ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2533

เรื่อง เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ

GRAVITY I.V. MONITOR

โดย

1.นางสาวรุ่งทิพย์ กุลสันติธำรงค์ 29.1168

2.นายวิโรจน์ อัศวรังสี 29.1184

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พิชัย คูศิริวานิชกร

027024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2533

เรื่อง เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ
GRAVITY I.V. MONITOR

จัดทำโดย

1.นางสาวรุ่งทิพย์	กุลสันติธำรงค์	29.1168
2.นายวิโรจน์	อัศวรังสี	29.1184

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์ พิชัย คูศิริวานิชกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทนำ	
บทที่ 1 แนวความคิดในการสร้างและลักษณะการทำงาน	1
1.1 ลักษณะการทำงานของเครื่อง	1
1.2 วิธีการใช้เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ	1
บทที่ 2 การออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ	5
2.1 ทฤษฎีของตัวรับและตัวส่งทางแสง	5
2.2 การออกแบบวงจรภาครับและภาคส่ง	8
บทที่ 3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน	14
3.1 หน่วยประมวลผลกลาง Z80 ซีพียู	14
3.2 8255 PIO	19
3.3 8253 PROGRAMMABLE TIMER	32
3.4 ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุม	38
3.5 รูปแบบการทำงาน	40
บทที่ 4 ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของระบบ	45
4.1 โฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมหลัก	45
4.2 โปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์	49
4.3 การคำนวนหาอัตราเร็วของหยดน้ำ	49
บทที่ 5 การทดลอง	52
- สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	57
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	58
6.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป	58
6.2 การประยุกต์สำหรับใช้งานประเภทอื่นๆ	60
6.3 ปัญหาเนื่องจากการทำงาน	60
ภาคผนวก	63
กิตติกรรมประกาศ	105
หนังสืออ้างอิง	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ

รุ่งทิพย์ กุลสันติธำรงค์ 291168
วิโรจน์ อัศวรังสี 291184
อ.พิชัย คูศิริวานิชกร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในทางการแพทย์ โดยได้ประยุกต์เป็น"เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ" ซึ่งเป็นเครื่องมือทางการแพทย์ที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายอยู่ภายในห้องไอซียูแทบทุกโรงพยาบาล ลักษณะการทำงานของเครื่องนี้จะทำหน้าที่เป็นผู้คอยตรวจสอบปริมาณ และอัตราการให้ยาแทนพยาบาลหรือแพทย์ ซึ่งไม่สามารถมาคอยดูแลผู้ป่วยคนเดียวได้ตลอดเวลา อาจกล่าวได้ว่าเป็นเครื่องที่ทำหน้าที่เสมือนยามที่คอยเตือนพยาบาลหรือแพทย์ว่าคนไข้ได้รับปริมาณยาครบกำหนดแล้วหรือยัง ได้รับยาถูกต้องตามช่วงเวลาหรือในอัตราต่อเวลาที่ถูกต้องหรือไม่ และมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับสายน้ำเกลือหรือไม่ เช่น น้ำเกลือหมดหรือไม่หยด เป็นต้น ซึ่งถ้ามีสิ่งผิดปกติดังกล่าวเกิดขึ้น เครื่องก็จะส่งเสียงเรียกพยาบาลเพื่อมาดูและแก้ไขสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น เครื่องนี้สามารถดัดแปลงเพิ่มเติมให้สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือ หรือยาให้เข้าสู่ตัวผู้ป่วยได้อย่างอัตโนมัติ โดยการติดตั้งส่วนเครื่องกลและมอเตอร์เพิ่มใช้ในการหมุนบีบรัดสายเพื่อทำให้อัตราการหยดของยาคงที่ ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมปริมาณยาต่อเวลาที่จะให้ผู้ป่วยได้อย่างแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น และนั่นก็หมายความว่า จะทำให้การรักษาพยาบาลผู้ป่วยเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องมากขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

GRAVITY I.V. MONITOR

Rungtip Kulsantithamrong 291168

Wiroj Assawarungsi 291184

Pichai Kusiriwanichkon Avisor

1989

Abstract

This thesis presents an application of microcomputer in the medical fields. This equipment named Gravity I.V. Monitor can be found at many hospitals' I.C.U. rooms. It is be manipulating computer system to help doctors or nurses for administering I.V. fluids ; monitoring whether volume of dose has completely been filled yet , dropping rate are correct or can be accepted in a certain length of value and monitoring whether any malfunction has occured ; such as the container of fluid is empty , I.V. fluid cannot be infused in patients' vien and so on. With this equipment, if any malfunction or incorrent action takes place, it will alarm and indicate doctor or nurse to manage the fault. This equipment can be expand its potential with some mechanic and motor. As mechanic and motor is composed, it can automatically control dropping rate and volume of dose by twisting I.V. wire, twisting tightly for slower dropping rate or for no dropping and twisting loosely for faster dropping rate. Thus,this application equipment will really bring a lot of facility and efficiency to medical fields.

บทนำ

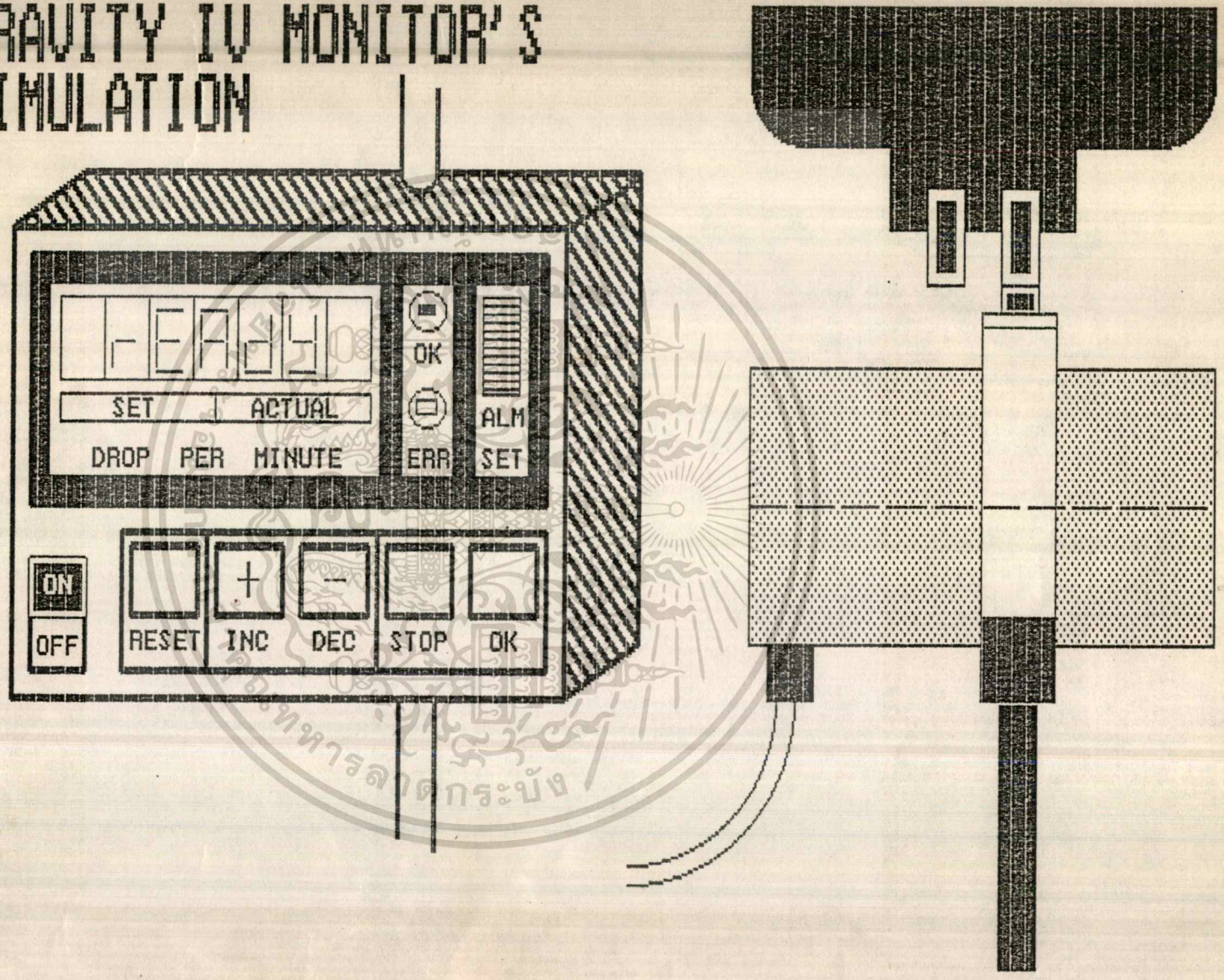
ปัญหาที่พบอยู่บ่อยๆในการให้ยาหรือน้ำเกลือแก่คนไข้ในห้องไอซียู หรือคนไข้ที่มีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมการให้ยาทางสายน้ำเกลือก็คือ การที่จะต้องให้ยาหรือน้ำเกลือเจือยาตลอดเวลา โดยจะต้องกำหนดปริมาณของยาต่อเวลาให้มีค่าถูกต้องอีกด้วย

ถ้าเป็นคนไข้ที่ไม่ป่วยถึงขั้นวิกฤต พยาบาลโดยมากจะใช้วิธีให้น้ำเกลือหรือยาโดยการนับหยดหรือจับเวลาเอาเอง แล้วคำนวณคาดคะเนว่าถ้าหยดไปครบเวลาเท่านั้นเท่านี้แล้ว คนไข้จะได้ปริมาณยาประมาณเท่าไร ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วคนไข้อาจได้รับยามากเกินไป น้อยเกินไป หรือได้รับยาที่หยดช้าหรือเร็วเกินไปกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เพราะไม่มีการควบคุมอัตราการหยดซึ่งมักไม่คงที่ตามเวลาที่ผ่านไป และนี่เองจะเป็นสาเหตุที่จะต้องสร้างเครื่องนี้ขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่แทนพยาบาล ในการนับปริมาณและคำนวณอัตราการหยดของยาให้อยู่ในค่าหรือปริมาณที่ยอมรับได้

เครื่องนี้จะทำงานโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุม ลักษณะการทำงานของเครื่องนี้จะทำหน้าที่เสมือนยามที่คอยเตือนพยาบาลว่า คนไข้ได้รับปริมาณยาครบกำหนดแล้วหรือยัง ได้รับยาตามช่วงเวลาที่ถูกต้องหรือไม่ และมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับสายน้ำเกลือหรือไม่ เช่น น้ำเกลือไหลจนหมดแล้วและทำให้เลือดไหลย้อนกลับเข้าขวดน้ำเกลือ การที่น้ำเกลือหรือยาไม่สามารถไหลเข้าไปในเส้นเลือดได้อันเนื่องจากการอุดตันของเส้นเลือด หรือการปักเข็มให้น้ำเกลือที่ไม่ถูกต้องไม่เข้าเส้นเลือด ถ้ามีสิ่งผิดปกติดังกล่าวเกิดขึ้น เครื่องก็จะส่งเสียงเรียกพยาบาลเพื่อมาดูและแก้ไขสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แบ่งเนื้อเรื่องของเครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือออกเป็นหัวข้อต่างๆจำนวน 6 บท โดยบทที่ 1 ได้กล่าวถึงแนวความคิดพื้นฐานในการออกแบบ บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกตัวตรวจจับหยดน้ำ บทที่ 3 และ 4 แสดงถึงฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด บทที่ 5 และ 6 เป็นผลการทดลองการทำงานของเครื่อง และแนวทางการออกแบบพัฒนาเครื่องนี้ต่อไป

GRAVITY IV MONITOR'S SIMULATION



บทที่ 1

แนวความคิดในการสร้างและลักษณะการทำงาน

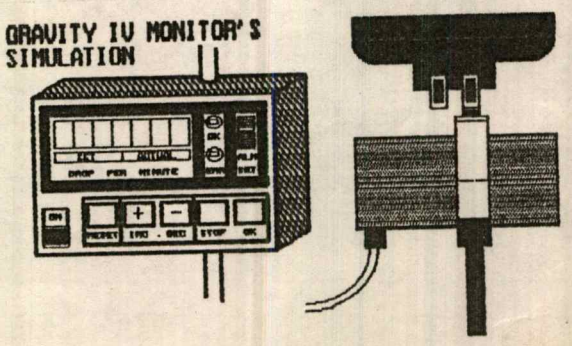
เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ชนิดหนึ่ง ที่มีการใช้กันทั่วไปโดยเฉพาะในห้องไอซียู แต่คนทั่วไปมักไม่ค่อยรู้จัก และมองไม่ออกถึงความจำเป็นของเครื่องนี้ แต่ถ้ามองถึงความจำเป็นที่จะต้องให้ยาแก่ผู้ป่วยโดยทางสายน้ำเกลือ (เช่น ในกรณีที่ผู้ป่วยหมดสติ และต้องให้ยาสม่ำเสมอ) เป็นปริมาณที่ถูกต้อง และในอัตราต่อเวลาที่แน่นอน ก็จะพบว่าจะต้องมีอุปกรณ์บางอย่างที่ทำหน้าที่เป็นผู้คอยตรวจสอบปริมาณ และอัตราการให้ยาแทนพยาบาลหรือแพทย์ ซึ่งไม่สามารถมาคอยดูแลผู้ป่วยคนเดียวได้ตลอดเวลา เครื่องนี้สามารถที่จะควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือและยาให้เข้าสู่ตัวผู้ป่วยได้อย่างคงที่ ทำให้สามารถคำนวณปริมาณยาต่อเวลาที่จะให้ผู้ป่วยได้อย่างแม่นยำ อันจะทำให้การรักษาพยาบาลผู้ป่วยเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 ลักษณะการทำงานของเครื่อง

เครื่องนี้จะคอยตรวจนับอัตราการหยดน้ำเกลือจากกระเปาะของถุงน้ำเกลือ และคำนวณปริมาณน้ำเกลือ โดยทั้งหมดนี้พยาบาลจะเป็นผู้กำหนด เมื่อคำนวณพบว่ามีอัตราการไหลที่ผิดพลาดไปจากที่กำหนดไว้ ในเปอร์เซ็นต์ที่ยอมรับไม่ได้ เครื่องก็จะส่งเสียงเตือนเพื่อเรียกพยาบาลมาปรับแต่งแถบบังคับจำนวนหยด(I.V.clamp)ให้ถูกต้องเสียใหม่ (ถ้าส่วนของกลศาสตร์ได้มีการออกแบบให้ทำงานได้จริงและมีประสิทธิภาพแล้ว เครื่องนี้จะปรับแถบบังคับจำนวนหยดให้เองโดยอัตโนมัติ)

มีการตรวจว่าปริมาณน้ำเกลือที่หยดไปนั้นครบจำนานหรือยัง ซึ่งเมื่อครบจำนวนแล้วเครื่องก็จะเตือนบอกว่าครบแล้ว (และถ้าส่วนของกลศาสตร์สร้างเสร็จ เครื่องก็จะสามารถปิดหรือหยุดการให้น้ำเกลือเองอัตโนมัติเช่นเดียวกัน) และในขณะที่ทำงานนับหยดยานั้น จะมีการตรวจความผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดขึ้นตลอดเวลาด้วย ได้แก่ ตรวจว่าตัวตรวจจับยังอยู่ที่กระเปาะอยู่หรือไม่ น้ำเกลือหมดหรือไม่ ลักษณะการวางตัวของกระเปาะน้ำเกลืออยู่ในแนวดิ่งหรือไม่ เพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้ไม่สามารถตรวจจับหยดน้ำเกลือได้ ตรวจว่าน้ำเกลือไหลเข้าสู่เส้นเลือดช้าหรือไม่ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะทำให้มีปริมาณน้ำเกลือสูงเอ่อขึ้นมาเต็มกระเปาะน้ำเกลือหมด การผิดพลาดต่างๆทางด้านอุปกรณ์ภายในเครื่อง เช่น RAM เสีย เป็นต้น และมีการแสดงผลว่ามีการผิดพลาดในเรื่องใด โดยแสดงบอกเป็นรหัสต่างๆ เพื่อที่จะได้ให้พยาบาลรับรู้และแก้ไขได้เอง

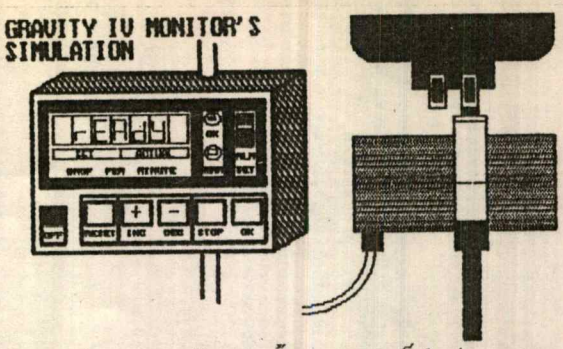
1.2 วิธีการใช้เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ



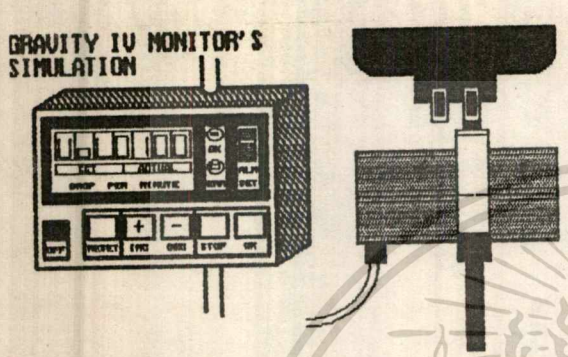
เมื่อได้มีการเสียบอะเดปเตอร์หรือเครื่องแปลงไฟสลับ 220 โวลต์เป็นไฟกระแสตรง 5 โวลต์ และได้เปิดสวิทช์เพาเวอร์ให้เครื่องทำงาน เครื่องจะเริ่มทำงานอุ่นเครื่องอย่างแรกด้วยการตรวจอุปกรณ์ต่างๆภายในตัวเครื่องเองก่อน จากนั้นก็เซทค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เซทพอร์ทต่างๆ ถ้ามีอะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

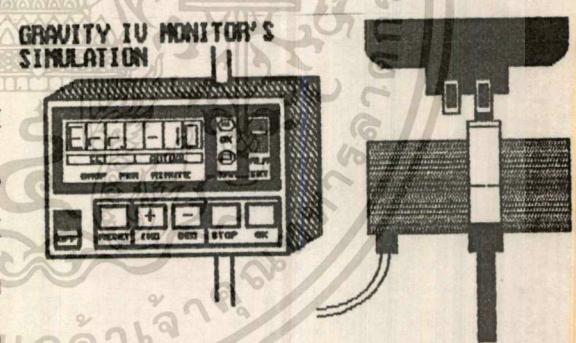
ผิดพลาด เครื่องก็จะแสดงผลคำว่า Error ขึ้นมาพร้อมทั้งบอกว่าอะไรที่ผิดพลาด ถ้าไม่มีอะไรผิดพลาดเครื่องก็จะแสดงผลว่า READY ซึ่งหมายความว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานได้แล้ว

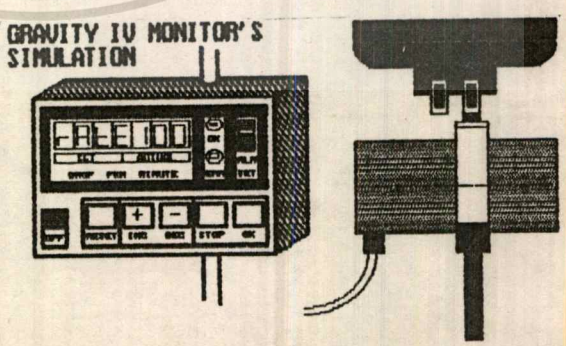


หลังจากนั้นพยาบาลก็นำส่วนตรวจจับฟองหยดน้ำไปติดตั้งที่กระเปาะน้ำเกลือ เมื่อเรียบร้อยแล้ว พยาบาลกดปุ่ม OK อันหมายความว่าพร้อมที่จะใส่คำต่างๆ เครื่องก็จะแสดงผลออกเป็นตัวหนังสือว่า VoL.XXXX ซึ่ง XXXX เป็นตัวเลขปริมาณน้ำเกลือ หน่วยเป็นมิลลิลิตรหรือซีซี สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1 ถึง 4000 มิลลิลิตรหรือ 4 ลิตรนั่นเอง (โดยทั่วไป ถุงน้ำเกลือ 1 ถุงมีปริมาณน้ำประมาณ 1 - 2 ลิตร)



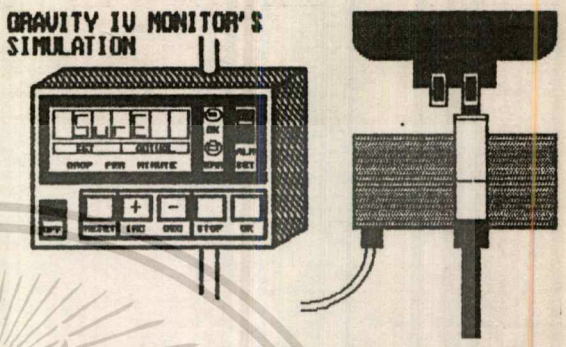
การกำหนดค่าต่างๆจะกำหนดเป็นแบบหลัก คือเมื่อกำหนดตัวเลขในหลักหน่วยแล้ว โดยการกดปุ่ม "+" อันหมายถึงเพิ่มค่าทีละหนึ่ง และ "-" อันหมายถึงการลดค่าทีละหนึ่ง หลังจากนั้นก็กดปุ่ม OK cursor ก็จะเลื่อนตำแหน่งไปยังหลักสิบ เป็นต้น เมื่อกำหนดครบทั้ง 4 หลักแล้ว ก็สามารถกดปุ่ม OK อันหมายความว่าพร้อมที่จะกำหนดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของอัตราการหยด ซึ่งมีตัวเลขให้ใช้อยู่ 6 ชุด ด้วยกันคือ +40,+20,+10,-10,-20 และ -40 ซึ่งเป็นตัวเลขมาตรฐาน สากลที่ใช้กันอยู่ โดยสามารถกำหนดเลือกได้โดยการกดปุ่ม + หรือ - เมื่อกำหนดเสร็จแล้วก็สามารถกดปุ่ม OK ซึ่งหมายความว่าพร้อมที่จะกำหนดอัตราการหยดน้ำเกลือต่อนาทีแล้ว ซึ่งลักษณะการกำหนดอัตราการหยดก็เป็นแบบการกำหนดเป็นหลัก เหมือนการกำหนดปริมาณน้ำเกลือในตอนต้น สามารถ กำหนดได้ตั้งแต่ 1 ถึง 999 หยดต่อนาที (ซึ่งตามความเป็นจริง จะไม่มีการให้น้ำเกลือกับคนไข้ด้วยความเร็วขนาดนี้)

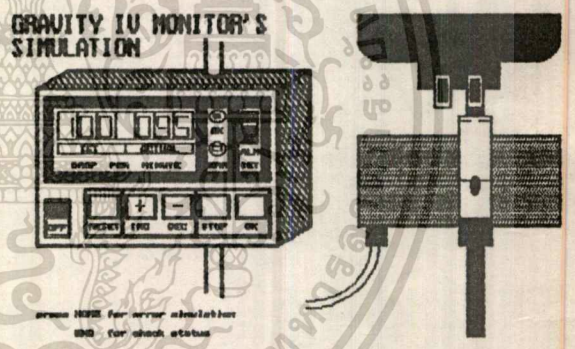


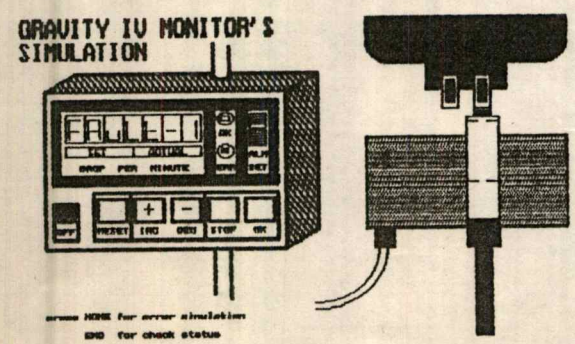


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดค่าดังกล่าวเสร็จแล้ว เครื่องก็จะทวนคำสั่งต่างๆที่เราใส่เข้าไป ทั้งปริมาณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ อัตราการหยดต่อนาทีที่ต้องการ และจะบอกด้วยว่าจะใช้เวลาหยดรวมทั้งสิ้นกี่ชั่วโมงกี่นาทีจึงจะครบจำนวนตามที่ต้องการ หรือตามที่ได้กำหนดเอาไว้แล้ว และเมื่อเครื่องทวนคำสั่งเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เครื่องก็จะถามว่าถูกต้องหรือไม่ โดยแสดงตัวอักษรว่า SURE ถ้าไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงหรือทุกอย่างถูกต้องแล้ว เราก็กดปุ่ม OK อันหมายความว่ายอมรับและต้องการให้เครื่องทำงานเลย แต่ถ้ากดปุ่ม STOP เครื่องจะกลับไปยังจุดที่แสดงตัวอักษร READY ใหม่ เพื่อที่จะให้เราคีย์ข้อมูลหรือคำสั่งทั้งหมดใหม่อีกที ภายหลังที่เรากดปุ่ม OK แล้ว เครื่องก็จะทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเครื่องต่างๆทันที เช่น กำหนดอัตราการหยดไว้ 100 หยดต่อนาที กำหนดค่าผิดพลาดไว้ +20% ดังนั้นอัตราเร็วที่ยอมรับได้ก็คือ ตั้งแต่ 100-120 หยดต่อนาที นั่นหมายความว่า ถ้าแพทย์หรือพยาบาลปรับแถบบังคับการหยดน้ำเกลือให้อัตราการหยดน้ำเกลือสูงกว่าหรือต่ำกว่าช่วงยอมรับนี้ เครื่องก็จะส่งเสียงเตือนเพื่อให้แพทย์หรือพยาบาลปรับแถบบังคับการหยดน้ำเกลือไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถูกต้องโดยมีการแสดงผลด้วยว่า ณ ตอนนี้อัตราการหยดน้ำจริงเป็นเท่าไร



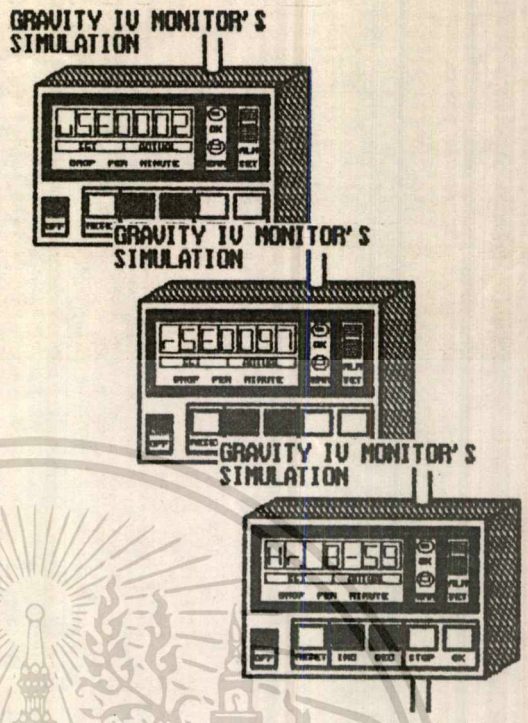


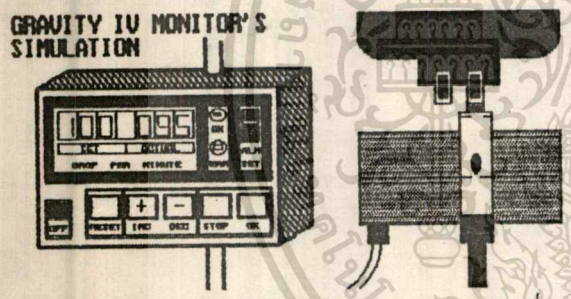


เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยก็เป็นอันเสร็จสิ้นหน้าที่ของแพทย์หรือพยาบาลผู้นั้น ต่อไปก็เป็นหน้าที่ของเครื่องที่จะทำการตรวจว่าเมื่อไรจะครบจำนวนการให้ยาที่แพทย์หรือพยาบาลเป็นผู้กำหนดไว้ เพื่อเรียกเตือนอีกครั้งหนึ่ง โดยจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นต่างๆตลอดเวลาที่ทำการวัดอยู่ รวมทั้งอัตราเร็วของการหยดที่อาจเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างที่เครื่องทำงานอยู่นั้น ถ้าพยาบาลมีความต้องการที่จะรู้ว่า ในขณะนี้เครื่องได้นับหยดน้ำไปเท่าไรแล้ว คงเหลืออีกเท่าไร และต้องใช้เวลาอีกเท่าไรจึงจะทำการนับเสร็จ ก็สามารถรู้ได้โดยการกดปุ่ม + และ - พร้อมกัน ซึ่งเครื่องจะแสดงข้อมูลว่าได้หยดไปแล้วเท่าไร คงเหลือเท่าไร และจะต้องใช้เวลาเท่าไร ตามลำดับ และถ้ามีความต้องการที่จะแก้ไขข้อมูลคำสั่งบางอย่าง ก็สามารถจะหยุดเครื่องเพื่อแก้ไขได้โดยกดปุ่ม STOP เครื่องก็จะทวนกระบวนการคีย์ข้อมูลคำสั่งดังตอนต้น กล่าวคือ จะไล่จากคำสั่งในการกำหนดปริมาณ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ อัตราการหยดต่อนาที ซึ่งเมื่อคีย์ข้อมูลเสร็จแล้ว เครื่องจะไปแก้ไข (update) ข้อมูลที่ได้กำหนดเอาไว้อีกทีหนึ่ง





รูปแสดงการทำงานของเครื่องภายหลังกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้ว เครื่องจะแสดงอัตราการหยดที่ได้กำหนดไว้ใน 3 หลักแรกของดิสเพลย์ และจะแสดงตัวเลขแสดงอัตราการหยดที่เกิดขึ้นจริงที่เครื่องนับได้ใน 3 หลักหลังต่อมา

และจากลักษณะการทำงานของเครื่องทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่าเครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือไม่มีส่วนใดของเครื่องเลยที่เกี่ยวข้องกับน้ำเกลือโดยตรง จึงเป็นการรับประกันได้ว่าปลอดภัย ทั้งในเรื่องการติดเชื้อต่างๆ การทำให้เกิดฟองอากาศที่เกิดจากการบีบการสูบของเครื่อง (ซึ่งถ้าเป็น INFUSION PUMP แล้ว อาจเกิดฟองอากาศขึ้นได้อันเนื่องมาจากการสูบฉีดของเครื่อง) อีกทั้งมีกลไกการใช้งานที่ง่ายและสะดวกมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ

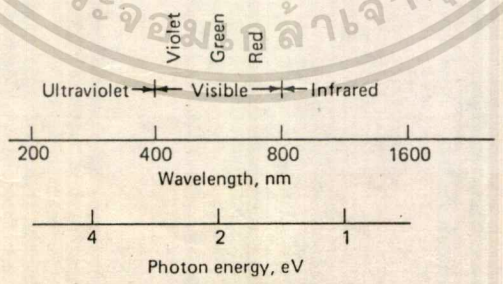
ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการออกแบบชุดตรวจจับหยดน้ำ พร้อมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ชุดตรวจจับหยดน้ำเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อเครื่องนับจำนวนหยดน้ำนี้เป็นอย่างมาก ภายในชุดตรวจจับหยดน้ำประกอบด้วย ภาครับ และ ภาคส่ง ภาคส่งจะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดไปยังภาครับ และเมื่อมีหยดน้ำวิ่งตัดผ่านลำแสงนี้ ก็จะทำให้ภาครับตรวจจับสัญญาณได้ ในตอนแรกของบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆของทั้งตัวรับและตัวส่งทางแสง (optical source and detector) โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ แนวความคิดในการออกแบบวงจร วงจร และลายวงจรที่ได้ออกแบบไปแล้ว

2.1 ทฤษฎีของตัวรับและตัวส่งทางแสง (Optical source and detector)

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า การเลือกชนิดของตัวรับและตัวส่งทางแสง มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก ถ้าเลือกตัวรับตรวจจับแสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า"ความยาวคลื่นคัตออฟของตัวรับ" (Cutoff wavelength) แล้ว จะทำให้ไม่สามารถตรวจจับแสงได้เลย ตัวรับหรือตัวตรวจจับแสงนี้มีลักษณะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางควอนตัม โดยตัวรับจะสามารถตรวจจับแสง หรือสามารถจับพลังงานโฟตอนของแสงได้เฉพาะความยาวของคลื่นค่าหนึ่งเท่านั้น พลังงานของโฟตอนดังกล่าวจะมีค่าดังนี้

Ep = ค่านิจของแพลงค์ X ความเร็วแสง / ความยาวคลื่นของแสง

โดยที่ค่านิจของแพลงค์มีค่าเท่ากับ 6.62E-34 จูล.วินาที ความเร็วของแสงมีค่าเท่ากับ 3.0E8 เมตรต่อวินาที และหน่วยของพลังงานของโฟตอนเท่ากับ eV หรือ อิเลคตรอน-โวลต์ เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเปคตัมของแสงกับพลังงานของโฟตอนได้ดังรูป 2.1



รูป 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเปคตัมของแสงและพลังงานโฟตอนของแสง

