ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2534

เรื่อง เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ

INFUSION CONTROL

โดย

นายเจริญชัย กิระนันทวัฒน์ 326303

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ภาคร หุตะสังกาศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2534

เรื่อง เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ

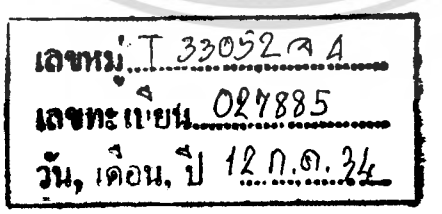
INFUSION CONTROL

จัดทำโดย

นายเจริญชัย กิระนันทวัฒน์ 326303

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ภากร หุตะสังกาศ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
บทนำ	ค
บทที่ 1. ลักษณะการทำงานและวิธีการใช้งาน	1
บทที่ 2. การออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ	6
2.1 ทฤษฎีของตัวรับและตัวส่งทางแสง	6
2.2 การออกแบบวงจรภาค SENSOR	10
บทที่ 3. การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน (CONTROL)	15
3.1 หน่วยประมวลผลกลาง Z80 ซีพียู	15
3.2 8255 PIO	19
3.3 ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุม	33
บทที่ 4. การออกแบบวงจรแสดงผล และ ควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์	36
บทที่ 5. ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของระบบ	42
บทที่ 6. สรุปและข้อเสนอแนะ	50
6.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป	50
6.2 การประยุกต์สำหรับใช้งานประเภทอื่นๆ	50
6.3 ปัญหาเนื่องจากการทำงาน	50
ภาคผนวก	52
กิตติกรรมประกาศ	77
หนังสืออ้างอิง	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ

เจริญชัย กิระนันทวัฒน์ 326303
อ.ภากร พุทธสังกาศ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เสนอการประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในทางการแพทย์ โดยนำมาใช้เป็น "เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ" เป็นเครื่องมือที่ใช้ในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ การทำงานของเครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ ก็คือ จะทำการควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือให้ได้ตามที่ต้องการโดยอัตโนมัติ แทนการให้น้ำเกลือของพยาบาล หรือแพทย์ ซึ่งไม่สามารถดูแลผู้ป่วยได้ตลอดเวลา การควบคุมจำนวนหยดของเครื่องควบคุมจะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณยาหรือน้ำเกลือครบตามกำหนด เครื่องนี้สามารถจะนำไป ประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้อีก เช่น เครื่องหยอดของเหลว กล่าวได้ว่าการนำไปใช้งานของเครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือนี้ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFUSION CONTROL

Charoenchai Kiranuntawat 326303

Pakorn Hutasungard Advisor

1991

Abstact

This thesis presents an application of Microcomputer in medical fields.This equipment named "Infusion control" can be founded in many large hospitals. It is implement in automatically infusion control to be exactly of I.V. volume. It help doctor or nurses for administering I.V. fluids. Dopping rate are correct or can be accepted in a certain length of value. With this equipment can be application in control various fluids. Say that,It well implemented of infusion control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือนี้ ทำงานโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่อง จะทำหน้าที่ควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ หรือของเหลวให้ได้ตามที่ต้องการ โดยมีความผิดพลาดโดยประมาณ +-10 หยดต่อนาที โดยเพียงใส่ค่าเข้าทางคีย์บอร์ดเท่านั้น ต่อจากนั้นเครื่องจะทำงานเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะเห็นว่าประหยัดเวลาในการปรับได้มาก และความถูกต้องอยู่ในของเขตที่ยอมรับได้

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แบ่งเนื้อเรื่องของ เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือไว้เป็น 6 บท บทที่ 1 กล่าวถึงลักษณะการทำงาน บทที่ 2 การออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ บทที่ 3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน บทที่ 4 การออกแบบวงจรแสดงผลและควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ บทที่ 5 ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของระบบ บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ลักษณะการทำงานและวิธีการใช้งาน

1.1 ลักษณะการทำงาน

เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ จะทำการควบคุมอัตราการไหลของหยดน้ำเกลือ โดยมี SENSOR คอยตรวจจับที่กระเปาะของถุงน้ำเกลือ โดยเพียงแต่พยาบาลตั้งค่าจำนวนหยดตามที่ต้อการเท่านั้น จากนั้นเครื่องก็จะทำการควบคุมให้ได้จำนวนหยดที่ต้อการเองโดยอัตโนมัติ

1.2 วิธีการใช้เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ

ชุดควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือ จะมีอุปกรณ์สองอย่างร่วมกัน คือ ชุดควบคุม กับชุดจ่ายไฟ ทั้งนี้เพราะว่า การใช้งานวงจรจะกินกระแสมาก ประมาณ 1.2 แอมป์ การที่จะรวมอยู่ในชุดเดียวกันนั้น จะทำให้มีน้ำหนักมาก ซึ่งไม่เหมาะ ดังนั้น จึงแยกไว้ต่างหาก และเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากไฟดูดอีกด้วย

ขั้นตอนต่อไปนี้ ขอให้ดูจากภาพที่ถ่ายไว้ให้มาประกอบกับการอธิบาย ขั้นแรกเสียบแจ็กจากเพาเวอร์ซัพพลายเข้าที่ชุดควบคุม ต่อมาเสียบแจ็กของเซนเซอร์เข้าที่ชุดควบคุม ต่อมานำชุดเซนเซอร์ไปหุ้มที่กระเปาะของถุงน้ำเกลือ นำสายน้ำเกลือมาลอดเข้าที่ชุดบีบสาย จากนั้นก็ทำการเปิดสวิทช์เพื่อให้เครื่องทำงาน

เครื่องควบคุมจะทำการคลายสาย โดยหมุนสเตปปิ้งมอเตอร์ ให้มาอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นโดยอัตโนมัติ ต่อจากนั้นเครื่องจะแสดงอักษร "SET" เพื่อให้เราใส่ค่าจำนวนหยดต่อนาทีที่ต้องการ โดยค่าที่ใส่เข้าไปจะอยู่ในช่วง 10-99 หยดต่อนาที ต่อจากนั้น กดคีย์ "FUNC" เพื่อที่จะเลือกว่าจะให้ทำอะไร

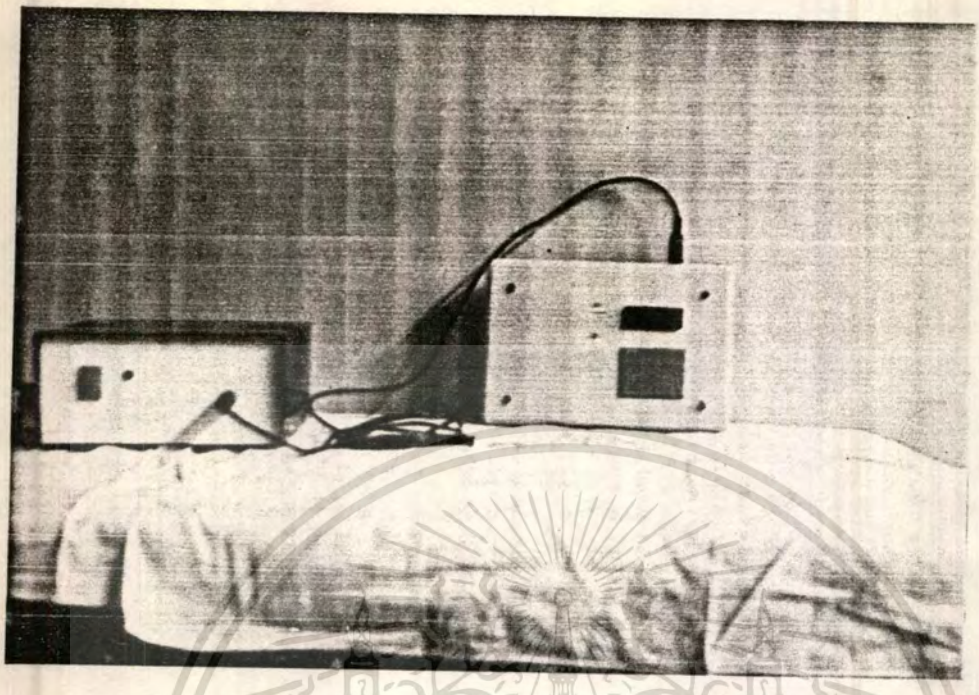
ถ้าเลือก SILENT ก็จะทำการดิสเพลย์ OFF คือ จะทำการหยุดการทำงานของเครื่อง

ถ้าเลือก STOP ก็จะทำการดิสเพลย์ STOP คือ จะทำการคลายสายของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

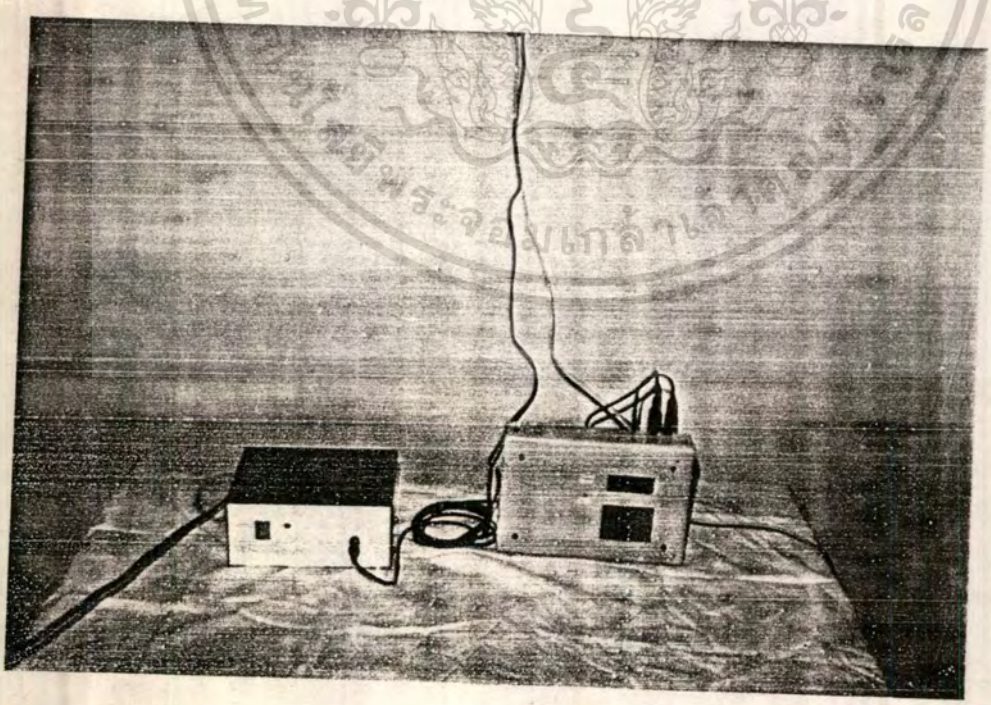
ถ้าเลือก OK ก็จะทำการดิสเพลย์ OK คือ จะทำการควบคุมจำนวนหยด ตามที่เราโปรแกรมไว้

จุดที่จะใช้งานก็คือ เมื่อเปิดสวิทช์เพื่อให้เครื่องทำงานแล้ว เมื่อเครื่องดิสเพลย์ว่า "OFF"แล้ว ก็สามารถนำไปใช้งานได้ โดยมีค่าความผิดพลาดประมาณไม่เกิน +-10 หยดต่อนาที แต่จากการทดลองแล้วจำนวนหยดที่ได้จะต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้เล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

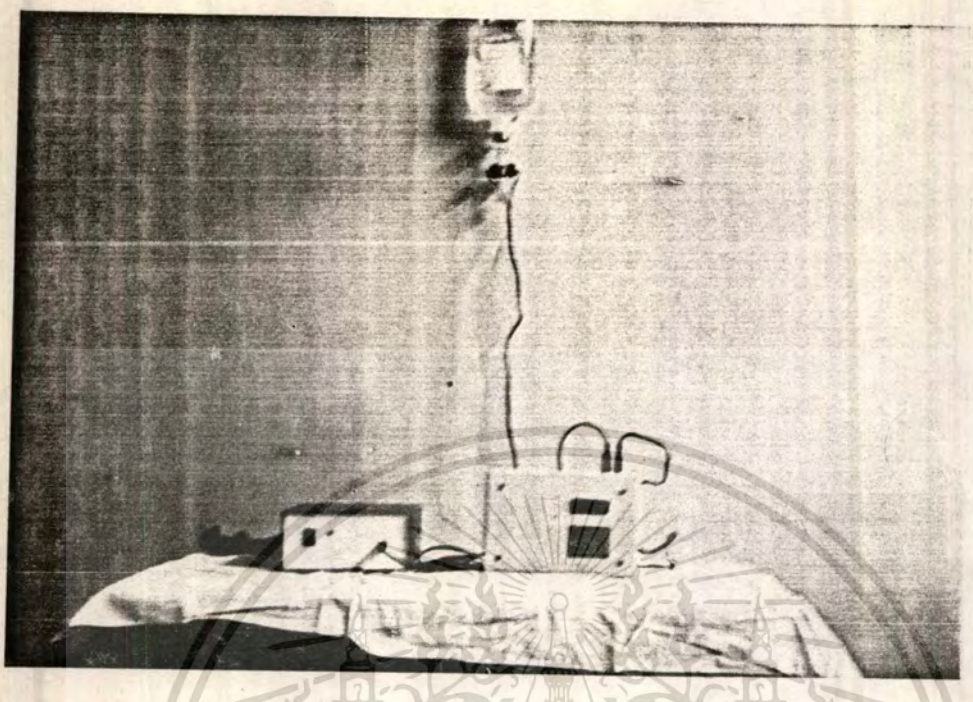


รูปที่ 1.1 แสดงการติดตั้งสายไฟจากชุดจ่ายไฟเข้ากับชุดควบคุม

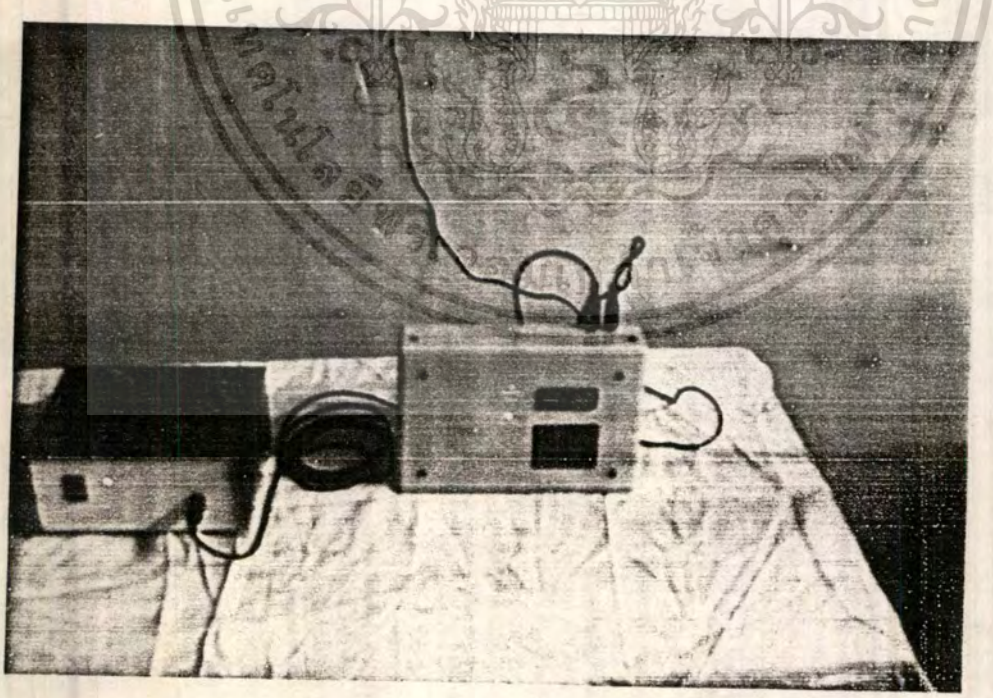


รูปที่ 1.2 แสดงการติดตั้งชุดเซนเซอร์เข้าที่ชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

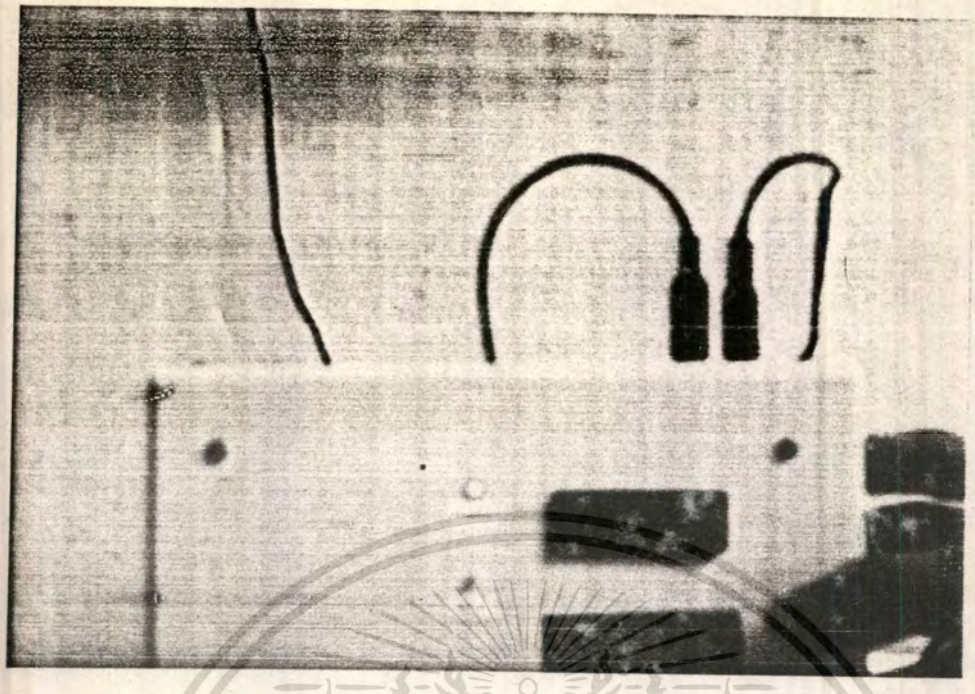


รูปที่ 1.3 แสดงการติดตั้งชุดเซนเซอร์เข้าที่กระเปาะหยดน้ำเกลือ

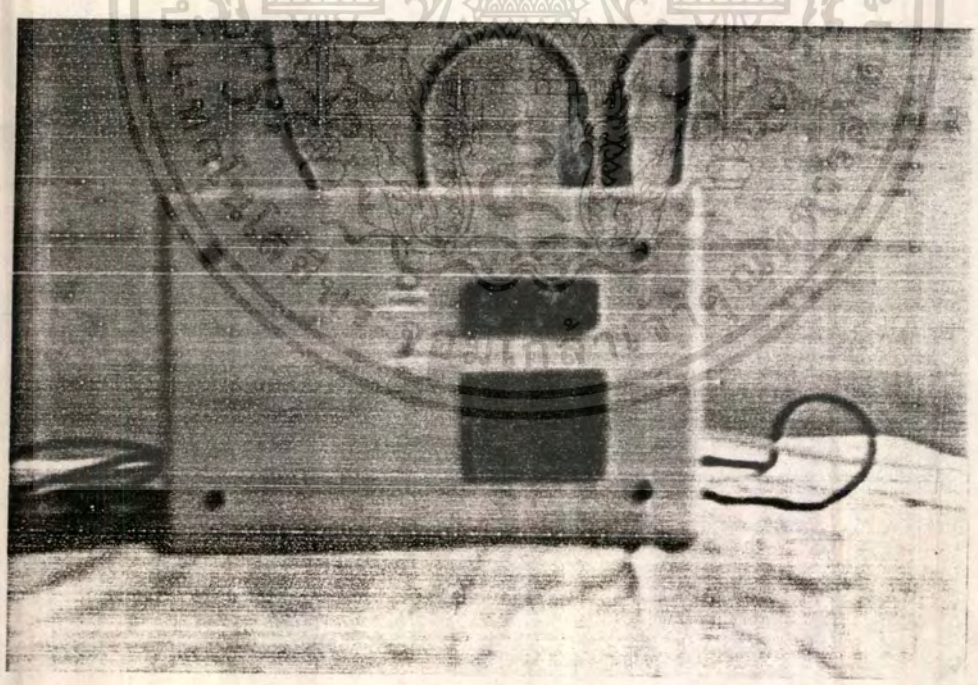


รูปที่ 1.4 แสดงผลของการเปิดสวิทช์เพื่อให้เครื่องทำงาน เครื่องจะทำการแสดงดิสเพลย์ติดต่อกัน ดังนี้ KMIT, LAD, KRA, BANG และ STOP เมื่อมอเตอร์หมุนมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น ก็จะเคลียดิสเพลย์

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ ก็ตาม เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เว้นแต่จะได้รับอนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 แสดงการตั้งค่าที่คีย์บอร์ด



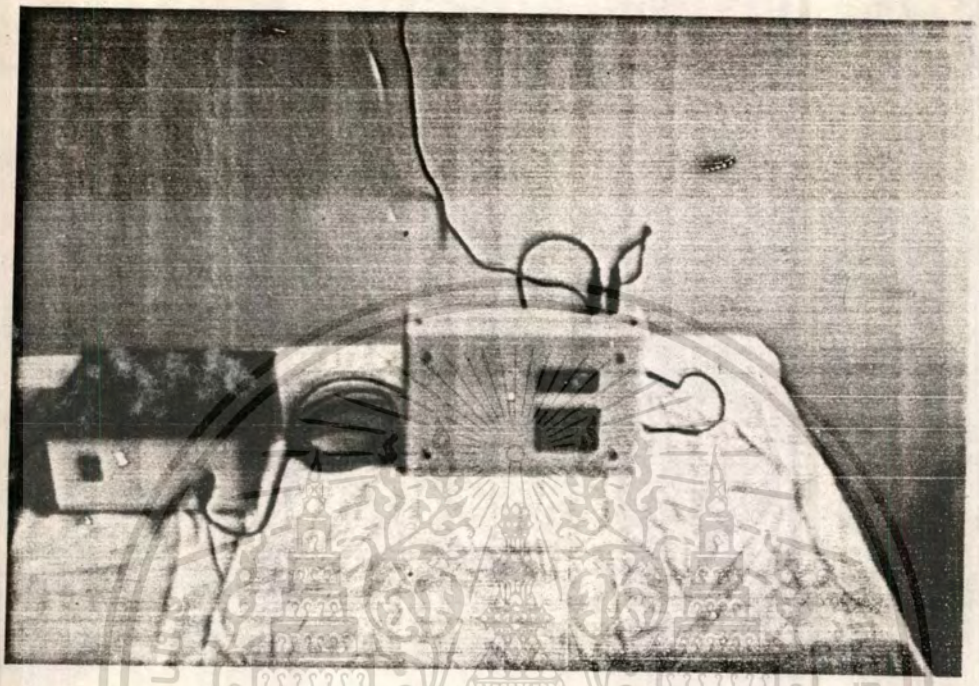
รูปที่ 1.6 แสดงการเลือก FUNC ต่างๆ ตามที่ต้องการ

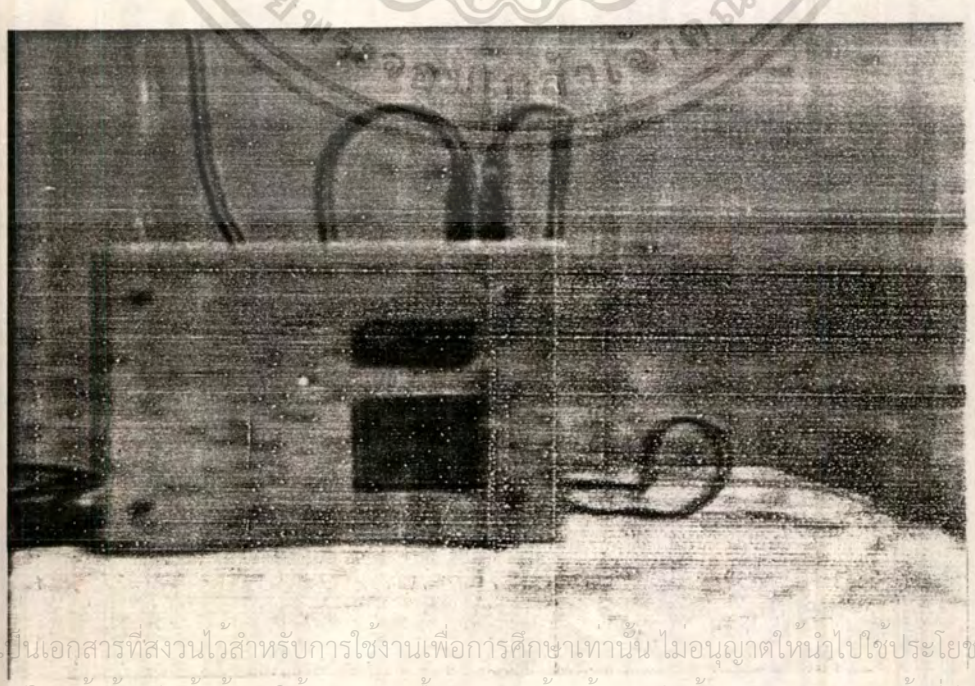
ก. เลือก FUNC SILENT ก็จะแสดงดิสเพลย์ OFF

ข. เลือก FUNC STOP ก็จะแสดงดิสเพลย์ STOP

ค. เลือก FUNC OK ก็จะแสดงดิสเพลย์ OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

การออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ พร้อมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ชุดตรวจจับหยดน้ำเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อเครื่องนับและควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือนี้เป็นอย่างมาก ภายในชุดตรวจจับหยดน้ำประกอบด้วย ภาครับ และ ภาคส่ง ภาคส่งจะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดไปยังภาครับ และเมื่อมีหยดน้ำวิ่งตัดผ่านลำแสงนี้ ก็จะทำให้ภาครับตรวจจับสัญญาณได้ ในตอนแรกของบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆของทั้งตัวรับและตัวส่งทางแสง (optical source and detector) โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ แนวความคิด ในการออกแบบวงจร วงจร และวงจรที่ได้ออกแบบไปแล้ว

2.1ทฤษฎีของตัวรับและตัวส่งทางแสง(optical source and detector)

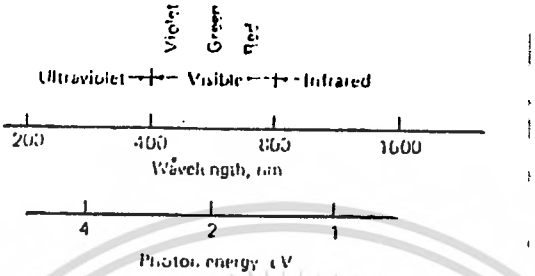
เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า การเลือกชนิดของตัวรับและตัวส่งทางแสง มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก ถ้าเลือกตัวรับตรวจจับแสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า "ความยาวคลื่นคัตออฟของตัวรับ"(Cutoff wavelength)แล้วจะทำให้ไม่สามารถตรวจจับแสงได้เลย ตัวรับหรือตัวตรวจจับแสงนี้มีลักษณะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางควอนตัม โดยตัวรับจะสามารถตรวจจับแสง หรือสามารถจับพลังงานโฟตอนของแสงได้เฉพาะความยาวของคลื่นค่าหนึ่งเท่านั้น พลังงานของโฟตอนดังกล่าวมีค่าดังนี้

Ep = ค่านิจของแพลงค์ X ความเร็วแสง / ความยาวคลื่นของแสง

โดยที่ค่านิจของแพลงค์มีค่าเท่ากับ6.63E-34 จูล.วินาทีความเร็วของแสงมีค่าเท่ากับ 3.0E8เมตรต่อวินาที และหน่วยของพลังงานของโฟตอนเท่ากับ eV หรือ อิเล็กตรอน-โวลต์ เราสามารถแสดงสัมพันธ์ระหว่างสเปคตรัมของแสงกับพลังงานของโฟตอนได้ดังรูป2.1

ความเข้มของแสงจะหมายถึง ปริมาณพลังงานที่ปล่อยออกมาจากตัวส่ง ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ ทั้งนี้ปริมาณของโฟตอนต่อ1วัตต์ ที่ปล่อยออกมามีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของคลื่น เช่น ที่ความยาวคลื่นแสง 555 นาโนเมตร แสง 1 วัตต์ จะมีโฟตอนที่ปลดปล่อยออกมา 2.8E24 โฟตอน เป็นต้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเปคตรัมของแสง

