 บิตและไมโครโปรเซสเซอร์ 8 บิตอย่างถี่ถ้วน จึงขอแนะนำให้ออกแบบใหม่โดยใช้วงจรเดิมเป็นพื้นฐานก็จะใช้งานได้ดีขึ้น ซึ่งผู้จัดทำเห็นว่าควรใช้ระบบมัลติโปรเซสเซอร์

6 ในส่วนของโปรแกรมที่ให้ผู้ใช้งานสามารถส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ 16 บิตไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ 8 บิตนั้น ยังไม่ดีพอควรพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

7 การขาดแคลนอุปกรณ์ก็เป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่ทำให้เสียเวลา โดยสิ่งที่ขาดแคลนหลัก ๆ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะเครื่องที่มีการ์ดซีเรียลพอร์ท ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ แม้จะพอมือยั้ง แต่ก็หาเครื่องที่มีคุณภาพดี วัตละเอียดยังคงมีน้อย 3 หลักได้ยาก เป็นต้น ทำให้ต้องหยิบยืมของผู้อื่นมาใช้ ซึ่งก็ใช้ได้เพียงบางเวลาเท่านั้น

8 ถ้าสามารถจัดหาอุปกรณ์อื่นทดแทนเข้าที่พบและพัฒนาซอฟต์แวร์จนสามารถแสดงผลกราฟฟิกได้ จะทำให้โครงงานนี้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

9 ผลจากการทดลองมีความถูกต้องดี แต่ความเร็วของระบบค่อนข้างช้า เนื่องจากความเร็วในการรันโปรแกรมของชิป Z-80 และความเร็วในการแปลงค่าของเอทดี ICL7109 ค่อนข้างช้า ดังนั้นถ้าต้องการให้ความเร็วเพิ่มขึ้นต้องเปลี่ยน ชิพที่ใช้ และ เอทดี แต่นั้นหมายถึงราคาค่าใช้จ่ายต้องสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

หนังสืออ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทย

1. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศ, ยืน ภู่วรรณ และสมนึก ศิริโต, "โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษาซี", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2531.
2. น.ต.ดร.ไพศาล สงวนหม่ม และ รศ. ยืน ภู่วรรณ, "การสื่อสารข้อมูล และ ไมโครคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2521.
3. ยืน ภู่วรรณ, ดร. ชัยยงค์ วงศ์ชัยวัฒน์ และ ดร. ไพศาล สงวนหม่ม, "เทคโนโลยี ไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิต", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2531.
4. ชุชัย ชนสารตั้งเจริญ และ ทินกร ดัก, "การสื่อสารข้อมูล", PHYSICS CENTER.
5. ชุชัย ชนสารตั้งเจริญ และ ทินกร ดัก, "การใช้งาน Z-80", ศูนย์ภาษาคอมพิวเตอร์ (COMPUTER LANGUAGE CENTER).

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาอังกฤษ

1. DAVID F. STOUT/MILTON KAUFMAN, "EDITOR HANDBOOK OF OPERATIONAL AMPLIFIER CIRCUIT DESIGN.", MC GRAW HILL, INC., 1976.
2. WILLIAM BARDEN, JR. " THE Z-80 MICROCOMPUTER HANDBOOK", HAWARD W. SAMS & CO., INC., 1978.
3. LANCE A. LEVENTHAL "Z-80 ASSEMBLY LANGUAGE PROGRAMMING", LANCE A. LEVENTHAL "Z-80 ASSEMBLY LANGUAGE SUBROUTINES".
4. CURTIS D. JOHNSON "MICROCOMPUTER BARED PROCESS CONTROL", PRENTICE-HALL, INC., 1984.
5. IBM CORPORATION, "IBM TECHNICAL REFERENCE MANUAL", IBM CORP., PERSONAL COMPUTER, 1983.
6. BORLAND INTERNATIONAL. INC, "TURBO C REFERENCE GUIDE AND USERS GUIDE", BORLAND INTERNATIONAL. INC, 1987.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับความกรุณา จาก

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล

อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง

อาจารย์ วันชัย รุ่งรุจา

อาจารย์ ยุทธนา คีตใจเดียว

อาจารย์ วิชา ศรีธัญญาพงศ์

อาจารย์ พรสุข เทศเจริญ

อาจารย์ ธารงศักดิ์ สุขใส

คุณ ณรงค์ เร เชียงแสน

และ เพื่อนๆและพี่ๆทุกคน

จึงกราบขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้