ความเข้มของแสงจะหมายถึงปริมาณพลังงานที่ปล่อยออกมาจากตัวส่ง ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ ทั้งนี้ปริมาณของโฟตอนต่อ 1 วัตต์ที่ปล่อยออกมามีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวคลื่นของแสง เช่น ที่ความยาวคลื่นแสง 555 นาโนเมตร แสง 1 วัตต์ จะมีโฟตอนที่ปลดปล่อยออกมา 2.8E24 โฟตอน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

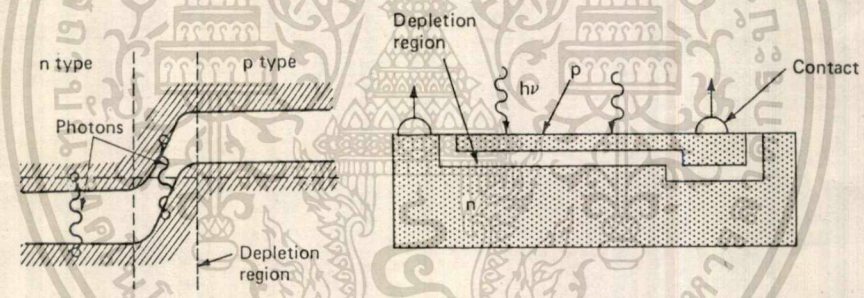
2.1.1 โฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์

โฟโต้ไดโอดก็คือ ไดโอดชนิดหนึ่งซึ่งลักษณะการทำงานจะเหมือนกับไดโอดทั่วไป เวลาใช้มักจะต่อแบบรีเวอร์สไบอัส (Reverse Bias) ซึ่งนั่นก็หมายความว่า จะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านกลับขั้วของมัน จนกระทั่งเมื่อมีแสงผ่านมาตกกระทบบนตัวมัน ทำให้ความสามารถในการนำไฟฟ้าของมันมีมากขึ้นจนทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านทะลุตัวมันได้

หลักการทำงานของโฟโต้ไดโอดโดยสรุปมีดังนี้คือ เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับความยาวคลื่นค้ตออฟของโฟโต้ไดโอด ผ่านมากระทบกับสารเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ทำเป็นอุปกรณ์ประเภทนี้ พลังงานโฟตอนของแสงก็จะถูกดูดกลืน และถูกนำไปใช้ในการกระตุ้นอิเลคตรอนให้หลุดออกมาจากสารกึ่งตัวนำ และวิ่งผ่านทะลุรอยเชื่อม (junction) ไปยังสารกึ่งตัวนำอีกชนิดหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.2 โดยอิเลคตรอนดังกล่าวจะเป็นอิเลคตรอนของสารกึ่งตัวนำชนิดพี หรือเป็นประจุไมนอริตี้นั่นเอง และเมื่ออิเลคตรอนดังกล่าวมีการหลุดออกมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดการรีเวอร์สไบอัสนั่นเอง ปริมาณกระแสรีเวอร์สไบอัส ip จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงดังนี้

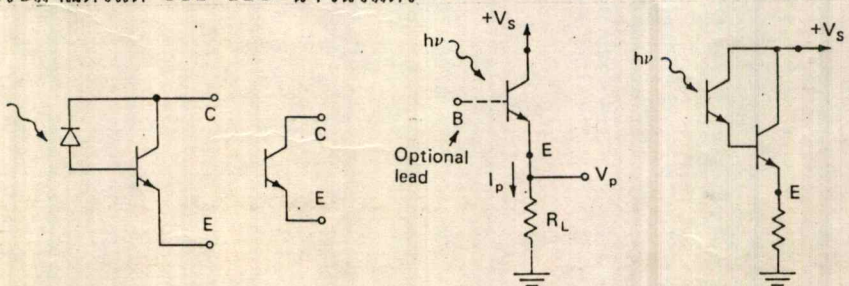
$$ip = KsW$$

เมื่อ Ks คือค่าความไวในการถูกกระตุ้น และ W คือค่าความเข้มแสง



รูป 2.2 ลักษณะของการที่แสงไปกระตุ้นให้อิเลคตรอนในโฟโต้ไดโอดหลุดและวิ่งทะลุรอยต่อ

ตัวโฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์มักจะทำจากสารกึ่งตัวนำ อาทิเช่น พวกซิลิกอน ซึ่งมักจะทำงานในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1100 นาโนเมตรขึ้นไป และพวกแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ ซึ่งนิยมมาใช้ทำอุปกรณ์ประเภทนี้มากที่สุด ทั้งนี้เพราะสามารถตอบสนองความยาวคลื่นได้ต่ำกว่าและได้กว้างกว่า ประมาณตั้งแต่ 550-900 นาโนเมตร



รูป 2.3 วงจรเสมือนของอุปกรณ์ประเภทโฟโต้ทรานซิสเตอร์
สัญลักษณ์ และลักษณะการต่อทั้งแบบชนิดอย่างง่ายและชนิดดาร์ลิงตัน

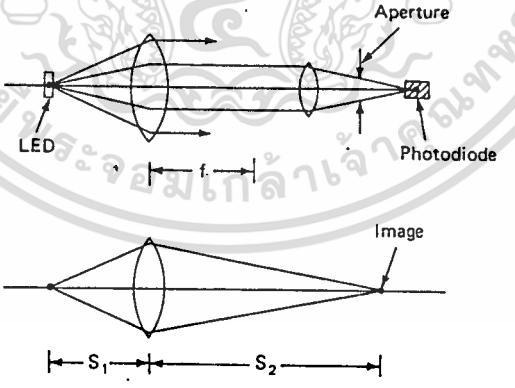
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโต้ทรานซิสเตอร์แท้ที่จริงแล้วก็คือ โฟโต้ไดโอดต่ออยู่กับทรานซิสเตอร์ดังรูป 2.3 ซึ่งก็มีลักษณะการทำงานเหมือนกับโฟโต้ไดโอดทั่วไปทุกประการ เพียงแต่ใส่ทรานซิสเตอร์เพื่อขยายกระแสของสัญญาณให้มากขึ้นนั่นเอง (โดยทั่วไปจะมีค่าขยายประมาณ 100 เท่า) ข้อเสียของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ก็คือ ความไม่เป็นลิเนียร์ในการทำงานขยายกระแส และการตอบสนองความถี่ในการสวิทช์ที่มีความเร็วสูงมากๆ อย่างไรก็ตาม โฟโต้ทรานซิสเตอร์เหมาะสำหรับงานจำพวกที่มีการอินเทอร์รัพท์แสงหรืองานที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนผ่านตัดลำแสงเป็นอย่างมาก และนี่เองที่เป็นสาเหตุที่ทำให้ทางผู้จัดเลือก TIL415 ซึ่งเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์มาใช้สำหรับงานตัวจับหยดน้ำ

2.1.2 แอลอีดี (LED : Light-Emitting Diodes)

หลักการทำงานของแอลอีดี จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับพวกโฟโต้ไดโอดและพวกโฟโต้ทรานซิสเตอร์อย่างชัดเจน กล่าวคือ ลักษณะการใช้งานจะใช้การฟอร์เวิร์ดไบอัส (forward bias) ประจุพวกเมเจอริตี้ (majority carriers) จากฝั่งทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดพี จะไหลทะลุดีพลีทชั่นรีเจียน (depletion region) ไปรวมตัวกับโฮลทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง โดยกระแสฟอร์เวิร์ดไบอัสดังกล่าวนี้มีค่าประมาณ 10 ถึง 50 มิลลิแอมป์ และมีฟอร์เวิร์ดโวลเตจประมาณ 1.4 ถึง 2.7 โวลต์ ทั้งนี้สเปคของผู้ผลิตแอลอีดีจะเป็นผู้กำหนดให้รู้ พวกแอลอีดีเหล่านี้จะมีอายุการใช้งานที่สั้นมากถ้าป้อนกระแสต่อเนื่องที่มีค่ามากๆให้อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการออกแบบวงจรการใช้ ควรจะพิจารณาในเรื่องนี้ให้เป็นพิเศษ แอลอีดีจะมีรีเวอร์สไบอัสได้ประมาณ 3 ถึง 10 โวลต์แล้วแต่ประเภทและชนิดของสารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ผลิต

2.1.3 เลนส์ของโฟโต้ไดโอดและของแอลอีดี



รูป 2.4 แสดงการโฟกัสแสงของเลนส์ ทั้งภาครับและภาคส่ง
และรัศมีของลำแสงที่แอลอีดีทำงานร่วมกับโฟโต้ไดโอดได้ดี

โฟโต้ไดโอด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มักจะมีเลนส์สำหรับโฟกัสลำแสงให้ตกกระทบบริเวณทำงานของโฟโต้ไดโอด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ให้มากที่สุด หรือให้ความเข้มแสงมากที่สุด ระยะของตำแหน่งภาพที่ปรากฏหลังเลนส์ซึ่งมักเป็นภาพหัวกลับขนาดเล็ก S2 หาได้จากสูตรดังนี้

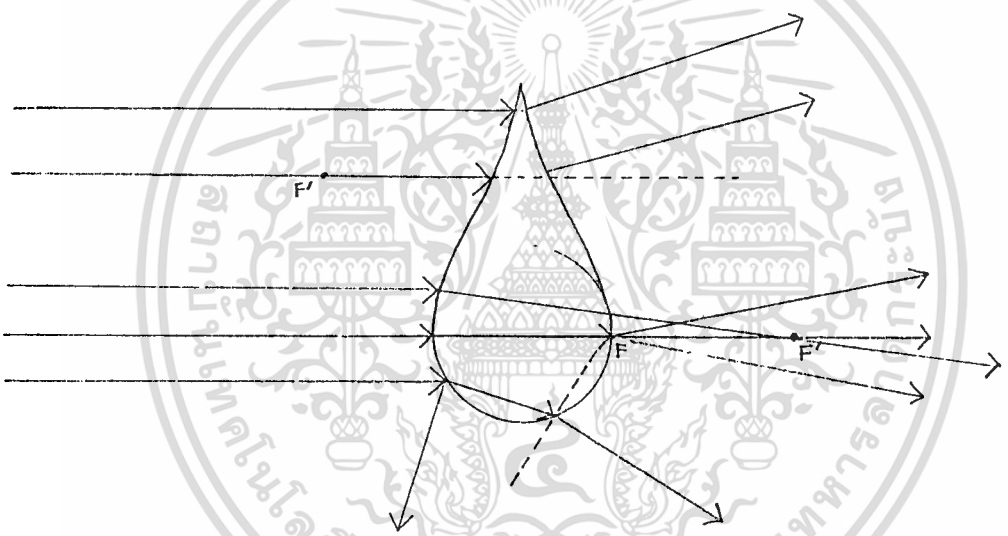
$$1/S2 = 1/f - 1/S1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยถ้าแหล่งกำเนิดแสงหรือ S1 อยู่ที่ระยะอินฟินิทหรือเป็นลำแสงแบบขนาน S2 จะตกหลังเลนส์ที่จุดโฟกัสพอดี ในกรณีของแอลอีดีก็คล้ายกัน ถ้าแหล่งกำเนิดแสงของแอลอีดีเป็นจุดและอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์ จะให้ลำแสงที่เป็นแบบขนาน แต่เนื่องจากแอลอีดีไม่ใช่เป็นแหล่งกำเนิดที่เป็นจุด ดังนั้นการออกแบบเลนส์ของแอลอีดีเพื่อให้ได้ลำแสงแบบขนานหรือใกล้เคียง จึงเป็นไปตามกรรมวิธีการผลิตของผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปลำแสงของแอลอีดีจะมีลักษณะมาตรฐานคล้ายกันดังแสดงในรูป 2.4

2.2 การออกแบบวงจรภาครับและภาคส่ง

หลักออกแบบคร่าวๆก็คือ เมื่อมีหยดน้ำหรือวัตถุวิ่งตัดผ่านลำแสง จะทำให้สัญญาณแสงถูกลดทอนลงไป คอมพาเรเตอร์ทางด้านภาครับส่งสัญญาณทันทีที่มีการรบกวนลำแสงไปให้ยังไทม์เมอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นโมโนสเตเบิลส่งสัญญาณพัลซ์ออกไปอินเทอร์รัพท์ Z80 เพื่อให้ Z80 นับอัตราเร็วและจำนวนปริมาณหยดน้ำที่ได้หยดไปแล้ว



รูป 2.5 แสดงลักษณะของลำแสงที่วิ่งผ่านตัวหยดน้ำใส ณ บริเวณต่างๆของตัวหยดน้ำ

ข้อแตกต่างระหว่างวัตถุทึบแสงกับหยดน้ำใสๆ

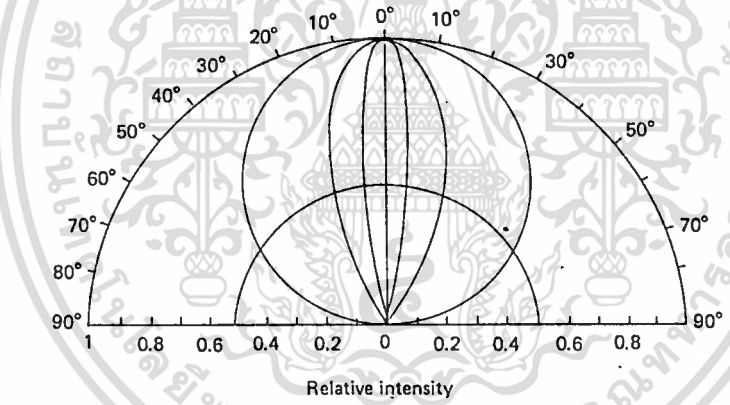
ถ้าเป็นวัตถุทึบแสงหรือหยดของเหลวที่ทึบแสงแล้ว จะทำให้สัญญาณแสงถูกลดทอนลงไปเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าเป็นหยดน้ำใสๆ ซึ่งจะทำหน้าที่เสมือนกับเป็นเลนส์นูนและเลนส์เว้าในเวลาเดียวกัน (ดูรูป 2.5 ประกอบ) โดยในตอนต้นของหยดน้ำซึ่งมีลักษณะที่ค่อนข้างกลม จะมีลักษณะเลนส์นูนซึ่งมีจุดโฟกัสอยู่ที่บริเวณผิวของหยดน้ำนั่นเอง ซึ่งนั่นหมายความว่าแสงที่ผ่านตัวหยดน้ำไปนั้นจะเกิดการกระเจิงขึ้นมาหรือเกิดการลดทอนของแสงนั่นเอง ในขณะที่ตอนกลางจะเป็นเลนส์นูนที่เกือบสมบูรณ์ หรือมีการรวมแสง ณ จุดที่ห่างออกไปจากผิวของหยดน้ำ และในตอนปลายของหยดน้ำจะมีลักษณะของเลนส์เว้า ซึ่งจะเป็นการกระจายแสงออกไปอีกที และจากจุดนี้นี่เอง เราจะสังเกตเห็นได้ว่า หยดน้ำใสหนึ่งหยดที่วิ่งตัดผ่านลำแสงไป จะมีการเกิดรวมแสง กระจายแสงในเวลาเดียวกัน นั่นหมายถึง สัญญาณที่ผ่านมายังคอมพาเรเตอร์จะมีลักษณะที่เป็นการสวิงอยู่ระยะหนึ่ง ทำให้สัญญาณเอาท์พุตจากคอมพาเรเตอร์จะมีการออกมาหลายลูกต่อหยดน้ำเพียงหยดเดียว เราจึงต้องออก

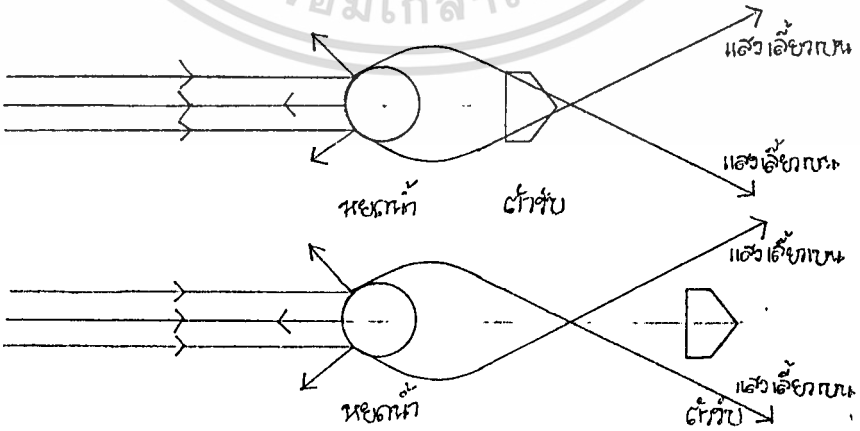
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบส่วนของโมโนสเตเบิลมาคอยรับสัญญาณเอาท์พุตลูกแรก และไม่สนใจในสัญญาณลูกอื่นเป็นเวลาอันพอเหมาะ อันที่จะไม่ทำให้ประสิทธิภาพของการนับหยดน้ำที่ความเร็วสูงๆเสียไป โดยจากวงจรที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ เราจะมีการหน่วงเวลาของไทม์เมอร์ประมาณ 0.1 วินาที ซึ่งหมายความว่า น้ำสามารถหยดได้เร็วถึง 10 หยดต่อ 1 วินาทีโดยไม่ทำให้เครื่องนับจำนวนหยดน้ำทำงานนับผิดพลาด

ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งกับประสิทธิภาพในการทำงาน

ในตอนแรกที่ทำการทดลองตรวจจับหยดน้ำโดยนำตัวรับวางไว้ไกลจากระยะของตัวหยดน้ำนั้น เราพบว่าเราไม่สามารถตรวจจับหยดน้ำได้เลย ทั้งนี้เนื่องจากลำแสงมีการเลี้ยวเบนอ้อมหยดน้ำ จนทำให้ความแตกต่างระหว่างขณะที่มีหยดน้ำตัดผ่านลำแสง กับตอนที่ไม่มีหยดน้ำตัดผ่านลำแสงมีค่าไม่แตกต่างกันเลย ดังนั้นในการออกแบบตัวรับ เราจะพยายามออกแบบให้อยู่ใกล้กับหยดน้ำที่หยดให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากลำแสงที่ออกมาจากตัวส่งแสงอินฟราเรด มีลักษณะที่เป็นลำกว้าง เราจึงออกแบบลำกล้องนำแสงเพื่อบีบให้ลำแสงมีมุมแคบขึ้น เพื่อลดปัญหาการสะท้อนของแสงอินฟราเรดที่ไปตกกระทบตัวกล่องของชุดตรวจจับหยดน้ำ แล้วสะท้อนไปยังตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ อย่างไรก็ตามจากการทดลอง ดูเหมือนว่าระยะทางระหว่างหยดน้ำกับตัวรับดูเหมือนว่ามีอิทธิพลต่อชุดตรวจจับหยดน้ำมากที่สุด





รูป 2.6 แสดงลักษณะอิทธิพลของระยะทางต่างๆที่มีต่อการตรวจจับหยดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027024

2.2.1 วงจรภาครับ

มีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 2.7 เป็นการต่อวงจรไทม์เมอร์แบบอะสเตเบิล โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 สร้างความถี่ประมาณ 12 กิโลเฮิรซ์ ผสมเข้าไปกับแสงอินฟราเรด ซึ่งความถี่นี้จะถูกกำหนดโดย VR1 , R1 , R2 และ C1 สามารถหาความถี่ได้โดยใช้สูตร

$$F = 1.44/(Ra+2Rb)C$$

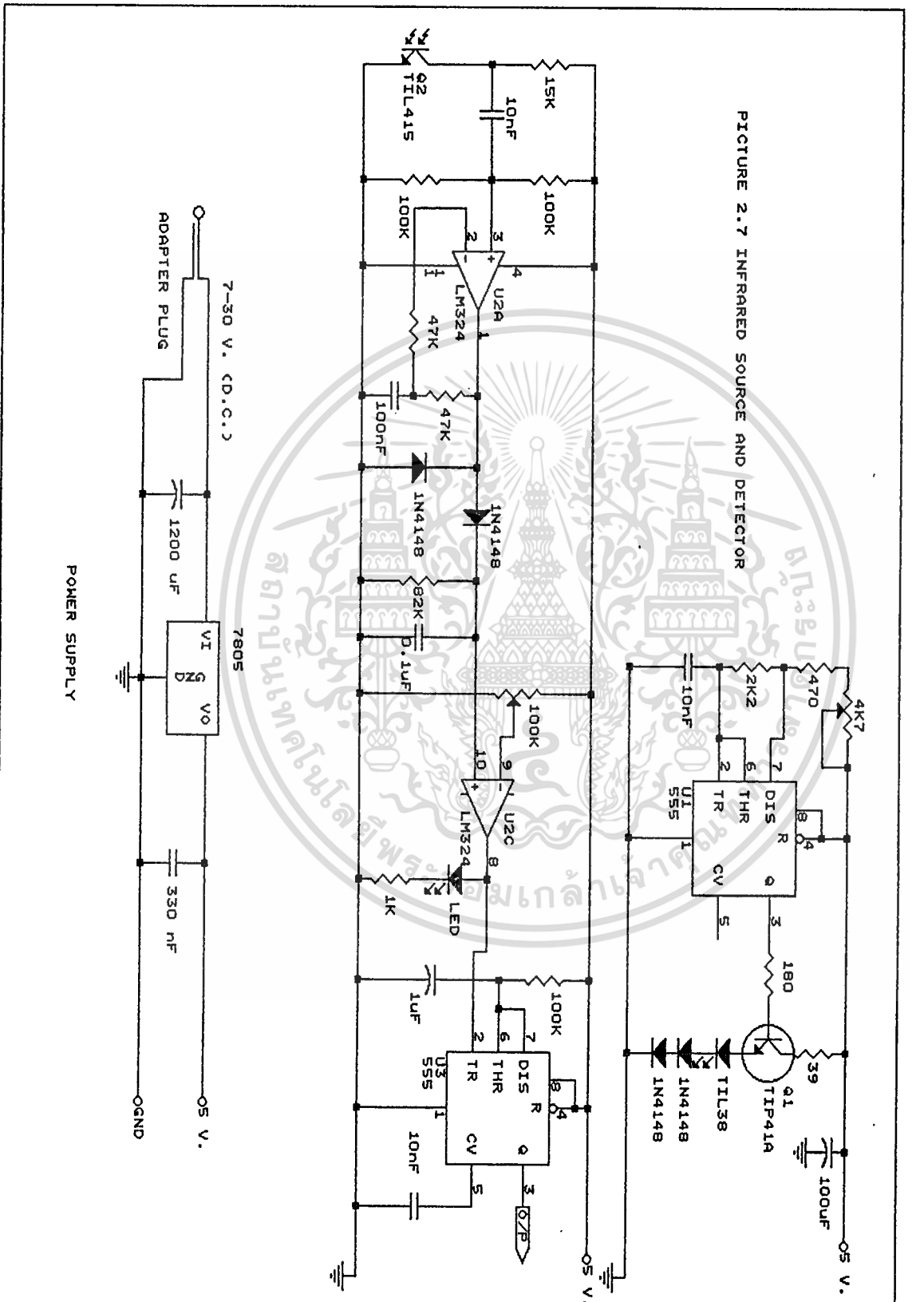
การที่เรา modulate ความถี่เข้าไปในทรานซิสเตอร์มีประโยชน์ก็คือ ช่วยลดภาระการจ่ายกระแสของทรานซิสเตอร์ ทำให้เราไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ตัวใหญ่ทนกระแสได้มากๆ อายุการใช้งานของแอลอีดีก็จะนานขึ้น และที่สำคัญก็คือ ช่วยลดปัญหาของแสงรบกวนอื่นๆ เช่นจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่มีความถี่ประมาณ 50 เฮิรซ์ จากแหล่งแสงสว่างอื่นๆ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการรับส่งสัญญาณแสงดีขึ้นไกลขึ้น ไอซี 555 จะเป็นตัวจ่ายกระแสเบสให้กับทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ก็จะจ่ายกระแสให้กับแอลอีดี (TIL38) และไดโอดทั้งสองอีกที ส่วนตัวเก็บประจุขนาด 100 ไมโครฟารัด มีไว้เพื่อเรคกูเลตให้ไฟเรียบขึ้น

2.2.2 วงจรภาคส่ง

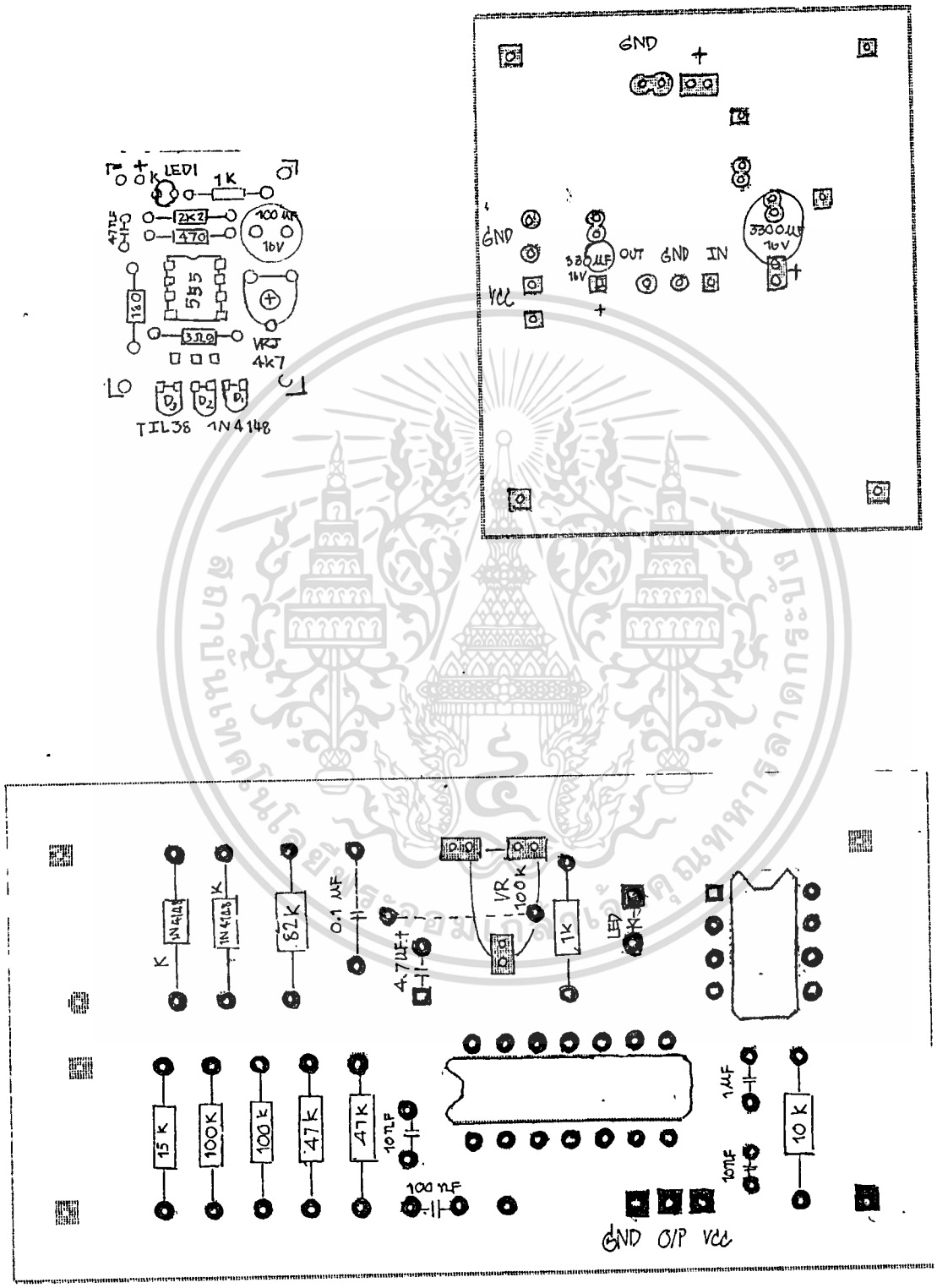
การทำงานของภาครับซึ่งแสดงวงจรไว้ในรูปที่ 2.7 เริ่มตั้งแต่โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะรับแสงอินฟราเรดความถี่ 12 กิโลเฮิรซ์เข้ามา ซึ่งมีตัวต้านทานค่า 15 กิโลโอห์มเป็นตัวไบอัสให้สัญญาณ AC จากโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะผ่านตัวเก็บประจุขนาด 10 นาโนฟารัด เข้าไปที่ขา 3 ของ LM324 โดยออปแอมป์ตัวแรกนี้ จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เพื่อสะท้อนแรงดันอินพุตไปยังเอาท์พุตโดยมีค่าขยายแรงดัน (gain) เป็น 1 โดยมีตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์มทั้งสองตัวทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันให้มีค่าเท่าๆกันทางด้านอินพุต ไดโอดที่ต่อจากขา 1 ของ LM324 ไปยังขา 10 ของออปแอมป์ ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับยอดของสัญญาณ (peak reader) ส่วนไดโอดอีกตัวที่ต่ออยู่ระหว่างกราวด์กับขา 1 ขา ออปแอมป์ เป็นตัวป้องกันออปแอมป์อิ่มตัว (saturate) ระหว่างครึ่งคาบหลังของสัญญาณที่มีค่าแรงดันเป็นลบ

ตัวต้านทาน 82 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุขนาด 0.1 ไมโครฟารัด ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันสัญญาณให้เรียบหรือให้เป็นไฟดีซี ออปแอมป์ตัวหลังจะทำหน้าที่เป็นคอมพาเรเตอร์ คอยเปรียบเทียบแรงดันระหว่างสัญญาณที่เข้ามาจากออปแอมป์ตัวแรก กับแรงดันอ้างอิงที่แบ่งมาจากตัวต้านทานปรับค่า 100 กิโลโอห์ม เมื่อแรงดันสัญญาณมีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง ออปแอมป์ก็จะส่งสัญญาณที่มีค่าโลจิกเป็น 0 จากเดิมที่มีค่าโลจิกมีค่าเป็น 1 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจากโลจิก 1 มาเป็น 0 นี้จะทำให้ไทม์เมอร์ 555 สร้างคล็อกที่มีความยาวคาบประมาณ 0.1 วินาทีออกมา การที่จะต้องนำไทม์เมอร์มาคั่นก่อนนำสัญญาณไปใช้ แทนที่จะต่อไปใช้เลยโดยตรงก็เพราะว่า ในขณะที่หยดน้ำวิ่งตัดผ่านลำแสงนั้น จะมีการสวิงไปมาของแรงดันอยู่ระยะหนึ่ง ซึ่งทำให้ได้คล็อกหลายลูกเกินความจริง และเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องต่อไทม์เมอร์เข้าไปเพิ่มอีกชุดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

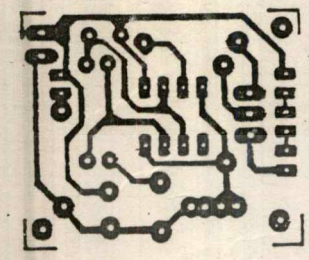


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

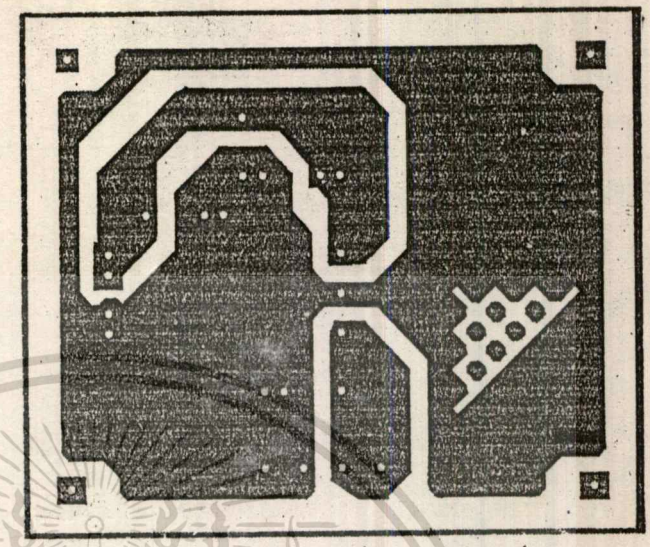


รูป 2.8 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจร

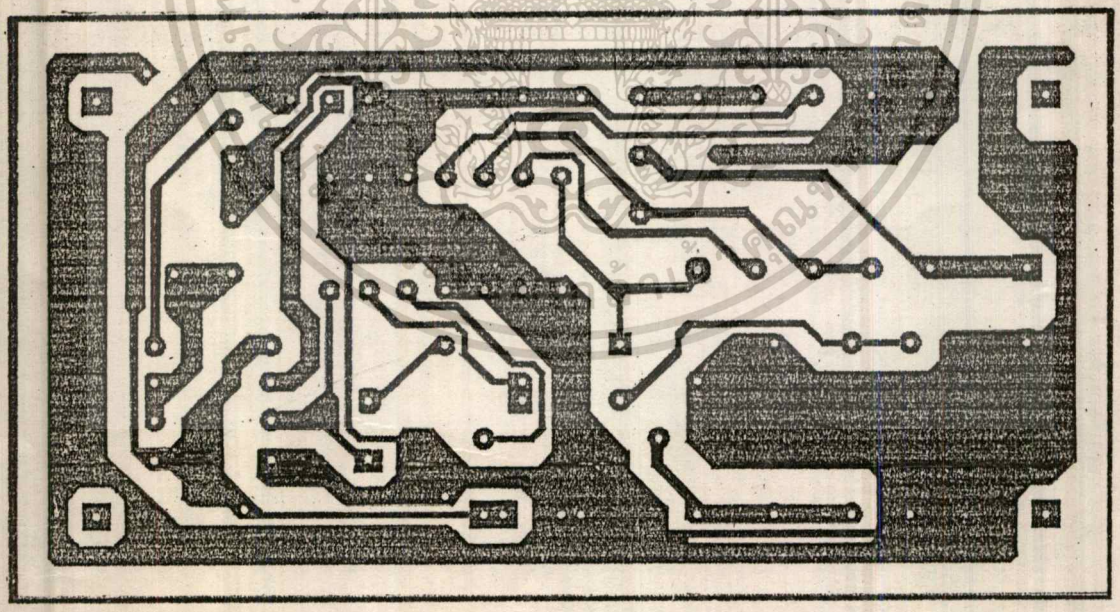
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