2.1.1 โฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์

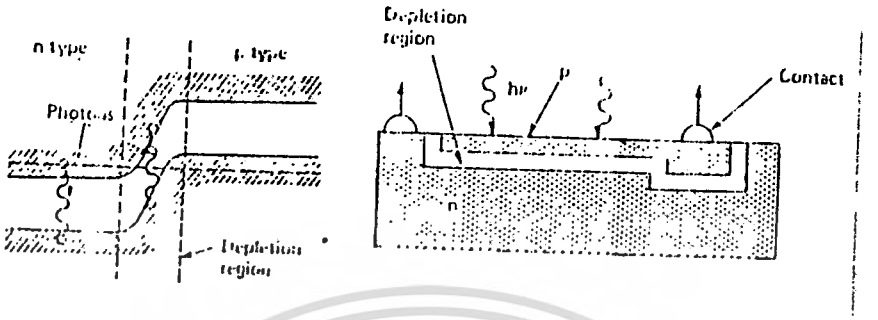
โฟโต้ไดโอด คือ ไดโอดชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะการทำงานจะเหมือนกับไดโอดทั่วไป เวลาใช้มักจะต่อแบบรีเวอร์สไบอัส (Reverse Bias)ซึ่งนั่นก็หมายความว่าจะไม่ยอมให้ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านกลับขั้วของมัน จนกระทั่งเมื่อมีแสงผ่านมากระทบตัวมัน ทำให้ความสามารถในการนำไฟฟ้าของมันมีมากขึ้น จนทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านทะลุตัวมันได้ หลักการทำงานของโฟโต้ไดโอดโดยสรุปมีดังนี้คือ

เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ ความยาวคลื่นคัตออฟของโฟโต้ไดโอด ผ่านมากระทบกับสารเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ทำเป็นอุปกรณ์ประเภทนี้ พลังงานโฟตอนของแสงก็จะถูกดูดกลืนและถูกนำไปใช้ในการกระตุ้นอิเลกตรอน ให้หลุดออกมาจากสารกึ่งตัวนำและวิ่งทะลุผ่านรอยเชื่อม(junction) ไปยังสารกึ่งตัวนำอีกชนิดหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.2 โดยอิเล็กตรอนดังกล่าวจะเป็นของสารกึ่งตัวนำชนิดพี หรือเป็นประจุไมนอริตี้นั่นเอง และเมื่อมีอิเล็กตรอนดังกล่าวมีการหลุดออกมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดการรีเวอร์สไบอัสนั่นเอง ปริมาณกระแสรีเวอร์สไบอัส ip จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงดังนี้

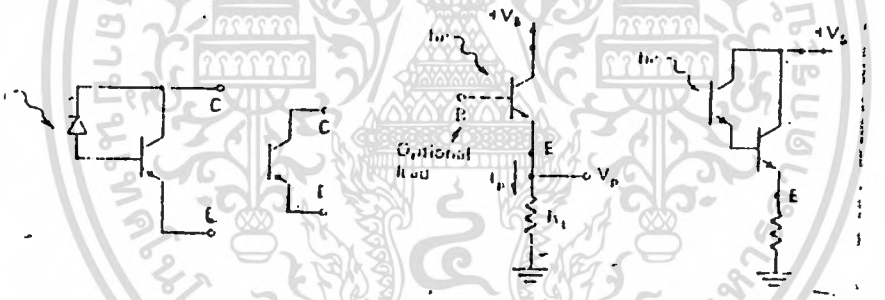
$$ip = KsW$$

เมื่อ Ks คือค่าความไวในการกระตุ้น และ W คือค่าความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะของการที่แสงไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในโฟโต้ไดโอดหลุดและวิ่งทะลุรอยต่อ



รูปที่ 2.3 วงจรเสมือนของอุปกรณ์ประเภทโฟโต้ทรานซิสเตอร์ สัญญลักษณ์และลักษณะการต่อทั้งแบบชนิดอย่างง่ายและชนิดดาร์ลิงตัน

โฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์มักจะทำจากสารกึ่งตัวนำ อาทิเช่นพวกซิลิกอน ซึ่งมักจะทำงานในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1100 นาโนเมตรขึ้นไป และพวกแกลเลี่ยมอาเซไนด์ซึ่งนิยมมาใช้ทำอุปกรณ์นี้มากที่สุด ทั้งนี้เพราะสามารถตอบสนองความยาวคลื่นได้ต่ำกว่าและได้กว้างกว่า ประมาณตั้งแต่ 550-900 นาโนเมตร

โฟโต้ทรานซิสเตอร์แท้ที่จริงแล้วก็คือ โฟโต้ไดโอดต่ออยู่กับทรานซิสเตอร์ดังรูป 2.3 ซึ่งก็มีลักษณะการทำงานเหมือนกับโฟโต้ไดโอดทั่วไปทุกประการ เพียงแต่ใส่ทรานซิสเตอร์เพื่อขยายกระแสของสัญญาณให้มากขึ้นนั่นเอง (โดยทั่วไปจะมีค่าขยาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

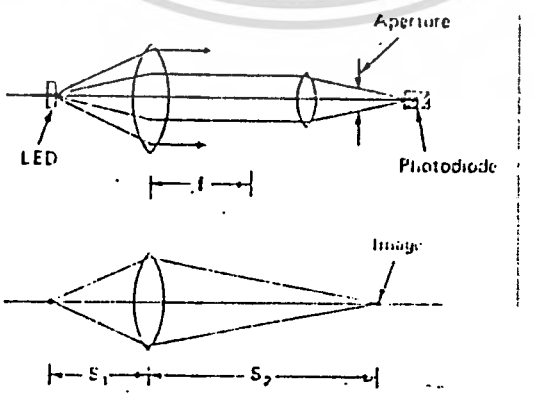
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

ประมาณ 100 เท่า) ข้อเสียของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ก็คือ ความไม่เป็นลิเนียร์ในการทำงานขยายกระแส และการตอบสนองความถี่ ในการสวิทช์ที่มีความเร็วสูงมาก ๆ อย่างไรก็ตาม โฟโต้ทรานซิสเตอร์เหมาะสำหรับ งานจำพวกที่มีการอินเทอร์รัพท์ทางแสง หรืองานที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนผ่านตัดลำแสงเป็นอย่างมาก

2.1.2 แอลอีดี (LED:Light Emitting Diode)

หลักการทำงานของแอลอีดี จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับโฟโต้ไดโอดและพวกโฟโต้ทรานซิสเตอร์ อย่างชัดเจน กล่าวคือ ลักษณะการใช้งานจะใช้การฟอร์เวิร์ดไบอัส(forwardbias) ประจุพวกเมเจอริตี้ (majority carriers) จากฝั่งทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดพี จะไหลทะลุดีพลีทชั่นรีเจียน (depletion region) ไปรวมกับโฮลทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสงโดยกระแสฟอร์เวิร์ดไบอัสดังกล่าวนี้มีค่าประมาณ 10 ถึง 50 มิลลิแอมป์ และมีฟอร์เวิร์ดโวลเตจประมาณ 1.4 ถึง 2.7 โวลต์ ทั้งนี้สเปคของผู้ผลิตแอลอีดีจะเป็นผู้กำหนดให้รู้ พวกแอลอีดีเหล่านี้จะมีอายุการใช้งานที่สั้นมาก ถ้าป้อนกระแสต่อเนื่องที่มีค่ามากๆให้อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการออกแบบวงจรการใช้ควรพิจารณาในเรื่องนี้ให้เป็นพิเศษ แอลอีดีจะมีรีเวิร์สไบอัสประมาณ 3 ถึง 10 โวลต์ แล้วแต่ประเภทและชนิดของสารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ผลิต

2.1.3 เลนส์ของโฟโต้ไดโอดและของแอลอีดี



รูปที่ 2.4 แสดงการโฟกัสแสงของเลนส์ ทั้งภาครับและภาคส่ง และรัศมีของลำแสงที่แอลอีดีทำงานร่วมกับโฟโต้ไดโอดได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027885

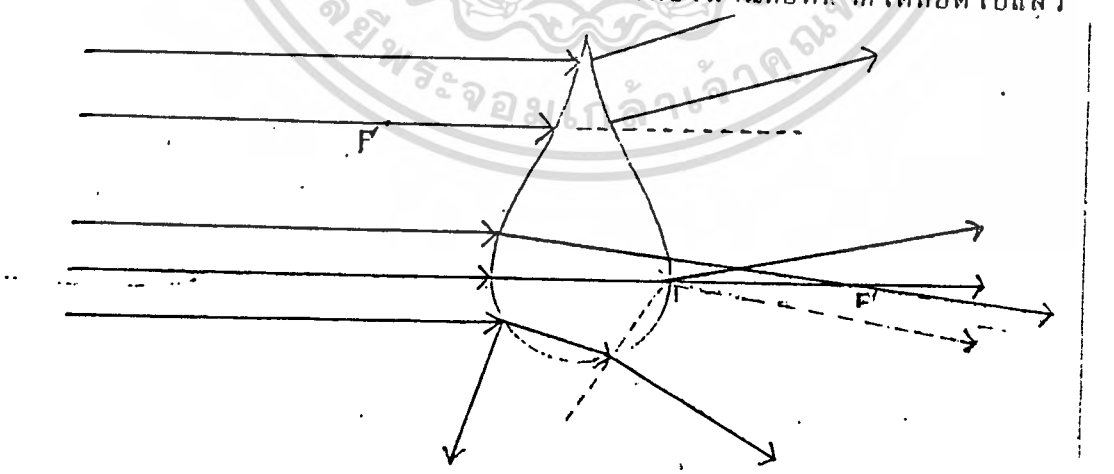
โฟโต้ไดโอด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มักจะมีเลนส์สำหรับโฟกัสลำแสงให้ตกกระทบบริเวณการทำงานของโฟโต้ไดโอด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ให้มากที่สุด หรือให้ความเข้มแสงมากที่สุด ระยะของตำแหน่งภาพที่ปรากฏหลังเลนส์ซึ่งมักเป็นภาพหัวกลับขนาดเล็ก S2 หาได้จากสูตรดังนี้

$$1/S2 = 1/f - 1/S1$$

โดยถ้าแหล่งกำเนิดแสงหรือ S1 อยู่ที่ระยะอินฟินิทหรือเป็นลำแสงแบบขนาน S2 จะตกหลังเลนส์ที่จุดโฟกัสพอดี ในกรณีของแอลอีดีก็คล้ายกัน ถ้าแหล่งกำเนิดแสงของแอลอีดีเป็นจุดและอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์ จะให้ลำแสงที่เป็นแบบขนาน แต่เนื่องจากแอลอีดีไม่ใช่เป็นแหล่งกำเนิดที่เป็นจุด ดังนั้น การออกแบบเลนส์ของแอลอีดี เพื่อให้ได้ลำแสงแบบขนานหรือใกล้เคียง จึงเป็นไปตามกรรมวิธีการผลิตของผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปลำแสงของแอลอีดีจะมี ลักษณะมาตรฐานคล้ายกันดังแสดงในรูป2.4

2.2 การออกแบบวงจรภาครับและภาคส่ง

หลักการออกแบบคร่าวๆก็คือ เมื่อมีหยดน้ำหรือวัตถุวิ่งตัดผ่านลำแสง จะทำให้สัญญาณแสงถูกลดทอนลงไป คอมพาราเตอร์ทางด้านภาครับส่งสัญญาณทันทีที่มีการรบกวนลำแสงไปให้ยังไทม์เมอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นโมโนสเตเบิลส่งพัลซ์ออกไปอินเตอร์รัพท์ Z80 เพื่อให้ Z80 นับอัตราเร็วและจำนวนปริมาณหยดน้ำที่ได้หยดไปแล้ว



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของลำแสงที่วิ่งผ่านตัวหยดน้ำใส ณ บริเวณต่างๆของหยดน้ำ

ข้อแตกต่างระหว่างวัตถุทึบแสงกับหยดน้ำใสๆ

ถ้าเป็นวัตถุทึบแสงหรือหยดของเหลวที่ทึบแสงแล้วจะทำให้สัญญาณแสงถูกลดทอนลงไปเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าเป็นหยดน้ำใสๆ ซึ่งจะทำหน้าที่เสมือนกับเป็นเลนส์นูน

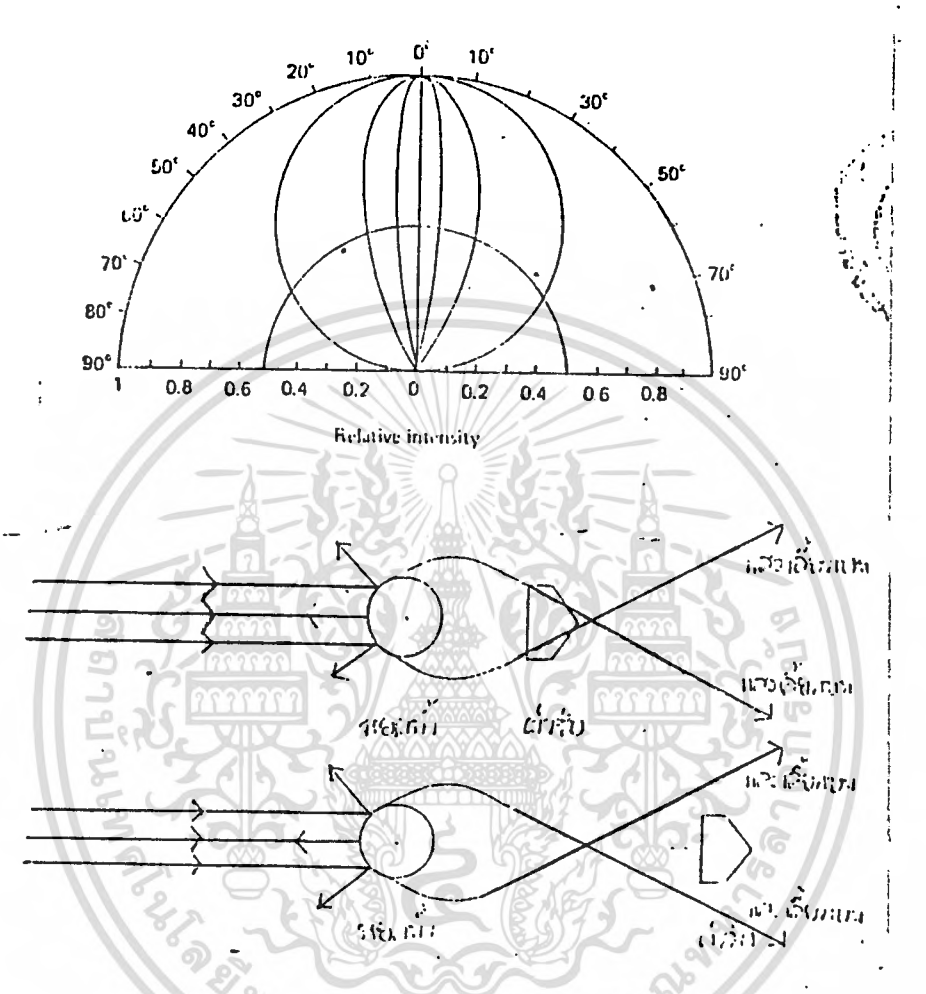
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเลนส์เว้า ในเวลาเดียวกัน (ดูรูป2.5ประกอบ) โดยในตอนต้นของหยดน้ำซึ่งมีลักษณะที่ค่อนข้างกลม จะมีลักษณะเลนส์นูนซึ่งมีจุดโฟกัสอยู่ที่บริเวณผิวของหยดน้ำนั่นเอง ซึ่งนั่นหมายความว่าแสงที่ผ่านตัวหยดน้ำไปนั้นจะเกิดการกระเจิงขึ้นมา หรือเกิดการลดทอนของแสงนั่นเอง ในขณะที่ตอนกลางจะเป็นเลนส์นูนที่เกือบสมบูรณ์ หรือมีการรวมแสง ณ จุดที่ห่างออกไปจากผิวของหยดน้ำ และในตอนปลายของหยดน้ำจะมีลักษณะของเลนส์เว้า ซึ่งจะเป็นการกระจายแสงออกไปอีกที และจากจุดนี้นี่เอง เราจะสังเกตเห็นได้ว่า หยดน้ำใสหนึ่งหยดที่วิ่งผ่านลำแสงไป จะมีการเกิดรวมแสง กระจายแสงในเวลาเดียวกัน นั่นหมายถึง สัญญาณที่ผ่านมายังคอมพาราเตอร์จะมีลักษณะที่เป็นการสวิงอยู่ระยะหนึ่ง ทำให้สัญญาณเอาท์พุตจากคอมพาราเตอร์จะมีการออกมาหลายลูกต่อกยดน้ำเพียงหยดเดียว เราจึงต้องออกแบบส่วนของโมโนสเตเบิลมาคอยรับสัญญาณเอาท์พุตลูกแรก และไม่สนใจในสัญญาณลูกอื่นเป็นเวลาอันพอเหมาะ อันที่จะไม่ทำให้ประสิทธิของการนับหยดน้ำที่ความเร็วสูงๆ เสียไป โดยจากวงจรที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ เราจะมีการหน่วงเวลาของไทม์เมอร์ประมาณ 0.1วินาที ซึ่งหมายความว่า น้ำสามารถหยดได้เร็วถึง10หยดต่อ1วินาที โดยไม่ทำให้เครื่องนับจำนวนหยดน้ำทำงานนับผิดพลาด

<u>ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งกับประสิทธิภาพในการทำงาน</u>

ในตอนแรกที่ทำการทดลองตรวจจับหยดน้ำ โดยนำตัวรับวางไว้ไกลจากระยะของตัวหยดน้ำนั้น เราพบว่าเราไม่สามารถตรวจจับหยดน้ำได้เลย ทั้งนี้เนื่องจากลำแสงมีการเลี้ยวเบนอ้อมหยดน้ำ จนทำให้ความแตกต่างระหว่างขณะที่มีหยดน้ำตัดผ่านลำแสงกับตอนที่ไม่มีหยดน้ำตัดผ่านลำแสงมีค่าไม่แตกต่างกันเลย ดังนั้นในการออกแบบตัวรับ เราจะพยายามออกแบบให้อยู่ใกล้กับหยดน้ำที่หยดให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากลำแสงที่ออกมาจากตัวส่งแสงอินฟราเรด มีลักษณะที่เป็นลำกว้าง เราจึงออกแบบลำกล้องนำแสง เพื่อบีบให้ลำแสงมีมุมแคบขึ้น เพื่อลดปัญหาการสะท้อนของแสงอินฟราเรดที่ไพดกกระทบตัวกล่องของชุดตรวจจับหยดน้ำ แล้วสะท้อนไปยังตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ อย่างไรก็ตามจากการทดลอง ดูเหมือนว่าระยะทางระหว่างหยดน้ำกับตัวรับมีอิทธิพลต่อชุดตรวจจับหยดน้ำมากที่สุด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะอิทธิพลของระยะทางต่างๆที่มีต่อการตรวจจับหยดน้ำ

2.2.1 วงจรภาค sensor

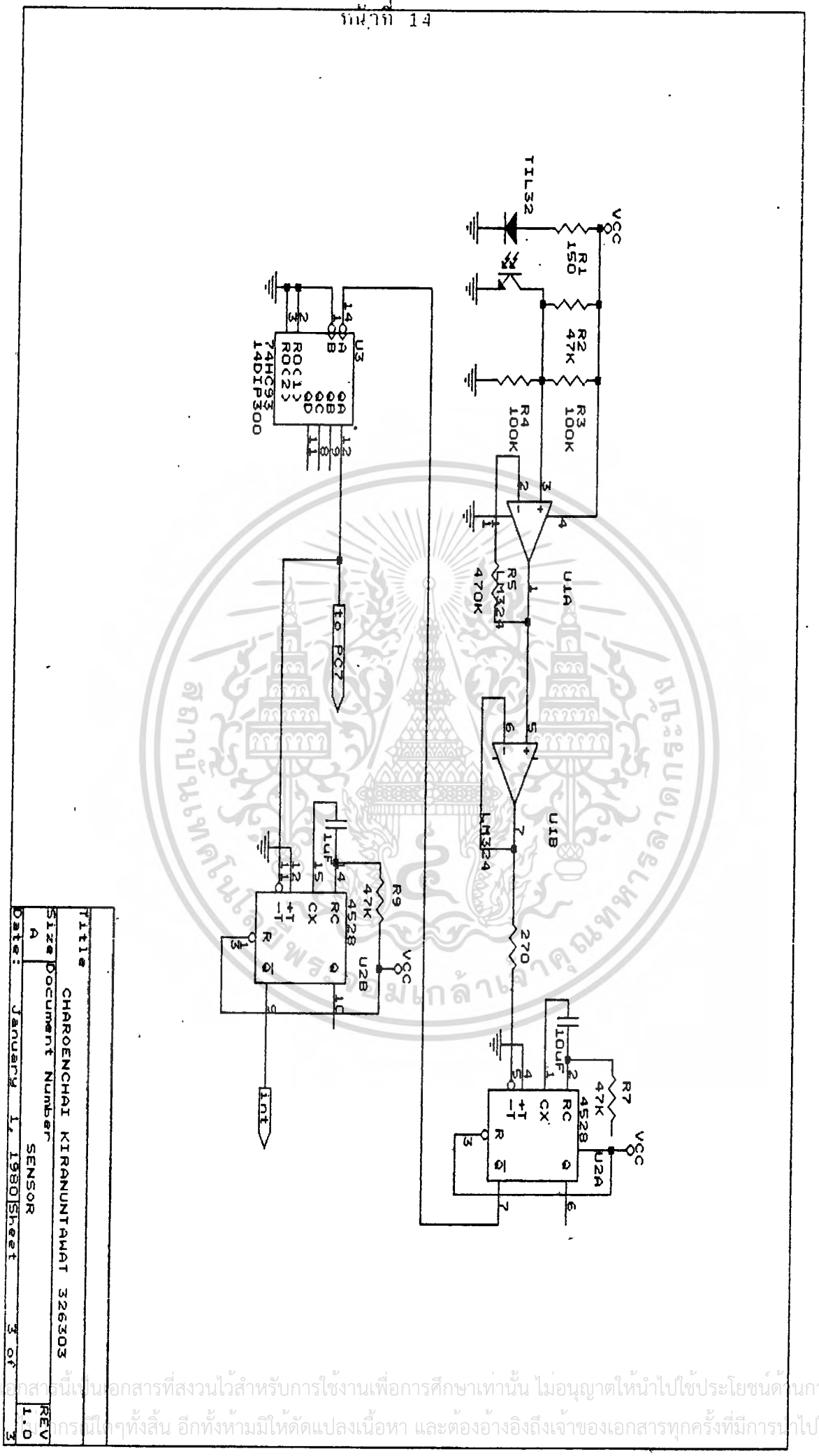
Photo diode ภาคส่งจะได้รับ bias ตลอดเวลา Photo diode ตัวรับจะได้รับ bias ตลอดเวลาเช่นกัน ทำให้แรงดันที่ขา C ของ Q2 มีค่าใกล้เคียง 0 โวลท์ แต่ถ้ามีอะไรมาบังแสงไว้จะทำให้ Photo diode ตัวรับไม่ได้รับ bias ทำให้แรงดันที่ขา C ของ Q2 มีค่าใกล้เคียง 5โวลท์ เราจะนำลักษณะที่หยดน้ำเกลือวิ่งตัดผ่านแสงนี้มาทำการนับจำนวนพัลซ์แทนจำนวนหยดน้ำเกลือ หยดน้ำเกลือ 1 หยดจะได้พัลซ์ 1 ลูก เรานำพัลซ์ที่ได้มาผ่าน OPAMP ขยายสัญญาณ และ BUFFER โดยใช้ไอซีเบอร์ LM324 แล้วส่งส่งต่อเข้าวงจรโมโนสเตเบิล โดยใช้ไอซีเบอร์ 4528/1 ซึ่งเราสามารถจะตั้งค่าเวลาได้ตามสูตร

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f = 1/2 * RC$$

การที่เรามีโมโนสเตเบิล ก็เพื่อจะทำการป้องกันการนับจำนวนหยดผิดไป เมื่อจำนวนหยดน้ำมันไหลติด ๆ กันมาก เราตั้งค่าไว้ประมาณ 20 MS เอาท์พุทที่ได้จากโมโนสเตเบิล ที่ขา Q เรานำสัญญาณไปเข้า OPAMP ซึ่งต่อเป็น BUFFER ต่อผ่าน R และ LED เพื่อแสดงว่ามีหยดน้ำเกลือไหลผ่าน ส่วนที่ Q เราจะนำสัญญาณมาทำการหาร 2 เพื่อยืดเวลาให้นานออกไปอีกเป็น 40 MS แล้วนำไปเข้าโมโนสเตเบิล 4528/2 ซึ่งจะทำการตั้งเวลาไว้ประมาณ 2 MS ไปทำการ Interupt ให้ CPU มาอ่านค่าที่พอร์ท PC3 เมื่อ CPU อ่านค่าที่ PC7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

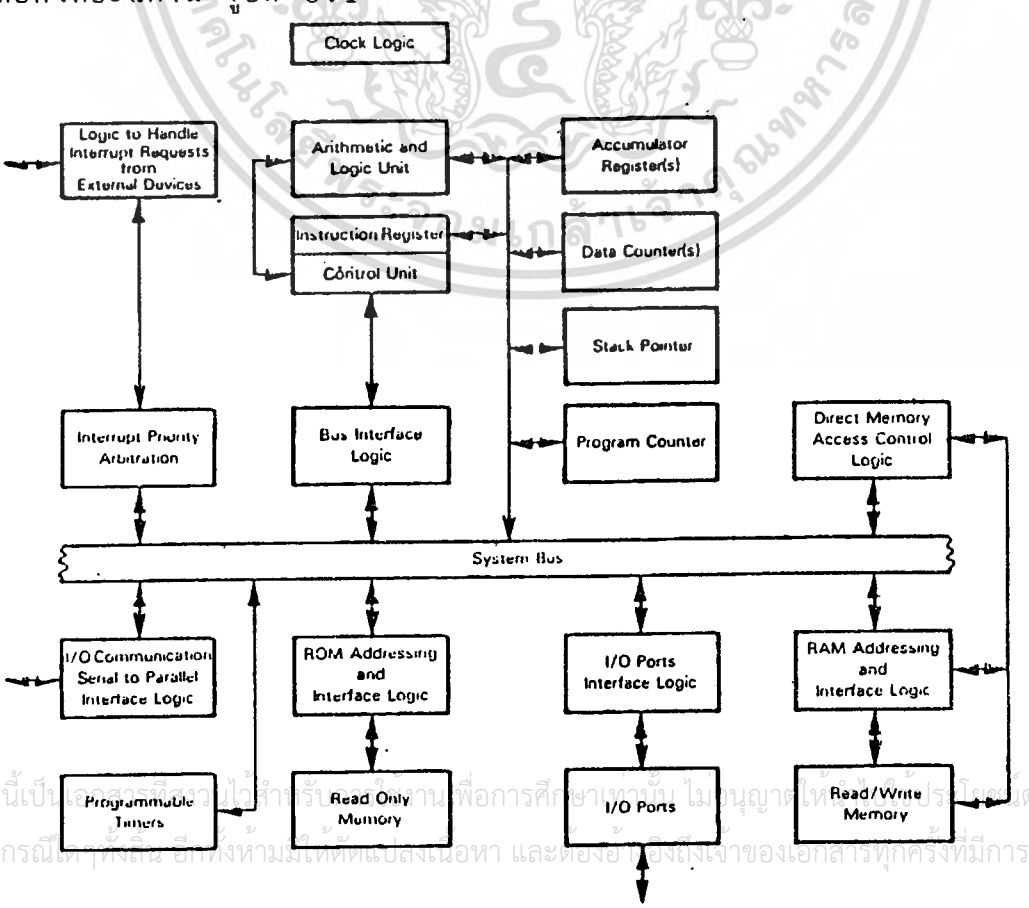
บทที่ 3

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

วงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือนี้เป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (CPU), หน่วยความจำ, หน่วยส่ง และรับสัญญาณ (I/O UNIT) และหน่วยสร้างสัญญาณนาฬิกา การนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งานสูง พร้อมทั้งประสิทธิภาพการทำงานขึ้นกับการจัดทำมอนิเตอร์โปรแกรมโดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนอื่นๆเลย สำหรับโครงงานนี้เราเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 เนื่องมาจากว่าหาได้ง่ายในท้องตลาด