ลายวงจรของภาคส่งอิฟราเรด



ลายวงจรของส่วนเพาเวอร์ซัพพลาย



รูป2.8 (ต่อ) แสดงลายวงจรของอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

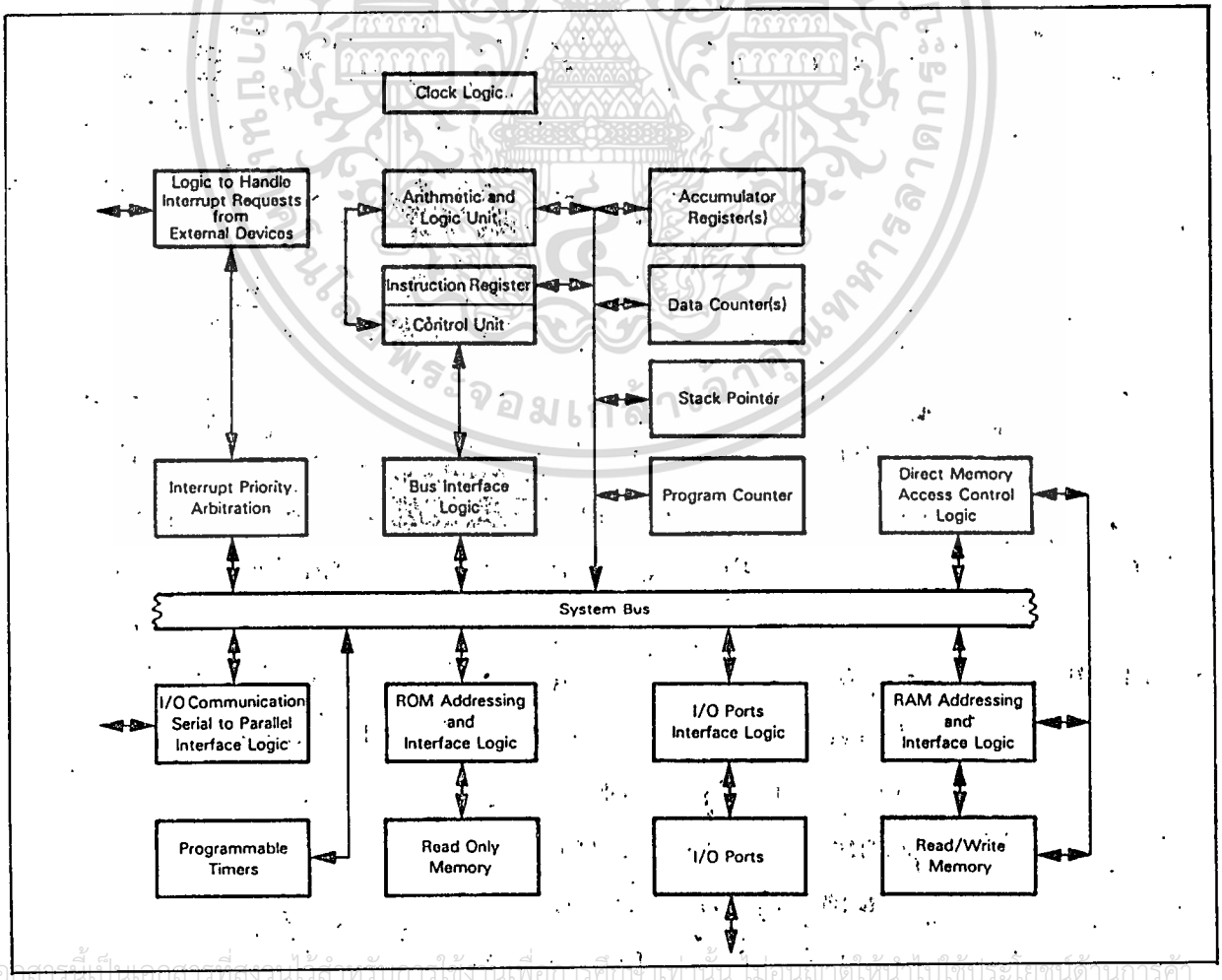
บทที่ 3

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

วงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือนี้เป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) , หน่วยความจำ , หน่วยส่ง และรับสัญญาณ (I/O UNIT) และหน่วยสร้างสัญญาณนาฬิกา การนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุม สามารถทำได้ง่าย และมีความสะดวกในการใช้งานสูง พร้อมทั้งประสิทธิภาพการทำงานขึ้นกับการจัดทำมอนิเตอร์โปรแกรมโดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวงจรอีเลคทรอนิคส์ส่วนอื่น ๆ เลย สำหรับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ได้เลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ทั้งนี้เนื่องจากทางห้องแลปมีเครื่อง MPF-IP ใช้อยู่ ทำให้สามารถนำอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วมาใช้ในงานด้านค้นคว้าและวิจัย ซึ่งช่วยให้การทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

3.1 หน่วยประมวลผลกลาง Z-80 CPU

การนำเอา Z-80 CPU มาใช้งานนั้นง่ายต่อการออกแบบ และการนำเอาอุปกรณ์สนับสนุน (CHIP SUPPORT) มาใช้งานด้วย และสิ่งที่เป็นหัวใจของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ คือ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ซึ่งภายในประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 องค์ประกอบภายใน CPU มีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

ARITHMETICS LOGIC UNIT (ALU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ในการคำนวนฟังก์ชั่นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการกระทำฟังก์ชันทางลอจิก

CONTROL UNIT เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง

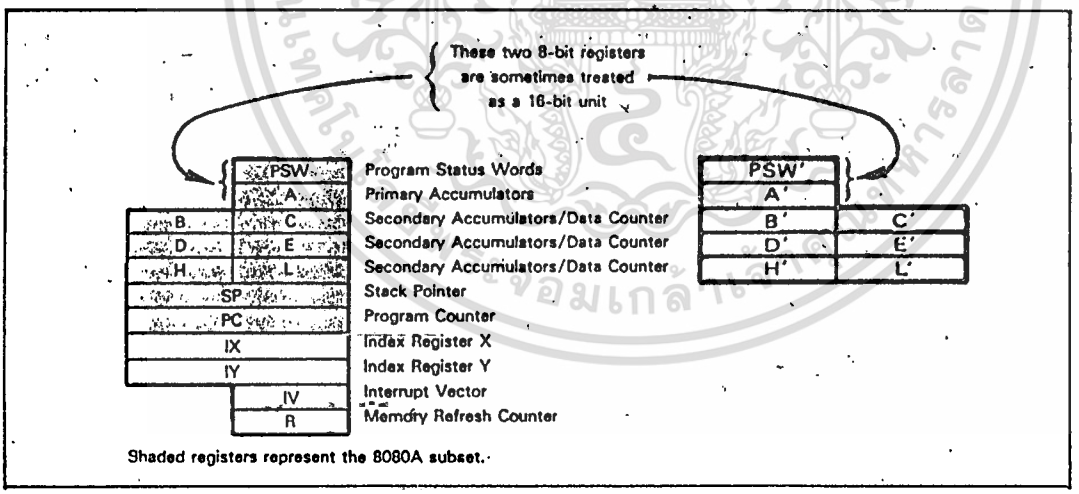
DATA BUS เป็นบัสสองทิศทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในระบบ

CONTROL BUS เป็นบัสทางเดียวที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญานควบคุมจาก CPU ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ

ADDRESS BUS เป็นบัสทางเดียวที่ใช้ในการส่งผ่านค่าแอดเดรสจาก CPU ไปยังหน่วยความจำ หรือใช้ระบุตำแหน่งของพอร์ท

Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงชิ้นเดียวไม่สามารถทำงานเป็นระบบคอมพิวเตอร์ได้ จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นอีก ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

3.1.2 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ใน Z-80 CPU ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ 22 ตัว ดังรูปที่ 3.2



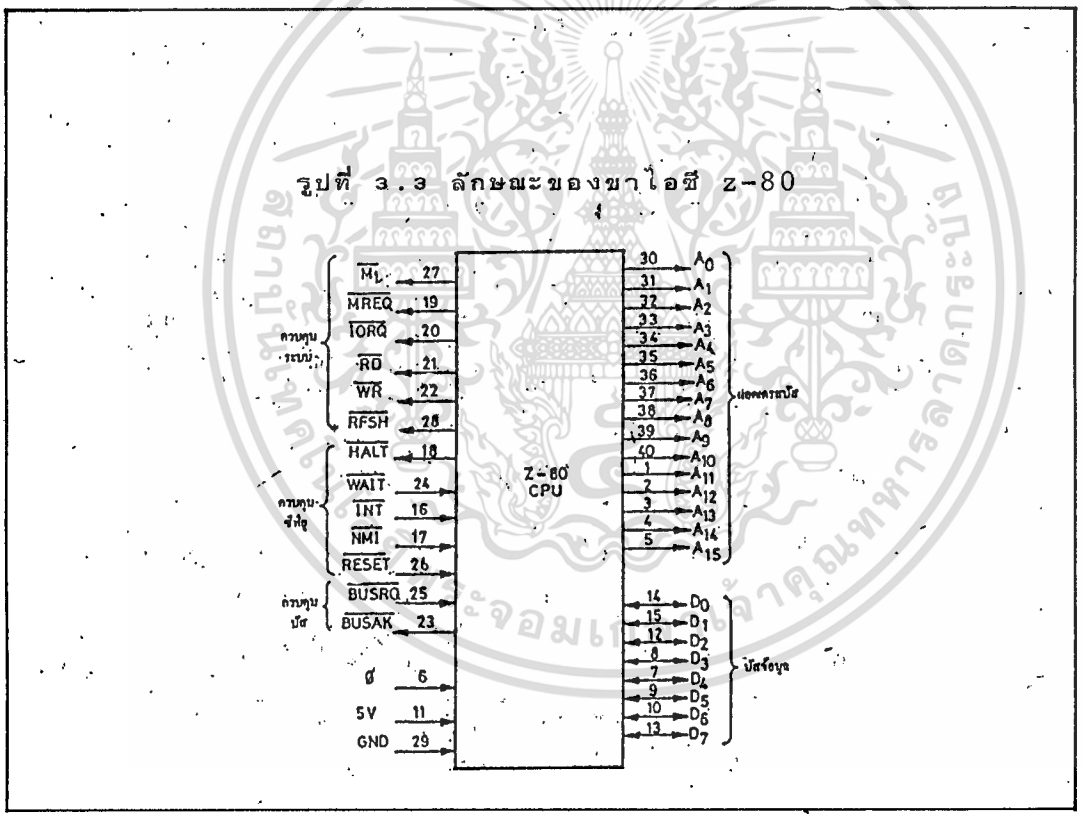
รูปที่ 3.2 แสดงรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ภายใน Z-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ภายในซึ่งเป็นความจำแบบ READ/WRITE มีความจุถึง 208 บิท โดยจะเป็นประโยชน์ต่อนักโปรแกรมอย่างมาก รีจิสเตอร์เอนกประสงค์จะถูกแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 6 ไบท์ โดยที่อาจจะใช้เป็นแบบ 8 บิท หรือจะใช้เป็นคู่รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิทได้ เช่นเดียวกันกับแอคคิวมูเลเตอร์ และแฟลต รีจิสเตอร์ซึ่งมี 2 กลุ่ม ผู้โปรแกรมสามารถเลือกใช้รีจิสเตอร์ในแต่ละกลุ่มได้ไม่ว่าจะเป็นรีจิสเตอร์หลัก หรือรีจิสเตอร์สำรอง นอกจากนี้แล้ว CPU แต่ละตัวยังประกอบด้วย 16 บิทสแตคพอยเตอร์ ซึ่งจะอำนวยประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมทำให้สามารถสร้างโครงร่างแบบ SUBROUTINE ได้ไม่จำกัด

3.1.3 ลักษณะการจัดขาของ Z-80 เป็นไมรโครโปรเซสเซอร์ขนาด 40 ขา การจัดขาแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ลักษณะของขาไอซี Z-80



รายละเอียดของขาต่าง ๆ แสดงได้ดังนี้

A0 - A15 บัสแอดเดรส เอาท์พุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ HIGH จาก A0 - A15 นี้ทำให้ขาแอดเดรสจำนวน 16 ขา สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ถึง 64 กิโลไบท์ นอกจากนั้น A0 - A7 ยังสามารถใช้เป็นแอดเดรสสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท ได้ทั้งหมด 256 พอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D0 - D7 บัสข้อมูล อินพุท-เอาท์พุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟ ขณะ HIGH ซึ่งจะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ที่ติดต่อด้วย

M1 (MACHINE CYCLE ONE) เอาท์พุท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า ขณะนี้ CPU กำลังอยู่ในสภาวะเฟทช์ออฟโคดของคำสั่ง

MREQ (MEMORY REQUEST) เอาท์พุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า CPU กำลังติดต่อกับหน่วยความจำ

IORQ (INPUT/OUTPUT REQUEST) เป็นเอาท์พุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า CPU กำลังติดต่อกับอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

RD (MEMORY READ) เอาพุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า CPU กำลังอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

WR (MEMORY WRITE) เอาพุทแบบไตรสเตรท แอคตีฟขณะ LOW สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่า CPU กำลังส่งข้อมูลให้หน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

INT (INTERRUPT REQUEST) อินพุท แอคตีฟขณะ LOW CPU จะทำการตรวจสอบรหัสสัญญาณนี้ทุก ๆ การสิ้นสุดของคำสั่งสุดท้าย

MMI (NON MASKABLE INTERRUPT) อินพุท แอคตีฟขณะ LOW เป็นสัญญาณที่มีความสำคัญในการขออินเทอร์รัพท์สูงกว่าสัญญาณ INT CPU จะทำการตอบรับสัญญาณนี้เสมอ

RESET อินพุท แอคตีฟขณะ LOW จะมีผลดังนี้

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

3.1.4 ชุดคำสั่งของ Z-80

ภาษาเครื่อง หรือคำสั่งเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของ Z-80 นั้น สามารถแบ่งเป็นกลุ่มตามลักษณะหน้าที่ในการทำงานได้ดังนี้

1. กลุ่มการโหลด และแลกเปลี่ยนข้อมูล (LOAD AND EXCHANGE)
2. กลุ่มการเคลื่อนย้าย และหาข้อมูลเป็นบล็อก (BLOCK TRANSFER AND SEARCH)
3. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ และลอจิก (ARITHEMETIC AND LOGICAL)
4. กลุ่มคำสั่งการเคลื่อนย้ายข้อมูลเป็นวงรอย และกาชิพท์ (ROTATE AND SHIFT)
5. กลุ่มคำสั่งการกระทำในส่วนบิท (BIT MANIPULATION SET RESET TEST)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กลุ่มคำสั่งการกระโดด , เรียกโปรแกรมย่อย ๆ และการกลับคืน (JUMP , CALL AND RETURN)

7. กลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับอินพุท-เอาท์พุท (INPUT/OUTPUT)

8. กลุ่มคำสั่งควบคุม CPU (BASIC CPU CONTROL)

รายละเอียดในแต่ละกลุ่มคำสั่งจะแสดงในภาคผนวก

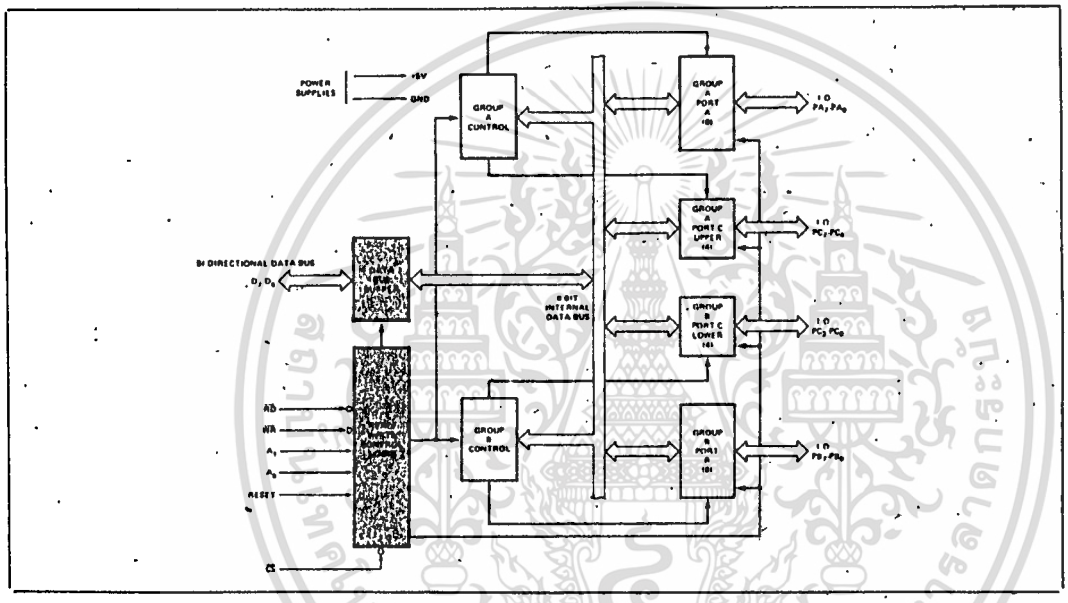


Figure 3.4 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 8255 PIA (PROGRAMMABLE INTERFACE ADAPTER).

การนำเอา 8255 PIA มาใช้งานเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยให้การติดต่อกับระบบภายนอกของระบบไมโครโพรเซสเซอร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รูปที่3.4 นี้แสดงบล็อคไดอะแกรม ของ 8255

3.2.1 องค์ประกอบภายใน 8255 ซึ่งหน้าที่ของแต่ละบล็อกมีดังต่อไปนี้คือ

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

บล็อกกลุ่มถัดมาได้แก่ GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทั้ง 3 I/O พอร์ท (8255 มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันอยู่ 3 โหมด สามารถกำหนดได้โดยการโปรแกรมส่ง CONTROL WORD ให้กับ 8255 ซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง) จากรูป 4 จะเห็นได้ว่า พอร์ท C นี้จะประกอบด้วยพอร์ทขนาด 4 บิท 2 พอร์ท กลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย GROUP A CONTROL และอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย GROUP B CONTROL สำหรับเหตุผลนั้นจะกล่าวถึงในภายหลัง

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

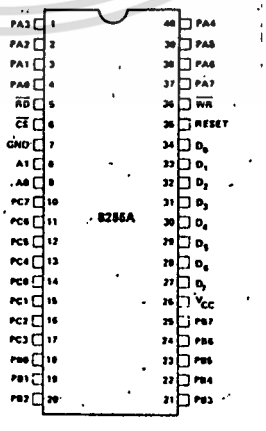
3.2.2 ลักษณะการจัดขาของ 8255 แสดงได้ในรูปที่3.5

รูปที่ 3.5 การวางตำแหน่งขา ของ 8255

PIN NAMES

D_7-D_0	DATA BUS (BI-DIRECTIONAL)
RESET	RESET INPUT
$\overline{CS}$	CHIP SELECT
$\overline{RD}$	READ INPUT
$\overline{WR}$	WRITE INPUT
A0, A1	PORT ADDRESS
PA7-PA0	PORT A (BIT)
PB7-PB0	PORT B (BIT)
PC7-PC0	PORT C (BIT)
V_{CC}	+5 VOLTS
GND	0 VOLTS

PIN CONFIGURATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของแต่ละขามีดังนี้

D0-D7 สายข้อมูลอินพุท-เอาท์พุทแบบสองทิศทาง จะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างพอร์ทต่างๆ ของ 8255 กับบัสข้อมูลของ Z80

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

RD (READ INPUT) อินพุท แอคตีฟขณะ LOW พร้อมทั้งสัญญาณ CS แอคตีฟ จะทำให้ CPU สามารถอ่านข้อมูลออกจาก 8255 ได้ (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 8 บิทใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ

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

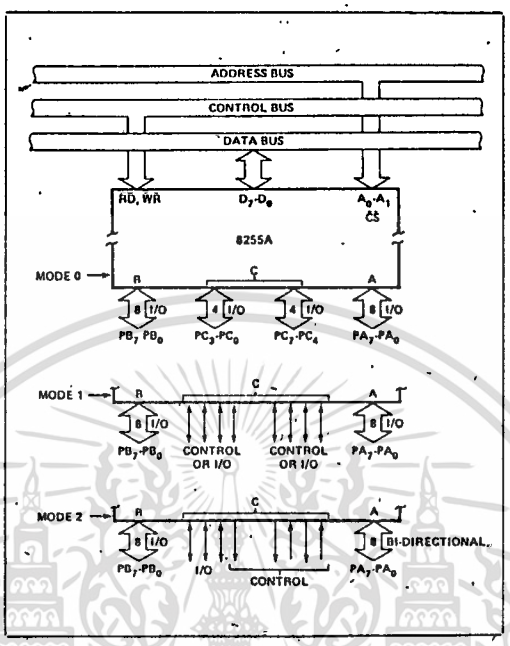
3.2.3 8255 READ และ WRITE REGISTER.

การโปรแกรมใช้งาน 8255 เพื่อให้ทำงานตามที่ต้องการได้ จะเริ่มต้นพิจารณาที่รีจิสเตอร์ภายใน 4 ตัวของ 8255 สำหรับในตัวอย่างจะกำหนด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์อยู่ที่แอดเดรส 10H, 11H, 12H, และ 13H ซึ่งรายละเอียดของรีจิสเตอร์เหล่านี้มีดังนี้คือ

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
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แสดงถึงลักษณะการทำงานในแต่ละโหมด พร้อมทั้งการอินเทอร์เฟสของบัสทั้งหมด



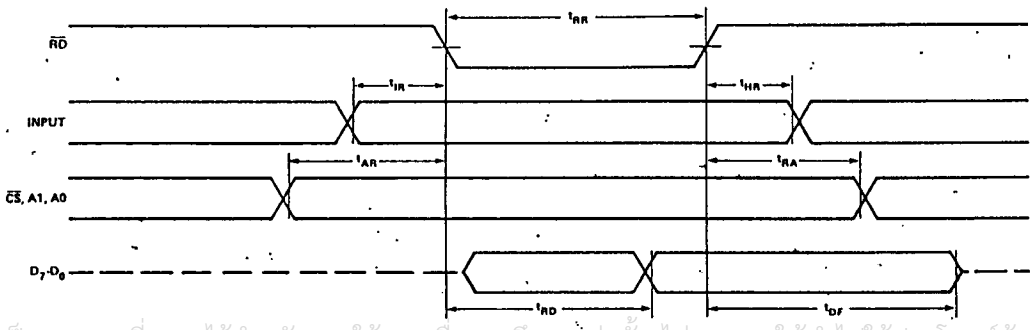
3.2.4 โหมด 0 BASIC REGISTER I/O

ในการเซ็ท 8255 ให้อยู่ในโหมด 0 นั้นเราจะต้องส่งคำสั่งควบคุม (CONTROL WORD) ให้แก่รีจิสเตอร์ควบคุมก่อน คำสั่งควบคุมนี้จะกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่แต่ละพอร์ทของ B255

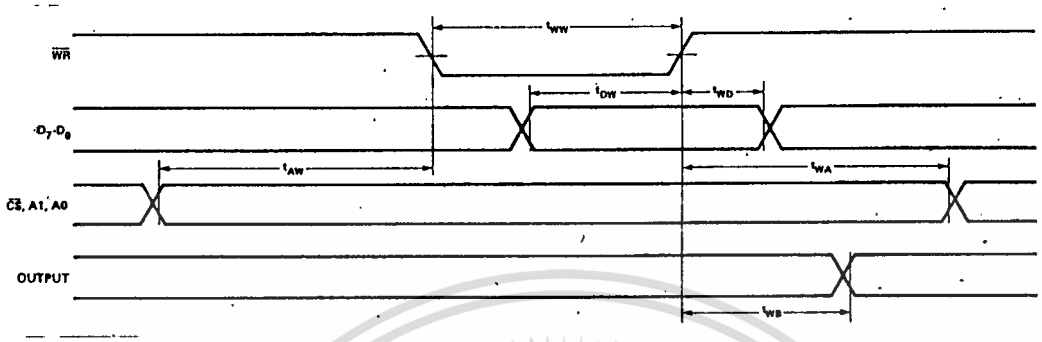
ในการทำงานในโหมด 0 ของ 8255 นี้อาจจะสั่งให้พอร์ทของ 8255 เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทก็ได้อย่างเช่น ให้พอร์ท A และพอร์ท C เป็นพอร์ทเอาท์พุทและพอร์ท B เป็นพอร์ทอินพุท เราจะต้องส่งคำสั่งควบคุมให้แก่ริจิสเตอร์ควบคุมในลักษณะดังนี้คือ

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

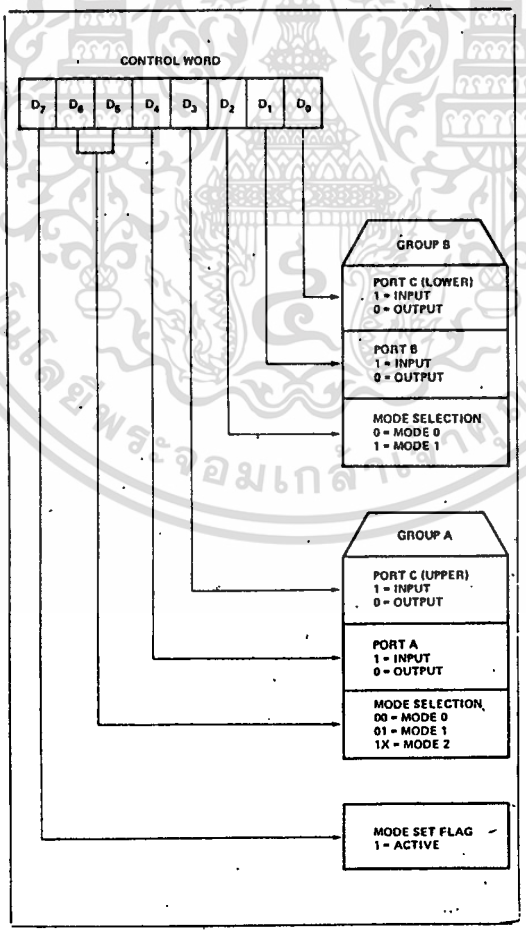
รูปที่ 3.7 แสดงถึงลักษณะสัญญาณควบคุม และแอดเดรสบัส ทั้งอินพุท-เอาท์พุทพอร์ท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงถึงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0

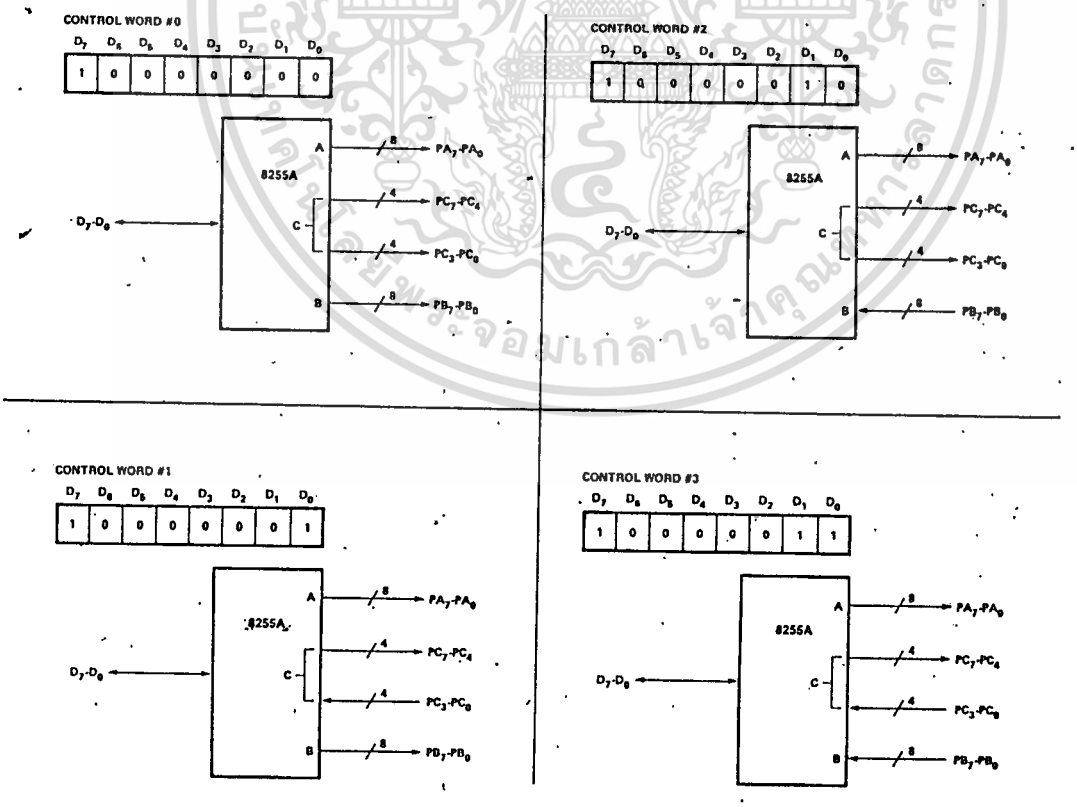


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 Port Definition

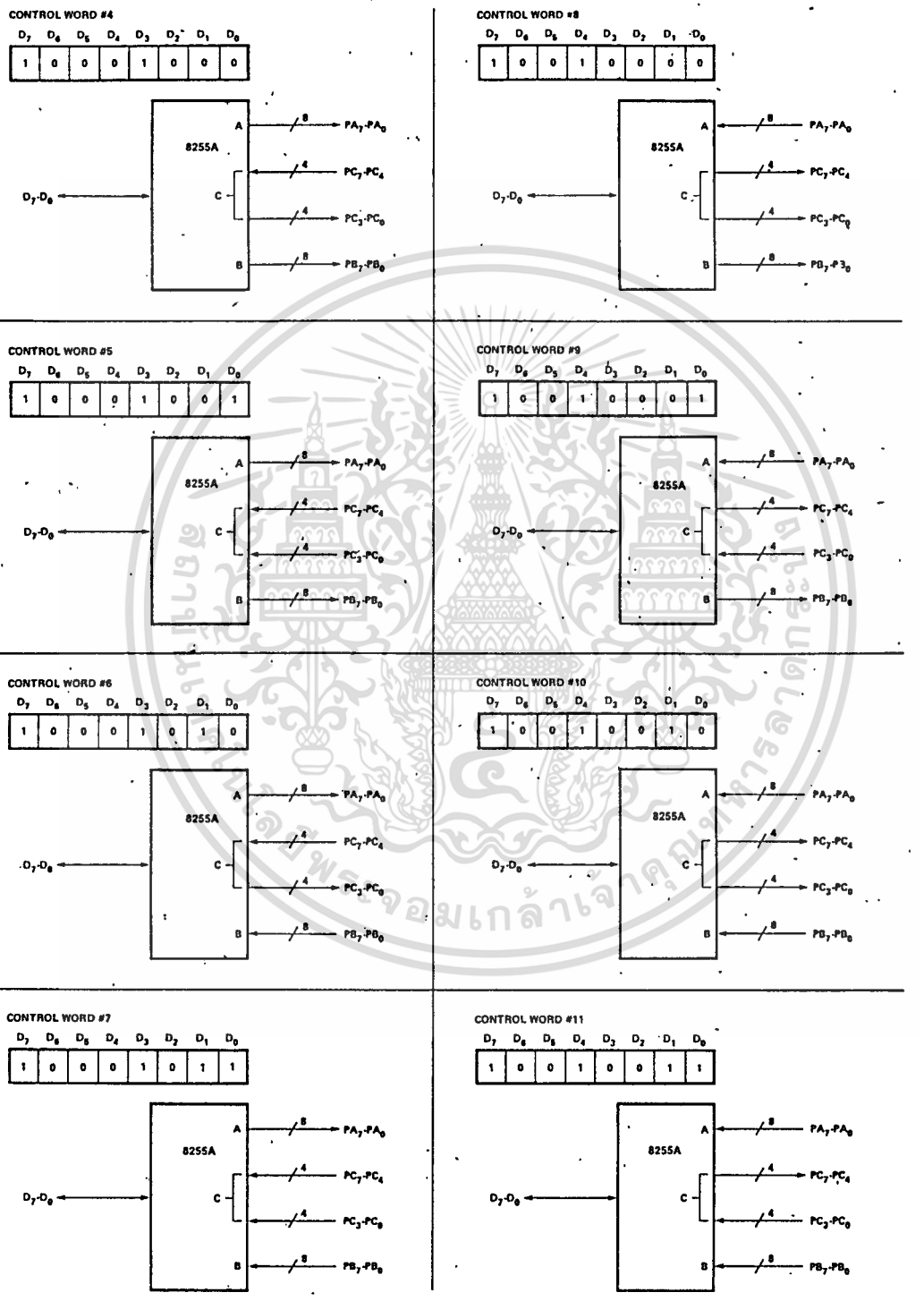
A		B		GROUP A			GROUP B	
D_4	D_3	D_1	D_0	PORT A	PORT C (UPPER)	#	PORT B	PORT C (LOWER)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	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



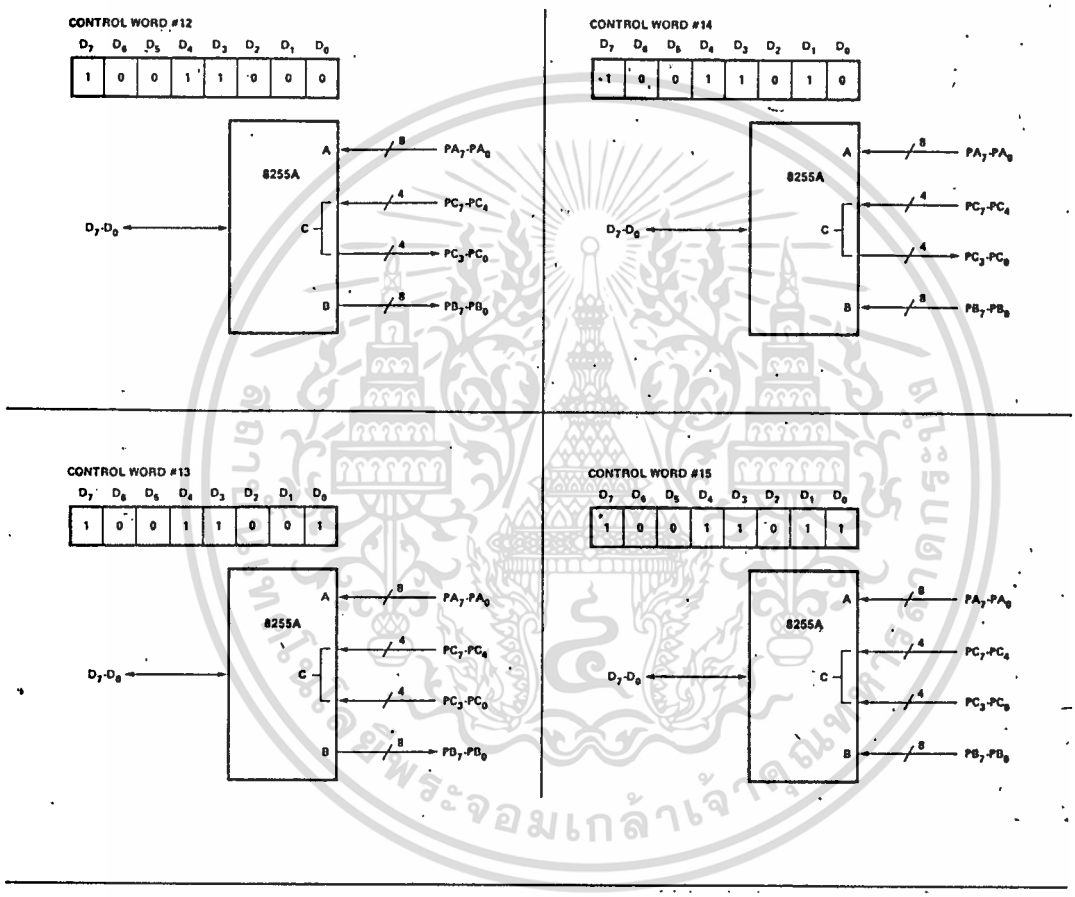
รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะต่าง ๆ ในการใช้งานในโหมด0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 (ต่อ) แสดงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



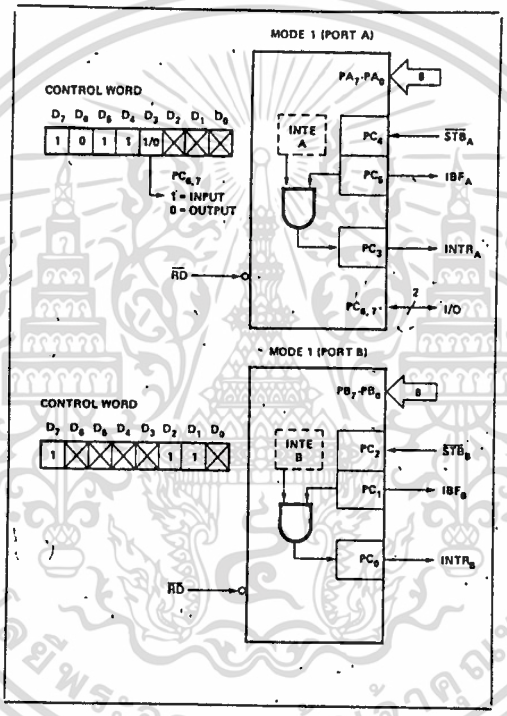
รูปที่ 3.9 (ต่อ) แสดงลักษณะต่างๆในการใช้งานในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

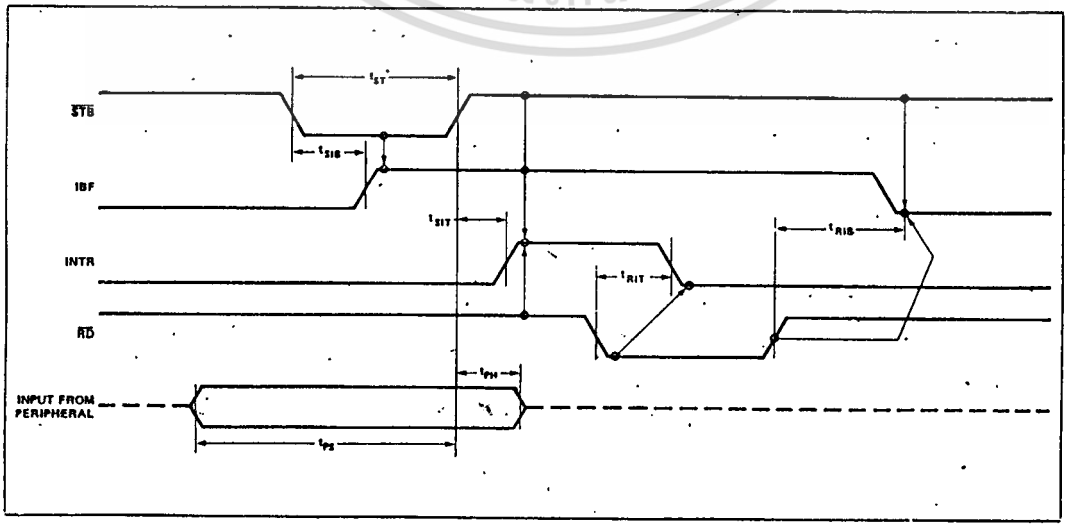
3.2.5 การใช้งาน 8255 ในโหมด 1.

การทำงานของ 8255 ในโหมด 1 นี้เป็นการทำงานในลักษณะของการ HANDSHAKE, พอร์ท A และ พอร์ท B จะเป็นพอร์ทข้อมูล ส่วนพอร์ท C นี้จะถูกใช้เป็นสัญญาณ HANDSHAKE โดย 4 บิทบนจะเป็นสัญญาณ HANDSSHAKE ให้กับ พอร์ท A และ 4 บิทล่างจะเป็นสัญญาณ HANDSHAKE ให้กับพอร์ท B

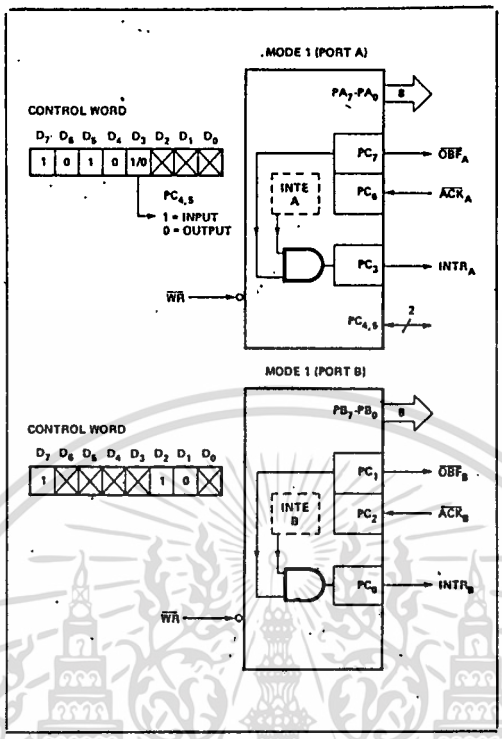
หลักการรับส่งข้อมูลในวิธีการของ HANDSHAKE นี้ คือการให้อุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณแสดงสภาวะความพร้อมให้กับ 8255 ทั้งในสภาวะอินพุท-เอาพุทพอร์ท ดังแสดงในรูป 3.10



รูปที่ 3.10
แสดงรูปแบบของ
สัญญาณในโหมด 1

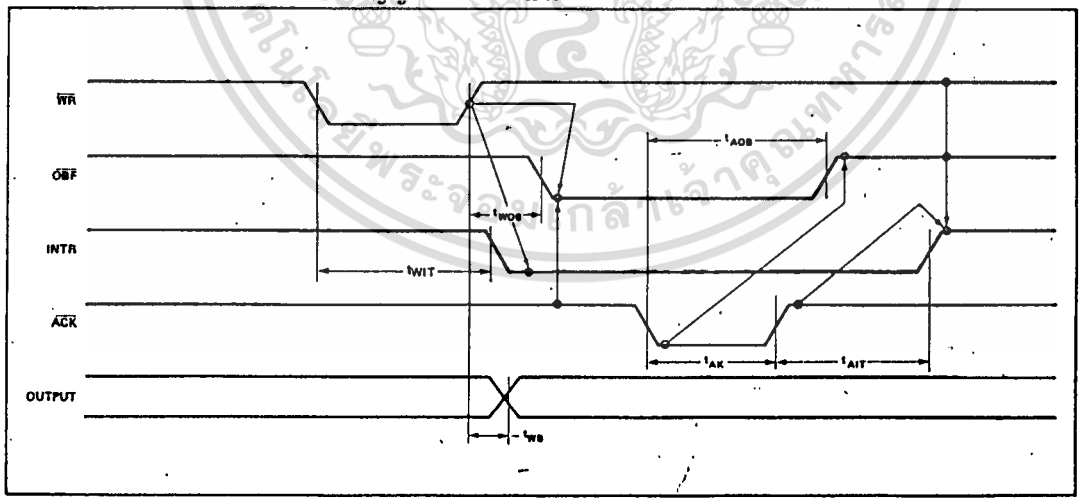


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 (ต่อ) แสดงรูปแบบของ

สัญญาณในโหมด 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 10A นี้ข้อมูลจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าสู่ 8255 ก่อนที่อุปกรณ์ภายนอกจะเขียนข้อมูลให้แก่ 8255

ในรูป 10B 8255 จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกก่อนที่ 8255 จะส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกนั้นจะต้องเซ็ท OUTPUT BUFFER FULL FLAG เสียก่อนเพื่อบ่งบอกให้อุปกรณ์ภายนอกทรายว่าขณะนี้ 8255 มีข้อมูลพร้อมที่จะส่งออกไปให้แล้ว เมื่ออุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณ STROBE รับเอาข้อมูลเข้าไปแล้ว OUTPUT BUFFER FULL FLAG จะเปลี่ยนเป็นเท็จ เพื่อบ่งบอกให้อุปกรณ์ภายนอกรู้ว่าขณะนี้ไม่มีข้อมูลอยู่ใน 8255, Z80 สามารถส่งข้อมูลใหม่ออกไปให้ 8255 ได้

วิธีการทำ HARDSHAKE นี้ มีประโยชน์มากในกรณีที่อุปกรณ์ภายนอกทำงานช้ากว่าระบบไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยวิธีการนี้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถที่จะส่งข้อมูลให้กับ 8255 แล้วไปทำงานอื่นได้ จนกว่าข้อมูลภายใน 8255 ถูกส่งออกไปแล้ว Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์จึงจะส่งข้อมูลใหม่ออกไปให้ ต่อไปนี้เราจะพิจารณารายละเอียดของการ HANDSHAKE ของ 8255 เพิ่มขึ้น.

3.2.6 การใช้งาน 8255 ในโหมด 2.

การทำงานของ 8255 ในโหมด 2 นี้จะเป็นการใช้งานในลักษณะที่ให้พอร์ท A เป็นพอร์ทข้อมูลแบบสองทิศทาง เมื่อ 8255 ถูกโปรแกรมให้พอร์ท A อยู่ในโหมด 2 นี้แล้วพอร์ท A จะมีลักษณะการทำงานตามบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.11

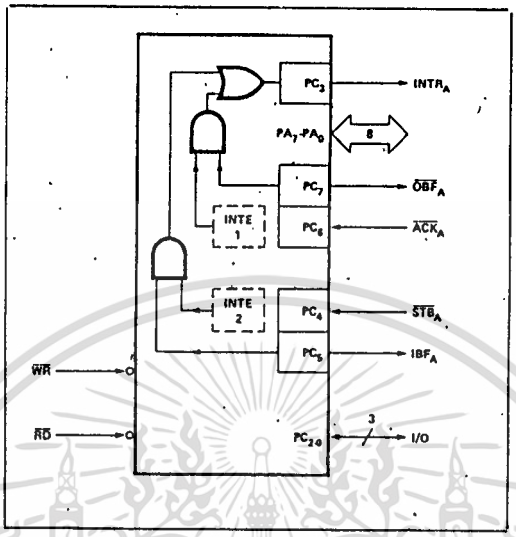
การทำงานในโหมดนี้ก็คือ การใช้พอร์ท A เป็นอินพุทและเอาท์พุทแลทช์ เอาท์พุทแลทช์ (OUTPUT LATCH) หมายถึง การเก็บเอาข้อมูลไว้เพื่อรออุปกรณ์ภายนอกรับเอาข้อมูลออกไป ส่วนอินพุทแลทช์ (INPUT LATCH) หมายถึงการเก็บข้อมูลที่อุปกรณ์ภายนอกส่งเข้าไป

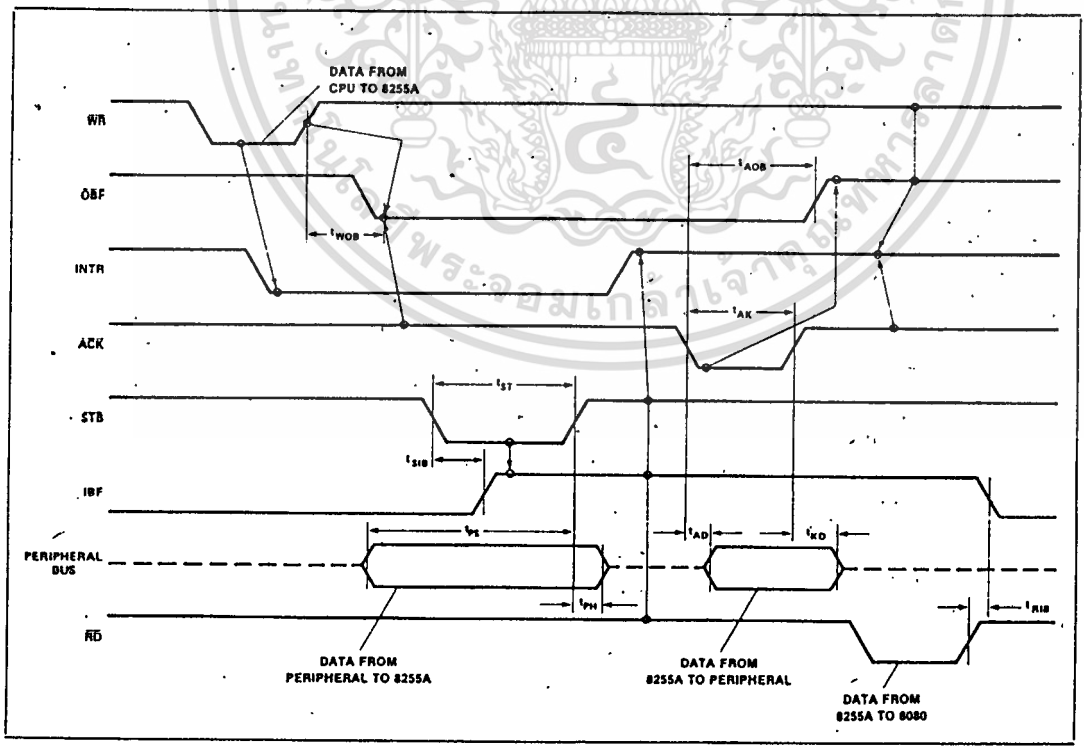
ในการใช้งานในโหมด 2 นี้พอร์ท C จะเป็นตัวแสดงสภาวะของสัญญาณดังกล่าว

รายละเอียดของแต่ละบิทในการทำงานแต่ละโหมดจะแสดงดังรูป 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

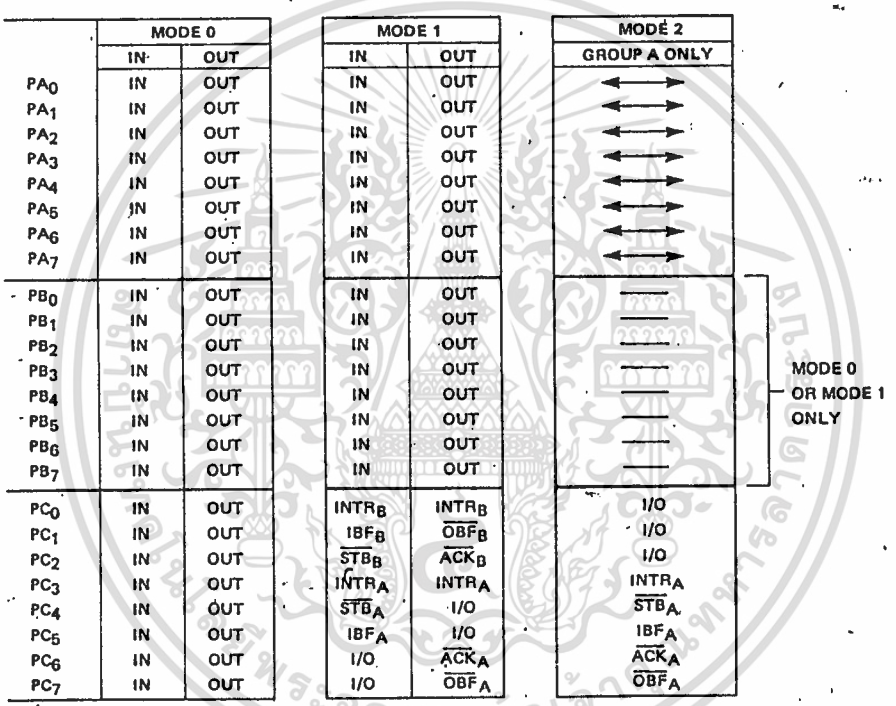
รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบและลักษณะการทำงานของ 8255ในโหมด 2





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 แสดงภาวะของสัญญาณในแต่ละบิทขณะทำงานแต่ละโหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

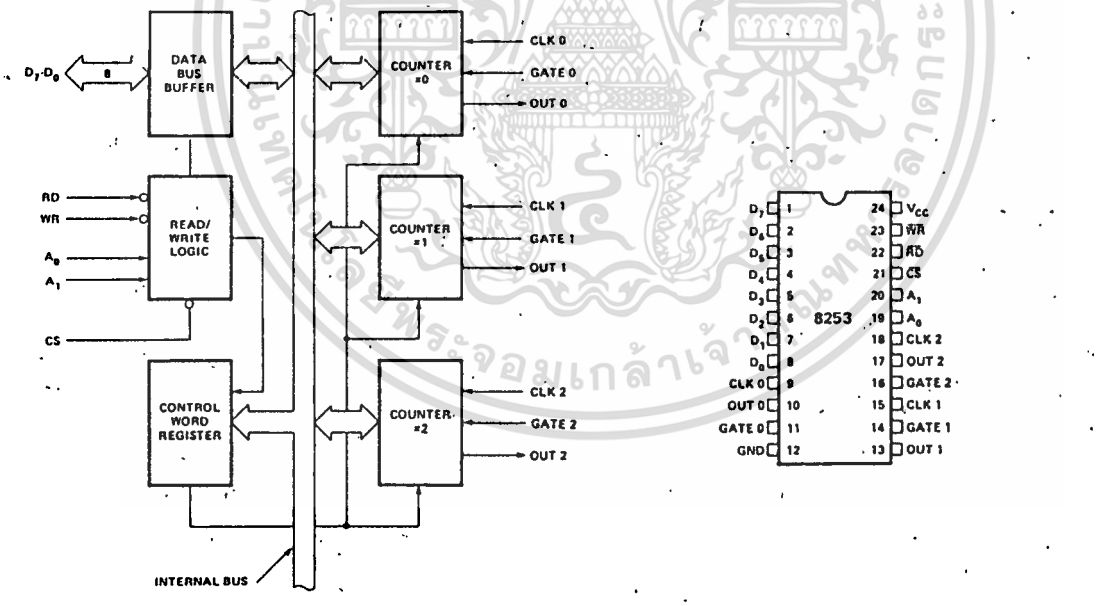
intel®

8253/8253-5
PROGRAMMABLE INTERVAL TIMER

- MCS-85™ Compatible 8253-5
- 3 Independent 16-Bit Counters
- DC to 2.6 MHz
- Programmable Counter Modes
- Count Binary or BCD
- Single +5V Supply
- Available in EXPRESS
  —Standard Temperature Range
  —Extended Temperature Range

The Intel® 8253 is a programmable counter/timer device designed for use as an Intel microcomputer peripheral. It uses nMOS technology with a single +5V supply and is packaged in a 24-pin plastic DIP.

It is organized as 3 independent 16-bit counters, each with a count rate of up to 2.6 MHz. All modes of operation are software programmable.



รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะการจัดขา และบล็อกไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 8253 PROGRAMMABLE TIMER

รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรม และลักษณะการจัดขาของ 8253

3.3.1 องค์ประกอบภายใน 8253 ซึ่งหน้าที่ของแต่ละบล็อกมีดังต่อไปนี้

DATA BUS BUFFER บล็อกนี้จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลที่เข้าและออกจากไมโครโปรเซสเซอร์กับรีจิสเตอร์ภายในของ 8253 สำหรับบล็อก READ/WRITE LOGIC บล็อกนี้จะเป็นส่วนที่ควบคุมการอ่าน และการเขียนของรีจิสเตอร์ของแต่ละเคาน์เตอร์ และบล็อกสุดท้ายเป็นบล็อก CONTROL WORD REGISTER ซึ่งเป็นที่เก็บข้อความที่ถูกโปรแกรมเข้าไปโดยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ที่จริงแล้วรีจิสเตอร์ในบล็อกนี้เป็นตัวกำหนดการทำงานของชิพนี้ว่าจะเป็นอย่างไร

3.3.2 สายสัญญาณ CLOCK, GATE และ OUT ของเคาน์เตอร์

เคาน์เตอร์แต่ละตัวในบล็อกไดอะแกรมของรูป 13 จะมีสายสัญญาณต่อกับแต่ละบล็อกอยู่ 3 เส้น โดยสายสัญญาณที่มีชื่อว่า CLOCK และ GATE ใช้เป็นอินพุทส่วน OUT ใช้เป็นเอาท์พุท หน้าที่ในการทำงานของสายเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับว่า อุปกรณ์เหล่านี้ถูกกำหนดหน้าที่การทำงานเบื้องต้นไว้อย่างไรหรือถูกโปรแกรมมาอย่างไร และที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นข้อกำหนดทั่วๆไปของสายสัญญาณ CLOCK, GATE และ OUT ของเคาน์เตอร์

CLOCK : เป็นอินพุทที่ใช้ป้อนสัญญาณคล็อกให้แก่เคาน์เตอร์ ซึ่งเคาน์เตอร์ในที่นี้มีขนาด 16 บิท ความถี่ของสัญญาณคล็อกที่มากที่สุดที่ป้อนให้แก่เคาน์เตอร์เป็น 2.6 MHz และความถี่ของคล็อกที่น้อยที่สุดเป็น 0 Hz (DC) หรือ STATIC OPERATION

GATE : เป็นสายสัญญาณอินพุทที่ทำตัวเสมือน GATE ที่จะยอมหรือไม่ยอมให้สัญญาณคล็อกผ่านเข้าไปยังเคาน์เตอร์ และ GATE สามารถใช้เป็นสายสัญญาณที่ป้อนพัลส์ (PULSE) เพื่อกระตุ้นให้เคาน์เตอร์เริ่มนับ ซึ่งขึ้นอยู่กับโหมดที่โปรแกรมให้กับเคาน์เตอร์

OUT : เป็นสายสัญญาณเอาท์พุทของเคาน์เตอร์ ซึ่งการทำงานขึ้นอยู่กับการโปรแกรม

3.3.3 รีจิสเตอร์ภายในของ 8253

รูปที่ 3.14 แสดงลอจิกของรีจิสเตอร์ภายใน 8253 ที่จะโปรแกรมให้กับเคาน์เตอร์

$\overline{CS}$	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	A_1	A_0	
0	1	0	0	0	Load Counter No. 0
0	1	0	0	1	Load Counter No. 1
0	1	0	1	0	Load Counter No. 2
0	1	0	1	1	Write Mode Word
0	0	1	0	0	Read Counter No. 0
0	0	1	0	1	Read Counter No. 1
0	0	1	1	0	Read Counter No. 2
0	0	1	1	1	No-Operation 3-State
1	X	X	X	X	Disable 3-State
0	1	1	X	X	No-Operation 3-State

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE WORD REGISTER รีจิสเตอร์ตัวนี้ทำหน้าที่กำหนดการทำงานทั้งหมดของ 8253 และการทำงานของเคาน์เตอร์แต่ละตัวใน 8253 เป็นอิสระต่อกันอย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถโปรแกรมทำงานในเคาน์เตอร์แต่ละตัวได้โดยการให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับ MODE WORD REGISTER

CONTROL WORD REGISTER : เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมโหมดการทำงาน และใช้เลือกวิธีการนับของเคามน์เตอร์ว่าจะให้นับแบบไบนารี หรือ BCD (BINARY CODED DECIMAL) ก่อนที่จะใช้งานต้องโปรแกรมข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์นี้เสียก่อน ซึ่งข้อมูลที่โปรแกรมต่อไปนี้จะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของเคาน์เตอร์ รีจิสเตอร์นี้สามารถเขียนข้อมูลเข้าไปได้อย่างเดียวไม่สามารถอ่านออกมาได้และจะติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้ได้เมื่อขา A0 และ A1 มีลอจิกเป็น "1".
รูปที่ 3.15 เสดงถึงข้อกำหนดในแต่ละบิทของ รีจิสเตอร์ควบคุม (CONTROL REGISTER)

Control Word Format

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
SC1	SC0	RL1	RL0	M2	M1	M0	BCD

Definition of Control

SC — Select Counter:

SC1	SC0	
0	0	Select Counter 0
0	1	Select Counter 1
1	0	Select Counter 2
1	1	Illegal

RL — Read/Load:

RL1	RL0	
0	0	Counter Latching operation (see READ/WRITE Procedure Section)
1	0	Read/Load most significant byte only.
0	1	Read/Load least significant byte only.
1	1	Read/Load least significant byte first, then most significant byte.

M — MODE:

M2	M1	M0	
0	0	0	Mode 0
0	0	1	Mode 1
X	1	0	Mode 2
X	1	1	Mode 3
1	0	0	Mode 4
1	0	1	Mode 5

BCD:

0	Binary Counter 16-bits
1	Binary Coded Decimal (BCD) Counter (4 Decades)

รูปที่ 3.15ข้อกำหนดของแต่ละบิทของรีจิสเตอร์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNTER #0, #1, #2 : เคาน์เตอร์ทั้งสามนี้มีลักษณะที่เหมือนกันและทำงานอย่างเป็นอิสระต่อกันและกัน แต่ละเคาน์เตอร์นี้ มีขนาด 16 บิท, PRE-SETTABLE, DOWN COUNTER และสามารถนับได้เป็น ไบนารี หรือ BCD ก็ได้ ข้อมูลที่อยู่ภายในเคาน์เตอร์เหล่านี้สามารถถูกอ่านโดยไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยไม่ทำให้ข้อมูลภายในเคาน์เตอร์เสียหาย ซึ่งระบบสามารถจะแสดงค่าในเคาน์เตอร์ได้ตลอดเวลา โดยไม่กระทบกระเทือนการทำงานทั้งหมดของเคาน์เตอร์.

3.3.4 การโปรแกรม 8253 (CONTROL WORD FORMAT).