3.1 หน่วยประมวลผลกลาง Z80 CPU

การนำเอา Z80 CPUมาใช้งานนั้นง่ายต่อการออกแบบ และการนำเอาอุปกรณ์สนับสนุน (SHIP SUPPORT) มาใช้งานด้วยและสิ่งที่เป็นหัวใจของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ คือหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ซึ่งภายในประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 องค์ประกอบภายในCPUมีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

ARITHMETRICS LOGIC UNIT (ALU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ในการคำนวนฟังก์ชั่นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการกระทำฟังก์ชั่นทางลอจิก

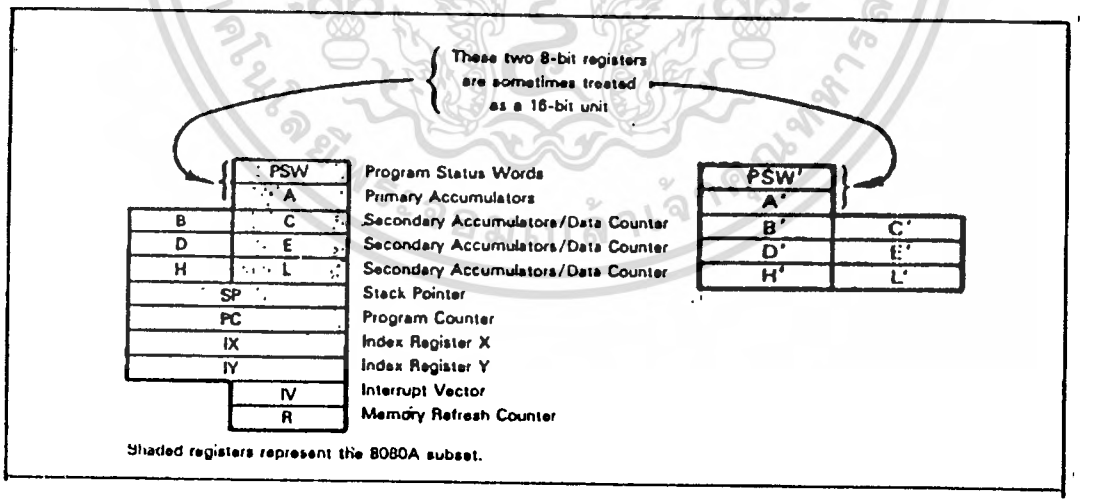
CONTROL UNIT เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง

DATA BUS เป็นบัสสองทิศทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ต่างๆในระบบ

CONTROL BUS เป็นบัสสองทิศทางที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณควบคุมจากCPUไปยังอุปกรณ์ต่างๆในระบบ

ADDRESS BUS เป็นบัสทางเดียวที่ใช้ในการส่งผ่านค่าแอดเดรสจาก CPU ไปยังหน่วยความจำหรือใช้ระบุตำแหน่งของพอร์ท Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงชิ้นเดียวไม่สามารถทำงานเป็นระบบคอมพิวเตอร์ได้จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นๆอีก ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

3.1.2 รีจิสเตอร์ต่างใน Z80 CPU ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ 22 ตัว ดังรูปที่ 3.2



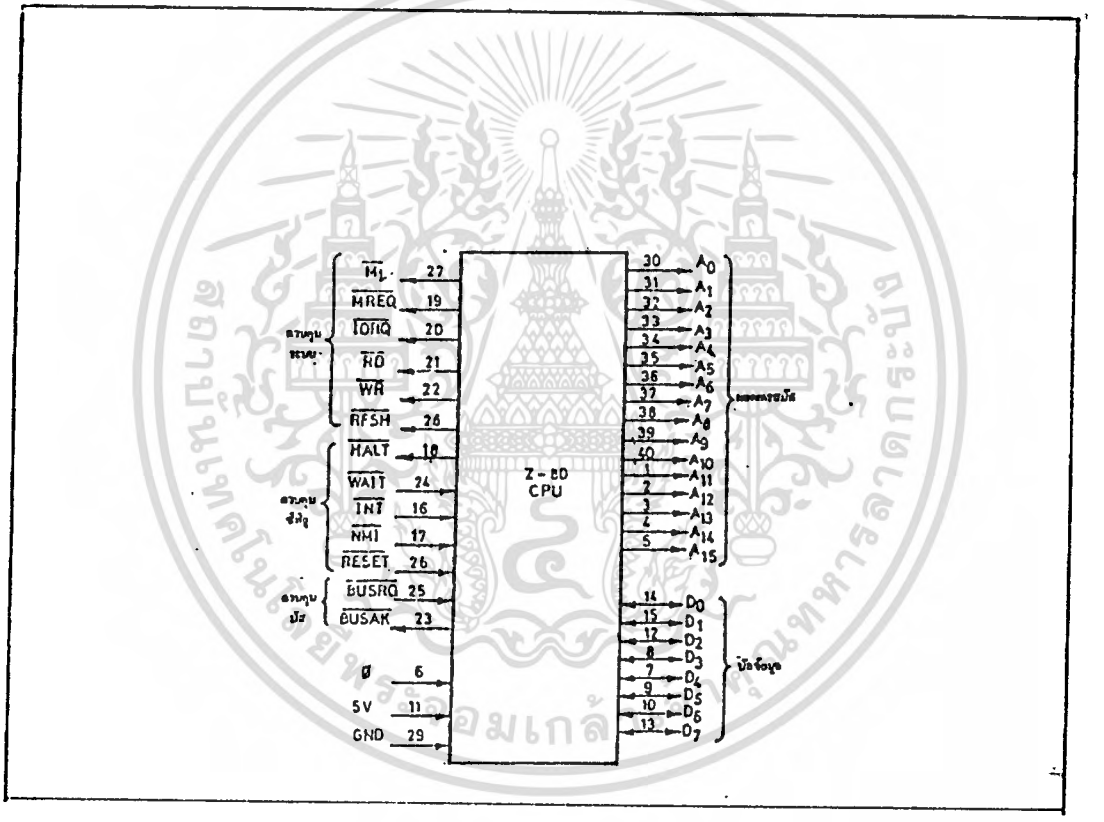
รูปที่ 3.2 แสดงรีจิสเตอร์ต่างๆภายใน Z80

รีจิสเตอร์ภายในซึ่งเป็นความจำแบบ READ/WRITE มีความจุถึง 208 บิทโดยจะเป็นประโยชน์ต่อนักโปรแกรมอย่างมาก รีจิสเตอร์เอนกประสงค์จะถูกแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 6ไบท์ โดยที่อาจจะใช้8บิทหรือจะใช้เป็นคู่รีจิสเตอร์ขนาด16บิทได้ เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

กับแอคคิวมูเลเตอร์ และแฟลกรีจิสเตอร์ซึ่งมี 2 กลุ่ม ผู้โปรแกรมสามารถเลือกใช้รีจิสเตอร์สำรอง นอกจากนี้แล้ว CPU แต่ละตัวยังประกอบด้วย 16บิทสแตคพอยเตอร์ ซึ่งจะอำนวยประโยชน์ในการเขียนโปรแกรม ทำให้สามารถสร้างโครงร่างแบบ SUBROUTINEได้ไม่จำกัด

3.1.3 ลักษณะการจัดขาของ Z80 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 40 ขา การจัดขาแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รายละเอียดของขาต่างแสดงได้ดังนี้

A0 - A15 บัสแอสเดรส เอาท์พุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ HIGH จากA0 - A15 นี้ทำให้ขาแอดเดรสจำนวน 16 ขา สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ถึง64 กิโลไบท์ นอกจากนั้น A0 - A7ยังสามารถใช้เป็นแอดเดรสสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์อินพุต-เอาท์พุตได้ทั้งหมด 256 พอร์ท

D0 - D7 บัสข้อมูลอินพุต- เอาท์พุตแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ HIGH ซึ่งจะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างCPU กับอุปกรณ์ที่ติดต่อด้วย

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1 (MACHINE CYCLE ONE) เอาท์พุต แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้ CPU กำลังอยู่ในสภาวะเฟทช์ออพโคดของคำสั่ง

MREQ (MEMORY REQUEST)เอาท์พุตแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ LOWสัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้ CPU กำลังติดต่อกับหน่วยความจำ

IORQ (INPUT/OUTPUT REQUEST) เป็นเอาท์พุตแบบไตรสเตท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้ CPU กำลังติดต่อกับอุปกรณ์อินพุต-เอาท์พุต

RD (MEMORY READ) เป็นเอาท์พุตแบบไตรสเตท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้ CPU กำลังอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุต-เอาท์พุต

WR(MEMORY WRITE)เป็นเอาท์พุตแบบไตรสเตท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้ CPU กำลังเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุต-เอาท์พุต

INT (INTERUPT REQUEST) อินพุทแอคตีฟขณะ LOW CPU จะทำการตรวจสอบรหัสสัญญาณนี้ทุกๆ การสิ้นสุดของคำสั่งสุดท้าย

NMI (NON MASKABLE INTERRUPT)อินพุท แอคตีฟขณะ LOW เป็นสัญญาณที่มีความสำคัญในขอการอินเตอร์รัพท์สูงกว่าสัญญาณ INT CPU จะทำการตอบรับสัญญาณนี้เสมอ

RESET อินพุท แอคทีฟขณะ LOW จะมีผลดังนี้

- ค่าโปรแกรมเคาว์เตอร์ 0000H
- IFF(INTERRUPT FLIP-FLOP) จะได้รับการ RESET
- รีจิสเตอร์ I จะมีค่า 00H
- รีจิสเตอร์ R จะมีค่า 00H
- จะมีการเซ็ทอินเตอร์รัพท์โหมด มาอยู่ในโหมด 0

3.1.4 ชุดคำสั่งของZ80

ภาษาเครื่อง หรือคำสั่งเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของZ80นั้น สามารถแบ่งเป็นกลุ่ม ตามลักษณะหน้าที่ในการทำงานได้ดังนี้

1.กลุ่มการโหลด และแลกเปลี่ยนข้อมูล (LOAD AND EXCHANGE)

2.กลุ่มการเคลื่อนย้าย และหาข้อมูลเป็น (BLOCK TRANFER AND SEARCH)

3.กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ และลอจิก (ARITHMETRIC AND LOGICAL)

4.กลุ่มคำสั่งการเคลื่อนย้ายข้อมูลเป็นวงรอบ และการชิพท์ (ROTATE AND SHIFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.กลุ่มคำสั่งการกระทำในระดับบิท (BIT MANIPULATION SET RESET TEST)

6.กลุ่มคำสั่งการกระโดด,เรียกโปรแกรมย่อยๆ และการกลับคืน (JUMP , CALL AND RETURN)

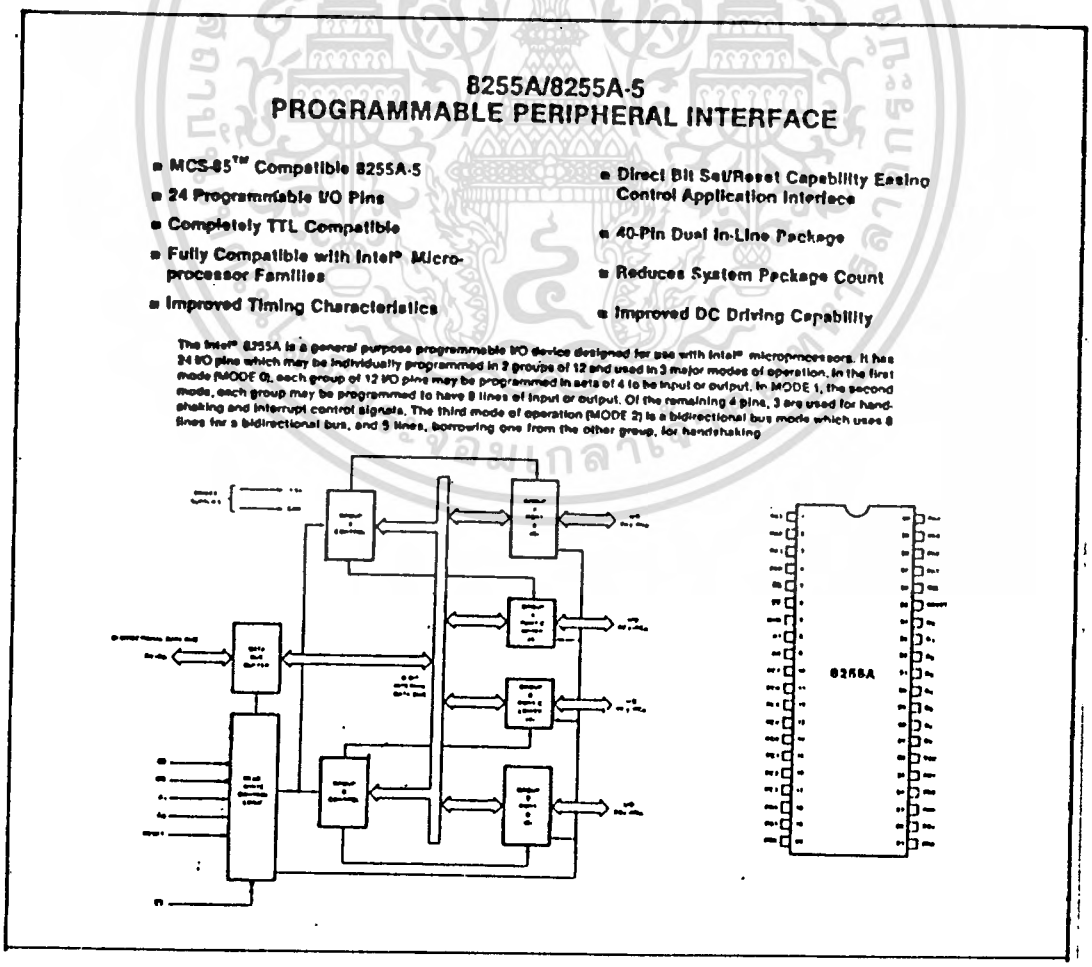
7.กลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับอินพุท-เอาท์พุท (INPUT/OUTPUT)

8.กลุ่มคำสั่งควบคุม CPU(BASIC CPU CONTROL)

รายละเอียดในกลุ่มคำสั่งจะแสดงในภาคผนวก

3.2 8255 PIA (PROGRAMMABLE INTERFACE ADAPTER)

การนำเอา 8255 PIA มาใช้งานเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยให้การติดต่อกับระบบภายนอกของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น


8255A/8255A-5
PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel® Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easing Control Application Interface
- 40-Pin Dual In-Line Package
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability

The Intel® 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel® microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In MODE 1, the second mode, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 5 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.

8255A

รูปที่ 3.4 นี้แสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

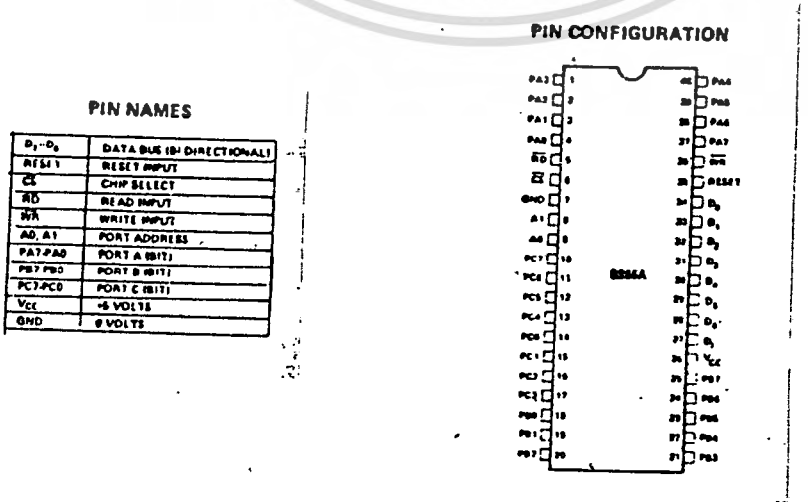
3.2.1 องค์ประกอบภายใน 8255 ซึ่งหน้าที่ของแต่ละบล็อกมีดังต่อไปนี้คือ

บล็อกจำนวน 4 บล็อก ที่อยู่ทางด้านขวาของรูปจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ โดยมีสาย PA0-PA7,PB0-PB7,PC0-PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 I/O พอร์ท ได้แก่พอร์ท A(PA) พอร์ท B(PB) และพอร์ท C(PC) แต่ละพอร์ทสามารถเป็นได้ทั้งอินพุทพอร์ทและเอาท์พุทพอร์ท

บล็อกกลุ่มถัดมาได้แก่GROUP A CONTROLและ GROUP B CONTROLซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทั้ง 3 I/Oพอร์ท(8255 มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันอยู่ 3โหมด สามารถกำหนดได้โดยการโปรแกรมส่งCONTROL WORDให้กับ 8255ซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง) จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าพอร์ท C นี้จะประกอบไปด้วยพอร์ทขนาด 4 บิท 2พอร์ท กลุ่มหนึ่งควบคุมโดย GROUP A CONTROL และอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดยGROUP B CONTROL

บล็อกกลุ่มสุดท้าย DATA BUS BUFFER และ READ/WRITE CONTROL LOGIC ทำหน้าที่ติดต่อกับ CPU

3.2.2การจัดขาของ8255แสดงได้ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการวางตำแหน่งขาของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของแต่ละขามีดังนี้

D0-D7 สายข้อมูลอินพุท-เอาท์พุทแบบสองทิศทาง จะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างพอร์ท ต่างๆ ของ 8255 กับบัสข้อมูลของ Z80

CS(CHIP SELECT INPUT) อินพุท แอคตีฟขณะ LOW ทำให้ CPU สามารถที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ 8255ได้

RD(READ INPUT) อินพุท แอคตีฟขณะ LOW พร้อมทั้งสัญญาณ CS แอคตีฟ จะทำให้ CPU สามารถอ่านข้อมูลจาก 8255ได้ (ในการตั้งชื่อขาสัญญาณนี้จะถือเอา CPU เป็นหลัก)

WR(WRITE INPUT) อินพุท แอคตีฟขณะ LOW พร้อมทั้งสัญญาณ CS แอคตีฟ จะทำให้ข้อมูลจากระบบบัสข้อมูลถูกเขียนเข้าไปยัง 8255 ได้

A0-A1(ADDRESS INPUT) จะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้รีจิสเตอร์ภายในของ 8255

RESET อินพุท แอคตีฟขณะ HIGH ทำให้ทุกๆพอร์ทของ 8255 ถูกเซ็ทให้อยู่ในโหมดอินพุท

PA0-PA7,PB0-PB7 ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้เป็นพอร์ท I/O ขนาด 8บิทใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ

PC0-PC7 ขาสัญญาณนี้ถูกใช้เป็นพอร์ท I/O ขนาด 8 บิท เช่นเดียวกับ PA0-PA7 แต่ขาสัญญาณเหล่านี้ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีขนาด 4 บิท กลุ่มแรกจะใช้ควบคุม PB0-PB7 และกลุ่มที่2ใช้ควบคุม PA0-PA7

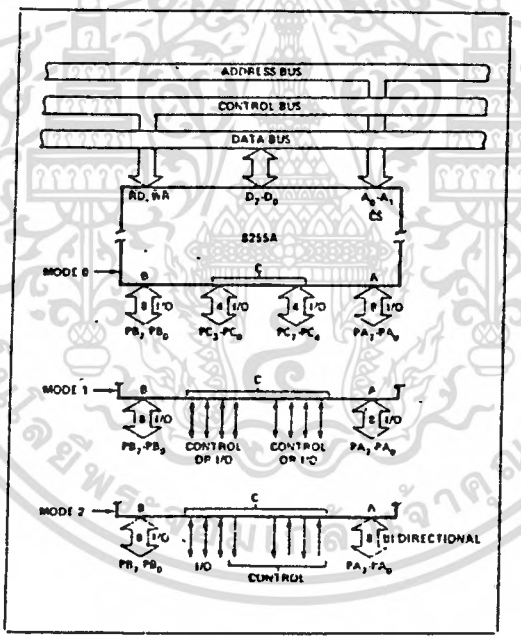
3.2.3 8255 READและ WRITE REGISTER

การโปรแกรมใช้งาน 8255 เพื่อให้ทำงานตามที่ต้องการได้ จะเริ่มต้นพิจารณาที่รีจิสเตอร์ภายใน4ตัวของ 8255 สำหรับในตัวอย่างจะกำหนดตำแหน่งของรีจิสเตอร์อยู่ที่แอดเดรส 10H,11H,12Hและ 13Hซึ่งรายละเอียดของรีจิสเตอร์เหล่านี้มีดังนี้คือ

DEVICE PIN				REGISTER NAME
RD	WR	A1	A0	
1	0	0	0	WRITE PORT A DATA
0	1	0	0	READ PORT A DATA
1	0	0	1	WRITE PORT A DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0	1	0	0	READ PORT A DATA
1	0	0	1	WRITE PORT A DATA
0	1	0	1	READ PORT A DATA
1	0	1	0	WRITE PORT B DATA
0	1	1	0	READ PORT B DATA
1	0	1	1	WRITE PORT C DATA
0	1	1	1	ILLEGAL READ REGISTER



รูปที่ 3.6 แสดงถึงลักษณะการทำงานในแต่ละโหมด
พร้อมทั้งการอินเตอร์เฟสของบัสทั้งหมด

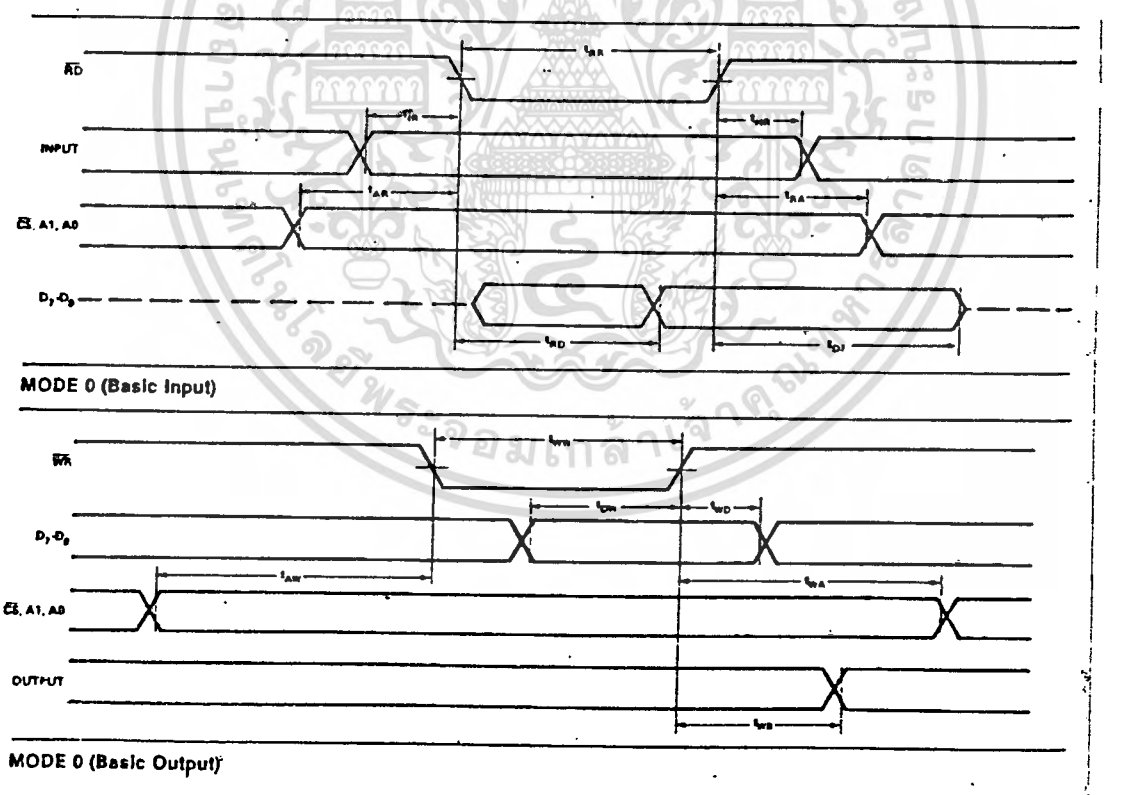
3.2.4 โหมด 0 BASIC REGISTER I/O

ในการเซ็ท 8255ให้อยู่ในโหมด 0 นั้น เราจะต้องส่งคำสั่งควบคุม (CONTROL WORD)ให้แก่รีจิสเตอร์ควบคุมก่อน คำสั่งควบคุมนี้จะกำหนดการทำงานให้แก่ 8255 ในการทำงานในโหมด 0 ของ 8255 นี้อาจจะสั่งให้พอร์ทของ 8255 เป็นอินพุทหรือ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุทก็ได้ อย่างเช่นให้พอร์ท A และพอร์ท C เป็นพอร์ทเอาท์พุทและพอร์ท B เป็นพอร์ทอินพุท เราจะต้องส่งคำสั่งควบคุมให้แก่รีจิสเตอร์ควบคุมในลักษณะดังนี้

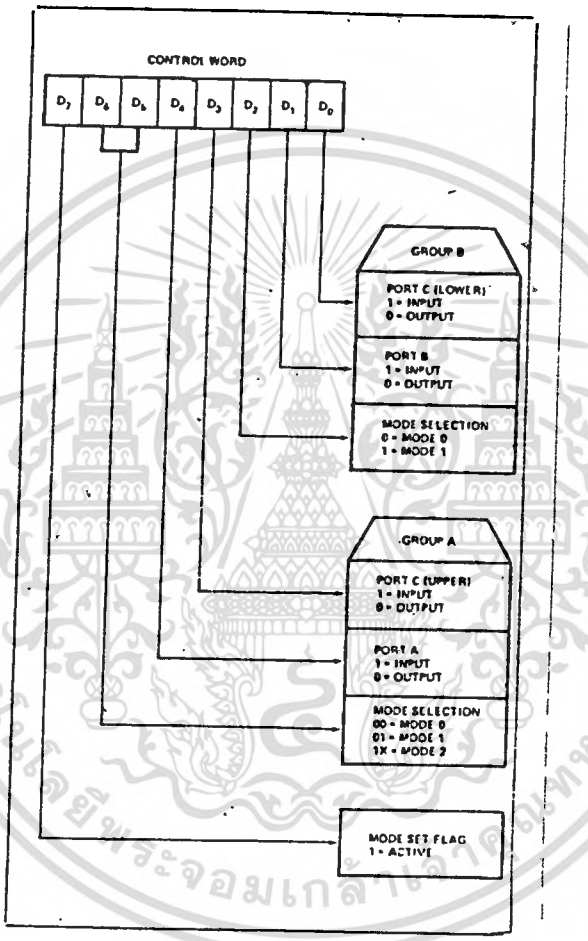
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	1	0



รูปที่ 3.7 แสดงถึงลักษณะสัญญาณควบคุม และแอดเดรสบัส ทั้งอินพุท-เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แสดงถึงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0



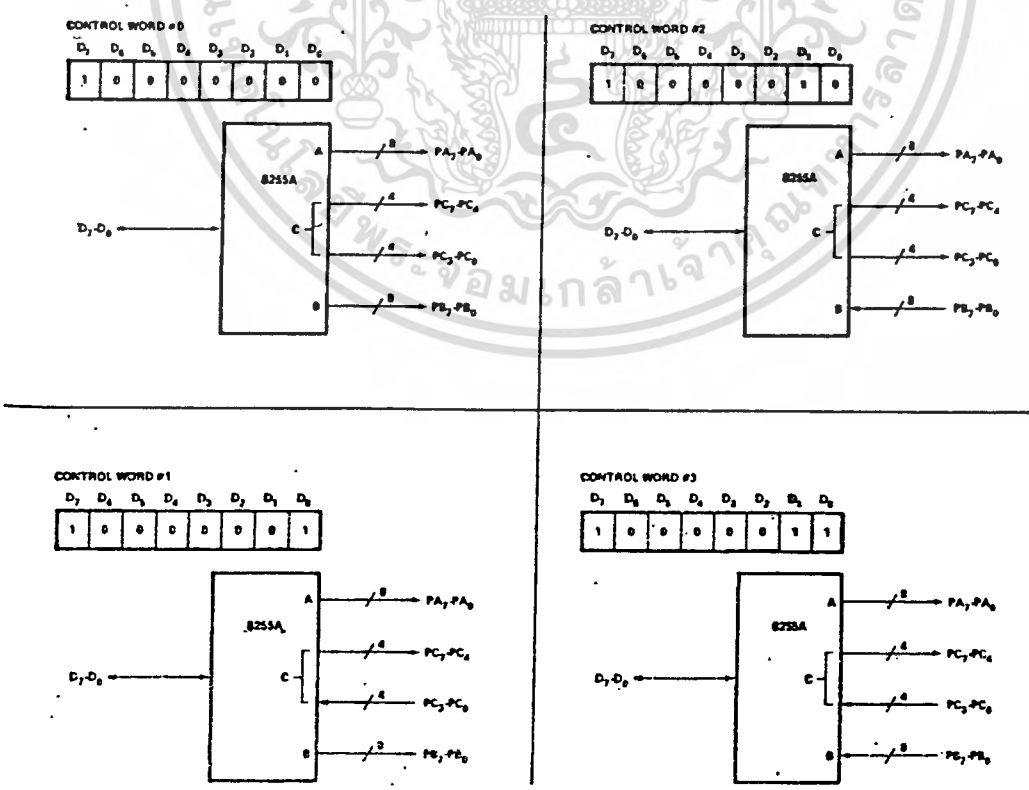
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0

MODE 0 Port Definition

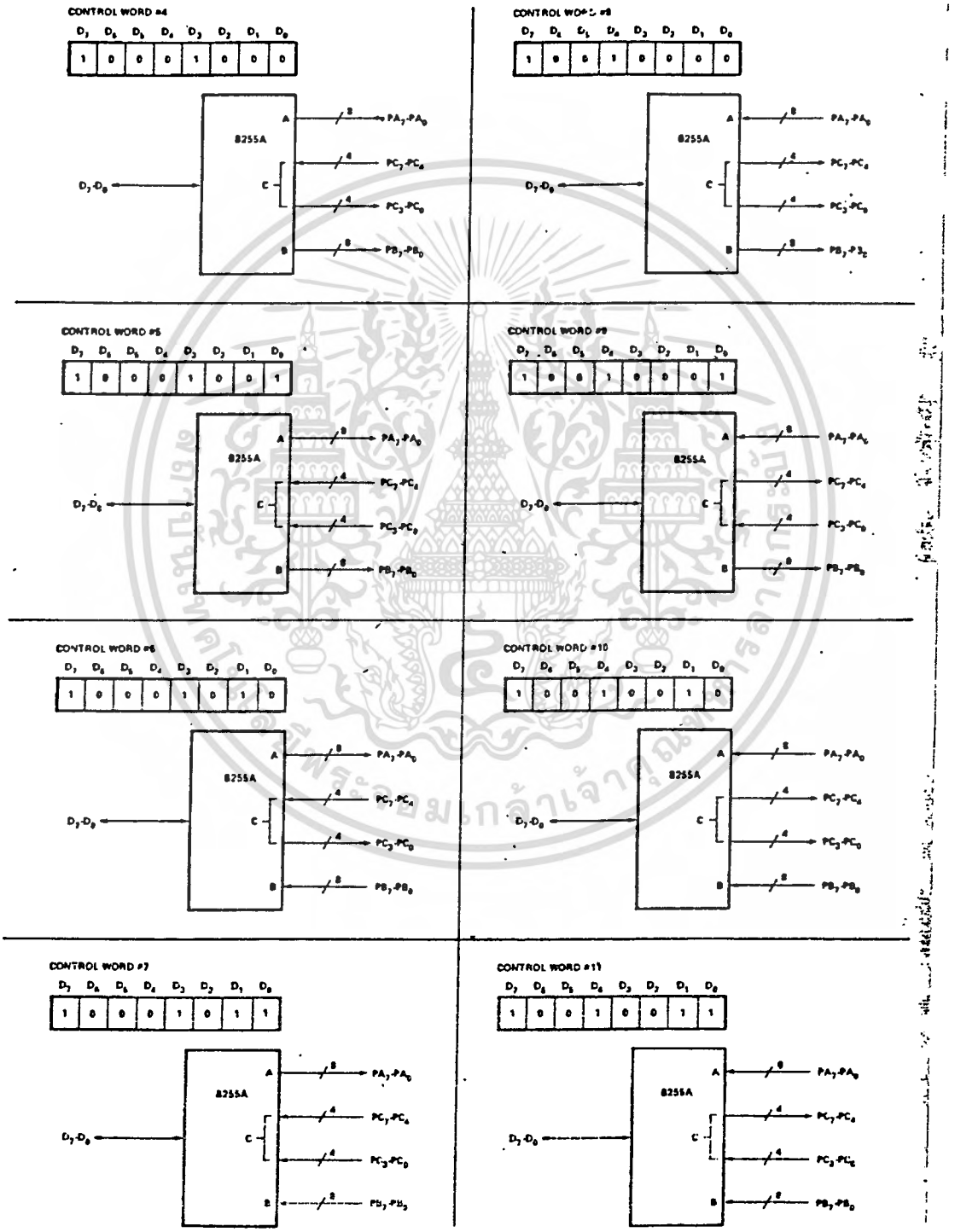
A		B		GROUP A			GROUP B	
D_4	D_3	D_1	D_0	PORT A	PORT C (UPPER)	#	PORT B	PORT C (LOWER)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT

MODE 0 Configurations



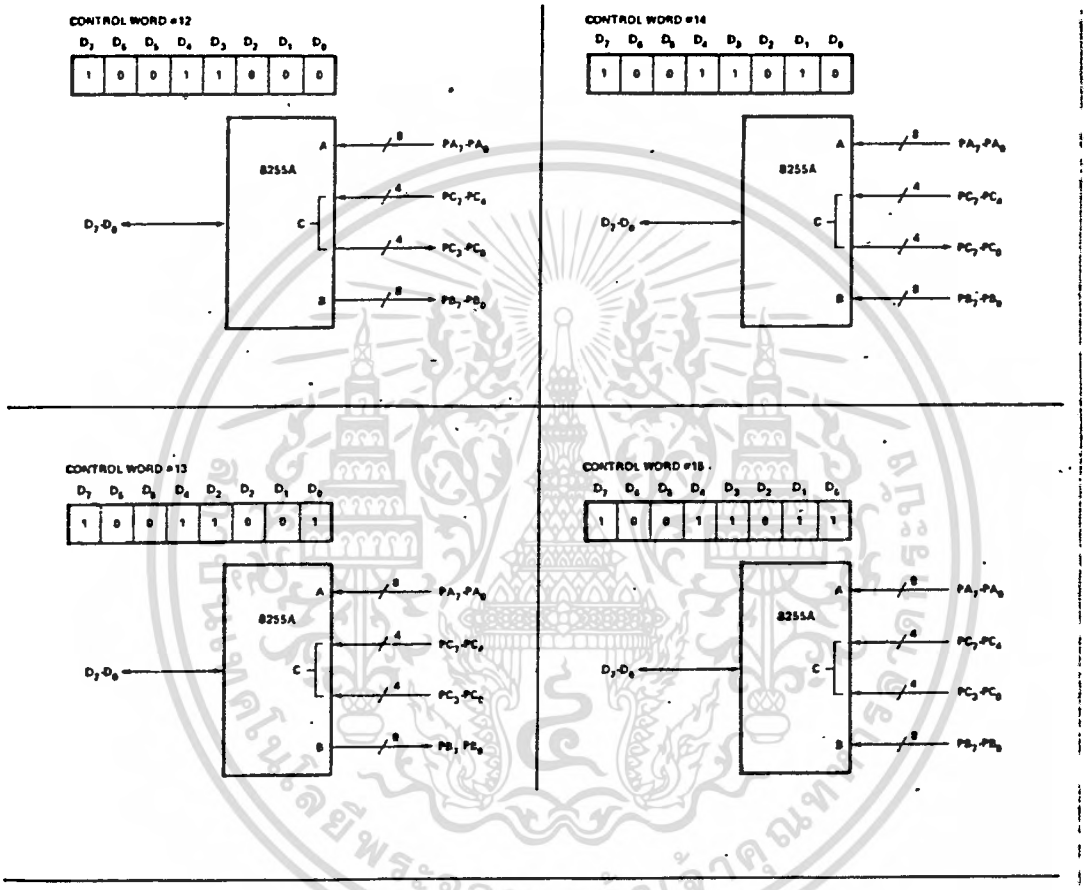
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 (ต่อ) แสดงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 (ต่อ) แสดงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0

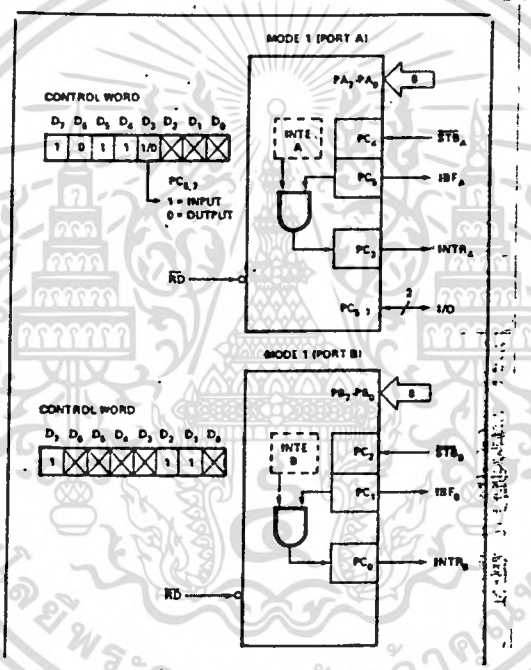


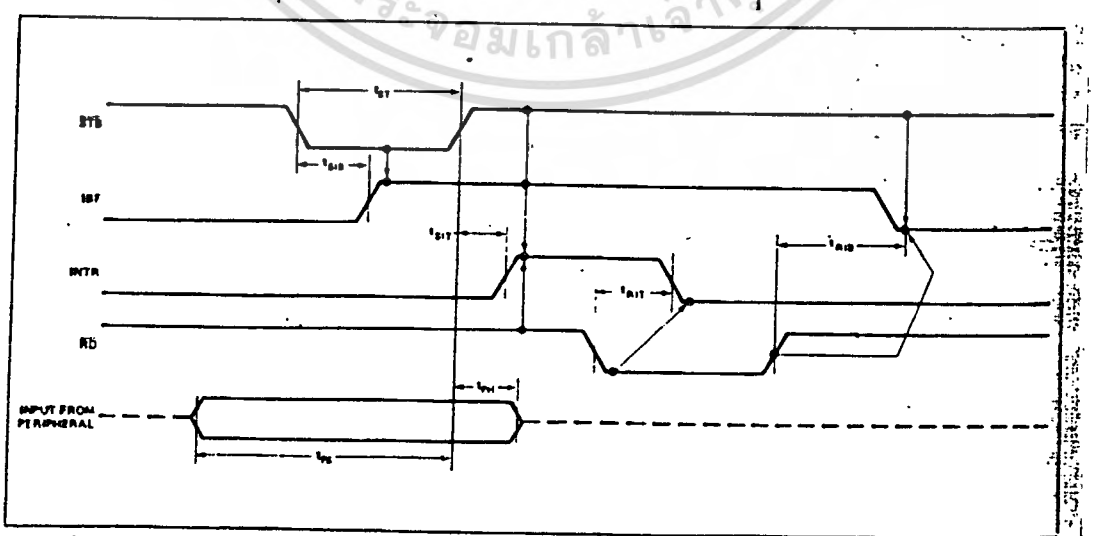
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การใช้งาน 8255ในโหมด 1

การทำงานของ 8255ในโหมด 1 นี้เป็นการทำงานในลักษณะของการ HAND-SHAKE พอร์ท A และพอร์ท B จะเป็นพอร์ทข้อมูล ส่วนพอร์ท Cนี้จะถูกใช้เป็นสัญญาณ HANDSHAKE โดย 4 บน จะเป็นสัญญาณ HANDSHAKE ให้กับพอร์ทAและ4ล่างจะเป็นสัญญาณ HANDSHAKE ให้กับพอร์ท B

หลักการรับส่งข้อมูลในวิธีการของ HANDSHAKE นี้ คือการให้อุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณแสดงสภาวะความพร้อมให้กับ 8255 ทั้งในสภาวะอินพุท-เอาท์พุท ดังแสดงในรูปที่ 3.10

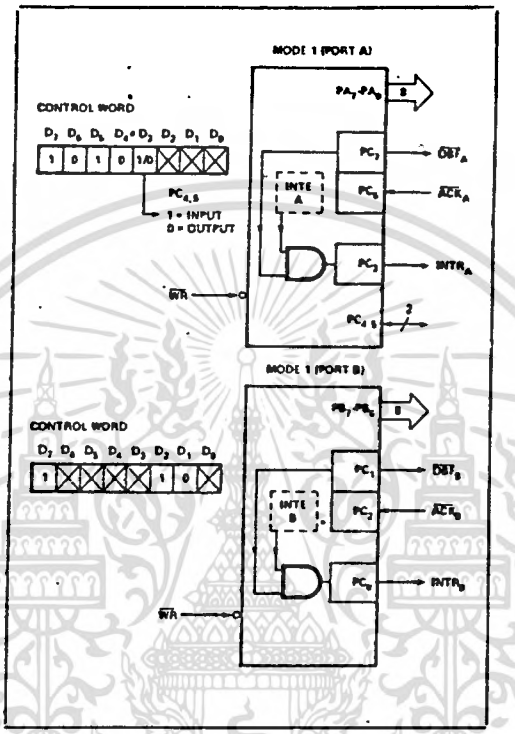


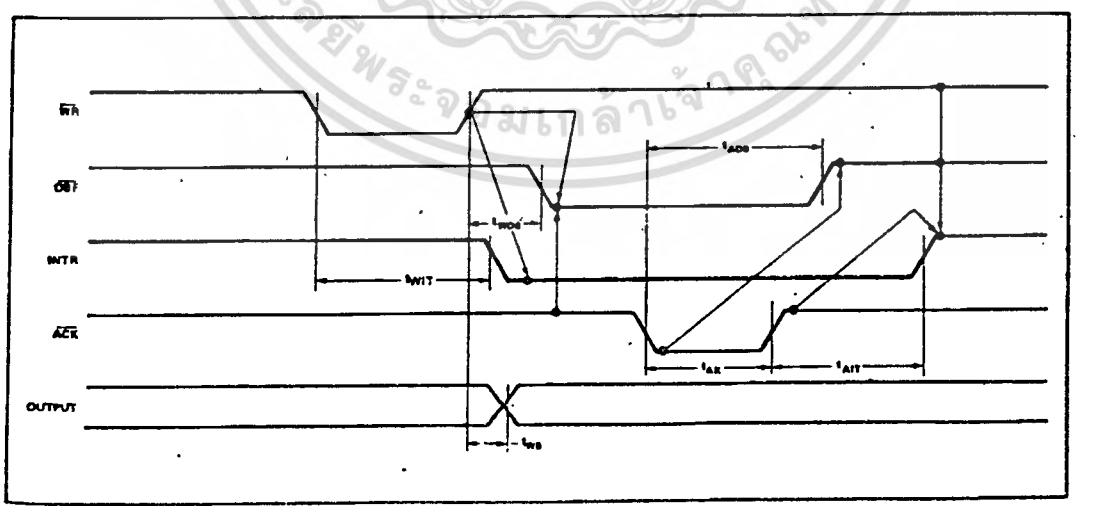


รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอกในลักษณะ HANDSHAKE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 (ต่อ) บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอกในลักษณะ HANDSHAKE





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 10A นี้ ข้อมูลจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าสู่ 8255 ก่อนที่อุปกรณ์ภายนอกจะเขียนข้อมูลให้แก่8255

ในรูปที่ 10B 8255 จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกก่อนที่ 8255 จะส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกนั้นจะต้องเซ็ท OUTPUT BUFFER FULL FLAG เสียก่อน เพื่อบ่งบอกให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าขณะนี้ 8255 มีข้อมูลพร้อมที่จะส่งออกไปให้แล้ว เมื่ออุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณ STROBE รับเอาข้อมูลเข้าไปแล้ว OUTPUT BUFFER FULL FLAG จะเปลี่ยนเป็นเท็จเพื่อบ่งบอกให้อุปกรณ์ภายนอกรู้ว่า ขณะนี้ไม่มีข้อมูลอยู่ใน 8255, Z80 สามารถส่งข้อมูลใหม่ออกไปให้ 8255ได้

วิธีการทำ HANDSHAKE นี้ มีประโยชน์มากในกรณีที่อุปกรณ์ภายนอกทำงานช้ากว่าระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ด้วยวิธีการนี้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถที่จะส่งข้อมูลให้กับ 8255 แล้วไปทำงานอื่นๆได้ จนกว่าข้อมูลภายใน 8255 ถูกส่งออกไปแล้ว Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์จึงจะส่งข้อมูลใหม่ออกไปให้ ต่อไปนี้เราจะพิจารณารายละเอียดของการ HANDSHAKEของ 8255 เพิ่มขึ้น

3.2.6 การใช้งาน 8255ในโหมด 2

การทำงานของ 8255 ในโหมด 2 นี้ จะเป็นการใช้งานในลักษณะที่ให้พอร์ท Aเป็นพอร์ทข้อมูลแบบสองทิศทาง เมื่อ 8255 ถูกโปรแกรมให้พอร์ท A อยู่ในโหมด 2นี้แล้วพอร์ท A จะมีลักษณะการทำงานตามบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.11
การทำงานในโหมดนี้ก็คือ การใช้พอร์ท Aเป็นอินพุทและเอาท์พุทแลทช์ (OUTPUT LATCH) หมายถึง การเก็บข้อมูลไว้เพื่อรออุปกรณ์ภายนอกรับเอาข้อมูลออกไป ส่วนอินพุทแลทช์ (INPUT LATCH) หมายถึงการเก็บข้อมูลที่อุปกรณ์ภายนอกส่งเข้าไป

การใช้งานในโหมด 2 นี้พอร์ท C จะเป็นตัวแสดงสภาวะของสัญญาณดังกล่าว
รายละเอียดของแต่ละบิทในการทำงานแต่ละโหมดจะแสดงดังรูป 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 บล็กไดอะแกรมแสดงการทำงานของพอร์ท A ในโหมด 2

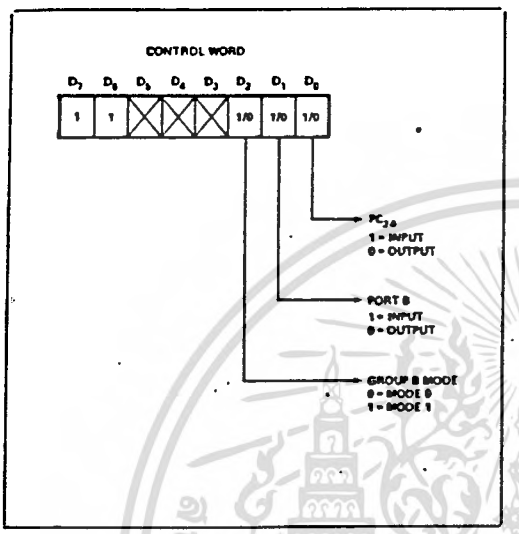


Figure 13. MODE Control Word

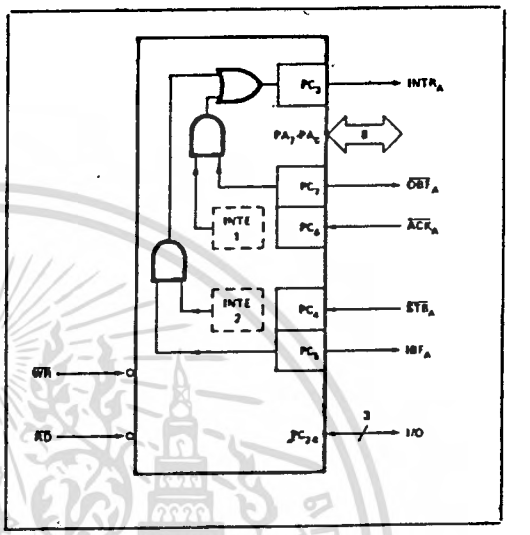


Figure 14. MODE 2

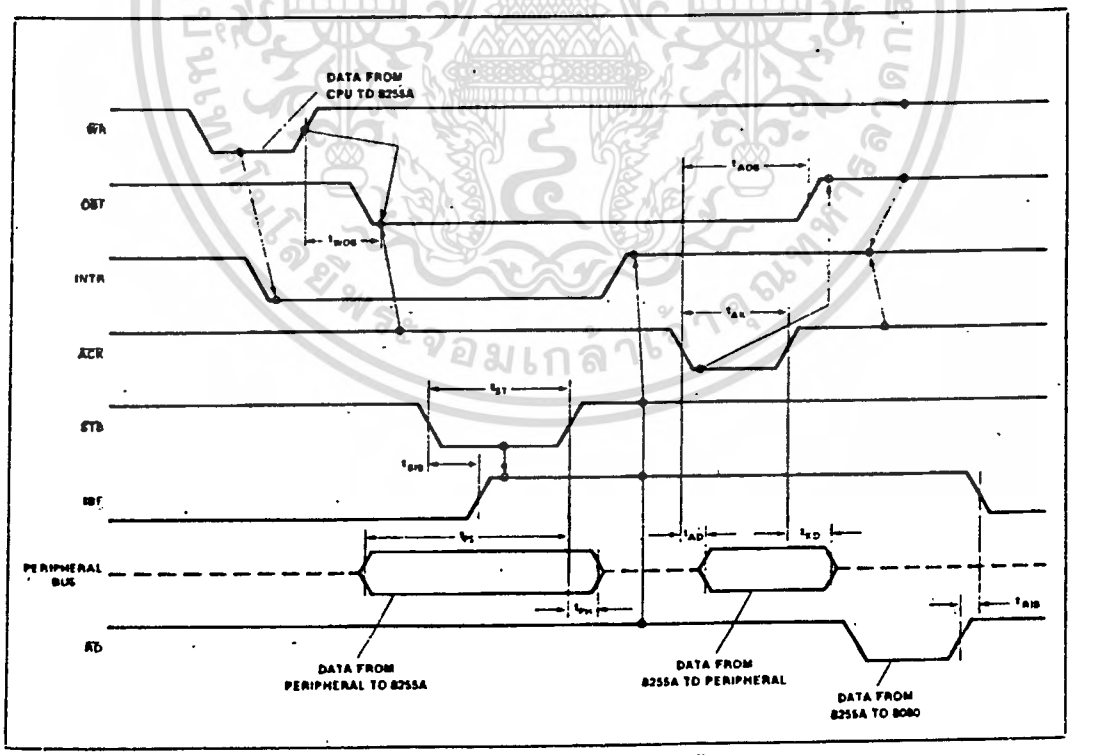


Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

NOTE: Any sequence where $\overline{WR}$ occurs before $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ occurs before $\overline{RD}$ is permissible.
(INTR = IBF • $\overline{MASK}$ • $\overline{STB}$ • $\overline{RD}$ + $\overline{OBF}$ • $\overline{MASK}$ • $\overline{ACK}$ • $\overline{WR}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 แสดงรายละเอียดแต่ละขาของพอร์ท C ในการใช้งานในโหมด 2

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2	
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY	
PA_0	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_1	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_2	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_3	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_4	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_5	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_6	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA_7	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PB_0	IN	OUT	IN	OUT	—	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_1	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_2	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_3	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_4	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_5	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_6	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_7	IN	OUT	IN	OUT	—	
PC_0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O	
PC_1	IN	OUT	IBF_B	$\overline{OBF}_B$	I/O	
PC_2	IN	OUT	$\overline{STB}_B$	$\overline{ACK}_B$	I/O	
PC_3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$	
PC_4	IN	OUT	$\overline{STB}_A$	I/O	$\overline{STB}_A$	
PC_5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A	
PC_6	IN	OUT	I/O	$\overline{ACK}_A$	$\overline{ACK}_A$	
PC_7	IN	OUT	I/O	$\overline{OBF}_A$	$\overline{OBF}_A$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุม

ในการนำ Z80 มาใช้งาน จำเป็นต้องอาศัยวงจรประกอบอื่น ๆ เพื่อช่วยให้ซีพียูทำงาน และติดต่อกับหน่วยอื่นได้ รูปที่ 3.16 แสดงถึงวงจรทั้งหมดของ บอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรสัญญาณนาฬิกา,วงจรถอดรหัส,หน่วยความจำ, หน่วยอินพุท-เอาท์พุทและซีพียู Z80 การติดต่อกับหน่วยความจำทั้งหมด แสดงได้ดังตารางของ MEMORY MAP ในรูปที่ 3.15

การติดต่อกับหน่วยอินพุท-เอาท์พุทใช้ไอซีเบอร์ 8255 หน้าที่การทำงานของ Z80 ไมโครคอมพิวเตอร์ คือการควบคุมให้อุปกรณ์ในส่วนต่าง ๆ ทำงานตามที่โปรแกรมตั้งไว้ ทั้งการแสดงผลในรูปตัวอักษร,ตัวเลข หรือควบคุมการหมุนของ stepper motor

3.4.1 อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

8255 PIA เป็นทั้งอินพุท และ เอาท์พุทบอร์ทเพื่อทำหน้าที่เป็นดิสเพลย์พอร์ท, พอร์ทสแกนคีย์บอร์ด, พอร์ทขับ stepper moter และส่วนรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์

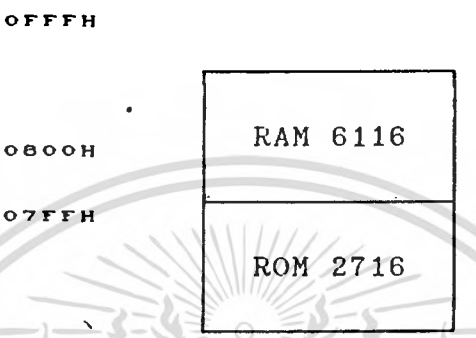
PA0-PA7 เป็นเอาท์พุทพอร์ทรดยที่แต่ละบิทจะควบคุมการขับ stepper moter ให้หมุนบีบสาย และคลายสาย

PB0-PB7 เป็นเอาท์พุทพอร์ท รดยที่แต่ละบิทจะถูก buffer ในการแสดงผลของ seven segment เพื่อแสดงตัวอักษรต่าง ๆ

PC0-PC1 กับ PC4-PC7 ทำหน้าที่ในการตรวจจับการสแกนคีย์โดย PC0-PC1 แต่ละบิทจะควบคุมการขับสัญญาณของ ไอซี 74LS145 ซึ่งทำหน้าที่ในการเลือกหลักที่จะให้การแสดงผลนั้นเกิดขึ้น การเขียนโปรแกรมจะเป็นการควบคุมการสแกนตัวเลข, ตัวอักษรตามต้องการ