โหมดการทำงานของเคาน์เตอร์ทั้งหมด สามารถเลือกได้โดยการเขียนข้อมูลเข้าไปในรีจิสเตอร์ควบคุม ซึ่งมีรูปแบบของคำสั่งควบคุม (CONTROL WORD FORMAT) ดังในรูป 15 ทำให้แอดเดรสของคำสั่งควบคุมนี้เป็นแอดเดรสที่มีค่าของ A0 และ A1 เป็นลอจิก "1" เนื่องจากเคาน์เตอร์ของ 8253 มีจำนวน 3 ตัวด้วยกัน ฉะนั้นการโปรแกรมเคาน์เตอร์นั้น จำเป็นต้องกำหนดเคาน์เตอร์ที่ต้องการจะโปรแกรมเสียก่อนการกำหนดทำได้โดยให้ลอจิกที่ถูกต้องกับบิท D7 และ D6 ซึ่งมีชื่อว่า SC1 และ SC2 ในรูปที่ 3.15 เมื่อได้เคาน์เตอร์ที่ต้องการแล้ว เคาน์เตอร์นั้นจะถูกเซ็ท และจะอยู่ในสภาพนั้น จนกว่าจะมีคำสั่งควบคุมอื่นมาทำให้เปลี่ยนแปลง

เมื่อเลือกเคาน์เตอร์จากการใช้บิท D7 และ D6 ได้แล้ว ต่อไปบิท D5 และ D4 จะเป็นตัวกำหนดว่าเคาน์เตอร์นี้ (หรือรีจิสเตอร์) จะใช้ใน READ/LOAD MODE ซึ่งโหมดการอ่าน (READ MODE) เป็นโหมดที่ไมโครโปรเซสเซอร์อ่านข้อมูลจากเคาน์เตอร์ ส่วนโหมดการโหลด (LOAD MODE) เป็นโหมดที่ไมโครโปรเซสเซอร์เขียนข้อมูลเข้าไปให้เคาน์เตอร์ ความหมายของบิท D5 และ D4 แสดงในรูปที่ 3.15

เมื่อ D5 และ D4 ที่ค่าเป็น 00H เคาน์เตอร์จะถูกทำให้อยู่ในโหมดการแลทช์ (LATCH) ซึ่งเป็นโหมดที่ใช้สำหรับการอ่านค่าของเคาน์เตอร์ขณะที่เคาน์เตอร์ยังทำงานอยู่ การเขียนโหมดนี้ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม จะทำให้ค่าที่อยู่ในเคาน์เตอร์ถูกแลทช์ให้กับรีจิสเตอร์ภายในและเมื่อทำการอ่านเคาน์เตอร์ค่านี้จะถูกอ่านออกไป

ถ้าไม่อยู่ในโหมดการแลทช์ แล้วการอ่านข้อมูลจะเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้เพราะขณะที่ทำการอ่านข้อมูลนั้น ขบวนการที่เกิดขึ้นในเคาน์เตอร์จะทำให้ข้อมูลที่อยู่เดิมเปลี่ยนไป

ยังมีอีก 4 บิท ที่เหลือของคำสั่งควบคุมในรูป 3.15 คือ D3, D2, D1 และ D0 แต่จะกล่าวถึง 3 บิทแรกก่อนคือ D3, D2, และ D1 บิทเหล่านี้เป็นบิทที่กำหนดโหมดการทำงานพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 : INTERRUPT ON TERMINAL COUNT

MODE 1 : PROGRAMABEL ONE-SHOT

MODE 2 : RATE GENERATER

MODE 3 : SQUARE WAVE GENERATER

MODE 4 : SOFTWARE TRIGGER STROBE

MODE 5 : SOFTWARE TRIGGER STROBE

บิทสุดท้ายของคำสั่งควบคุมคือ D0 ใช้กำหนดลักษณะการนับของเคาน์เตอร์ว่ามีลักษณะการนับเป็นอย่างไร นั่นคือจะนับเป็น BCD หรือไบนารี ถ้า D0 มีลอจิกเป็น "1" เคาน์เตอร์ จะนับแบบ BCD ถ้า D0 มีลอจิก เป็น "0" จะนับแบบไบนารี ค่าที่มากที่สุดสำหรับการนับในโหมดการนับแบบไบนารีมีค่าเท่ากับ 2^{16} และในโหมดการนับแบบ BCD เป็น 10^4

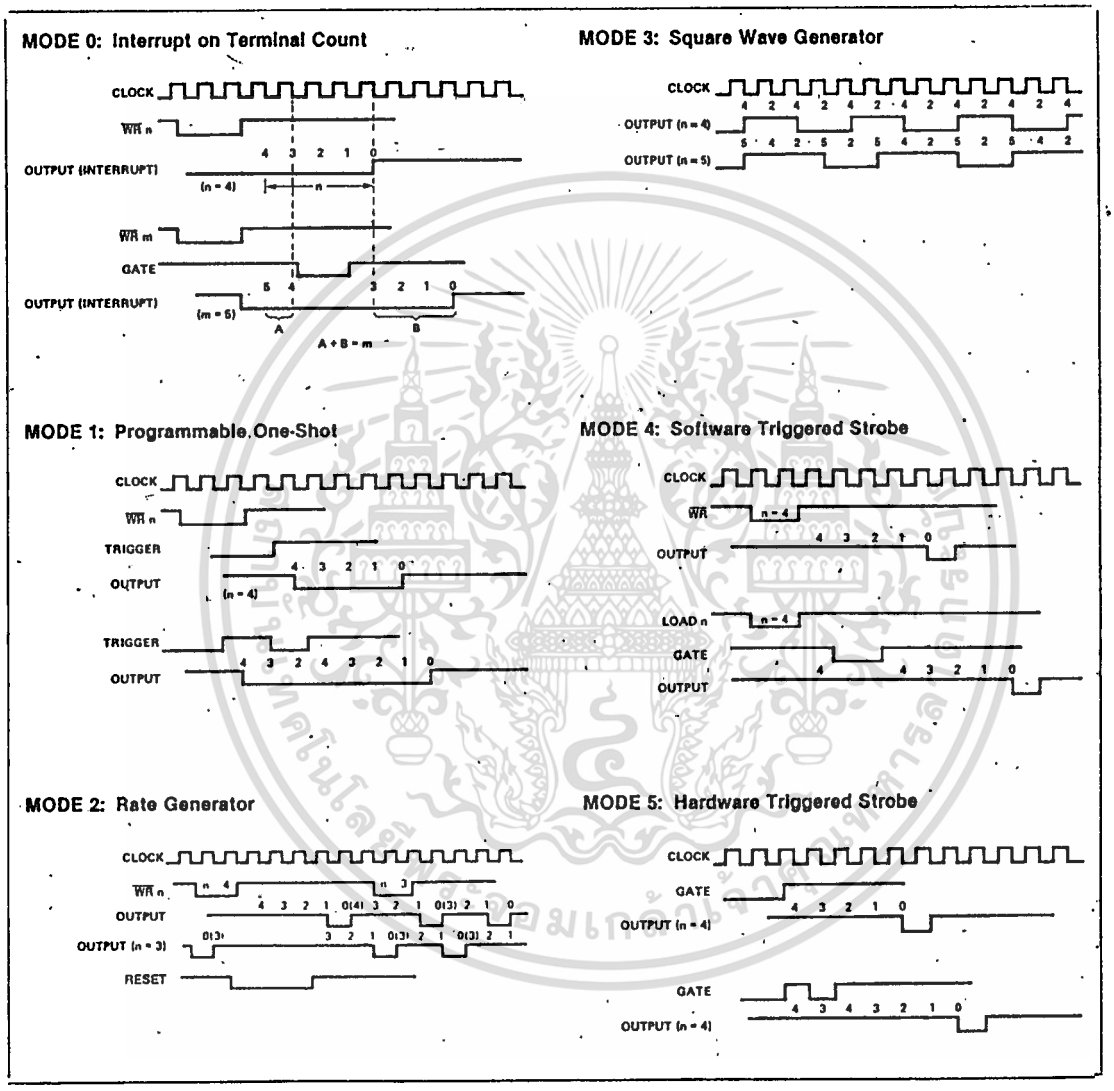
3.3.5 การใช้งานของขาเกทอินพุท

ในแต่ละโหมด การทำงานของเคาน์เตอร์จะมีการใช้ขาอินพุทเกท ที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.16 ซึ่งเป็นการรวบรวมหน้าที่ทั้งหมดของขาอินพุทเกทสำหรับ 8253

Modes \ Signal Status	Low Or Going Low	Rising	High
0	Disables counting	—	Enables counting
1	—	1) Initiates counting 2) Resets output after next clock	—
2	1) Disables counting 2) Sets output immediately high	1) Reloads counter 2) Initiates counting	Enables counting
3	1) Disables counting 2) Sets output immediately high	1) Reloads counter 2) Initiates counting	Enables counting
4	Disables counting	—	Enables counting
5	—	Initiates counting.	—

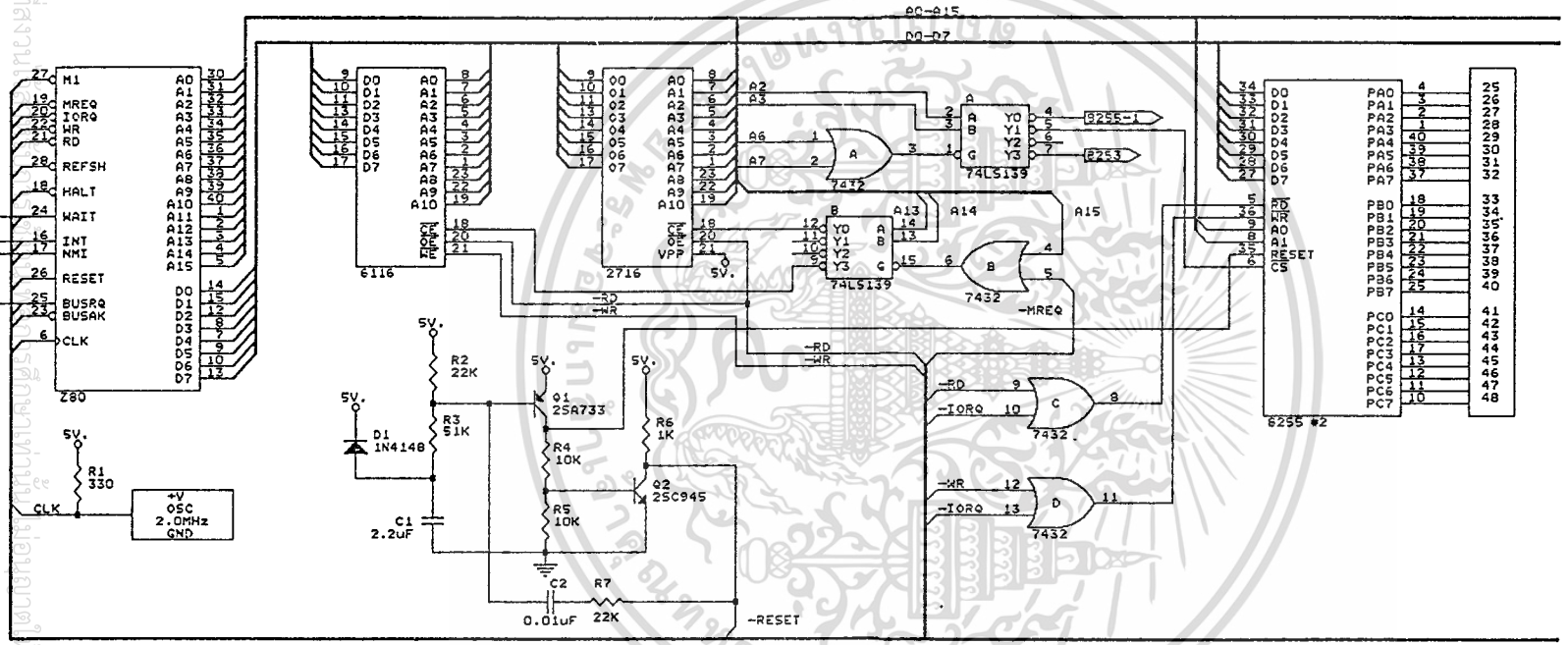
รูปที่ 3.16 ตารางแสดงการใช้ขาอินพุท gate ในลักษณะต่างๆ

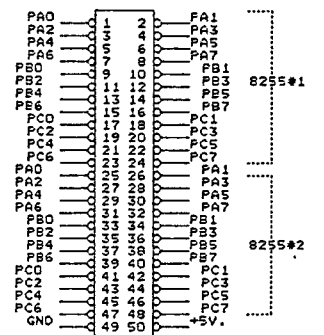
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

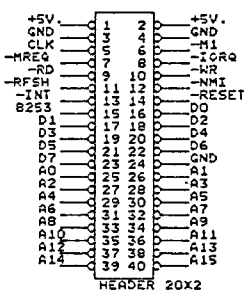


รูปที่ 3.17 แสดงถึง 8253 TIMEING DIAGRAMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า


A0-A15
D0-D7
Z80
6116
2716
74LS139
74LS139
7432
7432
7432
7432
8255-1
8253
-MREQ
-RD
-WR
-IORQ
-RESET
6255 #2
5V.
R1 330
R2 22K
R3 51K
R4 10K
R5 10K
R6 1K
R7 22K
C1 2.2uF
C2 0.01uF
D1 1N4148
Q1 2SA733
Q2 2SC945
+V OSC 2.0MHz GND
CLK


HEADER 25X2
8255#1
8255#2


HEADER 20X2

3.4 ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุม

ในการนำเอา Z-80 มาใช้งาน จำเป็นต้องอาศัยวงจรประกอบอื่นๆ เพื่อช่วยให้ซีพียูทำงานและติดต่อกับหน่วยอื่นได้ รูปที่ แสดงถึงวงจรทั้งหมดของบอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรสัญญาณนาฬิกา ,วงจรถอดรหัส ,หน่วยความจำ ,หน่วยอินพุท-เอาท์พุท และซีพียู Z-80A การติดต่อกับหน่วยความจำทั้งหมดแสดงได้ดังตารางของ MEMORY MAP ในรูปที่ 3.18

การติดต่อกับหน่วยอินพุท-เอาท์พุทซึ่งใช้ไอซี 8255 PIA และไอซี 8253 ด้วยแอดเดรสดังแสดงในตาราง I/O MAP ดังรูปที่ 3.19

หน้าที่การทำงานของ Z-80 ไมโครคอมพิวเตอร์ คือการควบคุมให้อุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ทำงานตามที่ได้โปรแกรมไว้ ทั้งการแสดงผลในรูปตัวอักษร ,ตัวเลข หรือควบคุมการสร้างสัญญาณความถี่ 50 เฮิรทซ์ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่อไปภายหลัง

3.4.1 อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

8255 PIA เป็นทั้งอินพุทและเอาท์พุทพอร์ทเพื่อทำหน้าที่เป็น ดิสเพลส์พอร์ท ,พอร์ทที่ขับสัญญาณแสดงผลที่ LED เพื่อแสดงสถานะของเครื่อง ,พอร์ทที่ขับสัญญาณเพื่อให้เกิดเสียงเตือน ,ตัวรับการป้อนข้อมูลเพื่อกำหนดค่าตัวเลขต่างๆ พร้อมทั้งรับค่าของการอินเทอร์รัพท์

PA0 - PA7 เป็นเอาท์พุทพอร์ทโดยแต่ละบิทควบคุมการขับ LED 7 SEGMENT โดยการใช้โปรแกรมเพื่อเปลี่ยนข้อมูลอินพุทที่เป็น BCD ไปเป็น 7 SEGMENT แสดงผลของปริมาตรของหยดน้ำเกลือที่เข้าสู่ร่างกายคนไข้ และอัตราการให้น้ำเกลือ

PB0 - PB7 เป็นเอาท์พุทพอร์ทโดยแต่ละบิทควบคุมการขับสัญญาณของไอซี 74LS145 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเลือกหลักที่จะให้การแสดงผลนั้นเกิดขึ้น การเขียนโปรแกรมจะเป็นการควบคุมการแสกนตัวเลข ,ตัวอักษรตามต้องการ

PB4 - PB7 เป็นเอาท์พุทพอร์ทโดยแต่ละบิทมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

PB4 : เป็นบิทที่ควบคุมการแสดงผลของ GOOD CONDITION LED เพื่อเป็นการบอกว่าภาวะการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง

PB5 : เป็นบิทที่ควบคุมการแสดงผลของ ALARM LED และสร้างสัญญาณเตือนแสดงสภาวะการทำงานที่เสร็จสิ้น หรือในกรณีที่เกิดการขัดข้องในการทำงานของเครื่อง ในส่วนของวงจรนี้ได้ใช้ไอซี 555 ทำหน้าที่สร้างพัลส์ขับลำโพง

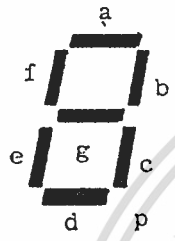
PB6 : เป็นบิทที่ควบคุมการแสดงผลของ RED LED FOR OVERDROP เพื่อเป็นการบอกว่าภาวะการทำงานในขณะนั้น เกิดการหยดของน้ำเกลือในอัตราที่สูงเกินกว่าจะยอมรับได้

PB7 : เป็นบิทที่ควบคุมการแสดงผลของ GREEN LED FOR UNDERDORP เพื่อเป็นการบอกว่าภาวะการทำงานในขณะนั้น เกิดการหยดของน้ำเกลือในอัตราที่ต่ำเกินกว่าจะยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX

A. Display format, position-code and internal-code



7	6	5	4	3	2	1	0
d	p	c	b	a	f	g	e

DISPLAY FORMAT :

COED	BD	30	9B	BA	36	AE	AF	38	BF	BE	3F	A7	8D	B3
DATA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
DISP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	b	C	d
CODE	8F	0F	AD	37	89	B1	97	85	2B	23	A3	1F	3E	03
DATA	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
DISP	E	F	G	H	I	J	K	L	M	n	o	P	q	r
CODE	A6	87	B5	B7	A9	07	B6	SA	83	A2	32	02	C0	00
DATA	S	T	U	V	W	X	Y	Z	(	)	+	-	,	
DISP	S	T	U	V	W	X	Y	Z	(	)	+	-	_	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC0 - PC3 เป็นอินพุทพอร์ทโดยแต่ละบิทมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

PC0 : เป็นบิทที่รับการป้อนข้อมูลเข้าเพื่อกำหนดค่าตัวเลขที่เพิ่มขึ้น

PC1 : เป็นบิทที่รับการป้อนข้อมูลเข้าเพื่อกำหนดค่าตัวเลขที่ลดลง

PC2 : เป็นบิทที่รับการป้อนค่าเพื่อบอกว่าขณะนี้การเซทค่าต่าง ๆ เพื่อให้เครื่องทำงานตามต้องการนั้นครบถ้วนแล้ว ให้เริ่มทำงานได้ พร้อมทั้งใช้เป็นบิทที่ใช้สำหรับเลื่อนหลักในการป้อนข้อมูล

PC3 : เป็นบิทที่รับการป้อนข้อมูลเพื่อกำหนดว่าขณะนี้ต้องการให้ภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องในขณะนั้นหยุดลง

PC6 - PC7 เป็นอินพุทพอร์ทโดยแต่ละบิทมีหน้าที่ต่อไปนี้

PC6 : เป็นบิทที่รับข้อมูลแสดงภาวะการอินเทอร์รัพเนื่องจากการหยดของน้ำเกลือ

PC7 : เป็นบิทที่รับข้อมูลแสดงภาวะการอินเทอร์รัพเนื่องจากสัญญาณพัลส์ 50 เฮิรทซ์

รูปที่ 3.20 แสดงถึง 8255 MODULE และวงจรที่เกี่ยวข้อง

3.4.2 8253 MODULE ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาความถี่ 50 เฮิรทซ์ โดยเคาน์เตอร์แต่ละตัวจะถูกนำมาใช้งานต่าง ๆ ดังนี้

COUNTER #0 ทำงานในโหมด 0 หรือทำหน้าที่เป็นตัวนับสัญญาณแบบ BCD โดยการนับแบบถอยหลังจากตัวเลข 192 ไปจนถึง 0 ซึ่งเมื่อเป็น 0 แล้ว COUNTER ตัวนี้จะส่งสัญญาณไปยังเคาน์เตอร์ตัวต่อไป สัญญาณที่ป้อนเข้ามาคือ สัญญาณนาฬิกา 1.8 เมกกะเฮิรทซ์

COUNTER #1 ทำงานในโหมด 1 ทำหน้าที่เป็นตัวนับสัญญาณแบบ BCD โดยรับสัญญาณอินพุทจาก COUNTER #0 ที่มีความถี่ 9.6 เมกกะเฮิรทซ์ และทำการนับถอยหลังจากตัวเลข 192 ไปจนถึง 0 ซึ่งเมื่อเป็น 0 แล้ว COUNTER ตัวนี้จะส่งสัญญาณไปยัง D ฟลิปฟลอป

รูปที่ 3.20 แสดงถึง 8253 MODULE และวงจรที่เกี่ยวข้อง

3.5 รูปแบบการทำงาน

เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาคงที่ 50 เฮิรทซ์ ที่ได้มาจาก COUNTER #1 โดยการทำงานของ 8253 สัญญาณนี้จะถูกนำมาป้อนเป็นคล็อกของ D ฟลิปฟลอป ตัวที่ 1 ขณะเดียวกันสัญญาณอินฟราเรด จากส่วนของ DROPING SENSOR (ส่วนตรวจจับหยดน้ำ) จะเกิดขึ้นเมื่อมีหยดน้ำตัดผ่านลำแสงอินฟราเรด สัญญาณนี้ถูกนำมาป้อนเป็นคล็อกของ D ฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ทำให้ D ฟลิปฟลอปแลทช์สัญญาณให้ขา "Q" เปลี่ยนเป็นสถานะ HIGH และขา "Q" จะเปลี่ยนเป็นสถานะ LOW และสัญญาณจากขา Q ทั้งสองฟลิปฟลอปถูกนำมาป้อนเข้า AND GATE ทำให้ไม่ว่าสัญญาณคล้อกจาก 8253 หรือ DROPING SENSOR ป้อนเข้าฟลิปฟลอปตัวใดตัวหนึ่งก็จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัพท์ที่ Z-80 CPU ซึ่งการอินเทอร์รัพท์จะมีได้ 2 รูปแบบ คือ

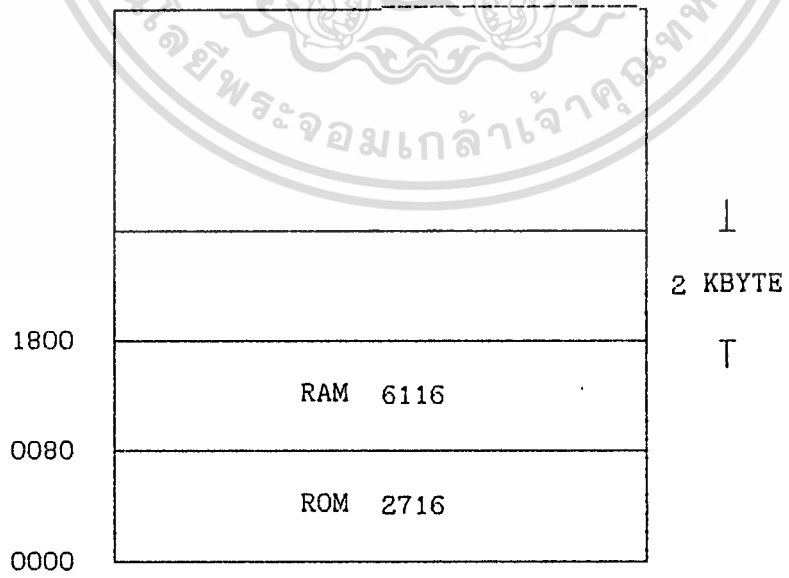
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3.5.1 การอินเทอร์รัพท์เนื่องจากสัญญาณนาฬิกาคงที่ 50 เฮิรทซ์จาก COUNTER #1 จะทำให้เกิดการ DISPLAY แสดงค่าปริมาณของน้ำเกลือทุก ๆ 50 ครั้งใน 1 วินาที และยังทำให้ Z-80 เป็นเหมือนนาฬิกาซึ่งทำหน้าที่จับเวลาระหว่างการหยดของน้ำเกลือ แต่ละหยด และนำมาคำนวนเป็นอัตราการหยดของน้ำเกลือ

3.5.2 การอินเทอร์รัพท์เนื่องจากสัญญาณอินฟราเรด จะทำให้เกิดการนับจำนวนหยด และนำมาคำนวนเป็นปริมาณยาที่ได้ให้แก่ผู้ป่วยไปแล้ว และยังสามารถนำมาคำนวนอัตราการหยดของน้ำเกลือโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาคงที่ 50 เฮิรทซ์ เป็นเวลาเปรียบเทียบ

การนำสัญญาณจากการอินเทอร์รัพท์ทั้ง สัญญาณนาฬิกา 50 เฮิรทซ์ และสัญญาณอินฟราเรดมาเก็บไว้ในอินพุทพอร์ทของ 8255 เพื่อที่จะทำให้สามารถทราบได้ว่า สัญญาณใดอินเทอร์รัพท์เข้ามา เพื่อจะได้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

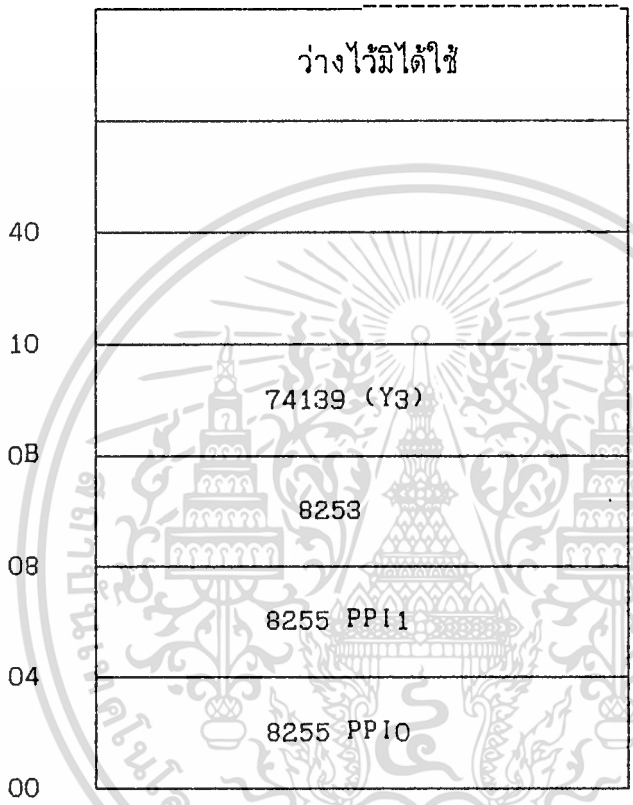
ระหว่างสัญญาณอินเทอร์รัพท์ทั้งสองเราให้ความสำคัญต่อสัญญาณนาฬิกาคงที่ 50 เฮิรทซ์มากกว่าสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งเมื่อเกิดกรณีอินเทอร์รัพท์พร้อมกันทั้งสองสัญญาณ ทำให้สามารถบังคับให้มีการนับเวลา และทำการ DISPLAY ก่อน แล้วจึงทำงานในซัพรูทีน การคำนวนจำนวนปริมาณหยดน้ำเกลือ และอัตราการหยดในขณะนั้น เนื่องจากการทำงานของ D ฟลิปฟลอป เมื่อมีสัญญาณคล๊อคป้อนเข้ามา สถานะเอาท์พุทของฟลิปฟลอปถูกแลทช์เอาไว้ จึงจำเป็นต้องมีการเคลียร์สัญญาณโดยการรีเซทจาก 14145 และการรีเซทจากการสวิชท์จากภายนอก เพื่อให้การอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นได้โดยไม่สับสน



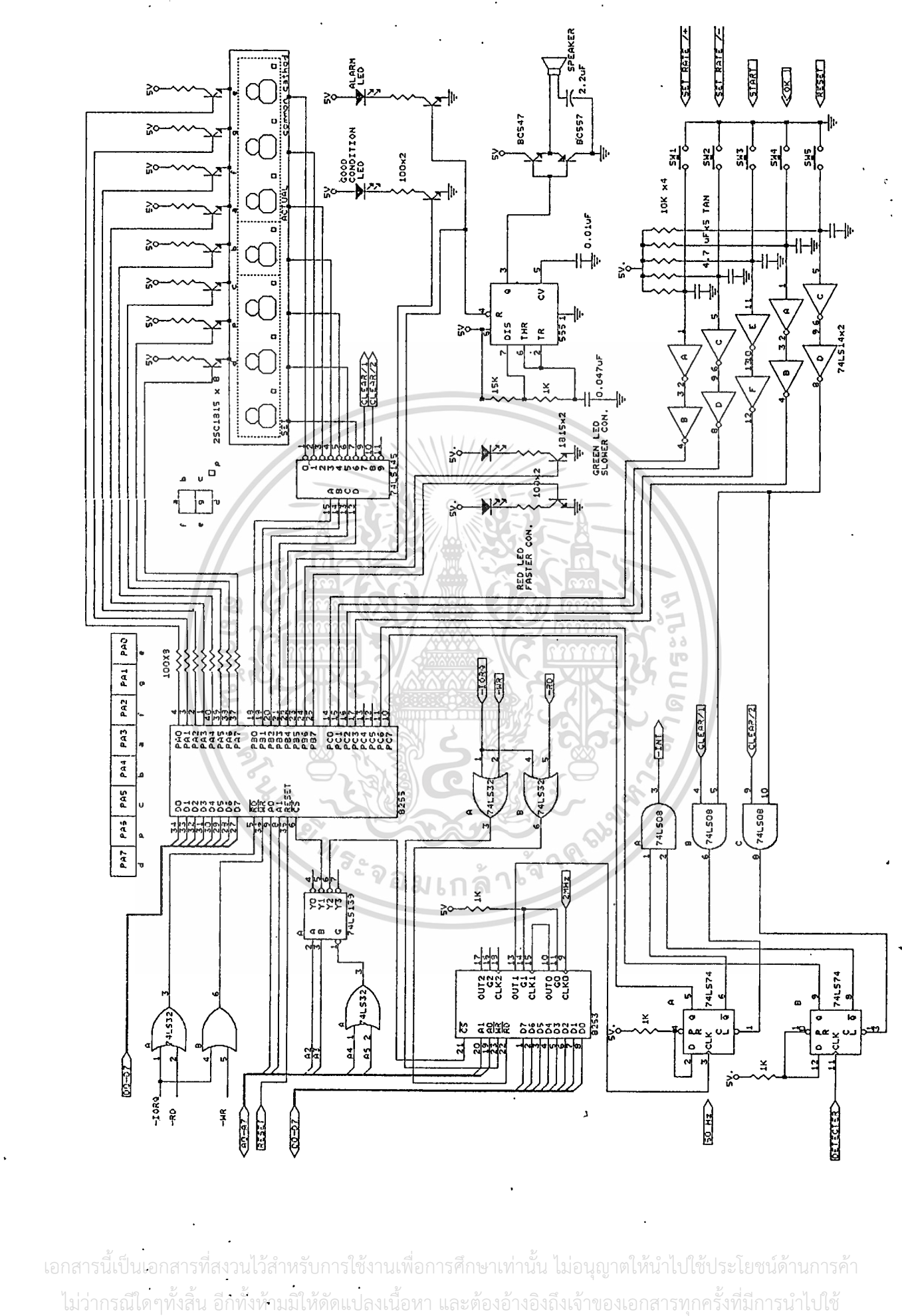
รูปที่ 3.18 ตารางแสดง MEMORY MAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

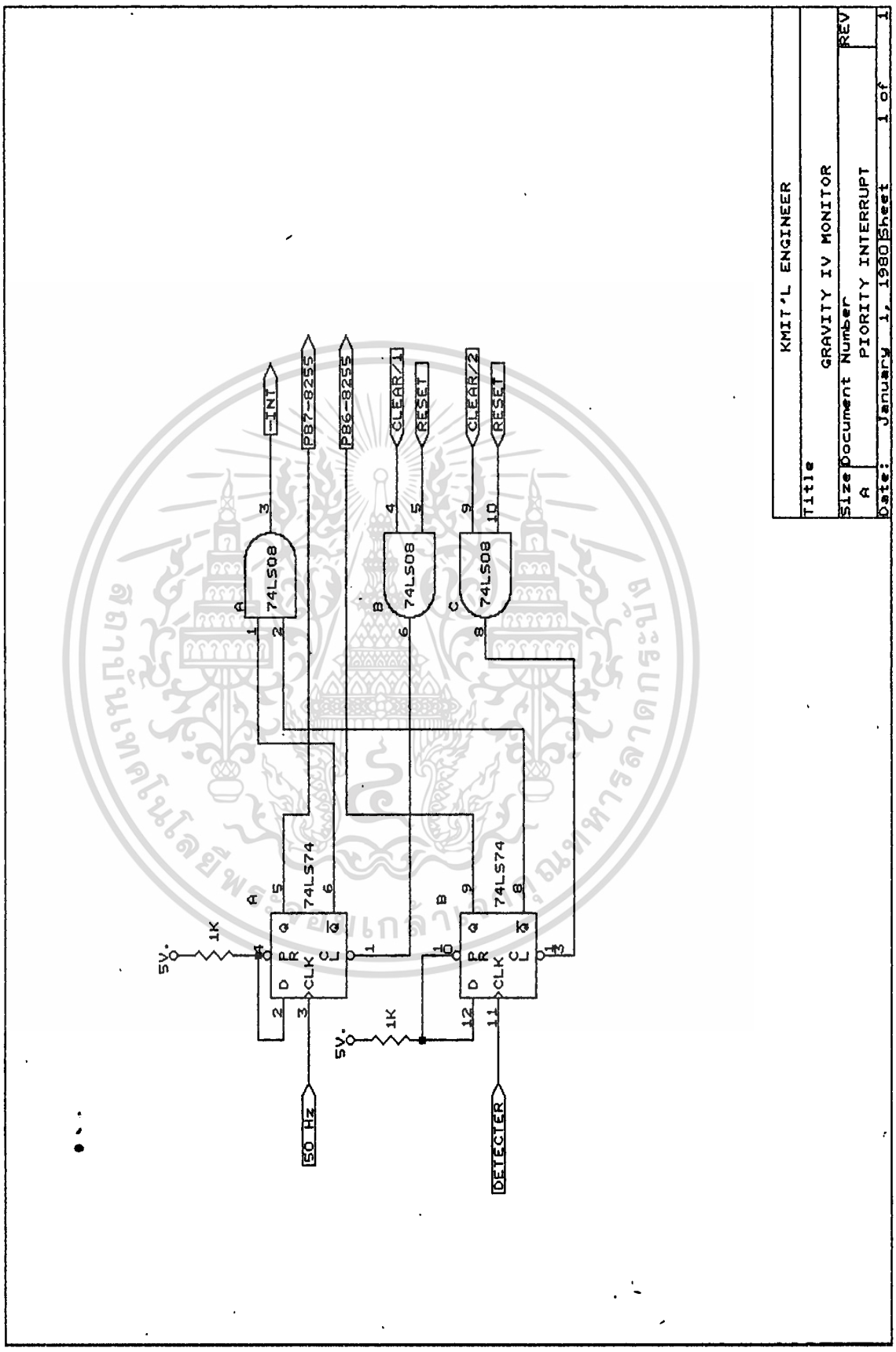
รูปที่ 3.19 ตารางแสดง I/O MAP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของระบบ

จากบทที่แล้วได้กล่าวถึงวงจรอิเลคทรอนิคส์ ซึ่งเป็นระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือทั้งหมดแล้ว แต่มาถึงจุดนี้หลายคนอาจสงสัยว่าฮาร์ดแวร์เพียงเล็กน้อยเหล่านั้นจะทำให้เครื่องนี้มีความสมบูรณ์ในการใช้งานได้อย่างไร ซึ่งนั่นก็เป็นความคิดที่ถูก เพราะว่าความสมบูรณ์ของระบบนั้นไม่เพียงแต่ฮาร์ดแวร์เท่านั้น แต่จะต้องประกอบด้วยซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนมันสมอง ที่จะต้องคอยสั่งการให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานตามลำดับขั้น เช่น จะต้องคอยตรวจนับจำนวนหยด อัตราเร็ว และคอยตรวจสอบความผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดขึ้นอีกด้วย แท้ที่จริงแล้ว การออกแบบให้ฮาร์ดแวร์มีวงจรหรือมีอุปกรณ์น้อยชิ้นที่สุดก็เพราะว่า ยิ่งฮาร์ดแวร์น้อยชิ้นเท่าไร ก็ยิ่งทำให้วงจรมีประสิทธิภาพดี มีความเชื่อถือสูง สามารถตรวจสอบความผิดพลาดและดูแลรักษา แก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ที่สำคัญก็คือ ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงด้วย และเมื่อผู้อ่านได้ศึกษาถึงซอฟต์แวร์แล้ว คิดว่าคงจะทำให้เข้าใจระบบการทำงานของอุปกรณ์ตัวนี้ได้ดีขึ้น

ซอฟต์แวร์ของเครื่องนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญได้ดังนี้

1. โปรแกรมหลัก ซึ่งทำหน้าที่หลักและทั่วๆไป หน้าที่ของโปรแกรมในส่วนนี้ได้แก่ การอุ่นเครื่อง การเซทค่าเริ่มต้นต่างๆ การติดต่อรับคำสั่งจากผู้ใช้ การคำนวนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การตรวจสอบความผิดพลาดของการนับหยดน้ำเกลือ การส่งรหัสสัญญาณเตือนและรหัสแสดงดิสเพลย์เตือนเมื่อมีเหตุผิดปกติต่างๆ การนับปริมาณน้ำเกลือว่าครบแล้วหรือยัง และมีอัตราการหยดที่อยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้หรือไม่