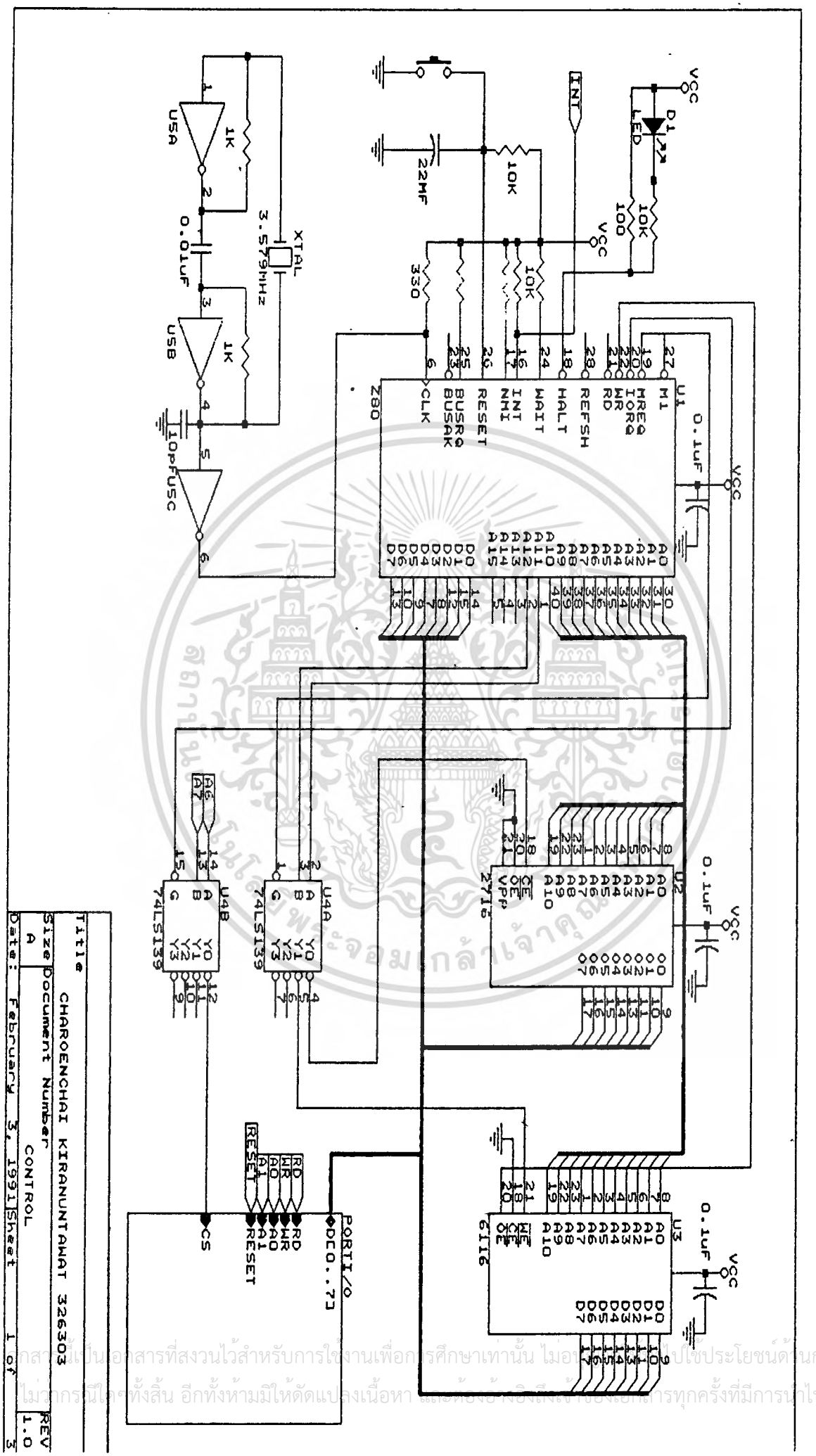
PC7 เป็นบิทอินพุท จะทำการอ่านค่าที่ได้จาก sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ตาราง MEMORY MAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

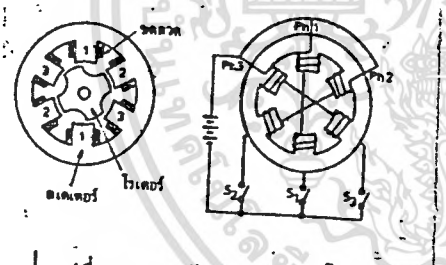
บทที่ 4

การออกแบบควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ,วงจรแสดงผลและคีย์บอร์ด

โครงสร้างและการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ประกอบด้วย สเตเตอร์ ,โรเตอร์ และขดลวดประกอบด้วยกันดังรูปที่ 1 (สมมติเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟส)

เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้ โรเตอร์เป็นเหล็กอ่อน ซึ่งมีคุณสมบัติพยายามปรับตัวเองให้อยู่ในแนวที่เส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุดดังในรูปที่ 2 เมื่อเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์ตัดผ่านโรเตอร์ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านตัวเองมากที่สุด โดยการหมุนตัวเอง ทำให้เกิดมุมของการหมุนขึ้น และมอเตอร์จะหยุดหมุนเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่านตัวมันถึงจุดที่มากที่สุด



รูปที่ 1 ภาพหน้าตัดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส

รูปที่ 2 เส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด

การทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนก็ทำได้โดยอาศัยหลักการนี้แต่ต้องให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยรับช่วงต่อกันไปเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 3 ก.,ข.และ ค. ซึ่งแสดงถึงการหมุนของมอเตอร์ โดยทิศทางขึ้นอยู่กับการขับกระแสเข้าขดลวดว่าจะให้ไปทางไหน และเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุด ก็หยุดการขับโรเตอร์ มอเตอร์ก็จะหยุด ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่มีการขับที่สเตเตอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถรู้ตำแหน่งของมอเตอร์ได้ โดยการนับจำนวนพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์โดยใช้สูตร

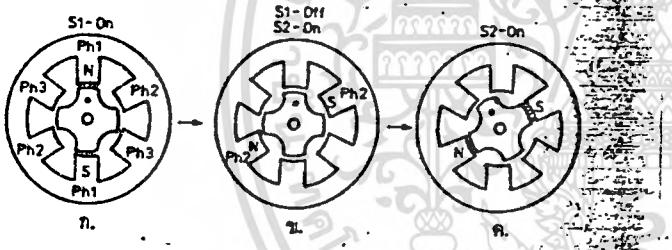
มุมที่เปลี่ยนไป = ค่ามุมต่อสเต็ป x จำนวนพัลส์ที่ป้อนให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

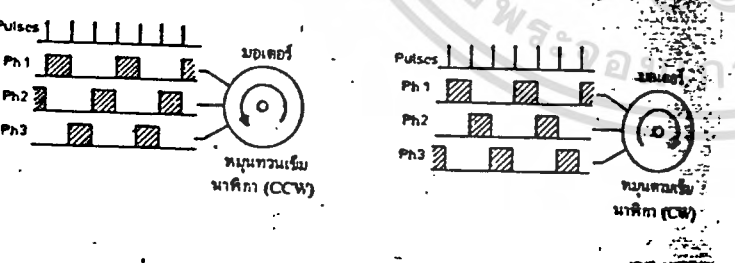
การกระตุ้นเฟสขดลวดสเตเตอร์

ดังที่รู้กันแล้วว่าในการทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้นั้นจะต้องกระตุ้นเฟสของขดลวดสเตเตอร์ให้เรียงกันไปเรื่อย ๆ ทางใดทางหนึ่ง ถ้าต้องการให้หมุนกลับก็กระตุ้นเฟสในทิศทางกลับกัน ซึ่งการกระตุ้นเฟสของสเตเตอร์มีอยู่ 3 แบบ คือ

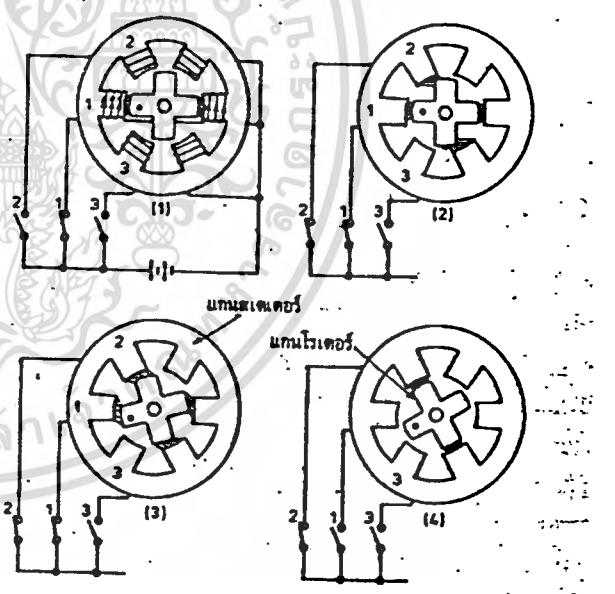
1. การกระตุ้นเฟสเดียวเรียกว่า single phase excitation
2. การกระตุ้นสองเฟสเรียกว่า แบบ two phase excitation
3. การกระตุ้นโดยใช้ แบบ 1 และ 2 สลับกันเรียกว่า แบบ one-two-phase excitation หรือ แบบ half step operation



รูปที่ 3 แสดงการเคลื่อนที่ทีละสเต็ป เมื่อกระตุ้นเฟส 1 เฟส 2



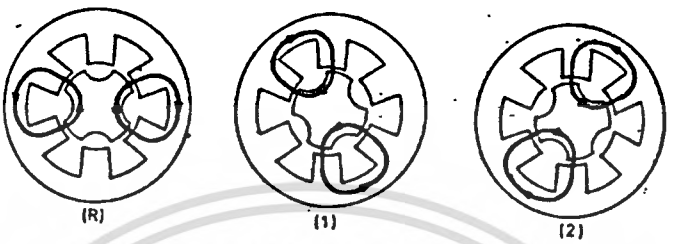
รูปที่ 4 แสดงการกระตุ้น แบบเดินหน้าและถอยหลัง



รูปที่ 5 แสดงการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในการขับแบบกระตุ้น 2 เฟส เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ผ่านแกนเหล็กเป็นเส้นตรงเลยทีเดียวเหมือนแบบกระตุ้นเฟสเดียว แต่จะวกกลับมาเข้าสู่แกนทางด้านข้างๆดังรูปที่ 9 และเส้นแรงแม่เหล็กส่วนหนึ่งจะมาจากแกนตรงข้าม ดังรูปที่ 10

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 เส้นแรงแม่เหล็กเมื่อขับแบบ 2 เฟส

สัญญาณนาฬิกาที่	R	1	2	3	4	5	6	7	8
เฟสที่ 1	■			■			■		
เฟสที่ 2		■			■			■	
เฟสที่ 3			■			■			■

รูปที่ 6 แสดงการกระตุ้นแบบเฟสเดียว

สัญญาณนาฬิกาที่	R	1	2	3	4	5	6	7	8
เฟสที่ 1	■	■		■	■		■	■	
เฟสที่ 2		■	■	■	■	■		■	
เฟสที่ 3			■	■		■	■		

รูปที่ 7 แสดงการกระตุ้นแบบสองเฟส

สัญญาณนาฬิกาที่	R	1	2	3	4	5	6	7	8
เฟสที่ 1	■	■					■	■	■
เฟสที่ 2		■	■	■					■
เฟสที่ 3				■	■	■			

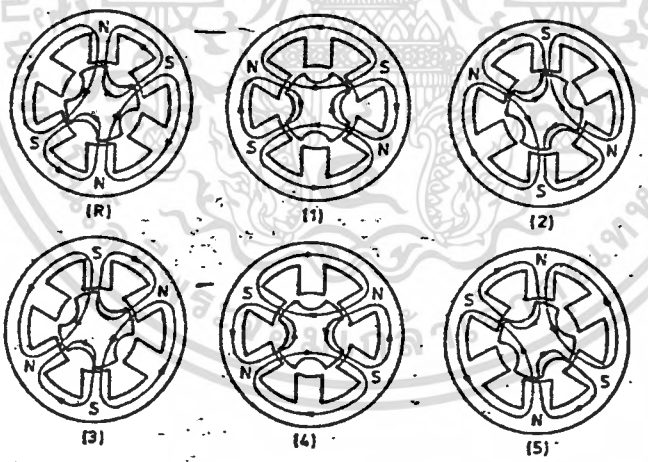
รูปที่ 8 แสดงการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แบบกระตุ้น 2 เฟสนี้จะมีลักษณะเดียวกันกับการขับแบบกระตุ้นเฟสเดียว แต่ในการกระตุ้นแต่ละครั้งนั้นจะกระตุ้นทีเดียวพร้อมกันทั้ง 2 เฟส จะต่างกันก็ตรงที่ การขับแบบ 2 เฟส เข้าตำแหน่งแต่ละสเต็ปได้เร็วกว่าแบบเฟสเดียว และแรงบิดมากกว่าการขับแบบเฟสเดียวด้วย ดังนั้นในโครงงานนี้จึงใช้การขับแบบกระตุ้นสองเฟส

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดออสซิลเลตของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ความเร็วของการหมุน ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นลิเนียร์ กับความถี่ที่ป้อนให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ แต่เมื่อเราป้อนความถี่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงความถี่ค่าหนึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน เนื่องจากการที่โรเตอร์หมุนตามพลักซ์แม่เหล็กไม่ทัน เราเรียกว่า มอเตอร์เกิดการออสซิลเลต ซึ่งมอเตอร์แต่ละตัวจะออสซิลเลต ที่ความถี่ต่างกันไป โดยทั่วไปจะออสซิลเลต ที่ความถี่ประมาณ 500 Hz ในการขับแบบกระตุ้น 1 หรือ 2 เฟส และจะมีความถี่ประมาณ 1 kHz เมื่อขับแบบครึ่งสเต็ป แต่เมื่อลดความถี่ให้ต่ำลงมอเตอร์จะไม่หมุนทันที และเมื่อความถี่ลดลงจนถึงความถี่หนึ่ง มอเตอร์จึงจะเริ่มหมุนอีกครั้ง นั่นก็คือ มอเตอร์มีฮิสเทอรีซิส ซึ่งมอเตอร์จะเริ่มหมุนที่ความถี่ประมาณ 200 Hz ในการขับแบบ 1 หรือ 2 เฟส และมีความถี่ประมาณ 150 Hz เมื่อขับแบบครึ่งสเต็ป



รูปที่ 10 ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อขับแบบ 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จากวงจร เราใช้พอร์ท A ของ 8255 เป็นสัญญาณต่อไปเข้าทรานซิสเตอร์ Q1-Q8 ทำการขยายกระแสให้สูงขึ้น เพื่อนำไปขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้บิดสาย หรือคลายสาย โดยมีไดโอด 1N40001 ต่อไว้เพื่อกันแรงดันย้อนกลับ ที่เกิดจากขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดและ LED 7 SEGMENT

การเชื่อมต่อกับ 7-SEGMENT จะใช้พอร์ท P ทั้งหมดเป็นส่วนแสดงผล โดยมีการใช้งานร่วมกับพอร์ท C โดยเป็นการเลือกหลักที่จะติดสว่าง การใช้งานจะใช้โดยการเขียนซอฟต์แวร์

การต่อคีย์จำนวน 12 คีย์ จะต่อแบบแมททริก ทำให้โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ง่ายมาก ข้อยุ่งยากบางอย่างลดลงไปได้มาก เพราะสามารถใช้วิธีการทางซอฟท์แวร์แทนได้หมด โครงสร้างการต่อคีย์บอร์ดแสดงให้เห็นในวงจรภาค DISPLAY

จากวงจรใช้พอร์ท PC0-PC1 เป็นเอาท์พุทพอร์ท ส่วนพอร์ท PC4-PC7 เป็นอินพุทพอร์ท โดยที่ PC0-PC1 ถูกดีโคดโดย 74LS145 จาก 2 เป็น 4 ฉะนั้นจะมีจำนวนคีย์ทั้งหมดเท่ากับ 4*3 = 12 คีย์

หลักการทำงาน คือ เราจะให้โปรแกรมทำการสแกน โดยการตรวจสอบบิทที่4,5,6 ของพอร์ C ซึ่งจะมีการทดสอบดังนี้

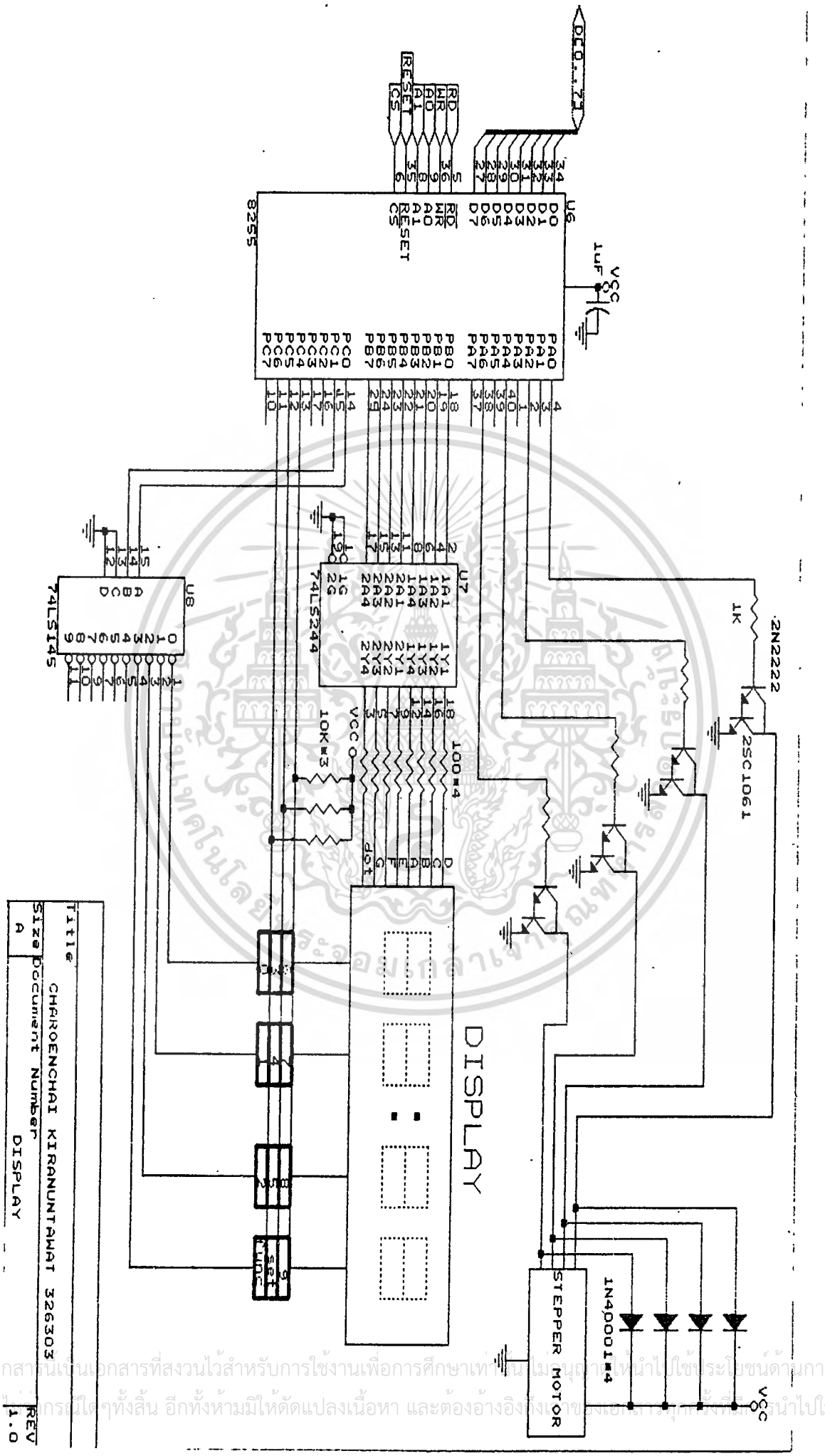
จากวงจรจะเห็นว่า บิทที่ 4,5,6 จะเป็น HIGH ตลอด เพราะมีการต่ออยู่กับ VCC โดยการผ่าน R 10K ดังนั้น ในสภาวะที่ไม่มีการกดคีย์ ค่าที่อ่านได้จากแต่ละคอลัมน์เป็น HIGH บิทที่ 4,5,6 ซึ่งถ้ามีบิทใดบิทหนึ่งเป็น LOW แสดงว่ามีการกดคีย์

ในตอนแรกของโปรแกรมจะต้องมีการเลือกหลักในการอ่านค่าก่อน คล้ายกับการโปรแกรม การสแกนดิสเพลย์ เช่น OUT(81H),A เมื่อ A = 0 จะเป็นการเลือกแถวแรก ดังนั้น ถ้ามีการอินพุทค่าเข้ามา จะเป็นการเช็คการกดคีย์ 0,3,6

ทำการอินพุทค่าจากพอร์ท (82H) เข้ามาไว้ใน A ซึ่งถ้าให้แถวที่ 2 ทำงาน ก็จะเป็นการตรวจการกดคีย์ 1,4,7 เป็นต้น

เมื่อมีการตรวจเช็คได้แล้วว่า มีการกดคีย์ เราก็สามารถที่จะรู้ว่า ผู้ใช้กดคีย์ไหน เนื่องจากเรารู้หลักที่ติด และรู้ตำแหน่งของคีย์ เช่น ถ้าให้หลักแรกติด และบิทที่ 5 ของพอร์ทเบอร์ 82H มีค่าเป็น LOW ดังนั้น ก็รู้ว่า มีการกดคีย์เลข 3

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน

ส่วนซอฟ์ทแวร์จะแยกอธิบายแต่ละส่วนตามโฟล์วชาร์ท เพราะว่ามีความสัมพันธ์กันหมด โดยจะแบ่งเป็นส่วนๆได้ดังนี้

- ส่วนของ MAIN PROGRAM
- ส่วนของ SCAN KEY
- ส่วนบริการ INTERUPT
- ส่วนบริการ DRIVE STEPPER MOTOR ให้บีบสาย
- ส่วนบริการ DRIVE STEPPER MOTOR ให้คลายสาย

ตอนแรกจะอธิบายที่ MAIN PROGRAM ก่อน ขอให้ดูโฟล์วชาร์ทประกอบด้วย เริ่มต้นจากการอ่านค่าทางคีย์บอร์ด ให้เป็นตัวแปร X โดยค่าที่ป้อนเข้าไปจะอยู่ในช่วง 10-99 หยดต่อนาที เมื่อได้แล้วจะนำไปคำนวนเป็นคาบเวลา ที่จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบ CAL_P = 1/x * 6000 mS แล้วเก็บค่าไว้ในรีจิสเตอร์ HL ต่อไปอ่านค่าที่ PC7 โดยมีฐานเวลา 10 mS เป็นตัวสุ่มขึ้นมา ค่าที่ได้จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ BC ซึ่งมีชื่อตัวแปรว่า READ_N ต่อมานำค่า CAL_P - READ_N ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเท่าไร

ถ้า CAL_P > READ_N, STEPPING MOTOR จะทำการหมุนไปบีบสาย เพื่อทำให้คาบเวลาระหว่างหยดต่อหยดมีค่ามากขึ้น โดยจำนวน STEP ในการบีบสายจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่า CAL_P - READ_N ถ้ามีความแตกต่างมากก็จะทำการบีบสายมาก แต่ถ้ามีความแตกต่างน้อยก็จะบีบสายน้อย จนกว่าค่า CAL_P = READ_N ก็จะหยุดการทำงาน

ถ้า CAL_P < READ_N STEPPING MOTOR จะทำการหมุนไปคลายสาย เพื่อทำให้คาบเวลาระหว่างหยดต่อหยดมีค่าน้อยลง โดยจำนวนSTEP ในการคลายสายจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่า CAL_P - READ_N ถ้ามีความแตกต่างมากก็จะทำการคลายสายมาก แต่ถ้ามีความแตกต่างน้อยก็จะคลายสายน้อย จนกว่าค่า CAL_P = READ_N ก็จะหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ CAL_P = READ_N ก็จะมีตัวเช็คว่า จำนวนครั้งที่เท่ากันนั้นมีกี่ครั้ง ถ้ามีมากกว่า 10 ครั้งก็จะทำการ OFF คือจะหยุดการหมุนของ STEPPING MOTOR ณ จุดนี้ถือว่าเครื่องได้ทำงานตามที่สร้างไว้ทุกประการ ถ้ามีการต่อเติมก็สามารถเขียนโปรแกรมได้

รูทีนการ SCAN KEY

หลังจากที่ทำการเปิดเครื่อง จะมีการ SET ค่าต่างๆไว้ตอนเริ่มต้นแล้วทำการหมุน STEPPING MOTOR กลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นจะเริ่มการ SCANKEY ตอนนี้จะอธิบายการทำงานของการ SCANKEY โดยดูโฟล์วชาร์ทด้วย

ตอนแรก เริ่มเช็คว่ามีการกดคีย์ ว่าเป็นคีย์ FUNCTION หรือเป็นคีย์ DATA ถ้ากดคีย์ 0-9 แสดงว่าเป็นคีย์ DATA ก็จะทำการเรียก SUBRUTINE KEY1 ซึ่งเสร็จจาก SUBRUTINE KEY1 ก็ จะทำเรียก SUBRUTINE DISPLAY - รูทีนนี้จะทำการแสดงค่าตัวเลขที่เพิ่งกดไปเมื่อกี้นี้ ตัวนี้เป็นหลักแรกส่วนหลักต่อไปจะก็จะทำงานเหมือนหลักแรกเพียงแต่ว่าแสดงผลตำแหน่งที่สองเท่านั้น

ต่อมาว่าเช็คว่ามีการกดคีย์ FUNCTION หรือเปล่า ถ้าใช่ก็จะแสดงว่า"fun" แล้วรอการกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งไหนเท่านั้น ถ้ากดคีย์ SILENT เครื่องจะหยุดทำงาน ถ้ากดคีย์ STOP เครื่องจะทำการคลายสายให้มาอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น ถ้ากดคีย์ OK เครื่องจะเริ่มทำงานตามที่เราต้องการ

INTERUPT SERVICE RUTINE

เมื่อมีหยดน้ำหยดลงมาผ่าน SENSOR จะเกิดการ INTERUPT เพื่อทำการนับค่าคาบเวลาที่ PC7 จนกว่า PC7="0" แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณไว้ แล้วนำค่าที่ได้มาขับ STEPPER MOTOR ให้หมุนบีบสายหรือคลายสาย

ขอให้ดูจากโฟล์วชาร์ท เมื่อเกิดการ INTERUPT, COUNTER=0 ต่อมาอ่านค่าที่PC7 แล้วเช็คดูว่าเป็น"1"หรือเปล่า ถ้าเป็น"1"COUNTERก็จะทำการเพิ่มค่าขึ้นหนึ่งจนกว่าPC7เป็น"0" จึงจะหยุดนับ เราจะนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUBRUTINE บีบสาย

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 30H หรือ 45 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 10 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 20H หรือ 30 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 6 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 10H หรือ 15 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 4 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 5H หรือ 5 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 10 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างน้อยกว่า 5H หรือ 5 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 10 STEP

จำนวน STEPเก็บค่าไว้ใน B ส่วน A=E0Hเป็นการตั้งค่าเริ่มต้นในการหมุน การหมุนจะหมุนข้อมูล A ไปทางขวา โดยใช้คำสั่ง RRCA ทำจนกระทั่ง B=0

SUBRUTINE คลายสาย

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 30H หรือ 45 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 10 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 20H หรือ 30 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 6 STEP

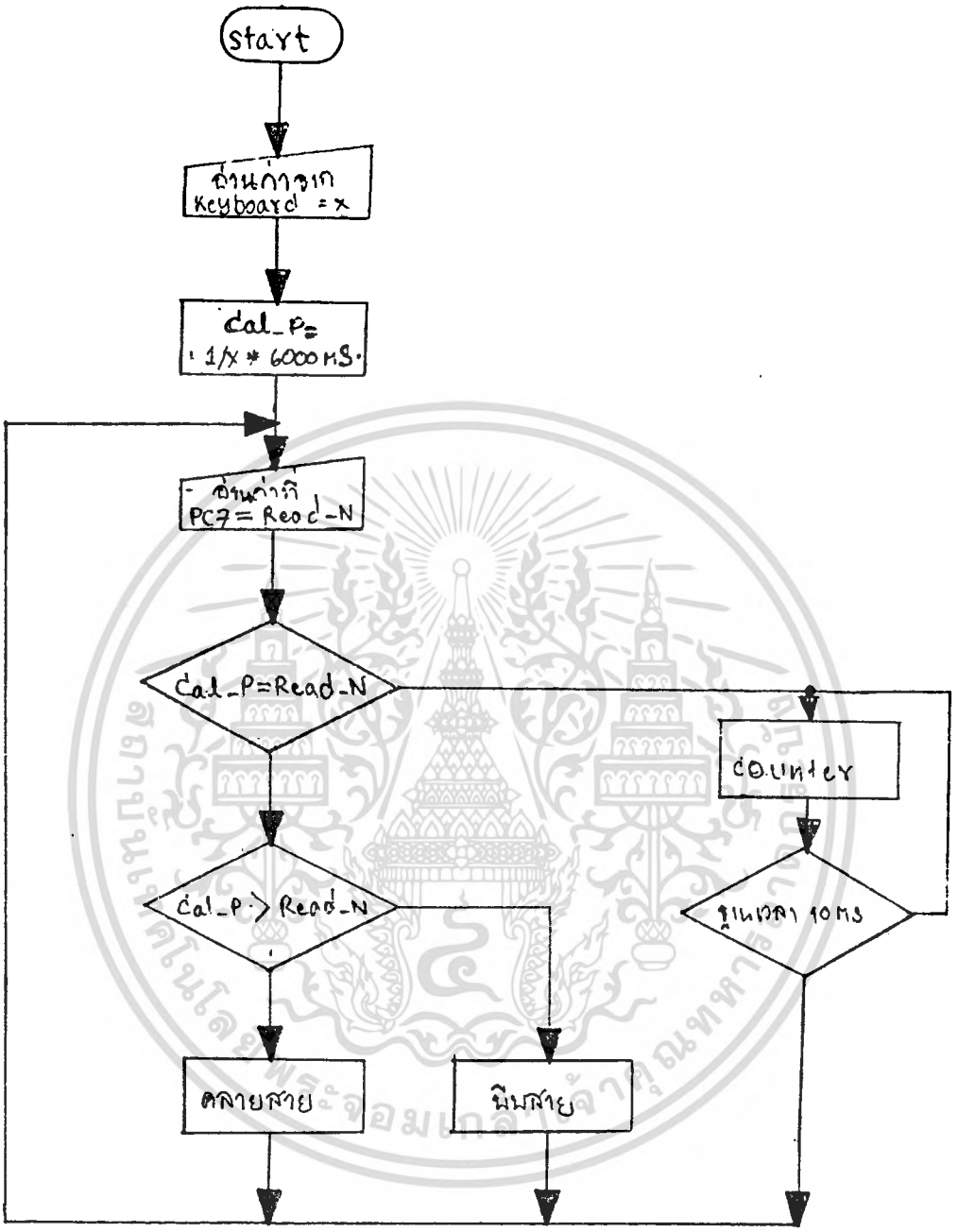
ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 10H หรือ 15 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 4 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างมากกว่า 5H หรือ 5 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 10 STEP

ถ้าค่า CAL_P-READ_N มีค่าความแตกต่างน้อยกว่า 5H หรือ 5 mS จะทำการหมุน STEPPER MOTOR จำนวน 10 STEP

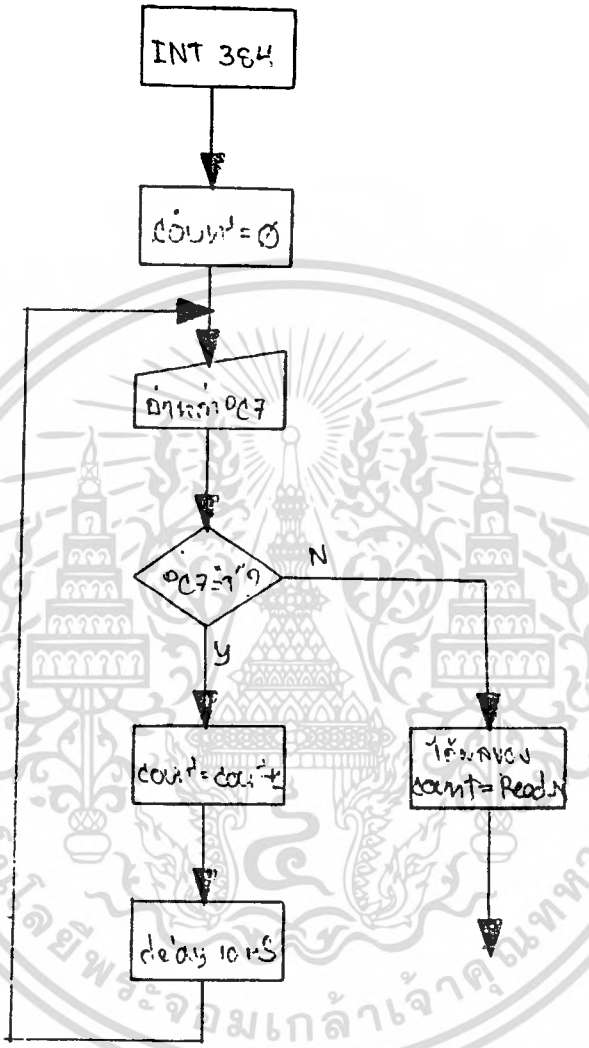
จำนวน STEPเก็บค่าไว้ใน B ส่วน A=E0Hเป็นการตั้งค่าเริ่มต้นในการหมุน การหมุนจะหมุนข้อมูล A ไปทางซ้าย โดยใช้คำสั่ง RLCA ทำจนกระทั่ง B=0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



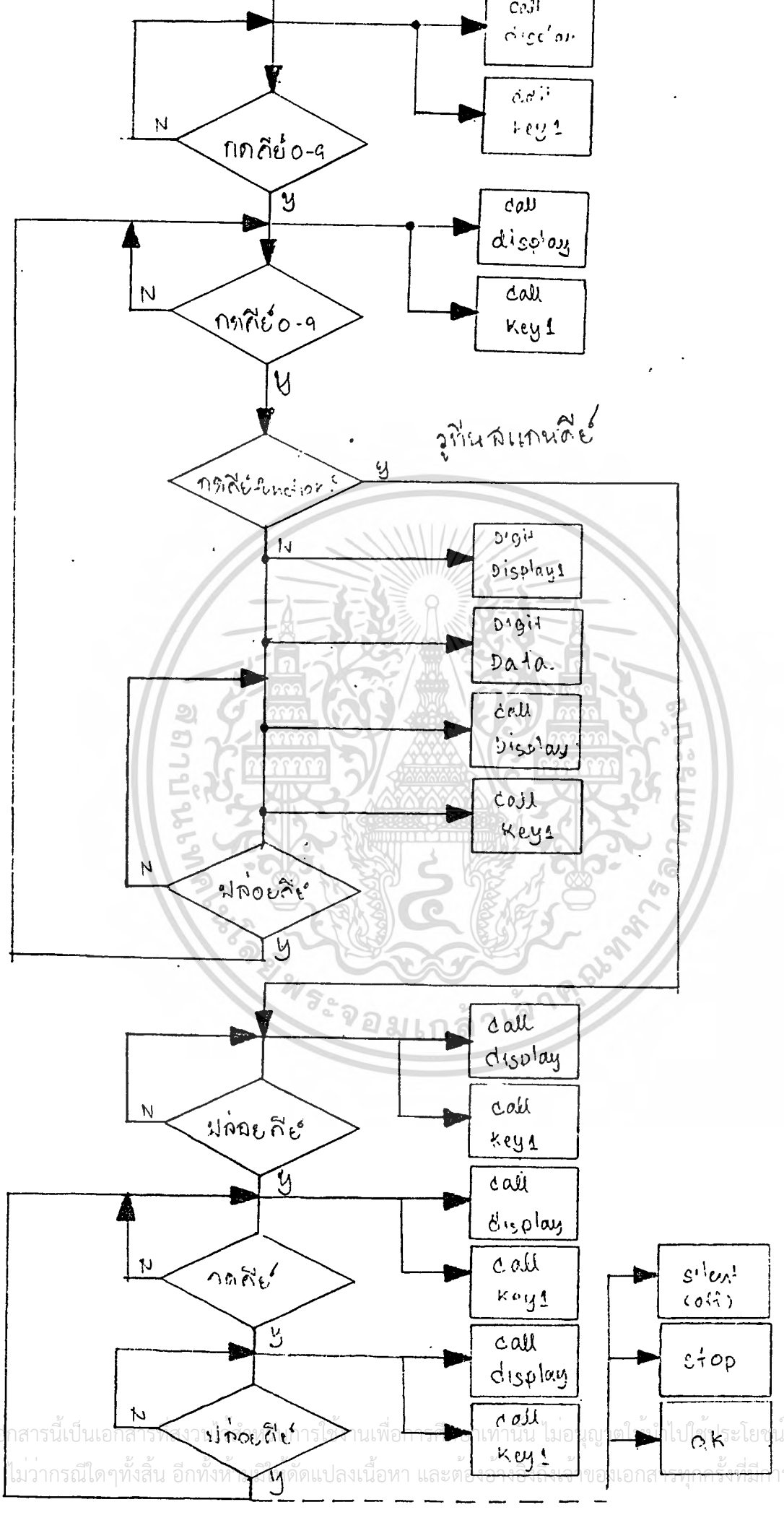
MAIN PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

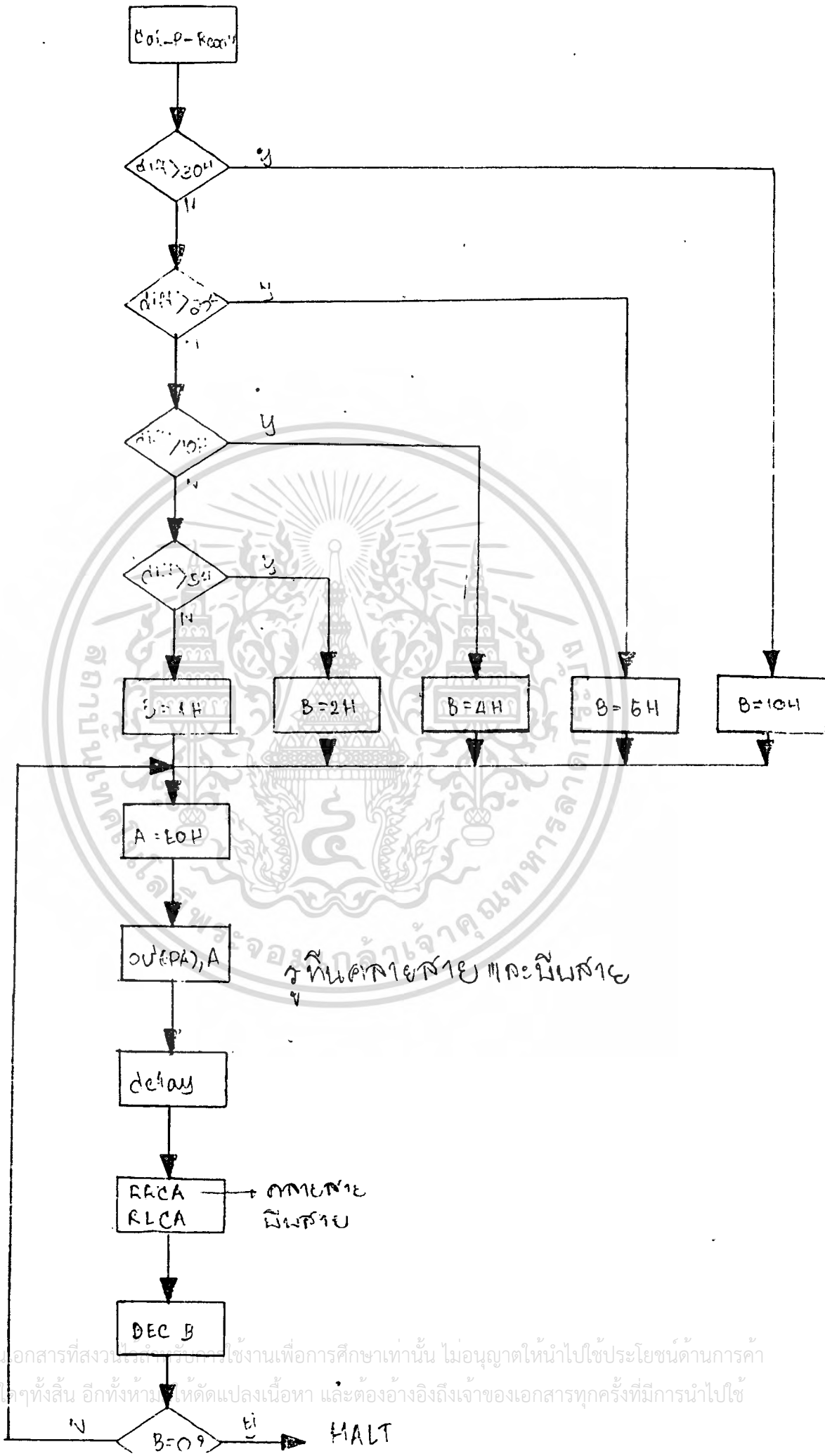


counter Program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

ที่ได้กล่าวมาตั้งแต่บทแรกนั้นเป็นการแสดงให้เห็นว่าในวิชา PROJECT I และ PROJECT II ได้ทำอะไรไปบ้าง ทั้งแนวความคิด การออกแบบ หลักการทำงานของเครื่อง พร้อมทั้งการทดลองที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถ และ ความถูกต้องน่าเชื่อถือของเครื่อง ทำให้ทราบว่า เครื่องนี้สามารถควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือได้ใกล้เคียงกับที่ตั้งไว้มาก ทั้งนี้โดยใช้ STEPPER MOTOR เป็นตัวขับสาย ซึ่งให้ความเที่ยงตรงสูง ฉะนั้นจึงมั่นใจได้ว่า การควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือจะเป็นไปอย่างถูกต้องและ สะดวกมาก

6.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป

ในปัจจุบัน เครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิต สามารถจัดหามาใช้ได้ง่ายมีราคาที่ถูกลงมาก มีขีดความสามารถที่สูงมากกว่า Z80 และมีการใช้งานทั้งทางด้านHARDWARE & SOFTWARE ที่ง่ายกว่า ผมเห็นว่าหากจะมีการพัฒนาเครื่องมือนี้ต่อไป ควรจะเป็นการพัฒนาบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิต จะดีกว่า โดยบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 16บิต 1เครื่อง อาจควบคุมการ์ดเครื่องมือทางการแพทย์นี้ได้หลายๆ ตัว หมายความว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ 1เครื่องอาจใช้เป็นศูนย์กลางควบคุมการให้ยาหรือน้ำเกลือคนไข้โดยดูแลไปพร้อมๆกัน ได้ทีละหลายๆเครื่อง หลายๆเตียงคนไข้ก็ได้ สามารถเก็บประวัติฐานข้อมูลต่างๆด้านยา ปริมาณ วันที่ เวลา ที่ได้ให้ไว้กับคนไข้ได้ด้วย เป็นต้น

6.2 การประยุกต์สำหรับใช้งานประเภทอื่นๆ

เครื่องควบคุมจำนวนหยดน้ำเกลือนี้ สามารถประยุกต์ใช้งานได้อีกมากมาย ตัวอย่างเช่น เป็นเครื่องมือในการให้ยาและอาหารเหลวแก่ผู้ป่วย เครื่องมือที่ใช้ในการผสมยาที่ต้องอาศัยความถูกต้องและแน่นอนในปริมาณ และอัตราส่วนของยา เป็นเครื่องนับสิ่งของต่าง ๆ เป็นเครื่องนับความถี่ที่มีคาบเวลายาวนานมาก เป็นต้น

6.3 ปัญหาเนื่องจากการทำงาน

เนื่องจากในการทำงานได้ประสบปัญหาหลายประการ ซึ่งผมได้ทำการแก้ไขตลอดเวลา จึงมีความเห็นว่าควรที่จะรวบรวมไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ควรจะมีการวางแผนเตรียมพร้อมไว้ก่อนว่า งานวิจัยของตนต้องใช้เครื่องมืออะไรบ้าง อะไรที่ต้องจัดสร้างหรือทำเอง โดยมีการเตรียมพร้อมทางด้านเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำวิจัยให้พร้อมเสียก่อน เช่น เตรียมจัดหาหรือจัดทำ LOGIC PROBE, RAMPACK, เครื่องนับจำนวนพัลซ์ ฯลฯ เพื่อที่จะช่วยให้การพัฒนาวิจัยเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องมาเสียเวลาทำเครื่องมือก่อน ทั้งนี้เพราะว่าทางภาควิชาอาจไม่สามารถสับสนุนได้อย่างเต็มที่

2.ถ้าวงจรมีความผิดพลาด ให้ไล่วงจรจากจุดที่คิดว่าผิดพลาดไปยังจุดจุดก่อนๆ ที่จะถึงจุดผิดพลาดและไม่ควรหมกมุ่นอยู่กับจุดที่คิดว่าผิดเพียงจุดเดียว เพราะอาจจะมีจุดผิดพลาดอื่นๆ ที่คาดคิดไม่ถึง เช่น ขา socketไม่ดี บัดกรีไม่ติด สายไวร์แลปขาดใน กราวด์ไม่ดี แหล่งจ่ายไฟจ่ายกระแสไม่พอ โดยเฉพาะในการออกแบบเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับความถี่สูงๆ ควรจะระวังปัญหาเรื่องกราวด์เอาไว้ให้มากๆ

3.การเขียนโปรแกรมต่าง ควรที่จะเขียนโฟร์ชาร์ตเอาไว้ให้เสร็จก่อน แล้วลองจำลองปัญหาที่อาจทำให้หารทำงานของโปรแกรมผิดพลาดได้ จากนั้นจึงค่อยแยกเขียนโปรแกรมแต่ละส่วน และลองทดสอบในแต่ละส่วนก่อน และเมื่อรวมแต่ละส่วนของโปรแกรมแล้ว ก็ลองทดสอบรวมทั้งหมดอีกทีเพื่อนกันความผิดพลาดที่อาจคาดไม่ถึง เช่น การกำหนดแอดเดรสซ้ำซ้อน การกำหนดตัวแปรผิดพลาด การส่งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง ข้อแนะนำ อีกประการหนึ่งในการเขียนโปรแกรมให้เป็นลักษณะโครงสร้าง โปรแกรมหลักแต่ละส่วน จะประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อยที่ถูกเรียกมาใช้งานต่างๆเป็นชุดๆไป (subroutine) ซึ่งจากวิธีการอันนี้เอง จะทำให้ผู้วิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถเข้าใจต่อปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นบนตัวซอฟต์แวร์ได้ง่ายขึ้นและรวดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2500 A.D. Z80 CROSS ASSEMBLER   -   VERSION 3.00b
-------------------------------------------------

     INPUT  FILENAME :  INFUSION.ASM
     OUTPUT FILENAME :  INFUSION.OBJ


                                        ;------
                                        ;START
                                        ;------
0000                                    ORG 0000H
0000   06 00                           LD    B,00H
0002   10 FE                           DJNZ  $
0004   3E 88                           LD    A,88H
0006   D3 83                           OUT   (83H),A
0008   31 A0 4E                        LD    SP,SYSTACK
000B   CD D7 02                        CALL  XMITL
000E   06 7F                           LD    B,7FH
0010   AF                              XOR   A
0011   21 80 4E                        LD    HL,DISPLAY1
0014   77                     CLR2:    LD    (HL),A
0015   23                              INC   HL
0016   10 FC                           DJNZ  CLR2
0018   21 86 4E                        LD    HL,DG_DISP
001B   36 7F                           LD    (HL),7FH
001D   23                              INC   HL
001E   36 83                           LD    (HL),83H
0020   23                              INC   HL
0021   36 01                           LD    (HL),01H
0023   23                              INC   HL
0024   36 81                           LD    (HL),81H
0026   21 8E 4E                        LD    HL,T
0029   36 05                           LD    (HL),05H
002B   ED 56                           IM    1
002D   F3                              DI
002E   CD C2 01                        CALL  STOP
0031   C3 57 00                        JP    SCAN
                                       ;--------
                                       ;RST
                                       ;--------
0038                                   ORG 0038H
0038   01 00 00                        LD    BC,00H
003B   DB 82                  RST1:    IN    A,(82H)
003D   CB 7F                           BIT   7,A
003F   28 09                           JR    Z,RST2
0041   03                              INC   BC
0042   11 5D 05                        LD    DE,055DH ;TIMEBASE 10mS
0045   CD CF 02                        CALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0048  18 F1                          JR    RST1
004A  ED 43 BC 4E          RST2:     LD    (READ_N),BC
004E  F3                             DI
004F  21 02 00                       LD    HL,0002H
0052  39                             ADD   HL,SP
0053  F9                             LD    SP,HL
0054  C3 1D 01                       JP    COMPARE
                                     ;------
                                     ;SCAN
                                     ;-------
0057  21 2E 03             SCAN:     LD    HL,SET
005A  CD B6 02                       CALL  DISPLAY
005D  CD 65 02                       CALL  KEY1
0060  CB 46                          BIT   0,(HL)
0062  20 F3                          JR    NZ,SCAN
0064  DD 21 04 03          NOKEY:    LD    IX,KEY_IX
0068  FD 21 10 03                    LD    IY,KEY_IY
006C  21 80 4E                       LD    HL,DISPLAY1
006F  CD B6 02                       CALL  DISPLAY
0072  CD 65 02                       CALL  KEY1
0075  CB 46                          BIT   0,(HL)
0077  20 EB                          JR    NZ,NOKEY
0079  06 00                          LD    B,00H
007B  4F                             LD    C,A
007C  DD 09                          ADD   IX,BC
007E  FD 09                          ADD   IY,BC
0080  DD 7E 00                       LD    A,(IX+0)
0083  FE 10                          CP    10H
0085  CA B1 00                       JP    Z,FNCT
0088  3A 66 4E                       LD    A,(DG_DISP)
008B  26 4E                          LD    H,4EH
008D  CD 39 02                       CALL  DIGITDISP
0090  32 86 4E                       LD    (DG_DISP),A
0093  FD 7E 00                       LD    A,(IY+0)
0096  77                            LD    (HL),A
0097  3A 87 4E                       LD    A,(DG_DATA)
009A  CD 4F 02                       CALL  DIGITDATA
009D  32 87 4E                       LD    (DG_DATA),A
00A0  DD 7E 00                       LD    A,(IX+0)
00A3  77                             LD    (HL),A
00A4  21 80 4E             SCAN1:    LD    HL,DISPLAY1
00A7  CD B6 02                       CALL  DISPLAY
00AA  CD 8A 02                       CALL  KEY2
00AD  30 F5                          JR    NC,SCAN1
00AF  18 B3                          JR    NOKEY
                                     ;--------
                                     ;FUNC
                                     ;--------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
21 32 03                FNCT:   LD    HL,FUNC
CD B6 02                        CALL  DISPLAY
CD 8A 02                        CALL  KEY2
30 F5                           JR    NC,FNCT
21 32 03                FNCT1:  LD    HL,FUNC
CD B6 02                        CALL  DISPLAY
CD 65 02                        CALL  KEY1
CB 46                           BIT   0,(HL)
20 F3                           JR    NZ,FNCT1
21 32 03                FNCT2:  LD    HL,FUNC
47                              LD    B,A
CD B6 02                        CALL  DISPLAY
CD 8A 02                        CALL  KEY2
30 F4                           JR    NC,FNCT2
78                              LD    A,B
FE 03                           CP    03H
CA FD 01                        JP    Z,EQUAL
FE 06                           CP    06H
CA C2 01                        JP    Z,STOP
FE 09                           CP    09H
CA ED 00                        JP    Z,OK
FE 0B                           CP    0BH
CA 57 00                        JP    Z,SCAN
C3 BC 00                        JP    FNCT1
                                ;-------
                                ;OK
                                ;--------
0E 80                   OK:     LD    C,80H
21 3A 03                OK3:    LD    HL,D_OK
CD B6 02                        CALL  DISPLAY
0D                              DEC   C
20 F7                           JR    NZ,OK3
21 84 4E                        LD    HL,DATA
CD 19 02                        CALL  DTOH
16 00                           LD    D,00H
5F                              LD    E,A
06 05                           LD    B,05H
B8                              CP    B
DA 57 00                        JP    C,SCAN
01 00 00                        LD    BC,0000H
AF                              XOR   A
21 70 17                        LD    HL,1770H
ED 52                   OK2:    SBC   HL,DE
CB 7C                           BIT   7,H
20 03                           JR    NZ,OK1
03                              INC   BC
18 F7                           JR    OK2
ED 43 84 4E             OK1:    LD    (CAL_P),BC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
011B   FB                        EI
011C   76                        HALT
                                 ;--------
                                 ;COMPARE
                                 ;---------
011D   ED 5B 8C 4E       COMPARE: LD    DE,(READ_N
0121   7B                        LD    A,E
0122   E6 F0                     AND   11110000B
0124   5F                        LD    E,A
0125   2A 8A 4E                  LD    HL,(CAL_P)
0128   7D                        LD    A,L
0129   E6 F0                     AND   11110000B
012B   6F                        LD    L,A
012C   AF                        XOR   A
012D   7C                        LD    A,H
012E   BA                        CP    D
012F   28 36                     JR    Z,COMP
0131   D2 4C 01                  JP    NC,BEEB
0134   DA 65 01                  JP    C,CLEAR
0137   7D               COMP:    LD    A,L
0138   BB                        CP    E
0139   28 06                     JR    Z,COMP1
013B   D2 50 01                  JP    NC,BEEB1
013E   DA 8A 01                  JP    C,CLEAR1
0141   21 8E 4E         COMP1:   LD    HL,T
0144   35                        DEC   (HL)
0145   20 03                     JR    NZ,READN
0147   C3 FD 01                  JP    EQUAL
014A   FB               READN:   EI
014B   76                        HALT
                                 ;--------
                                 ;BEEB
                                 ;-------
014C   06 50             BEEB:    LD    B,50H
014E   18 19                     JR    BROTATE1
0150   93               BEEB1:   SUB   E
0151   FE 30                     CP    30H
0153   06 10                     LD    B,10H
0155   30 14                     JR    NC,BROTATE1
0157   FE 20                     CP    20H
0159   06 06                     LD    B,06H
015B   30 0E                     JR    NC,BROTATE1
015D   FE 10                     CP    10H
015F   06 04                     LD    B,04H
0161   30 08                     JR    NC,BROTATE1
0163   FE 05                     CP    05H
0165   06 02                     LD    B,02H
0167   30 02                     JR    NC,BROTATE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0169  06 00                        LD    B,00H
016B  3E E0              BROTATE1:  LD    A,E0H
016D  D3 80              BROTATE2:  OUT   (80H),A
016F  4F                            LD    C,A
0170  3E 23                        LD    A,23H
0172  D3 81                        OUT   (81H),A
0174  AF                          XOR   A
0175  D3 82                        OUT   (82H),A
0177  79                          LD    A,C
0178  11 50 02                    LD    DE,0250H
017B  CD CF 02                    CALL  DELAY
017E  07                          RLCA
017F  10 EC                       DJNZ  BROTATE2
0181  AF                          XOR   A
0182  D3 80                        OUT   (80H),A
0184  FB                          EI
0185  76                          HALT
                                  ;---------
                                  ;CLEAR
                                  ;---------
0186  06 50              CLEAR:    LD    B,50H
0188  18 1D                       JR    CROTATE1
018A  4F                CLEAR1:   LD    C,A
018B  7B                          LD    A,E
018C  91                          SUB   C
018D  FE 30                       CP    30H
018F  06 10                       LD    B,10H
0191  30 14                       JR    NC,CROTATE1
0193  FE 20                       CP    20H
0195  06 06                       LD    B,06H
0197  30 0E                       JR    NC,CROTATE1
0199  FE 10                       CP    10H
019B  06 04                       LD    B,04H
019D  30 08                       JR    NC,CROTATE1
019F  FE 05                       CP    05H
01A1  06 02                       LD    B,02H
01A3  30 02                       JR    NC,CROTATE1
01A5  06 00                       LD    B,00H
01A7  3E E0              CROTATE1: LD    A,E0H
01A9  D3 80              CROTATE2: OUT   (80H),A
01AB  4F                          LD    C,A
01AC  3E 1C                       LD    A,1CH
01AE  D3 81                       OUT   (81H),A
01B0  AF                          XOR   A
01B1  D3 82                       OUT   (82H),A
01B3  79                          LD    A,C
01B4  11 50 02                    LD    DE,0250H
01B7  CD CF 02                    CALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01BA  0F                          RRCA
01BB  10 EC                       DJNZ  CROTATE2
01BD  AF                          XOR   A
01BE  D3 80                       OUT   (80H),A
01C0  FB                          EI
01C1  76                          HALT
                                  ;--------
                                  ;STOP
                                  ;--------
01C2  3E E0           STOP:       LD    A,E0H
01C4  D3 80           STOP2:      OUT   (80H),A
01C6  11 00 01                    LD    DE,0100H
01C9  CD CF 02                    CALL  DELAY
01CC  0F                          RRCA
01CD  4F                          LD    C,A
01CE  DB 82                       IN    A,(82H)
01D0  CB 67                       BIT   4,A
01D2  28 C9                       JR    Z,STOP1
01D4  21 2A 03                    LD    HL,DISPSTOP
01D7  CD B6 02                    CALL  DISPLAY
01DA  79                          LD    A,C
01DB  18 E7                       JR    STOP2
01DD  06 A0           STOP1:      LD    B,A0H
01DF  3E E0                       LD    A,E0H
01E1  D3 80           STOP3:      OUT   (80H),A
01E3  11 00 01                    LD    DE,0100H
01E6  C3 F3 01                    JP    A
01E9  07              BACL:       RLCA
01EA  10 F5                       DJNZ  STOP3
01EC  3E 00                       LD    A,00H
01EE  D3 80                       OUT   (80H),A
01F0  C3 57 00                    JP    SCAN
01F3  08                  A:      EX    AF,AF'
01F4  1B              STOP4:      DEC   DE
01F5  7B                          LD    A,E
01F6  B2                          OR    D
01F7  20 FB                       JR    NZ,STOP4
01F9  08                          EX    AF,AF'
01FA  C3 E9 01                    JP    BACL
                                  ;-------
                                  ;EQUAL
                                  ;--------
01FD  F3              EQUAL:      DI
01FE  01 00 90                    LD    BC,9000H
0201  21 36 03        WATCH:      LD    HL,OFF
0204  CD B6 02                    CALL  DISPLAY
0207  11 60 05                    LD    DE,0560H
020A  CD CF 02                    CALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
020D  0B                          DEC   BC
020E  79                          LD    A,C
020F  B0                          OR    B
0210  20 EF                       JR    NZ.WATCH
0212  21 8E 4E                    LD    HL,T
0215  36 05                       LD    (HL),05H
0217  FB                          EI
0218  76                          HALT
                                  ;--------
                                  ;DTOH
                                  ;-------
0219  C5                DTOH:     PUSH  BC
021A  D5                          PUSH  DE
021B  7E                          LD    A,(HL)
021C  0E 00                       LD    C,00H
021E  47                          LD    B,A
021F  C6 00                       ADD   A,00H
0221  28 08                       JR    Z,DIGIT1
0223  16 06             DIGIT3:   LD    D,06H
0225  0C                DIGIT2:   INC   C
0226  15                          DEC   D
0227  20 FC                       JR    NZ,DIGIT2
0229  10 F8                       DJNZ  DIGIT3
022B  CB 27              DIGIT1:   SLA   A
022D  CB 27                       SLA   A
022F  CB 27                       SLA   A
0231  CB 27                       SLA   A
0233  23                          INC   HL
0234  B6                          OR    (HL)
0235  91                          SUB   C
0236  D1                          POP   DE
0237  C1                          POP   BC
0238  C9                          RET
                                  ;-----------
                                  ;DIGIT DISP
                                  ;-----------
0239  C5                DIGITDISP: PUSH  BC
023A  C6 01                       ADD   A,01H
023C  CB 4F                       BIT   1,A
023E  28 0C                       JR    Z,DISP1
0240  2E 80                       LD    L,80H
0242  06 04                       LD    B,04H
0244  0E 00                       LD    C,00H
0246  71                DISP2:    LD    (HL),C
0247  23                          INC   HL
0248  10 FC                       DJNZ  DISP2
024A  CB 8F                       RES   1,A
024C  6F                DISP1:    LD    L,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
024D  C1                          POP   BC
024E  C9                          RET
                                  ;------------
                                  ;DIGIT DATA
                                  ;------------
024F  C5              DIGITDATA:  PUSH  BC
0250  C6 01                       ADD   A,01H
0252  CB 4F                       BIT   1,A
0254  28 0C                       JR    Z,DGDATA1
0256  2E 84                       LD    L,84H
0258  06 02                       LD    B,02H
025A  0E 00                       LD    C,00H
025C  71              DGDATA2:    LD    (HL),C
025D  23                          INC   HL
025E  10 FC                       DJNZ  DGDATA2
0260  CB 8F                       RES   1,A
0262  6F              DGDATA1:    LD    L,A
0263  C1                          POP   BC
0264  C9                          RET
                                  ;----------
                                  ;KEY1
                                  ;----------
0265  C5              KEY1:       PUSH  BC
0266  D5                          PUSH  DE
0267  21 88 4E                    LD    HL,FLAG_C
026A  06 04                       LD    B,04H
026C  CD 8A 02        LP1:        CALL  KEY2
026F  30 04                       JR    NC,LP2
0271  10 F9                       DJNZ  LP1
0273  38 10                       JR    C,LP3
0275  11 F9 13        LP2:        LD    DE,13F9H
0278  CD CF 02                    CALL  DELAY
027B  CD 8A 02        LP5:        CALL  KEY2
027E  38 FB                       JR    C,LP5
0280  CB 86                       RES   0,(HL)
0282  D1                         POP   DE
0283  C1                         POP   BC
0284  C9                         RET
0285  CB C6           LP3:       SET   0,(HL)
0287  D1                         POP   DE
0288  C1                         POP   BC
0289  C9                         RET
                                 ; -----
                                 ;KEY2
                                 ;--------
028A  AF              KEY2:      XOR   A
028B  37                         SCF
028C  08                         EX    AF,AF'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
028C   C5
028E   D5
028F   0E 00
0291   1E 00
0293   79
0294   D3 82
0296   06 00
0298   10 FE
029A   DB 82
029C   E6 70
029E   57
029F   CB 12
02A1   06 03
02A3   CB 12
02A5   38 02
02A7   7B
02A8   08
02A9   1C
02AA   10 F7
02AC   0C
02AD   3E 04
02AF   B9
02B0   20 E1
02B2   D1
02B3   C1
02B4   08
02B5   C9