2. โปรแกรมย่อย เป็นอินเทอร์รัพท์รูทีนซึ่งทำหน้าที่หลักในการเป็นเนาฬิกาคอยตรวจจับอัตราการหยดของน้ำ เป็นตัวนับหยดน้ำ แสดงดิสเพลย์และเอาท์พอร์ทต่างๆ รวมทั้งพอร์ทที่ใช้สำหรับส่งเสียงเตือนออกทางลำโพงด้วย

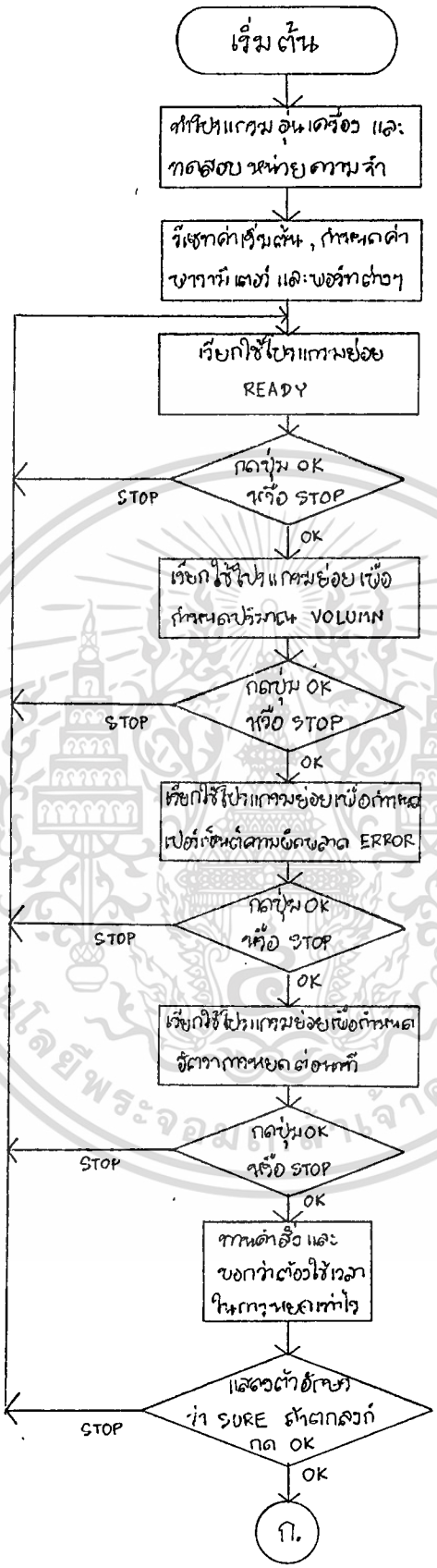
ดังนั้น เพื่อให้ผู้อ่านมีความเข้าใจในหลักการทำงานของโปรแกรมยิ่งขึ้น เราจึงขอแยกอธิบายโปรแกรมการทำงานของเครื่องโดยคร่าวๆดังนี้

4.1 โฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมหลัก

โปรแกรมหลักนี้จะทำงานเป็นลำดับขั้นตอน ดังแสดงในโฟล์วชาร์ทรูป 4.1 สามารถอธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้ เมื่อเครื่องเริ่มทำงาน Z80 จะอ่านคำสั่งที่แอดเดรสที่ ØØØØH ซึ่งจะเป็นโปรแกรมวงลูปเพื่อหน่วงเวลาระยะสั้นระยะหนึ่ง เพื่อป้องกันปัญหาการเกิดไฟกระชากตอนเปิดเครื่อง ซึ่งถ้าเขียนคำสั่งให้เครื่องทำงานเลยทันที อาจทำให้เครื่องทำงานผิดพลาดได้ หรืออาจทำให้เครื่อง แฮง (Hang)ได้ มีการกำหนดสแตกพอยน์เตอร์ ทำโปรแกรมย่อยตรวจสอบ RAM ซึ่งถ้าพบว่า RAM เสีย เครื่องก็จะไม่ทำงานอย่างอื่น แต่จะวนลูปเพื่อแสดงตัวอักษรว่า FAULT-1 ตลอดไป อันเป็นรหัสที่บอกว่าเกิดข้อผิดพลาดในเรื่องหน่วยความจำแล้ว

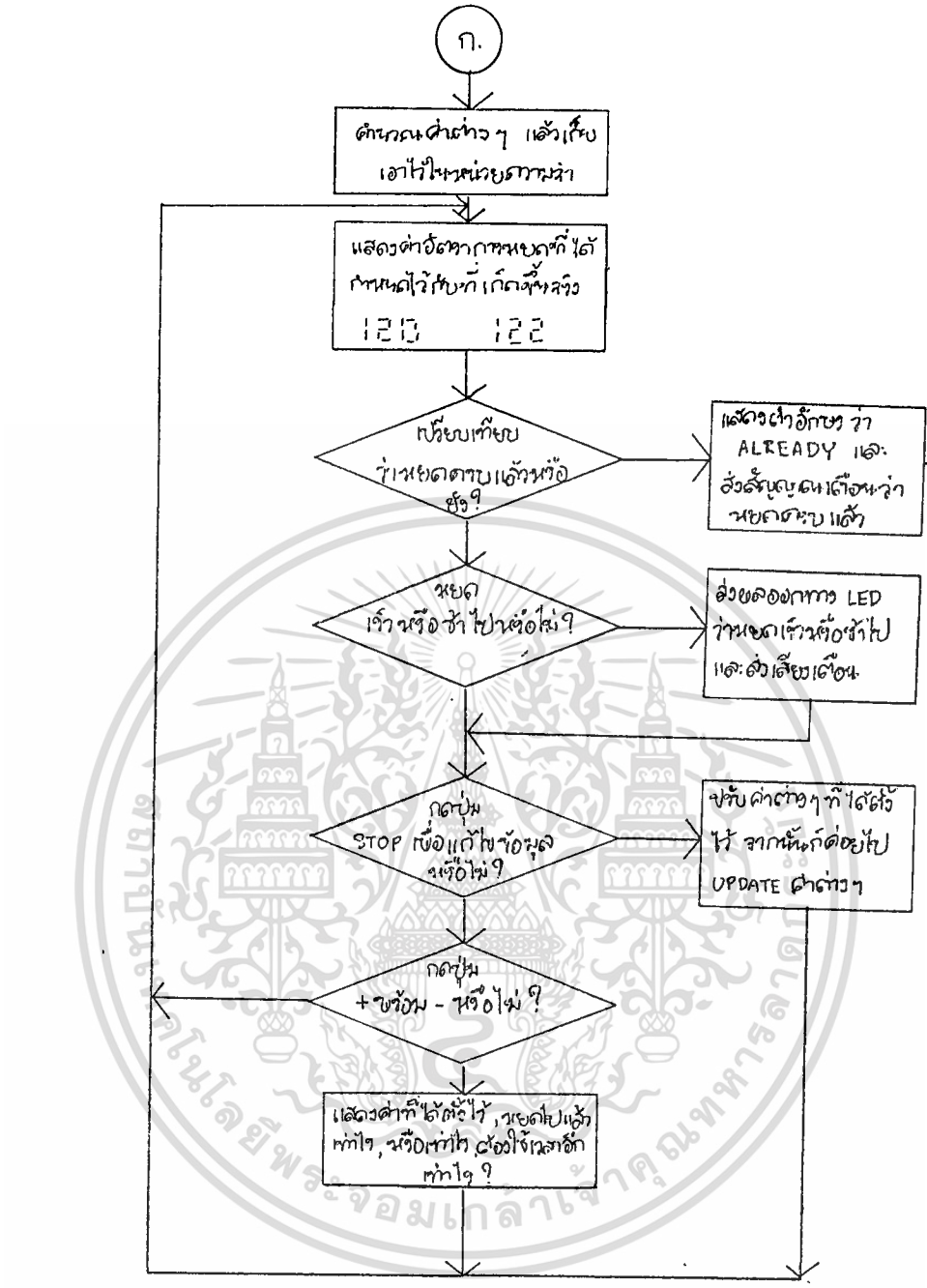
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ต่อไปก็จะเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ การกำหนดการทำงานของพอร์ทต่างๆ โดย



รูป 4.1 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.1 (ต่อ) โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ 8255 ทำงานในโหมด 0 เป็น Basic I/O พอร์ท โดยพอร์ท A และ B เป็นพอร์ทเอาท์พุต และ C เป็นพอร์ทอินพุต กำหนดให้ 8253 ทำงานในโหมด 3 ทำหน้าที่เป็นสร้างพัลส์รูปสี่เหลี่ยม โดยการหารความถี่จากคล็อกของระบบ เพื่อให้ได้คล็อก 50 เฮิรซ์ เพื่อใช้ในการอินเทอร์รัพท์ Z80 เพื่อให้ Z80 ทำงานในโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์เป็นนาฬิกา และดิสเพลย์ตัวอักษร 50 ครั้งต่อวินาที

หลังจากนั้นก็จะเคลียร์ฟลิปฟลอปต่างๆ แล้วก็เข้าโปรแกรมย่อยเพื่อให้ผู้ใช้เซทค่าปริมาณน้ำเกลือที่ต้องการ ลักษณะของการคีย์ข้อมูลคำสั่งเข้าไป จะเป็นลักษณะคีย์เข้าไปทีละหลัก จากหลักหน่วยไปยังหลักพัน โดยจะสามารถกำหนดได้สูงสุดเท่ากับ 9999 มิลลิลิตร หรือเกือบ 10 ลิตร ซึ่งคงจะไม่มีใครให้น้ำเกลือและยามากเกินกว่านี้ในหนึ่งครั้งหรือในหนึ่งถุงน้ำเกลือ วิธีการกำหนดทำได้โดยการกดปุ่มบวกเพื่อเพิ่มค่าให้มากขึ้น และกดปุ่มลบเพื่อลดค่าให้ลดลง และเมื่อต้องการจะข้ามไปกำหนดค่ายังหลักอื่น ก็ให้กดปุ่ม OK ซึ่งเป็นปุ่มที่มีความหมายถึงการตกลงเพื่อไปทำงานอย่างอื่นต่อไป ทั้งตกลงไปยังหลักต่อไป และตกลงไม่แก้ไขข้อมูลเพื่อที่จะไปทำงานให้ส่วนอื่นของโปรแกรมต่อไป

โปรแกรมย่อยเพื่อเซทค่าเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด โดยค่าที่จะให้เลือกจะมีทั้งหมด 6 ค่าตามมาตรฐานสากลคือ ทั้งบวกและลบ 40,20 และ 10 การเลือกค่าทำได้โดยการกดปุ่มบวกและลบ โดยถ้ากดบวกค่าก็จะมากขึ้นจากลบ 40 ไปยังบวก 40 และกดลบก็จะทำให้ค่าลดลง ทั้งนี้ค่าเหล่านี้จะวนลูปจากบวก 40 บวก 20 ไปเรื่อยๆจนถึง ลบ 20 ลบ 40 และจากลบ 40 กลับวิ่งมายังบวก 40 ตามลำดับ หลังจากนั้นก็จะไปทำงานในส่วนของโปรแกรมย่อย เพื่อกำหนดอัตราการหยดที่ต้องการให้เครื่องคอยตรวจสอบ โดยวิธีการกำหนดค่าจะเหมือนกับวิธีการกำหนดปริมาณหยดน้ำในตอนต้น

ภายหลังที่ได้กำหนดค่าต่างๆเป็นที่เรียบร้อย และได้กดปุ่ม OK ว่ายอมรับข้อมูลทั้งหมดที่คีย์เข้าไป เครื่องก็จะทวนคำสั่งให้ดูอีกทีว่า คีย์เข้าไปถูกหรือไม่ โดยจะมีการหน่วงเวลาในแต่ละช่วงของการรายงานให้เราเห็นชัดๆประมาณ 3 วินาที และจะรายงานว่าจะต้องใช้เวลาในการให้น้ำเกลือประมาณกี่นาที จากนั้นก็จะถามว่า SURE หรือไม่ ถ้าตกลงก็กดปุ่ม OK แต่ถ้าไม่ ก็สามารถกดปุ่ม STOP ได้เลยทันที อันหมายความว่าจะกลับไปเริ่มโปรแกรมใหม่ที่จุด READY นั่นเอง

เมื่อกดปุ่ม OK แล้ว เครื่องก็จะทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการเปรียบเทียบต่างๆ อันได้แก่ การหาช่วงของอัตราการหยดน้ำต่อนาทีที่ยอมรับได้ การหาปริมาณหยดของน้ำเกลือ โดยการคูณ 50 เข้ากับจำนวนปริมาณน้ำเกลือที่มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร (1 มิลลิลิตรเท่ากับ 50 หยด โดยค่านี้ได้มาจากการทดลอง และการไปสอบถามจากพยาบาล) เมื่อคำนวนเสร็จสิ้นแล้ว เครื่องก็จะเข้าสู่สภาวะทำงานเต็มที่ จะมีการคอยตรวจอัตราการหยด ตรวจปริมาณการหยดว่าครบหรือไม่ ถ้าครบก็จะออกจากโปรแกรมลูปนี้ มีการตรวจสอบปุ่ม STOP ว่ามีการกดหรือไม่ อันหมายความว่าผู้ใช้ต้องการปรับเปลี่ยนค่าที่ได้ตั้งไว้แต่แรก และมีการตรวจสอบว่ามีการกดปุ่มบวกและลบพร้อมกันหรือไม่ อันหมายความว่าต้องการดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้กำหนดไปแล้ว ต้องการรู้ว่าได้มีการหยดไปแล้วเท่าไร เหลือที่จะต้องหยดอีกเท่าไร และต้องใช้เวลาประมาณเท่าไรจึงจะเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 โปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์

โปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์นี้สามารถแสดงโฟลว์ชาร์ทได้ดังรูป 4.2 และสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้ โปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์นี้ ใช้การอินเทอร์รัพท์โหมด 1 นั่นหมายความว่า ทุกๆครั้งที่มีการอินเทอร์รัพท์ Z80 จะกระโดดไปทำงานที่แอดเดรส 38H ทันที หน้าที่ของโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์นี้ก็คือ ทำหน้าที่เป็นส่วน update ข้อมูลทางด้านเวลา ตัวนับและจับอัตราการหยด และทำหน้าที่เป็นตัวสแกนดิสเพลย์ด้วย เหตุผลที่ต้องให้โปรแกรมตัวนี้เป็นตัวสแกนดิสเพลย์ด้วยก็เพราะว่า จะทำให้โปรแกรมสามารถเขียนให้ได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องมากังวลเกี่ยวกับเรื่องดิสเพลย์ว่าจะมีการหน่วงเวลาของมันมากจนเกินไป จนทำให้สังเกตเห็นการกระพริบของตัวอักษร และเนื่องจากจะมีการอินเทอร์รัพท์ 50 ครั้งต่อวินาที หรือการสแกนตัวอักษร 50 ครั้งต่อวินาที ซึ่งเป็นอัตราเร็วที่ไม่ทำให้ตาเราสังเกตเห็นการกระพริบได้

เริ่มต้นโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์ จะดิสเอเบิลอินเทอร์รัพท์เสียก่อน จากนั้นก็จะเก็บค่ารีจิสเตอร์ต่างๆลงในสแตกเสียก่อน จากนั้นก็จะทำการตรวจดูว่าอะไรเป็นคนอินเทอร์รัพท์มา โดยให้ความสำคัญทางด้านเวลาหรือคล็อก 50 เฮิรซ์เป็นสำคัญอันดับหนึ่ง นั่นหมายความว่า โปรแกรมจะทำการตรวจ PC7 ว่าเป็น "1" หรือไม่ ซึ่งเป็นบิทที่บอกถึงการอินเทอร์รัพท์ที่มาจากคล็อก 50 เฮิรซ์ เมื่อพบว่าเป็นคล็อก 50 เฮิรซ์จริง ก็จะทำการ update เวลาต่างๆ สแกนดิสเพลย์ และเคลียร์ดีฟลิปฟลอปที่ต่ออยู่กับ PC7 เพื่อให้การอินเทอร์รัพท์หมดสิ้นไป และถ้าตรวจ PC7 พบว่าไม่ใช่ "1" หรือไม่ใช่การอินเทอร์รัพท์ที่มาจากคล็อก 50 เฮิรซ์ ก็แสดงว่าเป็นการอินเทอร์รัพท์ที่มาจากหยดน้ำ

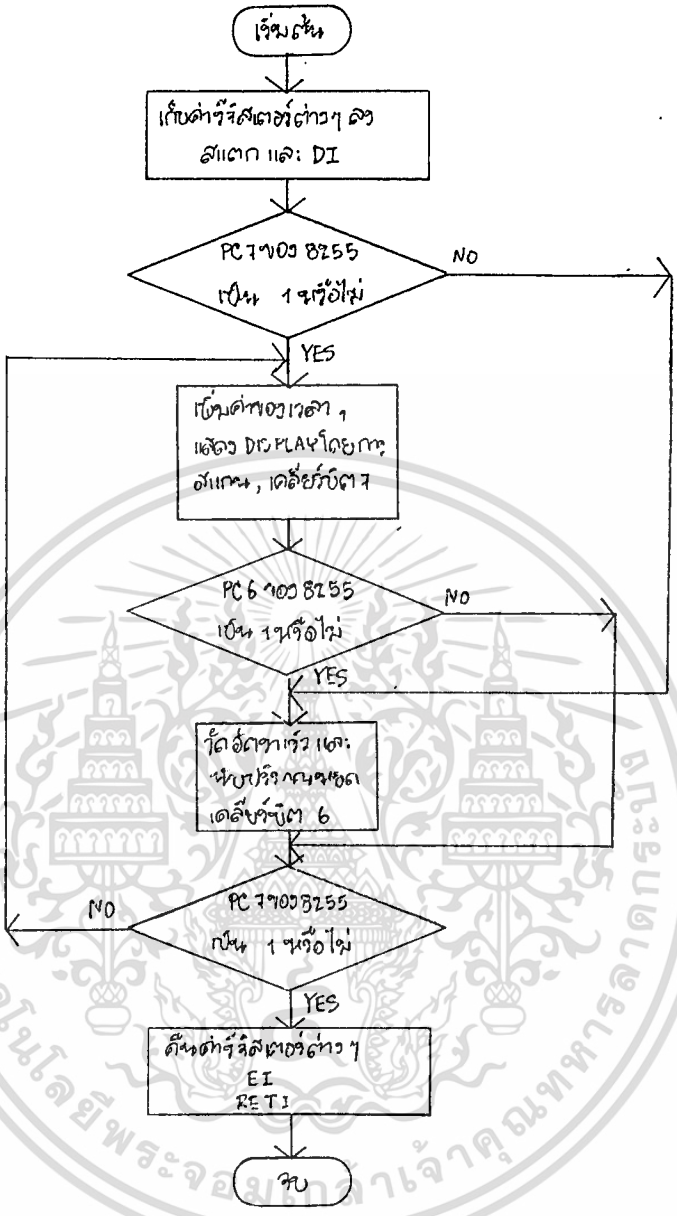
โปรแกรมก็จะวิ่งไปทำงานในส่วนของการตรวจนับจำนวนหยดน้ำ และวัดอัตราการหยด ค่าต่างๆที่ได้นี้ก็จะทำการเก็บเอาไว้ในบัฟเฟอร์ชุดหนึ่ง รอให้โปรแกรมหลักตรวจอีกที ว่าอยู่ในช่วงหรือเป็นค่าที่ต้องการหรือไม่ และเมื่อทำโปรแกรมในส่วนนี้เรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการเคลียร์ดีฟลิปฟลอปที่ต่ออยู่กับ PC6 เพื่อให้การอินเทอร์รัพท์หมดสิ้นไป และก่อนออกจากโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์นี้ ก็จะทำการตรวจอีกทีว่าในช่วงที่ทำโปรแกรมย่อยทั้งของคล็อก 50 เฮิรซ์ และของหยดน้ำ อาจจะมีคล็อกอินเทอร์รัพท์เข้ามาอีกก็ได้ ถ้ามีก็จะกลับขึ้นไปทำโปรแกรมบริการคล็อกอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้าไม่มีการอินเทอร์รัพท์ใดๆเข้ามาอีก ก็จะคืนค่ารีจิสเตอร์ต่างๆ อีเนเบิลอินเทอร์รัพท์ และออกจากโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์นี้ เป็นอันสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมย่อยในส่วนนี้ แล้วกลับไปทำงานในส่วนของโปรแกรมหลักที่ยังทำงานคั่งค้างอยู่

4.3 การคำนวณหาอัตราเร็วของหยดน้ำ

การที่เรากำหนดค่า123ให้มีทุกๆ 50 เฮิรซ์ ก็เพื่อที่จะให้มันเป็นเวลาอ้างอิงในการคำนวนอัตราเร็วในการหยดนั่นเอง นั่นหมายความว่า คล็อก 1 ลูกจะใช้เวลาเท่ากับ 20 ไมโครวินาที คล็อก 50 ลูกจะใช้เวลา 1 วินาที

สมมติถ้าเวลาระหว่างหยดน้ำหยดที่ 1 จนถึงหยดที่ 2 มีคล็อกวิ่งผ่านไป x ลูก เราจะสามารถหาอัตราเร็วของหยดน้ำได้ว่า

เอกสารนี้มีไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเวลา x/50 วินาที หยดน้ำหยดไปเท่ากับ 1 หยด

หรือในเวลา x/(50X60) นาที หยดน้ำหยดไปเท่ากับ 1 หยด

ดังนั้นถ้าในเวลา 1 นาที จะมีหยดน้ำหยดทั้งสิ้นเท่ากับ 3000/x หยด

ดังนั้นในการหาอัตราเร็วของหยดน้ำ เราก็จะใช้สูตรดังกล่าวนี้ในการคำนวนหาได้เลย ส่วนของโปรแกรมย่อยต่างๆ และโปรแกรมทั้งหมด โปรดพลิกไปดูในส่วนของภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ ซึ่งมีความแตกต่างกันหลายประการ คือ

1. ระยะทางระหว่างตัวรับ และตัวส่ง
2. อัตราการหยดของน้ำเกลือ
3. มุมที่ทำกันระหว่างตัวรับ และตัวส่ง
4. เปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างสัญญาณอินพุท และสัญญาณเปรียบเทียบที่ตัวรับ

นอกจากนั้นยังได้ทำการทดลองแสดงถึง จำนวนหยดน้ำเกลือใน 1 มิลลิลิตร และเพื่อดูความแน่นอนในการทำงานของเครื่อง จึงได้มีการทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

การทดลองที่ 1. หาจำนวนหยดน้ำเกลือใน 1 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. กำหนดอัตราการหยดของน้ำเกลือ 25 หยดต่อนาที
2. ปรับเซทสายน้ำเกลือให้ได้ในอัตราที่ต้องการ เริ่มนับจำนวนหยดน้ำเกลือ และบันทึกผลเมื่อการหยดน้ำเกลือทำไปแล้ว 10 มิลลิลิตร
3. ทำการทดลองในข้อ 2. ในอัตราคงที่อีก 4 ครั้ง
4. เปลี่ยนการตรวจนับหยดน้ำเกลือในปริมาณดังตาราง และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1.

การทดลองที่ 2 หาจำนวนหยดน้ำเกลือในเวลา 3 นาที ในกรณีที่อัตราการหยดคงที่ แต่ระยะระหว่างตัวรับ และตัวส่งเปลี่ยนแปลง

วิธีการทดลอง

1. กำหนดอัตราการหยดของน้ำเกลือ 5 หยดต่อนาที
2. ปรับระยะระหว่างตัวรับ และตัวส่งให้ติดหลอดน้ำเกลือ
3. ปรับเซทสายน้ำเกลือให้ได้ในอัตราที่ต้องการ และเริ่มจับเวลาบันทึกผลการนับจำนวนหยดน้ำเกลือในเวลา 3 นาที
4. ทำการทดลองซ้ำ ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างตัวรับ และตัวส่งมีค่าเดียวกันอีก 4 ครั้ง
5. เปลี่ยนระยะระหว่างตัวรับ และตัวส่งเป็นค่าใหม่ดังตาราง และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1. ทำจนครบทุกค่าของระยะห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 หาจำนวนหยดในเวลา 3 นาที ในกรณีที่อัตรการหยดเปลี่ยนแปลงไป แต่ระยะห่างระหว่างตัวรับ และตัวส่งคงที่

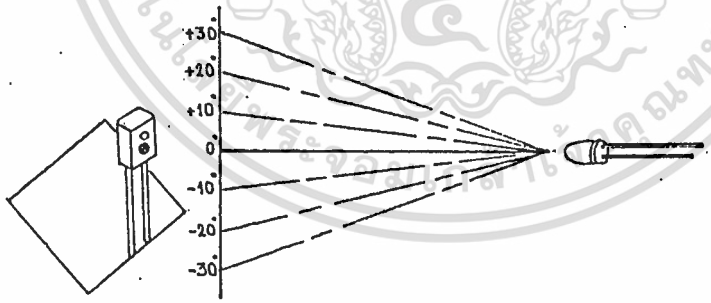
วิธีการทดลอง

1. กำหนดระยะห่างระหว่างตัวรับ และกระเปาะน้ำเกลือเป็น 2.5 เซนติเมตร
2. ปรับเซทสายน้ำเกลือให้ได้ในอัตรา 5 หยดต่อนาที
3. เริ่มจับเวลา และบันทึกผลการนับจำนวนหยดน้ำเกลือในเวลา 3 นาที
4. ทำการทดลองซ้ำ ในกรณีที่อัตราการหยดของน้ำเกลือคงที่
5. เปลี่ยนอัตรการหยดของน้ำเกลือเป็นค่าดังตาราง และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1. ทำจนครบทุกค่าของอัตราการหยดของน้ำเกลือ

การทดลองที่ 4 หาความสามารถในการส่งสัญญาณอินฟาเรด ระหว่างตัวส่ง และตัวรับ

วิธีการทดลอง

1. กำหนดระยะห่างระหว่างตัวรับ และตัวส่ง เป็น 3.5 เซนติเมตร
2. กำหนดตำแหน่งของตัวรับที่ทำมุมต่าง ๆ กันกับตัวส่ง
3. ป้อนสัญญาณไฟ +5 โวลท์ ให้กับตัวส่ง และตัวรับ
4. เลื่อนตัวรับไปตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ ดังรูป



รูปที่ 5.1

6. บันทึกว่ามุมใดที่ทำให้ตัวส่งสามารถส่งสัญญาณอินฟาเรดถึงตัวรับได้

การทดลองที่ 5 หาค่าเปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างสัญญาณอินพุท และสัญญาณเปรียบเทียบ เปรียบเทียบกับความสามารถในการตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือ

วิธีการทดลอง

1. ป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลท์ ให้กับตัวส่ง และตัวรับ ปรับระยะห่างระหว่างตัวรับ และกระเปาะน้ำเกลือเป็น 1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ปรับค่าความต้านทาน 100 กิโลโอมห์ ให้ได้สัญญาณอินพุทที่ขา 10 เท่ากับสัญญาณเปรียบเทียบที่ขา 9

3. ใช้สโครปจับสัญญาณที่ขา 10 และขา 9

4. ปรับค่าความต้างทานให้สัญญาณเปรียบเทียบที่ขา 9 แตกต่างจากสัญญาณอินพุทที่ขา 10 ดังตาราง

5. สังเกตุการตรวจจับหยดน้ำเกลือว่า ค่าความแตกต่างใดบ้างที่สามารถตรวจจับ หรือไม่สามารถตรวจจับได้ และบันทึกผลการทดลอง

ตาราง บันทึกผลการทดลองที่ 1

ปริมาณน้ำเกลือที่ป้อนเข้าไป (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำเกลือที่ได้ (หยด) ครั้งที่				
	1	2	3	4	5
10	503	503	503	503	503
20	1004	1004	1004	1004	1004
30	1509	1510	1510	1510	1510
40	2012	2012	2011	2011	2011
50	2515	2513	2513	2515	2515

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง บันทึกผลการทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3

ระยะทาง อัตรา	120	80	60	40	25	15	5
ติดหลอด	363	242	180	120	75	45	15
	363	242	180	120	75	45	15
	363	242	180	120	75	45	15
	363	242	180	120	75	45	15
	363	242	180	120	75	45	15
1.0 เซนติเมตร	363	242	181	119	76	44	15
	363	242	181	119	76	44	15
	363	242	181	119	76	44	15
	363	242	180	119	76	44	15
	363	242	180	120	76	44	15
1.5 เซนติเมตร	364	242	179	119	74	43	15
	364	242	180	119	74	43	15
	364	242	179	119	74	43	15
	364	242	179	119	74	43	15
	364	242	180	119	74	43	15
2.0 เซนติเมตร	364	243	178	118	73	42	15
	364	243	178	118	73	42	15
	364	243	178	118	73	42	15
	364	243	179	118	73	42	15
	364	243	178	118	73	42	15
2.5 เซนติเมตร	-	288	193	133	86	50	14
	-	288	190	133	86	50	14
	-	288	192	133	86	50	14
	-	288	193	133	86	50	14
	-	288	193	133	86	50	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

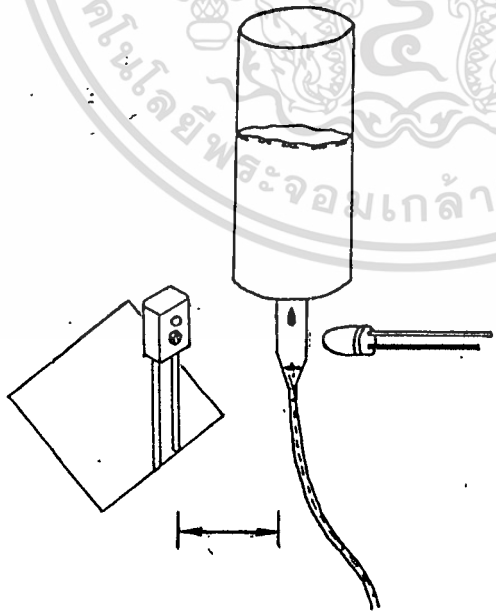
ผลการทดลองที่ 4

ในการทดลองเรื่องมุมที่ทำกันระหว่างตัวรับ และตัวส่งนั้น ถ้าทำมุมกันเกินกว่า 10 องศา จะทำให้การตรวจนับหยดน้ำเกลือไม่สามารถเกิดขึ้นได้

ผลการทดลองที่ 5

V_{10}	V_9	% ความแตกต่าง	การตรวจนับหยดน้ำเกลือ
2.0	1.5	25 %	ทำได้
2.0	1.6	20 %	ทำได้
2.0	1.7	15 %	ทำได้
2.0	1.75	12 %	ไม่สามารถทำได้
2.0	1.8	10 %	ไม่สามารถทำได้

รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 2, 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าน้ำเกลือ 1 มิลลิลิตรจะเท่ากับหยดน้ำ 50 หยด แต่จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ามีข้อผิดพลาดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการผิดพลาดจากการวัดปริมาณของน้ำเกลือโดยใช้สายตา โดยมองวัดปริมาณโดยผ่านกระบอกน้ำเกลือ ซึ่งภายในกระบอกน้ำเกลือจะทำให้ผิวหน้าของน้ำมีการเว้าลง

ผลการทดลองที่ 2 และ 3

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ระยะระหว่างตัวรับกับหยดน้ำมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ถ้าตัวรับยิ่งห่างจากหยดน้ำมาเท่าไร ประสิทธิภาพในการตรวจนับจะต่ำลงมากเท่านั้น สาเหตุที่เป็นเช่นนั้น เนื่องมาจากการเลี้ยวเบนและการสะท้อนของแสง

เช่นเดียวกับอัตราการหยด ก็มีความสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างตัวรับและหยดน้ำ เช่น ถ้าระยะห่างระหว่างตัวรับและหยดน้ำเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร จะพบว่าเครื่องจะไม่สามารถตรวจนับอัตราการหยดที่เร็วมากได้ หรืออาจกล่าวสรุปได้ว่า ยิ่งระยะระหว่างตัวรับและหยดน้ำมากเท่าไร ประสิทธิภาพของการตรวจนับหยดน้ำก็จะยิ่งต่ำลง หรือไม่สามารถนับอัตราหยดที่เร็วมากได้นั่นเอง

ผลการทดลองที่ 4

จากผลการทดลอง เราได้มีการใส่ปลอกหุ้มนำแสงให้กับแอลอีดี เพื่อลดปัญหาการกระเจิงไปข้างๆหรือการเลี้ยวเบนของแสงสูงเกินไป ซึ่งจะทำให้การตรวจนับหยดน้ำมีการผิดพลาดได้ แต่ก็ทำให้เกิดผลเสียด้วยเช่นกัน กล่าวคือทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องรับสามารถรับสัญญาณจากตัวส่งได้ที่มุมแคบเพียง 10 องศาเท่านั้น อย่างไรก็ตามมุมแคบ 10 องศานี้ก็ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลงไป เพราะเวลาเราตรวจจับหยดน้ำ เราจะวางตัวรับและตัวส่งใกล้ๆกันอยู่แล้วและจะอยู่ช่วงมุมนั้นพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

ที่ได้กล่าวมาตั้งแต่บทแรกนั้น เป็นการแสดงให้เห็นว่าในวิชา PROJECT I และ PROJECT II ได้ทำอะไรไปบ้าง ทั้งแนวความคิด การออกแบบ หลักการทำงานของเครื่อง พร้อมทั้งการทดลองที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถและความถูกต้องน่าเชื่อถือของเครื่อง ทำให้ทราบว่าเครื่องนี้สามารถตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือได้เร็วสูงสุดถึง 10 หยดต่อวินาที หรือแม้แต่การหยดในอัตราที่ช้ามากคือ 1 หยดต่อนาที ก็ยังสามารถนับได้ และในการปรับอัตราการหยดน้ำเกลือให้อยู่ในอัตราที่ถูกต้อง โดยการใช้เซทสายน้ำเกลือ ซึ่งถ้านำมอเตอร์เข้ามาทำการควบคุมแล้ว ก็จะทำให้การปรับจำนวนหยดของน้ำเกลือเป็นไปได้โดยอัตโนมัติ สะดวก และมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

6.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป

เนื่องจากการปรับอัตราการหยดในขณะนี้ ยังคงใช้การปรับแต่งโดยคนอยู่ ซึ่งเมื่อใช้เครื่องนี้ตรวจนับหยดน้ำไปสักระยะหนึ่งอาจเกิดปัญหาว่า น้ำหยดเร็วหรือช้าเกินกว่าค่าที่จะยอมรับได้ ทำให้ต้องมีการปรับแต่งเซทสายน้ำเกลืออยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าเราใช้มอเตอร์ที่มีการออกแบบไว้อย่างดีมาช่วยเป็นตัวควบคุมการปรับแต่งให้เป็นไปโดยอัตโนมัติแล้ว จะยิ่งทำให้เครื่องนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้จัดจึงจะขอยกตัวอย่างของการใช้มอเตอร์พร้อมทั้งทฤษฎีและวงจรที่ใช้จริงมา ณ ที่นี้ด้วย

6.1.1 ตัวอย่างของการต่อวงจรมอเตอร์ประยุกต์ใช้งาน

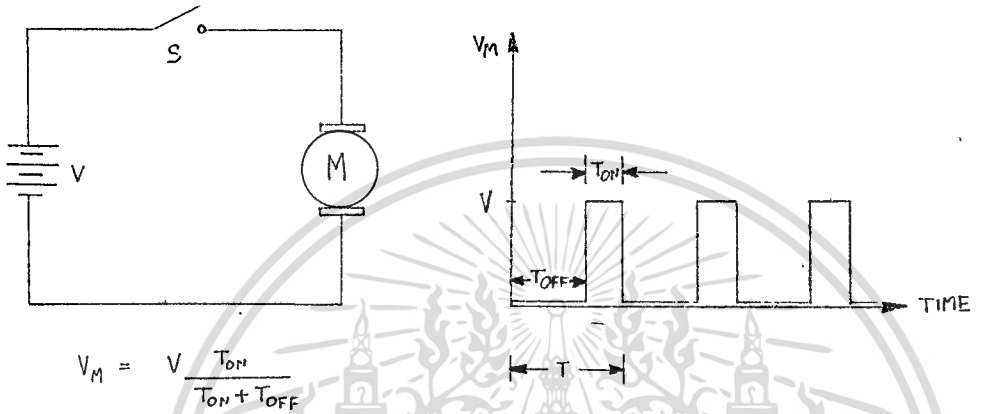
ตัวอย่างของการต่อมอเตอร์ชนิดนี้ เป็นการต่อที่เรียกว่า พัลซ์วิดท์มอดูเลชั่นเพาเวอร์แอมปลิฟลาย ชนิดบริดจ์-ไบได เรคชั่นแนลแอมปลิไฟเออร์ เป็นวงจรที่สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้สองทิศทาง และสามารถป้อนโวลท์เตจและกระแสทั้งขั้วบวกหรือลบให้กับมอเตอร์ได้

ส่วนข้อดีของวงจรบริดจ์ คือ ใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียวโดยจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ ซึ่งโวลท์เตจที่ป้อนให้มอเตอร์นี้จะมีขนาดเกือบเท่ากับโวลท์เตจของเพาเวอร์ซัพพลาย ข้อดีอีกอันหนึ่งของบริดจ์ คือช่วยลดโวลท์เตจผลักดันบนตัวทรานซิสเตอร์ที่นำกระแส ถ้าบริดจ์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม ความแตกต่างระหว่างซัพพลายโวลท์เตจและโวลท์เตจที่มอเตอร์ต้องการจะถูกแบ่งเท่าๆกัน ระหว่างทรานซิสเตอร์ที่นำกระแสทั้ง 2 ตัว อย่างไรก็ตามควรที่จะใช้ทรานซิสเตอร์ที่ความเหมือนกัน รวมทั้งมีความเหมือนกันในเรื่องอัตราการเพิ่มของกระแสทรานซิสเตอร์ด้วย เพราะไม่เช่นนั้นแล้ว ทรานซิสเตอร์ตัวที่มีอัตราการเพิ่มของกระแสต่ำกว่าอาจพังได้ เนื่องจากนำกระแสไม่ทันอีกตัว ในวงจรนี้จะมีค่า Ton ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์คู่ใดคู่หนึ่งทำงาน และ Toff เป็นช่วงเวลาที่เกิดขึ้นในส่วนหลังโดยทรานซิสเตอร์คู่ที่ทำงานอยู่นั้น หยุดทำงานลง

วงจรพื้นฐานอย่างง่ายของพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นแสดงดังรูปที่ 6.1 ซึ่งประกอบด้วย แบตเตอร์รี่ สวิทช์ และมอเตอร์ ในช่วง Toff สวิทช์จะเปิด (Open) และช่วง Ton สวิทช์ก็จะปิด (Close) ดังนั้นไฟเลี้ยงก็จะไปป้อนให้แก่ตัวมอเตอร์ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ โวลท์เตจที่ป้อนไปยังมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เตอร์ จะเป็นสัดส่วนของ Ton / (Ton + Toff) ความเร็วของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่า โวลท์เตจเฉลี่ยที่คร่อม rotor coil (หรือ average current ผ่านตัวมัน) และ strength ของสนามแม่เหล็กรอบๆ อาร์มาเจอร์และขดลวดโรเตอร์ (หรือทั้งสอง) ดังนั้นถ้าสนามแม่เหล็กมีค่าความเข้มมากขึ้น ก็จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มไปด้วย โดยทั่วไปส่วนใหญ่มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กสนามแม่เหล็กที่ได้จากแม่เหล็กถาวร ดังนั้นจึงมีค่าคงที่ความเร็วของมอเตอร์จึงขึ้นอยู่กับโวลท์เตจที่ป้อนให้แก่มอเตอร์



รูป 6.1 แสดงวิธีการควบคุมการมอเตอร์โดยใช้ PWM อย่างง่าย

วิธีการคอนโทรลโดย PWM จะทำให้เราได้แรงบิด (torque) ดีกว่าเดิมเพราะว่าแรงบิด จะขึ้นกับค่าโวลท์เตนที่ป้อนเข้าไป และปริมาณกระแสที่ผ่าน rotor coil โดยวิธีการของ PWM จะทำให้ได้แรงบิดสูงแม้ว่าความเร็วจะต่ำ เนื่องจากเราป้อนโวลท์เตจให้แก่มอเตอร์ในลักษณะพัลซ์ ซึ่งมีขนาดหรือ amplitude คงที่

จากทฤษฎีการควบคุมดีซีมอเตอร์เบื้องต้นที่กล่าวมาแล้ว เราสามารถสร้างวงจรต้นแบบของชุดมอเตอร์สำหรับทำงานร่วมกับเครื่องตรวจนับหยดน้ำเกลือดังนี้ จากรูป 6.2 เมื่อเครื่องตรวจนับหยดน้ำเกลือ ส่งสัญญาณว่ามีการหยดเร็วหรือช้าเกินไปจาก PB6 และ PB7 ของพอร์ทบีของ 8255 เข้ามาสู่วงจรชุดมอเตอร์นี้ โดยเปลี่ยนจากสัญญาณ "0" เป็น "1" สัญญาณจะผ่านอินเวอร์เตอร์มาทริกให้วงจรโมโนสเตเบิล ส่งพัลซ์ที่มีความยาวแคบๆไปทริกให้ทรานซิสเตอร์ตัวบนสุดทำงาน และทำให้ทรานซิสเตอร์สองตัวด้านล่างทำงานด้วย โดยทรานซิสเตอร์จะทำงานข้างละตัว ซึ่งจะพอดีทำงานกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร และทำให้มอเตอร์ทำงานหมุนเฟืองไปบีบรัดสายน้ำเกลือให้แคบหรือไปคลายเฟือง แล้วแต่ว่าเป็นสัญญาณว่าหยดน้ำเร็วไปหรือหยดช้าไป ถ้าหยดช้าไป มอเตอร์ก็จะคลายเฟืองเพื่อให้น้ำเกลือไหลได้สะดวกหรือไหลได้เร็วขึ้น และถ้าหยดเร็วไป มอเตอร์ก็จะหมุนเฟืองบีบรัดสายให้น้ำเกลือไหลได้ช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

PB6	PB7	ทิศทางการหมุน
0	0	ไม่หมุน
0	1	หมุนซ้าย
1	0	หมุนขวา
1	1	ไม่มีการใช้สัญญาณในลักษณะนี้

6.1.2 ข้อเสนอแนะอย่างอื่น

ในปัจจุบัน เครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิตสามารถจัดหาใช้ได้ง่าย มีราคาที่ถูกลงมาก มีขีดความสามารถที่สูงมากกว่า Z80 และมีการใช้งานทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ง่ายกว่า ทางผู้จัดจึงเห็นว่า หากจะมีการพัฒนาเครื่องมือนี้ต่อไป ควรจะเป็นการพัฒนาบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิตจะดีกว่า โดยบนตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิต 1 เครื่อง อาจควบคุมดูแลการ์ดเครื่องมือทางการแพทย์นี้ได้เครื่องละหลายๆตัว นั่นหมายความว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง อาจใช้ทำเป็นศูนย์กลางการควบคุมการให้ยาหรือน้ำเกลือคนไข้ โดยดูแลไปพร้อมๆกัน ได้ทีละหลายๆเครื่องหลายๆเตียงคนไข้ก็ได้ สามารถเก็บประวัติฐานข้อมูลต่างๆทางด้านยา ปริมาณ วันที่ เวลา ที่ได้ให้ไว้กับคนไข้ได้ด้วย เป็นต้น

6.2 การประยุกต์สำหรับใช้งานประเภทอื่น

เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือนี้ สามารถประยุกต์ใช้งานได้อีกมากมาย ตัวอย่างเช่น เป็นเครื่องมือในการให้ยาและอาหารเหลวแก่ผู้ป่วย เครื่องมือที่ใช้ในการผสมยาที่ต้องอาศัยความถูกต้องและแน่นอนในปริมาณ และอัตราส่วนของยา เป็นเครื่องนับสิ่งของต่างๆ เป็นเครื่องนับความถี่ที่มีคาบเวลายาวนานมาก เป็นต้น

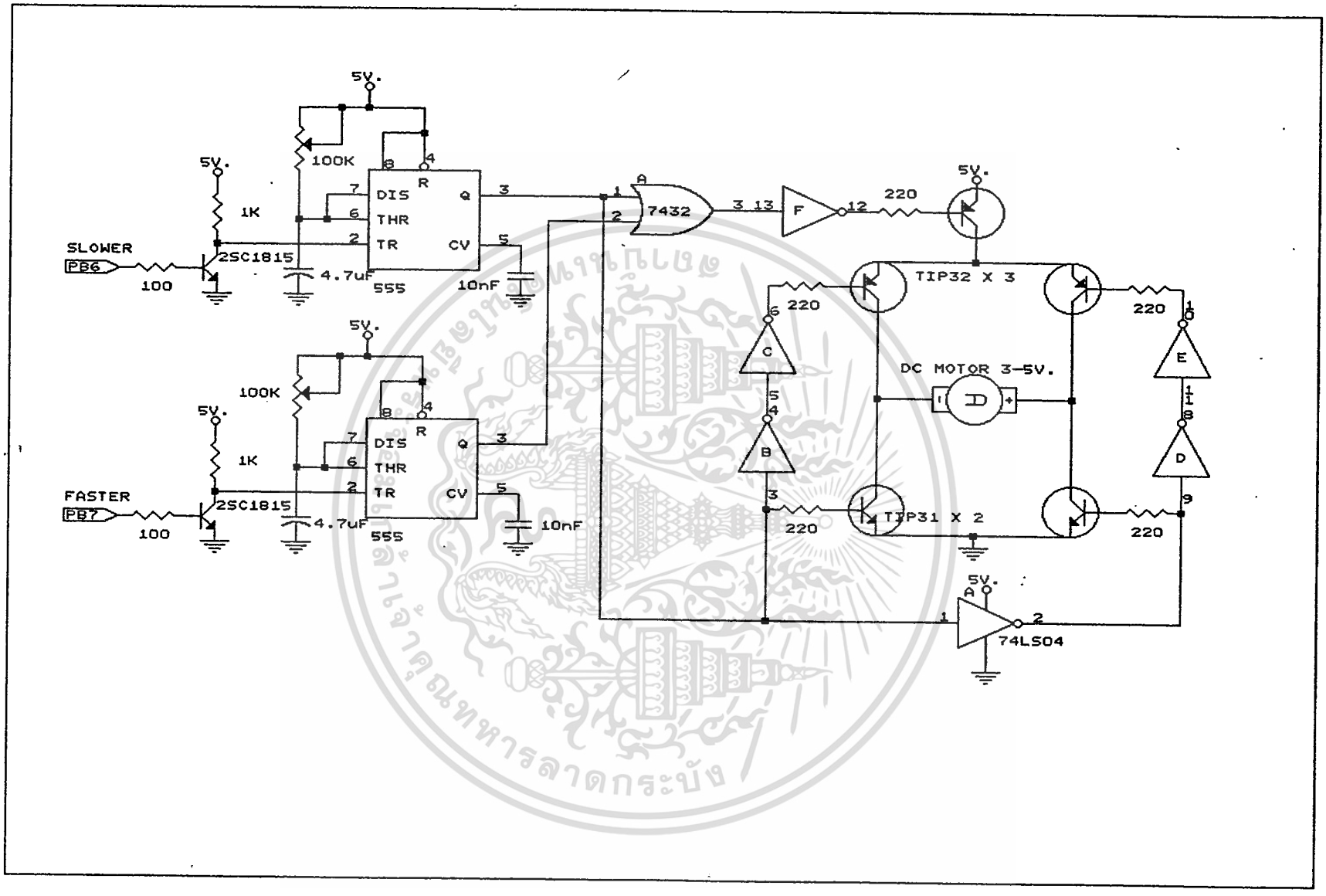
6.3 ปัญหาเนื่องจากการทำงาน

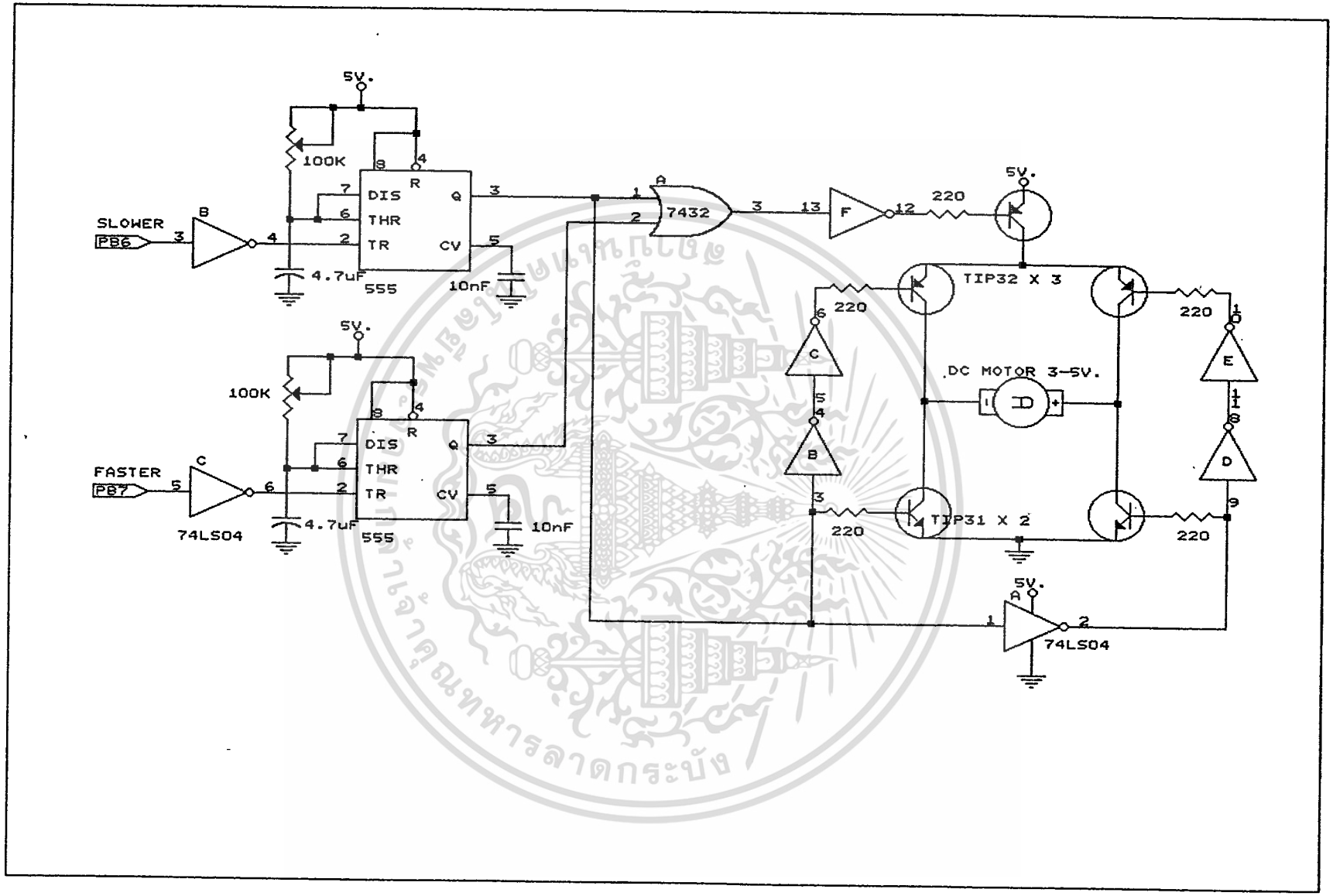
เนื่องจากในการทำงานได้ประสบปัญหาหลายประการ ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการแก้ไขตลอดเวลา จึงมีความเห็นว่าควรที่จะรวบรวม และกล่าวแนะนำไว้ ณ ที่นี้ เพื่อที่จะได้เป็นประโยชน์ในการศึกษาหรือนำเครื่องไปใช้งานในอนาคต

1.ควรที่จะมีการวางแผนเตรียมพร้อมไว้ก่อนว่า งานวิจัยของตนต้องใช้เครื่องมือเครื่องใช้อะไรบ้าง อะไรที่ต้องจัดสร้างหรือทำเอง โดยมีการเตรียมพร้อมทางด้านเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำวิจัยให้พร้อมเสียก่อน เช่น เตรียมจัดหาหรือจัดทำ Logic Probe , RAM Pack , เครื่องนับพัลส์ ฯลฯ เพื่อที่จะช่วยให้การพัฒนาวิจัยเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องมาเสียเวลาทำเครื่องไม้เครื่องมือก่อน ทั้งนี้เพราะภาควิชาอาจไม่สามารถสนับสนุนได้เต็มที่

2.ถ้าวงจรมีการผิดพลาด ให้ไล่วงจรจากจุดที่คิดว่าผิดพลาดไปยังจุดก่อนๆที่จะถึงจุดที่ผิดพลาด และไม่ควรหมกมุ่นอยู่กลับที่คิดว่าผิด เพียงจุดเดียว เพราะอาจมีจุดผิดพลาดอื่นๆที่คาดคิดไม่ถึง เช่น ขา Socket ไม่ดี บัดกรีไม่ติด สายไวร์แลปขาดใน กราวด์ไม่ดี แหล่งจ่ายไฟไม่ดี โดยเฉพาะในการออกแบบเครื่องมือที่ต้องเกี่ยวข้องกับความถี่สูงๆ ควรจะระวังปัญหาเรื่องกราวด์เอาไว้ให้มากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า


5V.
100K
1K
SLOWER
PB6
100
2SC1815
4.7uF
555
DIS
THR
TR
R
Q
CV
10nF
7432
F
220
TIP32 X 3
C
B
DC MOTOR 3-5V.
TIP31 X 2
E
D
74LS04
FASTER
PB7


5V.
100K
DIS
THR
TR
R
Q
CV
555
4.7uF
10nF
SLOWER
PB6
B
FASTER
PB7
C
74LS04
7432
A
F
220
TIP32 X 3
TIP31 X 2
DC MOTOR 3-5V.
D
E

3.การเขียนโปรแกรมต่างๆ ควรที่จะเขียนโฟว์ชาร์ตเอาไว้ให้เสร็จเสียก่อน แล้วลองจำลองปัญหาต่างๆที่อาจเกิดการโปรแกรมของเรา อันจะเป็นปัญหาที่อาจทำให้การทำงานของโปรแกรมเราผิดพลาดไปได้ จากนั้นจึงค่อยแยกเขียนโปรแกรมแต่ละส่วน และลองทดสอบในแต่ละส่วนก่อน และเมื่อรวมแต่ละส่วนของโปรแกรมแล้ว ก็ลองทดสอบรวมทั้งหมดอีกทีเพื่อกันความผิดพลาดที่อาจคาดคิดไม่ถึง เช่น การกำหนดแอดเดรสซ้ำซ้อน การกำหนดตัวแปรผิดพลาด การส่งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง ข้อแนะนำอีกประการหนึ่งในการเขียนโปรแกรมให้ง่ายและสามารถอ่านเข้าใจง่าย เราควรที่จะเขียนโปรแกรมให้เป็นลักษณะโครงสร้าง โปรแกรมหลักจริงๆไม่ควรยาวมากจนไม่สามารถอ่านเข้าใจได้ในทีเดียว โปรแกรมหลักแต่ละส่วน จะประกอบด้วยโปรแกรมย่อยที่ถูกเรียกมาใช้งานต่างๆเป็นชุดๆไป (subroutine) ซึ่งจากวิธีการอันนี้เอง จะทำให้ผู้วิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถเข้าใจต่อปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นบนตัวซอฟต์แวร์ได้ง่ายขึ้น และรวดเร็วยิ่งขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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

        INPUT  FILENAME :  PRJ.ASM
        OUTPUT FILENAME :  PRJ.OBJ


                ;MAIN PROGRAM
                ;GRAVITY IV MONITOR'S MAIN PROGRAM
                ;
0000                    ORG     0000H
0000  06 05             LD      B,5             ;DEBOUNCE SWITCH WHEN POWER ON
0002  10 FE       LP1:  DJNZ    LP1
0004  F3                DI
0005  ED 56              IM      1
0007  31 F0 67           LD      SP,67F0H        ;SET STACK POINTER
000A  3E 89              LD      A,89H           ;SET 8255 PA,PB = O/P PC  = I/P MODE 0
000C  D3 07              OUT     (07H),A
000E  3E 07              LD      A,07H           ;CLEAR BOTH D-FF
0010  D3 05              OUT     (05H),A
0012  3C                INC     A
0013  D3 05              OUT     (05H),A
0015  3E 00              LD      A,00H           ;INITIAL ALL BUFFER = 00
0017  32 16 60           LD      (TIMER1),A
001A  32 18 60           LD      (TIMER2),A
001D  32 1A 60           LD      (OUTBF),A
0020  32 1B 60           LD      (DROP),A
0023  C3 40 00           JP      START
                ;-------------------------------------
0038                    ORG     0038H
0038  C3 03 04           JP      INTP
                ;-------------------------------------
0040                    ORG     0040H
0040  21 13 05    START:  LD      HL,BLANK        ;SET DISPLAY BUFFER = BLANK
0043  CD 07 05           CALL    FILL
0046  21 00 60           LD      HL,6000H        ;START ADDRESS OF MEMORY
0049  11 00 08           LD      DE,800H         ;SIZE OF MEMORY
004C  CD E4 00           CALL    RAMTST
004F  3E 36              LD      A,36H           ;SET 8253 COUNTER 0,1 = MODE 3, DIV BY 200
0051  D3 0B              OUT     (0BH),A         ;COUNTER 0,MODE 3,BIN
0053  3E 76              LD      A,76H
0055  D3 0B              OUT     (0BH),A         ;COUNTER 1,MODE 3,BIN
0057  3E C8              LD      A,0C8H          ;LSB
0059  D3 08              OUT     (08H),A
005B  D3 09              OUT     (09H),A
005D  3E 00              LD      A,00H           ;MSB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
005F  D3 08              OUT     (08H),A
0061  D3 09              OUT     (09H),A
0063  21 1A 05    READY:  LD      HL,RDY          ;FILL 'READY' IN DSBF
0066  CD 07 05            CALL    FILL
0069  FB                EI
006A  CD FA 04            CALL    OK
006D  CD 8D 02            CALL    SETVOL          ;SET VOLUME SUBROUTINE
0070  CD FA 04            CALL    OK              ;PRESS 'OK' EXIT,PRESS 'STOP' JUMP TO READY
0073  CD 39 03            CALL    SETERR          ;SET ERROR SUBROUTINE
0076  CD FA 04            CALL    OK
0079  CD 0C 03            CALL    SETRATE         ;SET RATE SUBROUTINE
007C  CD B7 01            CALL    REPEAT          ;REPEAT COMMAND DATA AGAIN
007F  21 2F 05            LD      HL,SURE         ;FILL 'SURE' IN DSBF
0082  CD 07 05            CALL    FILL
0085  CD FA 04            CALL    OK
0088  CD AF 03            CALL    MATH            ;CALCULATE EVERY PARAMETERS
                                                  ;AND SAVE IN BUFFERS (RMIN,RMAX,TOTAL)
008B                RATEDSP:
008B  2A 14 60            LD      HL,(SET3)       ;XXX XXX
008E  EB                  EX      DE,HL           ;3-FIRST COLUMNS
008F  7B                  LD      A,E
0090  21 06 60            LD      HL,DSBF5
0093  CD 49 01            CALL    HEX7SG
0096  7A                  LD      A,D
0097  CD 49 01            CALL    HEX7SG
009A  2A 1F 60            LD      HL,(ACTUAL)     ;3-LAST COLUMNS
009D  EB                  EX      DE,HL
009E  7B                  LD      A,E
009F  21 02 60            LD      HL,DSBF
00A2  CD 49 01            CALL    HEX7SG
00A5  7A                  LD      A,D
00A6  CD 49 01            CALL    HEX7SG
00A9  21 05 60            LD      HL,DSBF4        ;DELETE '0' BEFORE NUMBER
00AC  CD 6F 01            CALL    ADJUST
00AF  ED 4B 1B 60         LD      BC,(DROP)       ;HAVE COMPLETE DROPPING ?
00B3  2A 1D 60            LD      HL,(TOTAL)      ;DROP = TOTAL ?
00B6  ED 42               SBC     HL,BC
00B8  CA 7C 01            JP      Z,LPEND
00BB  ED 4B 1F 60         LD      BC,(ACTUAL)     ;FASTER OR SLOWER DROPPING
00BF  2A 0B 60            LD      HL,(RMAX)
00C2  ED 42               SBC     HL,BC
00C4  DA 8D 01            JP      C,FASTER
00C7  2A 0D 60      LFAST:LD      HL,(RMIN)
00CA  ED 42               SBC     HL,BC
00CC  D2 95 01            JP      NC,SLOWER
00CF  CD 9D 01      LSLOW:CALL    NORMAL
00D2                STOPADJ:
00D2  DB 06               IN      A,(06H)
00D4  CB 5F               BIT     3,A     ;BIT 3 IS PRESS OR PRESS STOP
00D6  CA 82 04            JP      Z,ADJ   ;JUMP TO ADJUST SUBROUTINE
00D9  FE 0C               CP      0CH     ;PRESS '+' AND '-' WHEN WANT TO REPEAT COMMAND
00DB  C2 8B 00            JP      NZ,RATEDSP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
00DE  CD B7 01            CALL    REPEAT
00E1  C3 8B 00            JP      RATEDSP

                          ;
                          ;TEST RAM (READ/WRITE MEMORY AREA)
                          ;1.WRITE ALL AA HEX AND TEST
                          ;2.WRITE ALL 55 HEX AND TEST
                          ;3.SHIFT A SINGLE 1 THROUGH EACH BIT,WHILE CLEARING ALL OTHER BITS
                          ;IF MALFUNCTION,DISPLAY 'FAULT-1'
                          ;I/P = HL,START ADDRESS OF MEMORY WHERE WANT TO TEST
                          ;      DE,SIZE OF MEMORY
                          ;DESTROY : AF,BC,DE,HL
                          ;
00E4  42                  RAMTST: LD      B,D     ;BC=SIZE OF MEMORY
00E5  4B                          LD      C,E
                          ;FILL MEMORY WITH AA HEX AND TEST
00E6  3E AA                       LD      A,0AAH
00E8  CD 05 01                    CALL    FILCMP
00EB  D8                          RET     C       ;EXIT IF ERROR
                          ;FILL MEMORY WITH 55 HEX AND TEST
00EC  3E 55                       LD      A,55H
00EE  CD 06 01                    CALL    FILCMP
00F1  D8                          RET     C       ;EXIT IF ERROR
                          ;TEST BIT BY WRITE AND READ
00F2  3E 80               WLKLP:  LD      A,80H   ;SET BIT 7 = 1
00F4  77                  WLKLP1: LD      (HL),A  ;SAVE EXAMPLE VALUE FOR NEXT COMPARE
00F5  BE                          CP      (HL)    ;READ AND TEST IF IT IS CORRECT
00F6  20 21                       JR      NZ,CMPER;EXIT IF ERROR
00F8  0F                          RRCA
00F9  FE 80                       CP      80H
00FB  20 F7                       JR      NZ,WLKLP1;DO UNTIL '1' ROTATE RETURN IN SAME VALUE
00FD  36 00                       LD      (HL),0  ;CLEAR BYTE THAT HAS ALREADY TESTED
00FF  23                          INC     HL
0100  0B                          DEC     BC      ;DEC BC FOR TEST COUNTER
0101  78                          LD      A,B
0102  B1                         OR      C
0103  20 ED                      JR      NZ,WLKLP;DO UNTIL TEST ALL MEMORY
0105  C9                          RET
                          ;
                          ;SUBROUTINE : FILCMP
                          ;PURPOSE : WRITE AND TEST IF ERROR EXIT AND DISPLAY 'FAULT-1'
                          ;
0106  E5                  FILCMP: PUSH    HL      ;SAVE THE START ADDRESS OF MEMORY
0107  C5                        PUSH    BC      ;SAVE SIZE OF MEMORY
0108  ED B0                     LDIR            ;LOAD DATA TO MEMORY
                          ;COMPARE MEMORY WITH THE TEST VALUE
010A  C1                          POP     BC
010B  E1                          POP     HL
010C  E5                          PUSH    HL
010D  C5                          PUSH    BC      ;LOAD AND SAVE AGAIN
010E  ED A1               CMPLP:  CPI
0110  20 07                       JR      NZ,CMPER;EXIT IF ERROR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0112  EA 0E 01              JP      PE,CMPLP;REPEAT UNTIL TEST ALL MEMORY
                        ;IF NO ERROR EXIT WITH CLEAR CARRY FLAG
0115  C1                  POP     BC
0116  E1                  POP     HL
0117  B7                  OR      A       ;CLEAR CARRY FLAG
0118  C9                  RET
                        ;IF ERROR DISPLAY 'FAULT-1'
0119  3E B9              CMPER:  LD      A,89H   ;SET MODE OF 8255
011B  D3 07                     OUT     (07H),A
011D  3E 0F                     LD      A,0FH   ;CLEAR D-FF
011F  D3 05                     OUT     (05H),A
0121  97                CL1:    SUB     A
0122  21 42 01                 LD      HL,CTBL ;POINT TO THE START OF CHARACTER'S TABLE
0125  0E 04                     LD      C,04H   ;PORT A OF 8255
0127  ED A3              CL2:    OUTI            ;SEND DATA TO PORT A
0129  D3 05                     OUT     (05H),A ;SELECT COLUMN TO DISPLAY
012B  3C                        INC     A       ;INC. COLUMN TO DISPLAY
012C  CD 3A 01                  CALL    DLAY    ;WAIT 1 mS
012F  FE 07                     CP      7H
0131  20 F4                     JR      NZ,CL2  ;NEXT COLUMN
0133  3E 20                     LD      A,20H   ;SET BIT 5 = 1 FOR ALARM
0135  D3 05                     OUT     (05H),A
0137  C3 21 01                  JP      CL1     ;LOOP INFINITELY
                        ;
                        ;DELAY 1 mS
                        ;
013A  C5                DLAY:   PUSH    BC
013B  0E FF                     LD      C,0FFH
013D  0D                DLY1:   DEC     C
013E  20 FD                     JR      NZ,DLY1
0140  C1                        POP     BC
0141  C9                        RET
0142  30                CTBL:   DEFB    30H     ;1
0143  02                        DEFB    02H     ;-
0144  87                        DEFB    87H     ;T
0145  85                        DEFB    85H     ;L
0146  A1                        DEFB    0A1H    ;U
0147  3F                        DEFB    3FH     ;A
0148  0F                        DEFB    0FH     ;F