02B6   C5
02B7   D5
02B8   06 04
02BA   0E 00
02BC   7E
02BD   D3 81
02BF   79
02C0   D3 82
02C2   23
02C3   0C
02C4   11 00 01
02C7   CD CF 02
02CA   10 F0
02CC   D1
02CD   C1
02CE   C9
```

```
                PUSH  BC
                PUSH  DE
                LD    C,00H
                LD    E,00H
COL:            LD    A,C
                OUT   (82H),A
                LD    B,00H
                DJNZ  $
                IN    A,(82H)
                AND   70H
                LD    D,A
                RL    D
                LD    B,03H
ROW:            RL    D
                JR    ,ONKEY
                LD    A,E
                EX    AF,AF'
ONKEY:          INC   E
                DJNZ  ROW
                INC   C
                LD    A,04H
                CP    C
                JR    NZ,COL
                POP   DE
                POP   BC
                EX    AF,AF'
                RET
               ;-------------
               ;SCAN DISPLAY
               ;-------------
DISPLAY:        PUSH  BC
                PUSH  DE
                LD    B,04H
                LD    C,00H
DIGIT:          LD    A,(HL)
                OUT   (81H),A
                LD    A,C
                OUT   (82H),A
                INC   HL
                INC   C
                LD    DE,0100H
                CALL  DELAY
                DJNZ  DIGIT
                POP   DE
                POP   BC
                RET
              ;-------
              ;DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        ;--------
02CF  F5                        DELAY:  PUSH  AF
02D0  1B                        DELAY1: DEC   DE
02D1  7B                                LD    A,E
02D2  B2                                OR    D
02D3  20 FB                             JR    NZ,DELAY1
02D5  F1                                POP   AF
02D6  C9                                RET
                                        ;---------
                                        ;KMITL
                                        ;---------
02D7  0E 80                     KMITL:  LD    C,80H
02D9  21 1A 03                  DAT1:   LD    HL,KMIT
02DC  CD B6 02                          CALL  DISPLAY
02DF  0D                                DEC   C
02E0  20 F7                             JR    NZ,DAT1
02E2  0E 80                             LD    C,80H
02E4  21 1E 03                  DAT2:   LD    HL,LAD
02E7  CD B6 02                          CALL  DISPLAY
02EA  0D                                DEC   C
02EB  20 F7                             JR    NZ,DAT2
02ED  0E 80                             LD    C,80H
02EF  21 22 03                  DAT3:   LD    HL,KRA
02F2  CD B6 02                          CALL  DISPLAY
02F5  0D                                DEC   C
02F6  20 F7                             JR    NZ,DAT3
02F8  0E 80                             LD    C,80H
02FA  21 26 03                  DAT4:   LD    HL,BANG
02FD  CD B6 02                          CALL  DISPLAY
0300  0D                                DEC   C
0301  20 F7                             JR    NZ,DAT4
0303  C9                                RET

                                        ;----------------
                                        ; SYSTEM ROM AREA
                                        ;----------------

0304  06                        KEY_IX: DEFB  06H
0305  03                                DEFB  03H
0306  00                                DEFB  00H
0307  07                                DEFB  07H
0308  04                                DEFB  04H
0309  01                                DEFB  01H
030A  08                                DEFB  08H
030B  05                                DEFB  05H
030C  02                                DEFB  02H
030D  09                                DEFB  09H
030E  00                                DEFB  00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
030F  10                        DEFB 10H
0310  7D              KEY_IY:   DEFB 7DH
0311  4F                        DEFB 4FH
0312  3F                        DEFB 3FH
0313  07                        DEFB 07H
0314  66                        DEFB 66H
0315  06                        DEFB 06H
0316  7F                        DEFB 7FH
0317  6D                        DEFB 6DH
0318  5B                        DEFB 5BH
0319  6F                        DEFB 6FH
031A  7A                KMIT:   DEFB 7AH ;K
031B  55                        DEFB 55H ;M
031C  30                        DEFB 30H ;I
031D  78                        DEFB 78H ;T
031E  38                 LAD:   DEFB 38H ;L
031F  77                        DEFB 77H ;A
0320  5E                        DEFB 5EH ;D
0321  00                        DEFB 00H
0322  7A                 KRA:   DEFB 7AH ;K
0323  50                        DEFB 50H ;R
0324  77                        DEFB 77H ;A
0325  00                        DEFB 00H ;
0326  7C                BANG:   DEFB 7CH ;B
0327  77                        DEFB 77H ;A
0328  54                        DEFB 54H ;N
0329  6F                        DEFB 6FH ;G
032A  6D              DISPSTOP: DEFB 6DH ;S
032B  78                        DEFB 78H ;T
032C  3F                        DEFB 3FH ;O
032D  73                        DEFB 73H ;P
032E  6D                 SET:   DEFB 6DH ;S
032F  79                        DEFB 79H ;E
0330  78                        DEFB 78H ;T
0331  00                        DEFB 00H
0332  71                FUNC:   DEFB 71H ;F
0333  1C                        DEFB 1CH ;U
0334  54                        DEFB 54H ;N
0335  00                        DEFB 00H
0336  3F                 OFF:   DEFB 3FH ;O
0337  71                        DEFB 71H ;F
0338  71                        DEFB 71H ;F
0339  00                        DEFB 00H
033A  3F                D_OK:   DEFB 3FH ;O
033B  7A                        DEFB 7AH ;K
033C  00                        DEFB 00H
033D  00                        DEFB 00H
                      ;---------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        ; SYATEM RAM  AREA
                        ;---------------
4E80                     ORG 4E80H

4E80                DISPLAY1:  DEFS 4
4E84                DATA:      DEFS 2
4E86                DG_DISP:   DEFS 1
4E87                DG_DATA:   DEFS 1
4E88                FLAG_C:    DEFS 1 ;(01H)
4E89                DG_DISP/2: DEFS 1 ;(81H)
4E9A                CAL_P:     DEFS 2 ;(P)
4E8C                READ_K:    DEFS 2 ;(K)
4E8E                T:         DEFS 1
4E8F                RE_CONTROL:DEFS 1

4EA0                     ORG 4EA0H

4EA0                SYSTACK:   DEFS 15
4EAF                       END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

********** S Y M B O L I C R E F E R E N C E T A B L E **********

	01F3	BACL	01E9	BANG	0326	BEEB	014C
BEEB1	0150	BROTATE1	016B	BROTATE2	016D	CAL_P	4E6A
CLEAR	0166	CLEAR1	018A	CLR2	0014	COL	0293
COMP	0137	COMP1	0141	COMPARE	011D	CROTATE1	01A7
CROTATE2	01A9	DAT1	02D9	DAT2	02E4	DAT3	02EF
DAT4	02FA	DATA	4E84	DELAY	02CF	DELAY1	02DC
DGDATA1	0262	DGDATA2	025C	DG_DATA	4E87	DG_DISP	4E86
DG_DISP 2	4E89	DIGIT	02BC	DIGIT1	022B	DIGIT2	0225
DIGIT3	0223	DIGITDATA	024F	DIGITDISP	0239	DISP1	024C
DISP2	0246	DISPLAY	02B6	DISPLAY1	4E6C	DISPSTOP	032A
DTCH	0219	D_OK	033A	EQUAL	01FD	FLAG_C	4E88
FNCT	00B1	FNCT1	00BC	FNCT2	00C9	FUNC	0332
KEY1	0265	KEY2	028A	KEY_IX	0304	KEY_IY	0310
KMIT	031A	KMITL	02D7	KPA	0322	LAD	031E
LP1	026C	LP2	0275	LP3	0285	LP5	027B
NOKEY	0064	OFF	0336	OK	00ED	OK1	0117
OK2	010E	OK3	00EF	ONKEY	02A9	READN	014A
READ_N	4E8C	RE_CONTROL	4E8F	ROW	02A3	RST1	003B
RST2	004A	SCAN	0057	SCAN1	00A4	SET	032E
STOP	01C2	STOP1	01DD	STOP2	01C4	STOP3	01E1
STOP4	01F4	SYSTACK	4EA0	T	4E8E	WATCH	0201

0000 ASSEMBLY ERRORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS OF THE 8255A

The 8255A is a very powerful tool for interfacing peripheral equipment to the microcomputer system. It represents the optimum use of available pins and is flexible enough to interface almost any I/O device without the need for additional external logic.

Each peripheral device in a microcomputer system usually has a "service routine" associated with it. The routine manages the software interface between the device and the CPU. The functional definition of the 8255A is programmed by the I/O service routine and becomes an extension of the system software. By examining the I/O devices interface characteristics for both data transfer and timing, and matching this information to the examples and tables in the detailed operational description, a control word can easily be developed to initialize the 8255A to exactly "fit" the application. Figures 19 through 25 present a few examples of typical applications of the 8255A.

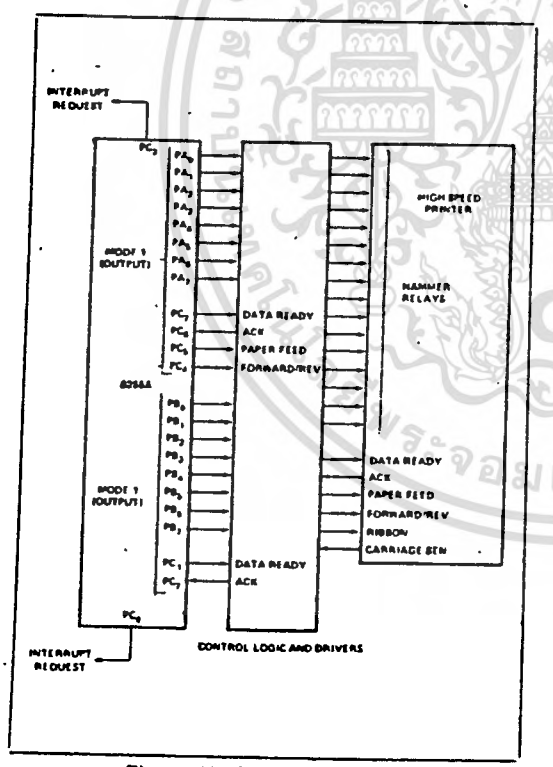


Figure 19. Printer Interface

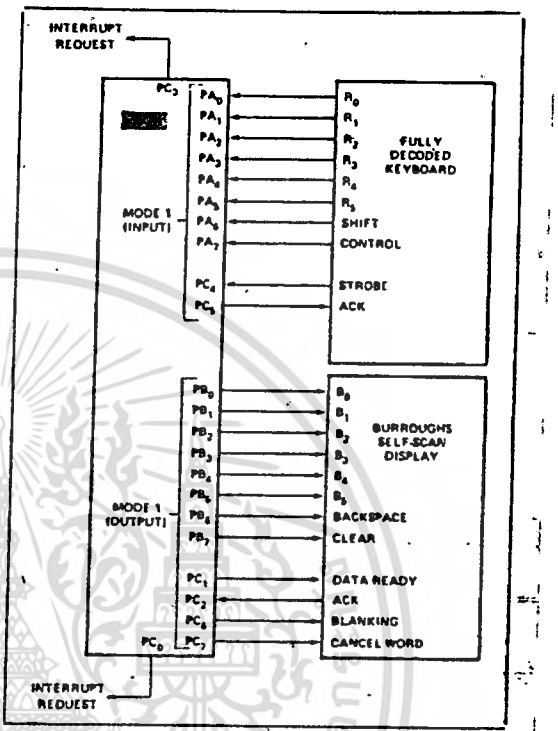


Figure 20. Keyboard and Display Interface

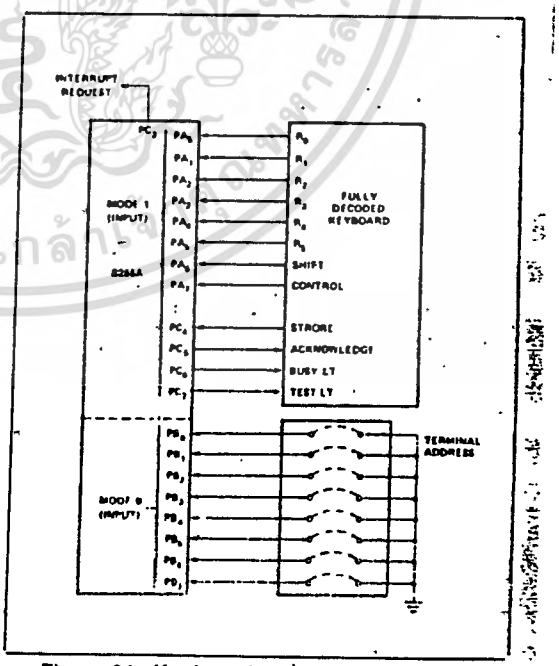


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias. . . . . 0°C to 70°C
Storage Temperature . . . . . –65°C to +150°C
Voltage on Any Pin
With Respect to Ground . . . . . –0.5V to +7V
Power Dissipation . . . . . 1 Watt

NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = +5V ± 10%, GND = 0V)*

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.5	0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0	V_{CC}	V	
V_{OL} (DB)	Output Low Voltage (Data Bus)		0.45*	V	I_{OL} = 2.5mA
V_{OL} (PER)	Output Low Voltage (Peripheral Port)		0.45*	V	I_{OL} = 1.7mA
V_{OH} (DB)	Output High Voltage (Data Bus)	2.4		V	I_{OH} = -400μA
V_{OH} (PER)	Output High Voltage (Peripheral Port)	2.4		V	I_{OH} = -200μA
I_{DAR}[1]	Darlington Drive Current	-1.0	-4.0	mA	R_{EXT} = 750Ω; V_{EXT} = 1.5V
I_{CC}	Power Supply Current		120	mA	
I_{IL}	Input Load Current		±10	μA	V_{IN} = V_{CC} to 0V
I_{OFL}	Output Float Leakage		±10	μA	V_{OUT} = V_{CC} to .45V

NOTE:
1. Available on any 8 pins from Port B and C.

CAPACITANCE (T_A = 25°C, V_{CC} = GND = 0V)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Conditions
C_{IN}	Input Capacitance			10	pF	fc = 1MHz
$C_{I/O}$	I/O Capacitance			20	pF	Unmeasured pins returned to GND

A.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = +5V ± 10%, GND = 0V)*

Bus Parameters

READ

Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{AR}	Address Stable Before READ	0		0		ns
t_{RA}	Address Stable After READ	0		0		ns
t_{RR}	READ Pulse Width	300		300		ns
t_{RD}	Data Valid From READ[1]		250		200	ns
t_{DF}	Data Float After READ	10	150	10	100	ns
t_{RV}	Time Between READs and/or WRITEs	850		850		ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

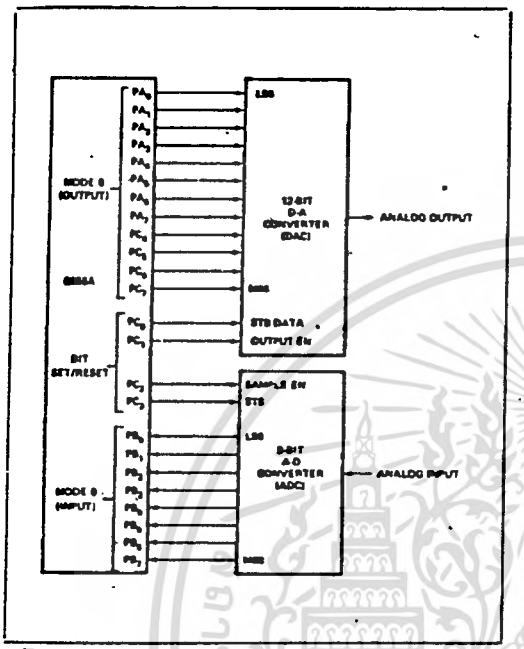


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

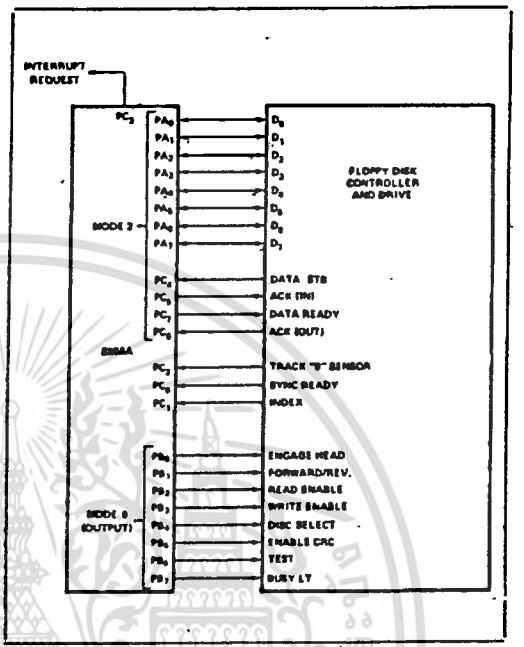


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

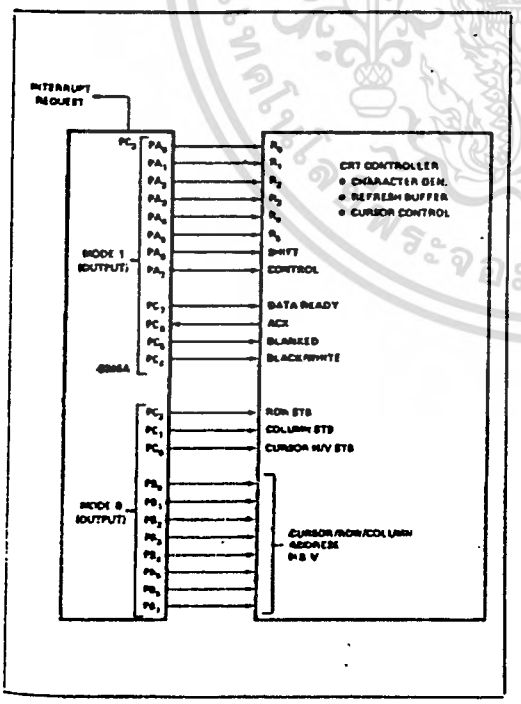


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

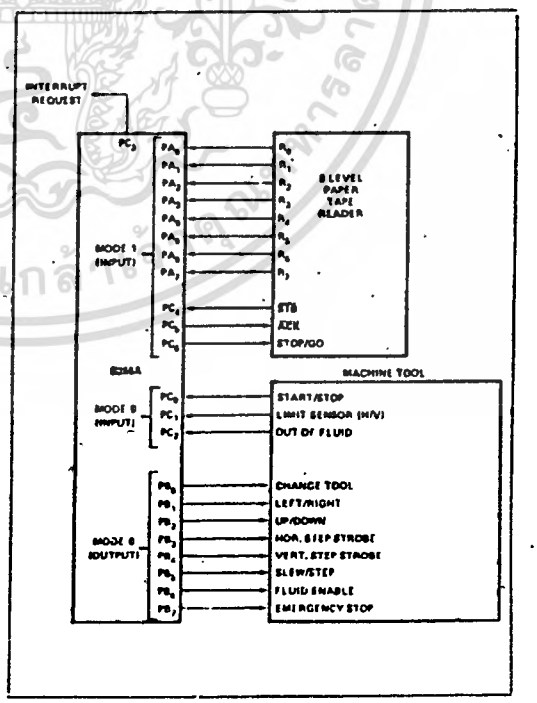


Figure 25, Machine Tool Controller Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. CHARACTERISTICS (Continued)

WRITE

Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{AW}	Address Stable Before WRITE	0		0		ns
t_{WA}	Address Stable After WRITE	20		20		ns
t_{WW}	WRITE Pulse Width	400		300		ns
t_{DW}	Data Valid to WRITE (T.E.)	100		100		ns
t_{WD}	Data Valid After WRITE	30		30		ns

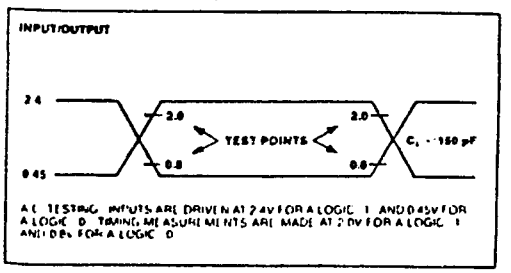
OTHER TIMINGS

Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{WB}	WR = 1 to Output[1]		350		350	ns
t_{IR}	Peripheral Data Before RD	0		0		ns
t_{HR}	Peripheral Data After RD	0		0		ns
t_{AK}	ACK Pulse Width	300		300		ns
t_{ST}	STB Pulse Width	500		500		ns
t_{PS}	Per. Data Before T.E. of STB	0		0		ns
t_{PH}	Per. Data After T.E. of STB	180		180		ns
t_{AD}	ACK = 0 to Output[1]		300		300	ns
t_{KD}	ACK = 1 to Output Float	20	250	20	250	ns
t_{WOB}	WR = 1 to OBF = 0[1]		650		650	ns
t_{AOB}	ACK = 0 to OBF = 1[1]		350		350	ns
t_{SIB}	STB = 0 to IBF = 1[1]		300		300	ns
t_{RIB}	RD = 1 to IBF = 0[1]		300		300	ns
t_{RIT}	RD = 0 to INTR = 0[1]		400		400	ns
t_{SIT}	STB = 1 to INTR = 1[1]		300		300	ns
t_{AIT}	ACK = 1 to INTR = 1[1]		350		350	ns
t_{WIT}	WR = 0 to INTR = 0[1,3]		450		450	ns

NOTES:
1. Test Conditions: C_L = 150 pF.
2. Period of Reset pulse must be at least 50μs during or after power on. Subsequent Reset pulse can be 500 ns min.
3. INTR↓ may occur as early as $\overline{WR}$↓.

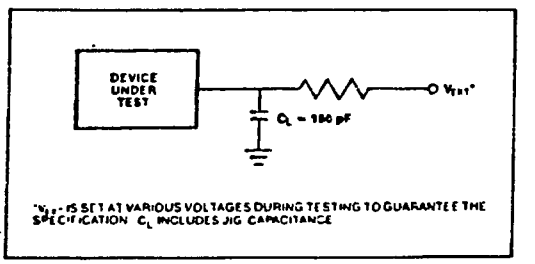
* For Extended Temperature EXPRESS, use M8255A electrical parameters.

A.C. TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORM



A.C. TESTING INPUTS ARE DRIVEN AT 2.4V FOR A LOGIC "1" AND 0.45V FOR A LOGIC "0". TIMING MEASUREMENTS ARE MADE AT 2.0V FOR A LOGIC "1" AND 0.8V FOR A LOGIC "0".

A.C. TESTING LOAD CIRCUIT

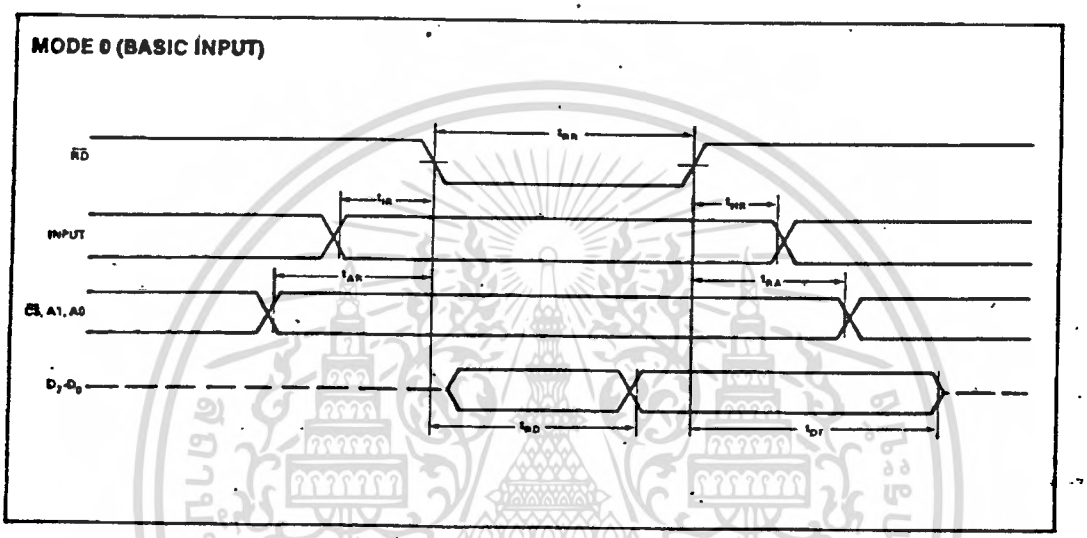


*V_{TST} IS SET AT VARIOUS VOLTAGES DURING TESTING TO GUARANTEE THE SPECIFICATION. C_L INCLUDES JIG CAPACITANCE.

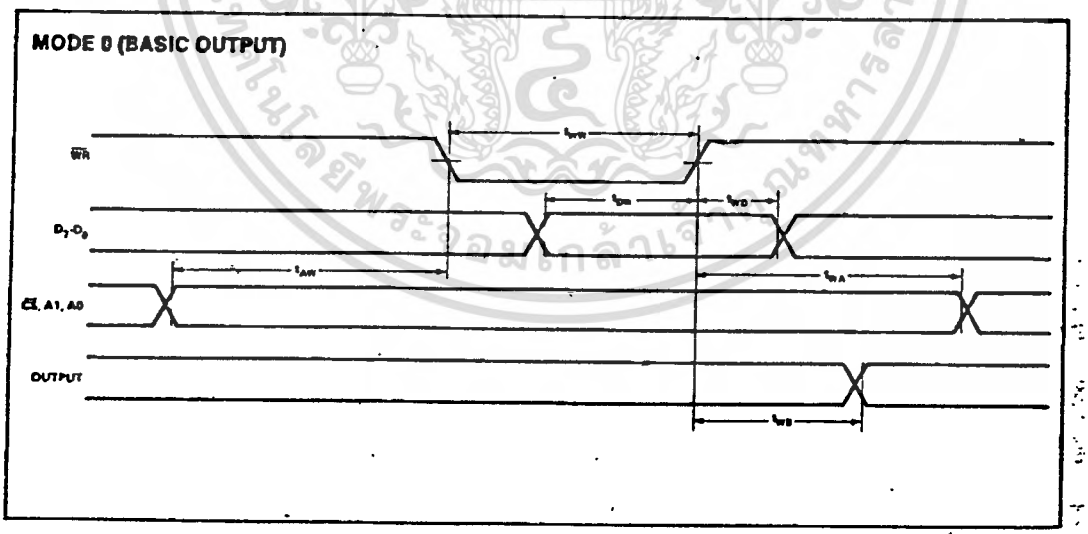
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAVEFORMS

MODE 0 (BASIC INPUT)



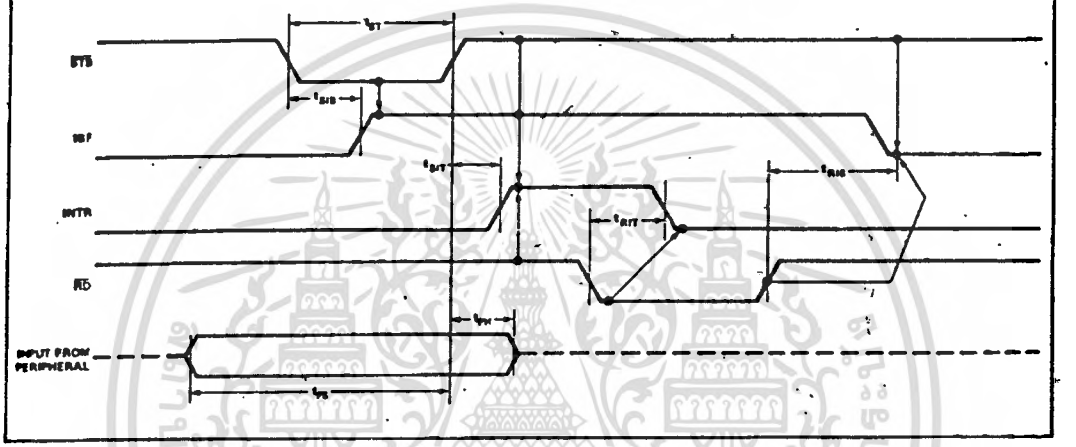
MODE 0 (BASIC OUTPUT)



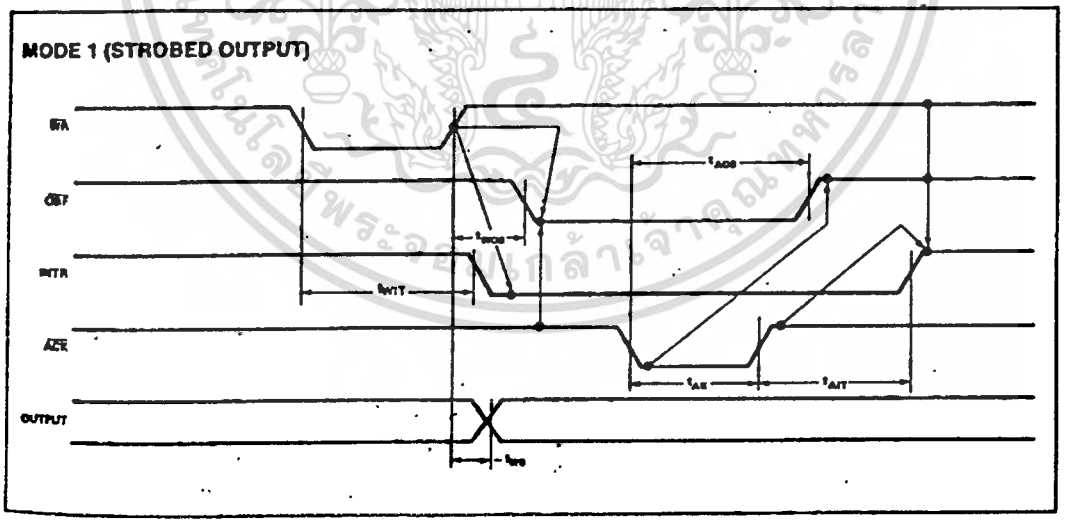
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAVEFORMS (Continued)

MODE 1 (STROBED INPUT)



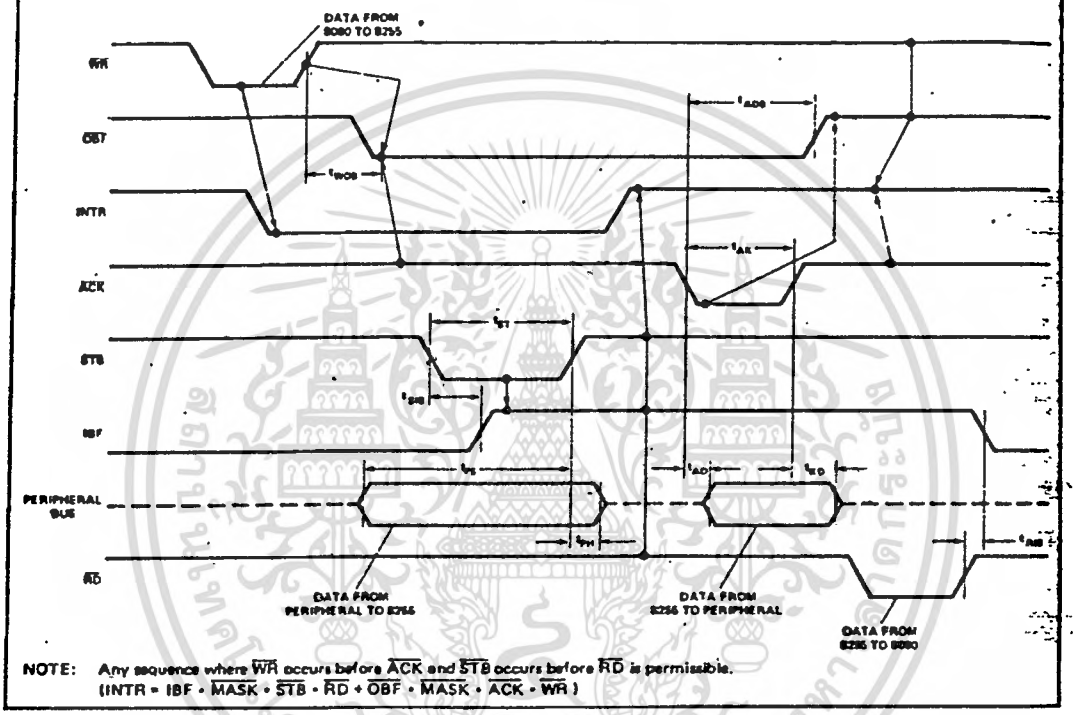
MODE 1 (STROBED OUTPUT)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

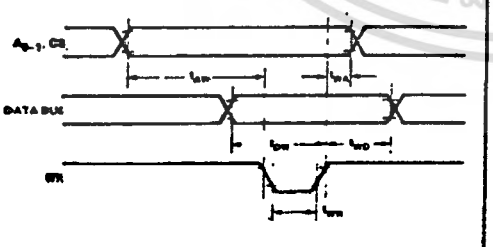
WAVEFORMS (Continued)

MODE 2 (BIDIRECTIONAL)

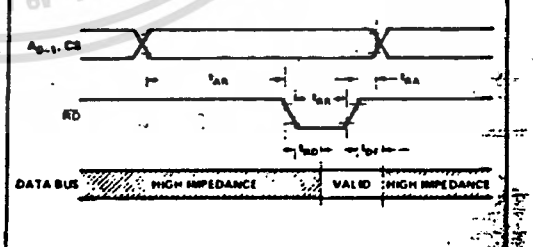


NOTE: Any sequence where $\overline{WR}$ occurs before $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ occurs before $\overline{RD}$ is permissible.
(INTR = IBF • $\overline{MASK}$ • $\overline{STB}$ • $\overline{RD}$ + $\overline{OBF}$ • $\overline{MASK}$ • $\overline{ACK}$ • $\overline{WR}$)

WRITE TIMING



READ TIMING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL38
P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODE

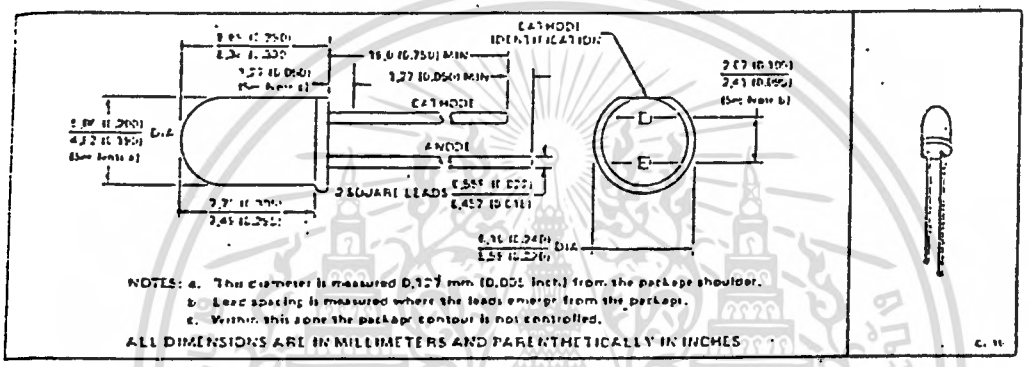
D2584, JULY 1980 – REVISED APRIL 1983

DESIGNED TO EMIT NEAR-INFRARED RADIATION

- Output Spectrally Compatible with Silicon Sensors (e.g., TIL100, TIL413, TIL414)
- High Power Output with a Beam Angle of 50°

mechanical data

This device has a tinted molded plastic body similar in size to lamp style T-1¾.



NOTES: a. This diameter is measured 0,127 mm (0.005 inch) from the package shoulder.
b. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
c. Within this zone the package contour is not controlled.

ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS AND PARENTHETICALLY IN INCHES

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Reverse Voltage	5 V
Continuous Forward Current at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 1)	100 mA
Peak Forward Current (See Note 2)	2 A
Operating Free-Air Temperature Range	−40°C to 80°C
Storage Temperature	−40°C to 100°C
Lead Temperature 1,6 mm (1/16 inch) from Case for 5 Seconds	240°C

operating characteristics at 25°C free-air temperature

	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
P_O	Radiant Power Output	I_F = 100 mA, See Note 3	6	8		mW
I_e	Axial Radiant Intensity[1]			15		mW/sr
λ_p	Wavelength at Peak Emission	I_F = 20 mA	915	940	975	nm
$\Delta\lambda$	Spectral Bandwidth Between Half-Power Points			50	75	nm
θ_{HI}	Emission Beam Angle Between Half-Intensity Points			50°		
V_F	Static Forward Voltage	I_F = 100 mA		1.4	1.75	V
		I_F = 1 A, t_w = 10 μs, duty cycle ≤ 1%		2.55		
C	Capacitance	V_F = 0, f = 1 MHz		25		pF
t_r	Radiant Pulse Rise Time[2]	I_{FM} = 100 mA, t_w ≥ 5 μs		600		ns
t_f	Radiant Pulse Fall Time[2]			350		

[1] Axial radiant intensity is measured over 0.1 steradian on the mechanical axis. One steradian is the solid angle at the center of a sphere subtended by a portion of the surface area equal to the square of the radius of the sphere. There are 4 π steradians in a complete sphere.

[2] Radiant pulse rise time is the time required for a change in radiant power output from 10% to 90% of its peak value for a step change in current. radiant pulse fall time is the time required for a change in radiant power output from 90% to 10% of its peak value for a step change in current.

NOTES 1. Derate linearly to 80°C free-air temperature at the rate of 1.67 mA/°C.
2. This value applies for t_w = 10 μs, f ≤ 1 kHz. See Figure 1.
3. These parameters must be measured using pulse techniques, t_w = 10 ms, duty cycle ≤ 1%.

Copyright © 1983 by Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL38
P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODE

IR EMITTERS

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PEAK FORWARD CURRENT
vs
PULSE WIDTH

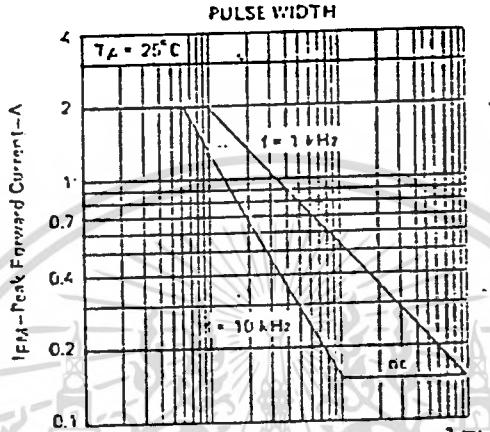


FIGURE 1

TYPICAL CHARACTERISTICS

FORWARD CONDUCTION CHARACTERISTICS

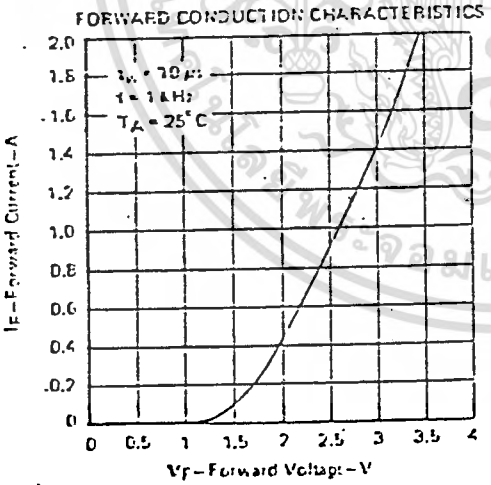


FIGURE 2

AXIAL RADIANT INTENSITY
vs
PEAK FORWARD CURRENT

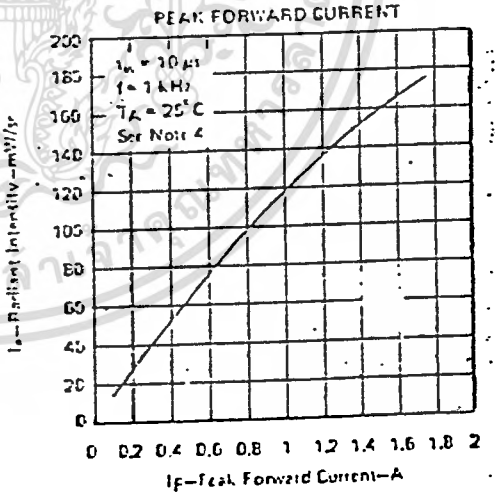


FIGURE 3

NOTE 4: Axial radiant intensity is measured over 0.01 steradian on the mechanical axis.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

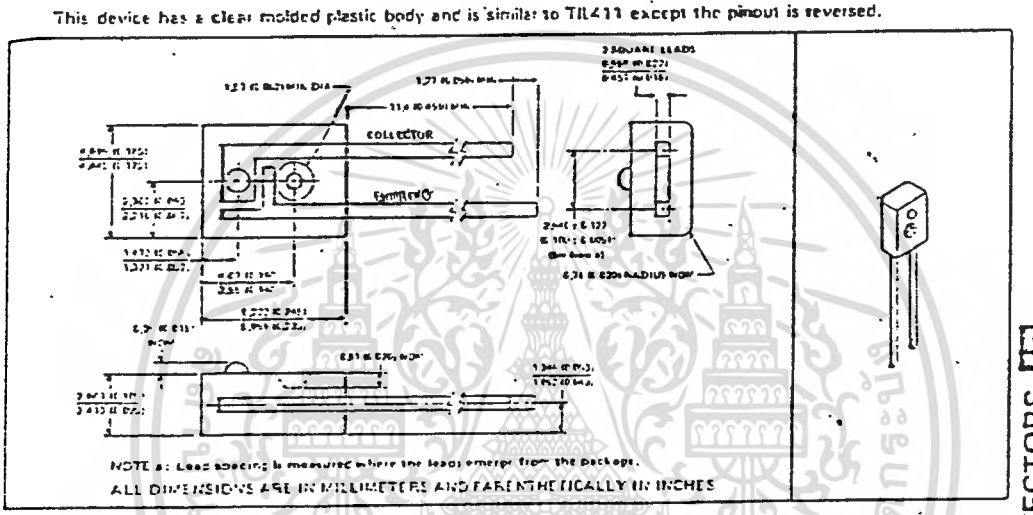
TYPE TIL415
N-P-N SILICON PHOTOTRANSISTOR

D2650, FEBRUARY 1983

- Recommended for Applications Requiring Low-Cost Discrete Phototransistors
- Spectrally and Mechanically Compatible with TIL40 Infrared Emitter
- Designed for use in Housings or Printed Circuit Boards

mechanical data

This device has a clear molded plastic body and is similar to TIL411 except the pinout is reversed.



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-Emitter Voltage	30 V
Emitter-Collector Voltage	7 V
Continuous Collector Current	50 mA
Continuous Device Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature (see Note 1)	50 mW
Operating Free-Air Temperature Range	−40°C to 85°C
Storage Temperature Range	−40°C to 100°C
Lead Temperature 1.6 mm (1/16 inch) from Case for 3 Seconds	260°C

electrical characteristics at free-air temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	I_C = 100 μA, E_e = 0	30			V
$V_{(BR)ECO}$	Emitter-Collector Breakdown Voltage	I_E = 100 μA, E_e = 0	7			V
I_{CD}	Dark Current	V_{CE} = 5 V, E_e = 0			100	nA
I_L	Light Current	V_{CE} = 5 V, E_e = 500 μW/cm², See Note 2	100	400		μA
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 80 μA, E_e = 500 μW/cm², See Note 2		0.15		V

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS		TYP	MAX	UNIT
t_r	Rise Time	V_{CC} = 10 V,	I_L = 100 μA,	25		μs
t_f	Fall Time	R_L = 1 kΩ,	See Figure 3	25		

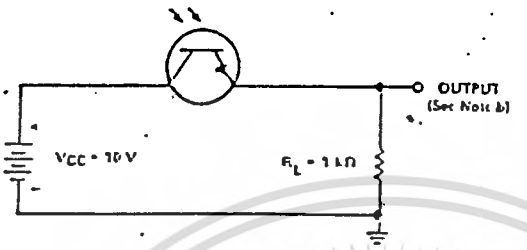
NOTES 1. Derate linearly to 85°C free-air temperature at the rate of 0.91 mW/°C.
2. Irradiance (E_e) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an infrared-emitting diode, wavelength at peak emission is 930 nm, and spectral bandwidth is 45 nm.

Copyright © 1983 by Texas Instruments Incorporated.

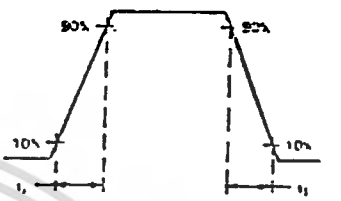
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL415
N-P-N SILICON PHOTOTRANSISTOR

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



OUTPUT VOLTAGE WAVEFORM

FIGURE 1

NOTES: a. Input irradiance is supplied by a pulsed gallium arsenide infrared emitter with rise and fall times of less than 50 ns. Incident irradiation is adjusted for I_L = 100 μA.
b. Output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: t_r < 25 ns, r_{in} > 1 MΩ, C_{in} < 20 pF.

TYPICAL CHARACTERISTICS

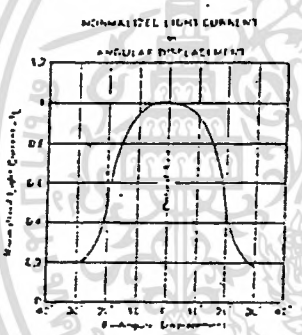


FIGURE 2

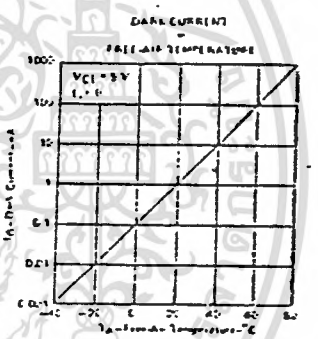


FIGURE 3

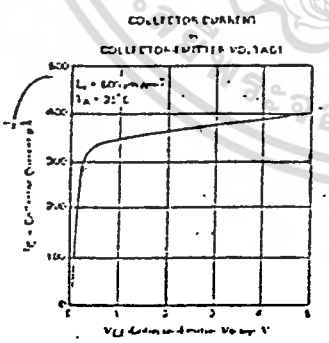


FIGURE 4

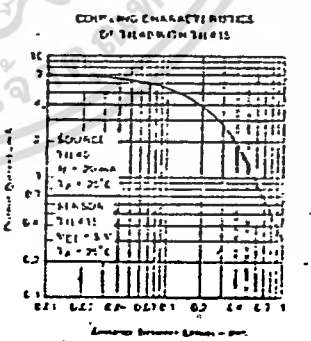
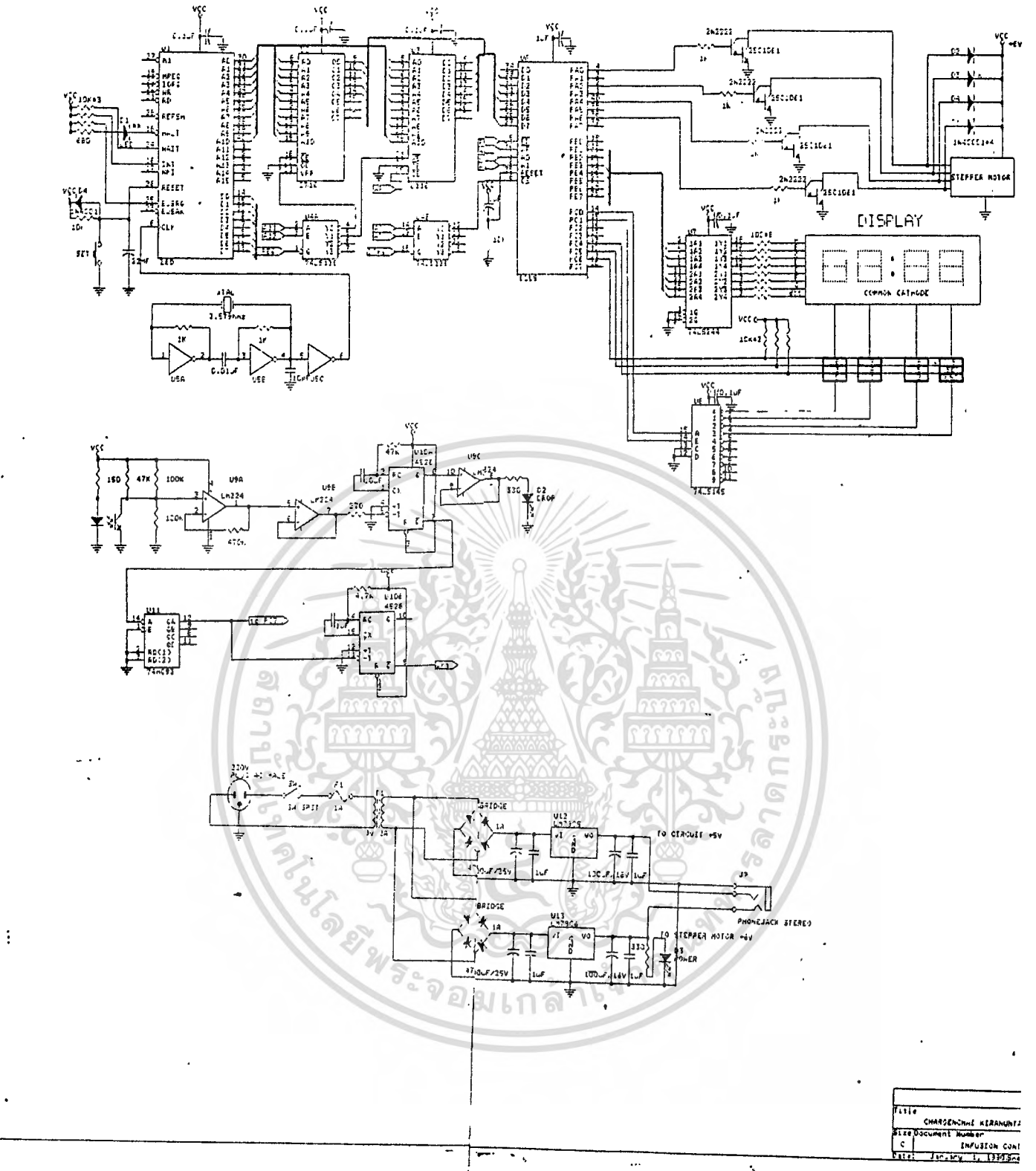


FIGURE 5

PHOTODETECTORS

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เนื่องมาจากได้คำปรึกษาที่ดีจาก อ.ภากร หุตะสังกาศ; อ.สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ห้องทดลอง และเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ จึงใคร่ขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ อย่างสูง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1.ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ, "การใช้งาน Z80" , พิสิกเซ็นเตอร์ การพิมพ์ ,2528

2.ยืน ภู่วรวรรณ และ วัฒนา เธียงกูล, "ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์", ซีเอ็ดยูเคชั่น,พิมพ์ครั้งที่ 3, 2527

3.ยืน ภู่วรวรรณ, "เทคนิคการประยุกต์และใช้งานไอซีTTL", ซีเอ็ดยูเคชั่น,พิมพ์ครั้งที่ 5, 2528

4.รุ่งทิพย์ กุลสันติธารงค์ และ วิโรจน์ อัศวรังสี, "GRAVITY I.V. MONITOR", ปริญญานิพนธ์, ปีการศึกษา 2533

5."คู่มือเทียบเบอร์ไอซีTTL", ซีเอ็ดยูเคชั่น, พิมพ์ครั้งที่ 3, 2528

6."คู่มือไอซีซีพียูซัพพอร์ทและหน่วยความจำ", ซีเอ็ดยูเคชั่น, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2529

7."คู่มือ ETBOARD V3.0" บริษัท อีทีที จำกัด

8.วารสาร "เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์" ซีเอ็ดยูเคชั่น

9.วารสาร "คอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์เวิลด์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้