                        ;
                        ;SUBROUTINE : HEX7SG
                        ;INPUT:1 BYTE IN A REGISTER, HL POINTS TO THE RESULT BUFFER
                        ;OUTPUT: PATTERN FOR 2 DIGITS,LOW ORDER IN (HL),
                        ;HIGH ORDER IN (HL+1),HL BECOMES HL+2
                        ;DESTROY: AF,HL
                        ;
0149  F5                HEX7SG: PUSH    AF
014A  CD 5A 01                  CALL    HEX7
014D  77                        LD      (HL),A
014E  34                        INC     (HL)
014F  F1                        POP     AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0150  0F                RRCA
0151  0F                RRCA
0152  0F                RRCA
0153  0F                RRCA
0154  CD 5A 01          CALL    HEX7
0157  77                LD      (HL),A
0158  23                INC     HL
0159  C9                RET

015A  E5          HEX7:  PUSH    HL
015B  21 65 01           LD      HL,SEGTAB
015E  E6 0F              AND     0FH
0160  85                 ADD     A,L
0161  6F                 LD      L,A
0162  7E                 LD      A,(HL)
0163  E1                 POP     HL
0164  C9                 RET
0165  BD          SEGTAB DEFB    BDH     ;0
0166  30                 DEFB    30H     ;1
0167  9B                 DEFB    9BH     ;2
0168  BA                 DEFB    BAH     ;3
0169  36                 DEFB    36H     ;4
016A  AE                 DEFB    AEH     ;5
016B  AF                 DEFB    AFH     ;6
016C  38                 DEFB    38H     ;7
016D  BF                 DEFB    BFH     ;8
016E  BE                 DEFB    BEH     ;9

                  ;
                  ;SUBROUTINE : ADJUST
                  ;PURPOSE : REMOVE '0' AND INSTEAD OF 'BLANK' BEFORE NUMBER FROM 4 COL.
                  ;         TO 1 COL., FIRST COL. NOT REMOVE
                  ;
016F  06 03       ADJUST: LD      B,03H
0171  7E                  LD      A,(HL)
0172  FE BD       ADJLP:  CP      BDH
0174  20 05               JR      NZ,DEST
0176  36 00               LD      (HL),00H
0178  2B                 DEC     HL
0179  10 F7               DJNZ    ADJLP
017B  C9          DEST:   RET

                  ;
                  ;SMALL SUBROUTINES FOR MANY PURPOSES
                  ;
017C  21 36 05    LPEND:  LD      HL,ALREADY      ;LOAD 'ALREADY' TO DSBF AND ALARM
017F  CD 07 05            CALL    FILL
0182  3E 20               LD      A,20H
0184  32 1A 60            LD      (OUTBF),A
0187  CD FA 04    WAIT:   CALL    OK
018A  C3 87 01            JP      WAIT
                  ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
018D  3E A0          FASTER: LD      A,0A0H  ;ALARM AND LIGHT FASTER LED
018F  32 1A 60               LD      (OUTBF),A
0192  C3 C7 00               JP      LFAST
                     ;
0195  3E 60          SLOWER: LD      A,60H   ;ALARM AND LIGHT SLOWER LED
0197  32 1A 60               LD      (OUTBF),A
019A  C3 C7 00               JP      LFAST
                     ;
019D  3E 60          NORMAL: LD      A,60H   ;LIGHT NORMAL LED AND STOP ALARM
019F  32 1A 60               LD      (OUTBF),A
01A2  C9                     RET
                     ;
                     ;SUBROUTINE: DELAY
                     ;DELAY FOR A X 12 ms: APPROX. 1.6 sec.
                     ;
01A3  F5             DELAY:  PUSH    AF
01A4  C5                     PUSH    BC
01A5  3E 80                  LD      A,80H
01A7  0E FF          DL2:    LD      C,0FFH
01A9  0D             DL1:    DEC     C
01AA  E3                     EX      (SP),HL
01AB  E3                     EX      (SP),HL
01AC  E3                     EX      (SP),HL
01AD  E3                     EX      (SP),HL
01AE  E3                     EX      (SP),HL
01AF  20 F8                  JR      NZ,DL1
01B1  3D                     DEC     A
01B2  20 F3                  JR      NZ,DL2
01B4  C1                     POP     BC
01B5  F1                     POP     AF
01B6  C9                     RET
                     ;
                     ;SUBROUTINE : REPEAT
                     ;PURPOSE : SHOW DATA COMMANDS THAT HAVE FILL BEFORE START WORKING
                     ;
01B7  21 21 05       REPEAT: LD      HL,VOL  ;DISPLAY 'VOL.___'
01BA  CD 07 05               CALL    FILL
01BD  2A 11 60               LD      HL,(SET1)
01C0  EB                     EX      DE,HL
01C1  7B                     LD      A,E
01C2  21 02 60               LD      HL,DSBF
01C5  CD 49 01               CALL    HEX7SG
01C8  7A                     LD      A,D
01C9  CD 49 01               CALL    HEX7SG
01CC  21 05 60               LD      HL,DSBF4
01CF  CD 6F 01               CALL    ADJUST
01D2  CD A3 01               CALL    DELAY
01D5  2A 66 05               LD      HL,(ERR)        ;DISPLAY 'ERR.____'
01D8  3A 0F 60               LD      A,(INDEX)       ;INDEX THAT TELL WHERE TO GET
01DB  47                     LD      B,A
01DC  7D                     LD      A,L
01DD  C6 10          RLP1:   ADD     A,10H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
01DF  10 FC              DJNZ   RLP1
01E1  6F                 LD     L,A
01E2  CD 07 05           CALL   FILL
01E5  CD A3 01           CALL   DELAY

01E8  21 28 05           LD     HL,RATE ;DISPLAY 'RATE___'
01EB  CD 07 05           CALL   FILL
01EE  2A 14 60           LD     HL,(SET3)
01F1  EB                 EX     DE,HL
01F2  7B                 LD     A,E
01F3  21 02 60           LD     HL,DSBF
01F6  CD 49 01           CALL   HEX7SG
01F9  7A                 LD     A,D
01FA  CD 49 01           CALL   HEX7SG
01FD  21 05 60           LD     HL,DSBF4
0200  CD 6F 01           CALL   ADJUST
0203  CD A3 01           CALL   DELAY

0206  21 3D 05           LD     HL,USE  ;DISPLAY 'USE.___'
0209  CD 07 05           CALL   FILL
020C  2A 1B 60           LD     HL,(DROP)
020F  EB                 EX     DE,HL
0210  7B                 LD     A,E
0211  21 02 60           LD     HL,DSBF
0214  CD 49 01           CALL   HEX7SG
0217  7A                 LD     A,D
0218  CD 49 01           CALL   HEX7SG
021B  21 05 60           LD     HL,DSBF4
021E  CD 6F 01           CALL   ADJUST
0221  CD A3 01           CALL   DELAY
0224  21 44 05           LD     HL,RES  ;DISPLAY 'RES.___' MEAN THE REST OF DOSE
0227  CD 07 05           CALL   FILL
022A  2A 11 60           LD     HL,(SET1)
022D  ED 4B 1B 60        LD     BC,(DROP)
0231  ED 42              SBC    HL,BC
0233  27                 DAA
0234  EB                 EX     DE,HL
0235  7B                 LD     A,E
0236  21 02 60           LD     HL,DSBF
0239  CD 49 01           CALL   HEX7SG
023C  7A                 LD     A,D
023D  CD 49 01           CALL   HEX7SG
0240  21 05 60           LD     HL,DSBF4
0243  CD 6F 01           CALL   ADJUST
0246  CD A3 01           CALL   DELAY

0249  2A 4B 05           LD     HL,(HR) ;DISPLSY 'HR.___' MEAN THE TIME TO COMPLETE DROPPING
024C  CD 07 05           CALL   FILL
024F  EB                 EX     DE,HL
0250  ED 5B 14 60        LD     DE,(SET3)
0254  AF                 XOR    A
0255  0E 00              LD     C,0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0257  ED 52          RLP2:  SBC     HL,DE
0259  27                    DAA
025A  F5                    PUSH    AF
025B  3A 21 60              LD      A,(TEMP)
025E  C6 01                 ADD     A,1H
0260  27                    DAA
0261  FE 60                CP      60H
0263  28 08                JR      Z,RLP3
0265  F1                    POP     AF
0266  30 EF          RLP4:  JR      NC,RLP2
0268  D6 01                 SUB     1H
026A  C3 73 02              JP      RLP5
026D  3E 00          RLP3:  LD      A,0H
026F  0C                    INC     C
0270  C3 66 02              JP      RLP4
0273  21 02 60       RLP5:  LD      HL,DSBF
0276  CD 49 01              CALL    HEX7SG
0279  79                    LD      A,C
027A  CD 49 01              CALL    HEX7SG
027D  21 05 60              LD      HL,DSBF4
0280  CD 6F 01              CALL    ADJUST
0283  3E 40                 LD      A,40H   ;FILL DOT FOR HOUR-NUMBER
0285  21 04 60              LD      HL,DSBF3
0288  B6                    OR      (HL)
0289  CD A3 01              CALL    DELAY
028C  C9                    RET
                      ;
                      ;SUBROUTINE : SETVOL
                      ;FOR SET VOLUME
                      ;SMALL SUBROUTINE : MIX, KEYLOOP, INCR, DECR
                      ;
028D  21 21 05        SETVOL: LD     HL,VOL  ;SET VOLUME
0290  CD 07 05              CALL    FILL
0293  11 21 60              LD      DE,TEMP ;*** TEMP BUFFERS WILL HAVE 4 BYTES ***
0296  21 02 60              LD      HL,DSBF
0299  1B                    DEC     DE
029A  2B                    DEC     HL
029B  0E 00                 LD      C,0H
029D  06 04                 LD      B,4H    ;4 COLUMNS
029F  CD C3 02              CALL    KEYLOOP
02A2  21 05 60              LD      HL,DSBF4
02A5  CD 6F 01              CALL    ADJUST
02A8  21 21 60              LD      HL,TEMP
02AB  CD BA 02              CALL    MIX
02AE  32 11 60              LD      (SET1),A
02B1  23                    INC     HL
02B2  23                    INC     HL
02B3  CD BA 02              CALL    MIX
02B6  32 12 60              LD      (SET12),A
02B9  C9                    RET
                      ;
02BA  23              MIX:  INC     HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
02BB  7E              LD      A,(HL)
02BC  0F              RRCA
02BD  0F              RRCA
02BE  0F              RRCA
02BF  0F              RRCA
02C0  2B              DEC     HL
02C1  B6              OR      (HL)
02C2  C9              RET
                    ;
02C3                KEYLOOP:
02C3  23              INC     HL
02C4  13              INC     DE
02C5  DB 06         KEY1:   IN      A,(06H)
02C7  CB 47           BIT     0,A     ;PRESS '+'
02C9  CA DA 02        JP      Z,INCR
02CC  CB 4F           BIT     1,A     ;PRESS '-'
02CE  CA F3 02        JP      Z,DECR
02D1  CB 57           BIT     2,A     ;PRESS 'OK'
02D3  20 F0           JR      NZ,KEY1
02D5  79              LD      A,C
02D6  12              LD      (DE),A
02D7  10 EA           DJNZ    KEYLOOP
02D9  C9              RET
                    ;
02DA  08            INCR:   EX      AF,AF'
02DB  0C              INC     C
02DC  79              LD      A,C
02DD  FE 0A           CP      0AH
02DF  28 08           JR      Z,INCR1
02E1  CD 5A 01        CALL    HEX7
02E4  77              LD      (HL),A
02E5  08              EX      AF,AF'
02E6  C3 C5 02        JP      KEY1
02E9  0E 00         INCR1:  LD      C,0H
02EB  CD 5A 01        CALL    HEX7
02EE  77              LD      (HL),A
02EF  08              EX      AF,AF'
02F0  C3 C5 02        JP      KEY1
                    ;
02F3  08            DECR:   EX      AF,AF'
02F4  0D              DEC     C
02F5  79              LD      A,C
02F6  FE 00           CP      00H
02F8  28 08           JR      Z,DECR1
02FA  CD 5A 01        CALL    HEX7
02FD  77              LD      (HL),A
02FE  08              EX      AF,AF'
02FF  C3 C5 02        JP      KEY1
0302  0E 0A         DECR1:  LD      C,0AH
0304  CD 5A 01        CALL    HEX7
0307  77              LD      (HL),A
0308  08              EX      AF,AF'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0309  C3 C5 02          JP    KEY1
                    ;
                    ;SUBROUTINE : SETRATE
                    ;FOR SET DROPPING RATE THAT WANT TO BE CONTROLLED
                    ;
030C  21 28 05      SETRATE:LD    HL,RATE ;SET DROPPING RATE
030F  CD 07 05          CALL    FILL
0312  11 21 60          LD      DE,TEMP ;*** TEMP BUFFERS WILL HAVE 4 BYTES ***
0315  21 02 60          LD      HL,D3BF
0318  1B                DEC     DE
0319  2B                DEC     HL
031A  0E 00              LD      C,0H
031C  06 03              LD      B,3H    ;4 COLUMNS
031E  CD C3 02           CALL    KEYLOOP
0321  21 05 60           LD      HL,D3BF4
0324  CD 6F 01           CALL    ADJUST
0327  21 21 60           LD      HL,TEMP
032A  CD BA 02           CALL    MIX
032D  32 14 60           LD      (SET3),A
0330  23                INC     HL
0331  23                INC     HL
0332  CD BA 02           CALL    MIX
0335  32 15 60           LD      (SET32),A
0338  C9                RET
                    ;
                    ;SUBROUTINE : SETERR
                    ;FOR SET ERROR RATE OF TOLORANCE OR THE RATE THAT CAN BE ACCEPTED
                    ;SMALL SUBROUTINE : INCR2, DECR2
                    ;
0339  21 5F 05      SETERR: LD    HL,ERRB
033C  CD 07 05          CALL    FILL
033F  21 66 05          LD      HL,ERR
0342  11 00 00          LD      DE,00H
0345  06 07              LD      B,7H
0347  DB 06         KEYLP2: IN    A,(06H)
0349  CB 47              BIT     0,A     ;PRESS '+'
034B  CA 65 03           JP      Z,INCR2
034E  CB 4F              BIT     1,A     ;PRESS '-'
0350  CA 88 03           JP      Z,DECR2
0353  CB 57              BIT     2,A     ;PRESS 'OK'
0355  20 F0              JR      NZ,KEYLP2
0357  7B                LD      A,E
0358  32 0F 60          LD      (INDEX),A       ;SAVE INDEX PARAMETER FOR NEXT USE
035B  21 59 05          LD      HL,VALUE        ;LOAD DATA FROM 'VALUE' TO 'SET2'
035E  19                ADD     HL,DE
035F  7E                LD      A,(HL)
0360  21 13 60          LD      HL,SET2
0363  77                LD      (HL),A
0364  C9                RET
                    ;
0365  08            INCR2:  EX      AF,AF'
0366  1C                INC     E
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0367  7B                    LD      A,E
0368  FE 06                 CP      06
036A  28 10                 JR      Z,INC2
036C  47                    LD      B,A
036D  C6 10           INC3: ADD     A,10H
036F  10 FC                 DJNZ    INC3
0371  4F                    LD      C,A
0372  06 00                 LD      B,0H
0374  09                    ADD     HL,BC
0375  CD 07 05              CALL    FILL
0378  08                    EX      AF,AF'
0379  C3 47 03              JP      KEYLP2
037C  1E 00           INC2: LD      E,00H
037E  21 66 05              LD      HL,ERR
0381  CD 07 05              CALL    FILL
0384  08                    EX      AF,AF'
0385  C3 47 03              JP      KEYLP2
                      ;
0388  08              DECR2: EX     AF,AF'
0389  1D                    DEC     E
038A  7B                    LD      A,E
038B  FE 00                 CP      00H
038D  28 10                 JR      Z,DEC2
038F  47                    LD      B,A
0390  C6 10           DEC3:  ADD    A,10H
0392  10 FC                 DJNZ    DEC3
0394  4F                    LD      C,A
0395  06 00                 LD      B,0H
0397  09                    ADD     HL,BC
0398  CD 07 05              CALL    FILL
039B  08                    EX      AF,AF'
039C  C3 47 03              JP      KEYLP2
039F  1E 06           DEC2:  LD     E,06H
03A1  21 66 05              LD      HL,ERR
03A4  01 50 00              LD      BC,50H
03A7  09                    ADD     HL,BC
03A8  CD 07 05              CALL    FILL
03AB  08                    EX      AF,AF'
03AC  C3 47 03              JP      KEYLP2
                      ;
                      ;SUBROUTINE : MATH
                      ;FOR CALCULATE THE VALUE OF RMIN (RATE OF MINIMUM) ,RMAX (RATE OF MAX.)
                      ;AND THE 'TOTAL'OF DROP
                      ;
03AF  06 32           MATH:  LD     B,32H   ;MULTIPLIED BY 50 FOR FINDING THT TOTAL DROPPING
03B1  2A 11 60              LD      HL,(SET1)
03B4  29              MA1:   ADD    HL,HL
03B5  10 FD                 DJNZ    MA1
03B7  22 1D 60              LD      (TOTAL),HL      ;AT 9999 DROPS = C350H (NOT BCD)

03BA  21 13 60              LD      HL,SET2         ;SET2 = ERROR RATE
03BD  7E                    LD      A,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
03BE  47                LD      B,A
03BF  FE 10             CP      10H
03C1  DA D8 03          JP      C,MA3
03C4  2A 14 60          LD      HL,(SET3)       ;SET3 = DROPPING RATE
03C7  29          MA2: ADD     HL,HL
03C8  27                DAA
03C9  10 FC             DJNZ    MA2
03CB  CD E9 03          CALL    SHIFT
03CE  22 0B 60          LD      (RMAX),HL
03D1  2A 14 60          LD      HL,(SET3)
03D4  22 0D 60          LD      (RMIN),HL
03D7  C9                RET
03D8  29           MA3: ADD     HL,HL
03D9  27                DAA
03DA  10 FC             DJNZ    MA3
03DC  CD E9 03          CALL    SHIFT
03DF  22 0D 60          LD      (RMIN),HL
03E2  2A 14 60          LD      HL,(SET3)
03E5  22 0B 60          LD      (RMAX),HL
03E8  C9                RET
                   ;
03E9  7D           SHIFT: LD    A,L
03EA  E6 F0             AND     0F0H
03EC  0F                RRCA
03ED  0F                RRCA
03EE  0F                RRCA
03EF  0F                RRCA
03F0  6F                LD      L,A
03F1  7C                LD      A,H
03F2  E6 0F             AND     0FH
03F4  0F                RRCA
03F5  0F                RRCA
03F6  0F                RRCA
03F7  0F                RRCA
03F8  B5                OR      L
03F9  6F                LD      L,A
03FA  7C                LD      A,H
03FB  0F                RRCA
03FC  0F                RRCA
03FD  0F                RRCA
03FE  0F                RRCA
03FF  E6 0F             AND     0FH
0401  67                LD      H,A
0402  C9                RET
                   ;
                   ;INTERRUPT SUBROUTINE
                   ;FOR DISPLAY, OUT DATA IN 'OUTBF' TO PORT-B OF 8255,
                   ;UPDATE ACTUAL RATE EVERY 20 ms. AND UPDATE QUANTITY OF DROP
                   ;
0403  F5           INTP:  PUSH  AF
0404  C5                  PUSH  BC
0405  D5                  PUSH  DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0406  E5                    PUSH   HL
0407  08                    EX     AF,AF'
0408  D9                    EXX
0409  DB 06                 IN     A,(06H)
040B  CB 7F                 BIT    7,A
040D  CA 23 04       INTP1: JP     Z,TIMER
0410  CB 77                 BIT    6,A
0412  CA 3C 04              JP     Z,INFRED
0415  CB 7F                 BIT    7,A
0417  CA 0D 04              JP     Z,INTP1
041A  D9                    EXX
041B  08                    EX     AF,AF'
041C  E1                    POP    HL
041D  D1                    POP    DE
041E  C1                    POP    BC
041F  F1                    POP    AF
0420  FB                    EI
0421  ED 4D                 RETI
                     ;
0423  3E 07          TIMER: LD     A,7H    ;CLEAR D-FF 50Hz
0425  D3 05                 OUT    (05H),A
0427  21 11 60              LD     HL,SET1 ;IF SET1 = 0 EXIT TO DISPLAY
042A  01 00 00              LD     BC,0H
042D  ED 4A                 ADC    HL,BC
042F  21 16 60              LD     HL,TIMER1       ;TIMER1 IS HEX NOT BCD
0432  34                    INC    (HL)            ;COUNT TIME NO MORE THAN 21 min. (FFFFH)
0433  CD 6F 04       DISPLAY:CALL   SCAN
0436  3A 1A 60              LD     A,(OUTBF)
0439  D3 05                 OUT    (05H),A
043B  C9                    RET
                     ;
043C  3E 06          INFRED: LD     A,6H
043E  D3 05                 OUT    (05H),A
0440  21 11 60              LD     HL,SET1
0443  01 00 00              LD     BC,0H
0446  ED 4A                 ADC    HL,BC
0448  CA 6E 04              JP     Z,INF2
0448  21 1B 60              LD     HL,DROP
044E  34                    INC    (HL)
044F  2A 18 60              LD     HL,(TIMER2)
0452  EB                    EX     DE,HL
0453  2A 16 60              LD     HL,(TIMER1)
0456  ED 52                 SBC    HL,DE           ;TIME DIFFERENCE FROM FIRST AND SECOND DROP
0458  EB                    EX     DE,HL
0459  21 B8 0B              LD     HL,0BB8H        ;GIVE HL = 3000 (DEC)
045C  DD 21 00 00           LD     IX,0000H
0460  01 01 00              LD     BC,0001H
0463  ED 52          INF1:   SBC    HL,DE
0465  DD 09                 ADD    IX,BC
0467  27                    DAA
0468  30 F9                 JR     NC,INF1
046A  DD 22 1F 60           LD     (ACTUAL),IX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
046E   C9              INF2:   RET
                       ;
046F   21 02 60        SCAN:   LD      HL,DSBF
0472   0E 04                   LD      C,04H
0474   AF                      XOR     A
0475   ED A3           SC1:    OUTI
0477   D3 05                   OUT     (05H),A
0479   3C                      INC     A
047A   CD 3A 01                CALL    DLAY
047D   FE 07                   CP      7H
047F   20 F4                   JR      NZ,SC1
0481   C9                      RET
                       ;
                       ;SUBROUTINE : ADJ
                       ;FOR ADJUST DATA COMMAND
                       ;
0482   21 21 05        ADJ:    LD      HL,VOL
0485   CD 07 05                CALL    FILL
0488   2A 11 60                LD      HL,(SET1)
048B   EB                      EX      DE,HL
048C   7B                      LD      A,E
048D   21 02 60                LD      HL,DSBF
0490   CD 49 01                CALL    HEX7SG
0493   7A                      LD      A,D
0494   CD 49 01                CALL    HEX7SG
0497   21 05 60                LD      HL,DSBF4
049A   CD 6F 01                CALL    ADJUST
049D   DB 06           ADJ1:   IN      A,(06H)
049F   CB 3F                   BIT     3,A     ;PRESS 'STOP'
04A1   CA 8D 02                JP      Z,SETVOL
04A4   CB 57                   BIT     2,A     ;PRESS 'OK'
04A6   C2 9D 04                JP      NZ,ADJ1
04A9
04A9   21 5F 05                LD      HL,ERRB
04AC   CD 07 05                CALL    FILL
04AF   01 00 00                LD      BC,0000H
04B2   0E FF                   LD      C,0FFH
04B4   3A 13 60                LD      A,(SET2)
04B7   0C              ADJ2:   INC     C
04B8   21 59 05                LD      HL,VALUE
04BB   BE                      CP      (HL)
04BC   CA B7 04                JP      Z,ADJ2
04BF   21 66 05                LD      HL,ERR
04C2   09                      ADD     HL,BC
04C3   CD 07 05                CALL    FILL
04C6   DB 06           ADJ3:   IN      A,(06H)
04C8   CB 5F                   BIT     3,A
04CA   CA 39 03                JP      Z,SETERR
04CD   CB 57                   BIT     2,A
04CF   C2 C6 04                JP      NZ,ADJ3

04D2   21 28 05                LD      HL,RATE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
04D5  CD 07 05            CALL   FILL
04D8  2A 14 60            LD     HL,(SET3)
04DB  EB                  EX     DE,HL
04DC  7B                  LD     A,E
04DD  21 02 60            LD     HL,DSBF
04E0  CD 49 01            CALL   HEX7SG
04E3  7A                  LD     A,D
04E4  CD 49 01            CALL   HEX7SG
04E7  21 05 60            LD     HL,DSBF4
04EA  CD 6F 01            CALL   ADJUST
04ED  DB 06         ADJ4: IN     A,(06H)
04EF  CB 5F               BIT    3,A
04F1  CA 0C 03            JP     Z,SETRATE
04F4  CB 57               BIT    2,A
04F6  C2 ED 04            JP     NZ,ADJ4
04F9  C9                  RET
                    ;
                    ;SUBROUTINE : OK
                    ;CHECK IF PRESS 'OK' OR 'STOP' BUTTON
                    ;PRESS 'OK' EXIT
                    ;PRESS 'STOP' GOTO READY LABEL
                    ;
04FA  DB 06         OK:   IN     A,(06H) ;PORT C-8255
04FC  CB 5F               BIT    3,A
04FE  CA 63 00            JP     Z,READY ;PRESS 'STOP' GOTO 'READY'
0501  CB 57               BIT    2,A
0503  C2 FA 04            JP     NZ,OK   ;PRESS 'OK' EXIT
0506  C9                  RET
                    ;
                    ;SUBROUTINE : FILL
                    ;FILL CHARACTERS INTO 7 DISPLAY BUFFERS
                    ;HL = START ADDRESS OF CHARACTERS WHERE STORE CHAR.
                    ;
0507  06 07         FILL: LD     B,07H   ;7 CHAR.
0509  11 02 60            LD     DE,DSBF ;DISPLAY BUFFERS
050C  7E            FLP1: LD     A,(HL)
050D  12                  LD     (DE),A
050E  13                  INC    DE
050F  23                  INC    HL
0510  10 FA               DJNZ   FLP1
0512  C9                  RET

0513  00            BLANK DEFB   00H     ;BL.
0514  00                  DEFB   00H     ;BL.
0515  00                  DEFB   00H     ;BL.
0516  00                  DEFB   00H     ;BL.
0517  00                  DEFB   00H     ;BL.
0518  00                  DEFB   00H     ;BL.
0519  00                  DEFB   00H     ;BL.

051A  00            RDY   DEFB   00H     ;BL.
051B  B6                  DEFB   B6H     ;Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
051C  B3                DEFB    B3H     ;D
051D  3F                DEFB    3FH     ;A
051E  8F                DEFB    8FH     ;E
051F  03                DEFB    03H     ;R
0520  00                DEFB    00H     ;BL.

0521  80          VOL   DEFB    80H     ;_
0522  80                DEFB    80H     ;_
0523  80                DEFB    80H     ;_
0524  80                DEFB    80H     ;_
0525  C5                DEFB    0C5H    ;L.
0526  A3                DEFB    A3H     ;O
0527  B5                DEFB    B5H     ;V

0528  80          RATE  DEFB    80H     ;_
0529  80                DEFB    80H     ;_
052A  80                DEFB    80H     ;_
052B  8F                DEFB    8FH     ;E
052C  87                DEFB    87H     ;T
052D  3F                DEFB    3FH     ;A
052E  03                DEFB    03H     ;R

052F  00          SURE  DEFB    00H     ;BL.
0530  8F                DEFB    8FH     ;E
0531  03                DEFB    03H     ;R
0532  A1                DEFB    A1H     ;U
0533  AE                DEFB    AEH     ;S
0534  00                DEFB    00H     ;BL.
0535  00                DEFB    00H     ;BL.

0536  B6          ALREADY DEFB  B6H     ;Y
0537  B3                DEFB    B3H     ;D
0538  3F                DEFB    3FH     ;A
0539  8F                DEFB    8FH     ;E
053A  03                DEFB    03H     ;R
053B  85                DEFB    85H     ;L
053C  3F                DEFB    3FH     ;A

053D  80          USE   DEFB    80H     ;_
053E  80                DEFB    80H     ;_
053F  80                DEFB    80H     ;_
0540  80                DEFB    80H     ;_
0541  CF                DEFB    0CFH    ;E.
0542  AE                DEFB    AEH     ;S
0543  A1                DEFB    A1H     ;U

0544  80          RES   DEFB    80H     ;_
0545  80                DEFB    80H     ;_
0546  80                DEFB    80H     ;_
0547  80                DEFB    80H     ;_
0548  CF                DEFB    0CFH    ;E.
0549  AE                DEFB    AEH     ;S
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
054A  03                DEFB    03H     ;R

054B  80          HR    DEFB    80H     ;_
054C  80                DEFB    80H     ;_
054D  80                DEFB    80H     ;_
054E  00                DEFB    00H     ;BL.
054F  00                DEFB    00H     ;BL.
0550  43                DEFB    43H     ;R
0551  3F                DEFB    3FH     ;H

0552  00          FAULT DEFB    00H     ;BL.
0553  87                DEFB    87H     ;T
0554  85                DEFB    85H     ;L
0555  A1                DEFB    0A1H    ;U
0556  3F                DEFB    3FH     ;A
0557  0F                DEFB    0FH     ;F
0558  00                DEFB    00H     ;BL.

0559  14          VALUE DEFB    14H     ;TABLE OF VALUE FOR SET ERROR RATE
055A  12                DEFB    12H     ;
055B  11                DEFB    11H     ;
055C  09                DEFB    09H     ;
055D  08                DEFB    08H     ;
055E  06                DEFB    06H     ;

055F  80          ERRB  DEFB    80H     ;_
0560  80                DEFB    80H     ;_
0561  80                DEFB    80H     ;_
0562  80                DEFB    80H     ;_
0563  C5                DEFB    C5H     ;R.
0564  A3                DEFB    A3H     ;R
0565  8F                DEFB    8FH     ;E

0566  BD          ERR   DEFB    BDH     ;0
0567  36                DEFB    36H     ;4
0568  00                DEFB    00H     ;BL.
0569  00                DEFB    00H     ;BL.
056A  C5                DEFB    C5H     ;R.
056B  A3                DEFB    A3H     ;E
056C  8F                DEFB    8FH     ;E

056D  BD                DEFB    BDH     ;0
056E  9B                DEFB    9BH     ;2
056F  00                DEFB    00H     ;BL.
0570  00                DEFB    00H     ;BL.
0571  C5                DEFB    C5H     ;R.
0572  A3                DEFB    A3H     ;E
0573  8F                DEFB    8FH     ;E

0574  BD                DEFB    BDH     ;0
0575  30                DEFB    30H     ;1
0576  00                DEFB    00H     ;BL.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
0577  00                    DEFB    00H     ;BL.
0578  C5                    DEFB    C5H     ;R.
0579  A3                    DEFB    A3H     ;E
057A  8F                    DEFB    8FH     ;E

057B  BD                    DEFB    BDH     ;0
057C  30                    DEFB    30H     ;1
057D  02                    DEFB    02H     ;-
057E  00                    DEFB    00H     ;BL.
057F  C5                    DEFB    C5H     ;R.
0580  A3                    DEFB    A3H     ;E
0581  8F                    DEFB    8FH     ;E

0582  BD                    DEFB    BDH     ;0
0583  9B                    DEFB    9BH     ;2
0584  02                    DEFB    02H     ;-
0585  00                    DEFB    00H     ;BL.
0586  C5                    DEFB    C5H     ;R.
0587  A3                    DEFB    A3H     ;E
0588  8F                    DEFB    8FH     ;E

0589  BD                    DEFB    BDH     ;0
058A  36                    DEFB    36H     ;4
058B  02                    DEFB    02H     ;-
058C  00                    DEFB    00H     ;BL.
058D  C5                    DEFB    C5H     ;R.
058E  A3                    DEFB    A3H     ;E
058F  8F                    DEFB    8FH     ;E

                    ;
                    ;SYSTEM RAM AREA
                    ;
6000                        ORG     6000H
6000                NO1     DEFS    2
6002                DSBF    DEFS    1
6003                DSBF2   DEFS    1
6004                DSBF3   DEFS    1
6005                DSBF4   DEFS    1
6006                DSBF5   DEFS    1
6007                DSBF6   DEFS    1
6008                DSBF7   DEFS    1
6009                NO2     DEFS    2
600B                RMAX    DEFS    2
600D                RMIN    DEFS    2
600F                INDEX   DEFS    2
6011                SET1    DEFS    1
6012                SET12   DEFS    1
6013                SET2    DEFS    1
6014                SET3    DEFS    1
6015                SET32   DEFS    1
6016                TIMER1  DEFS    2
6018                TIMER2  DEFS    2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
601A                    OUTBF   DEFS    1
601B                    DROP    DEFS    2
601D                    TOTAL   DEFS    2
601F                    ACTUAL  DEFS    2
6021                    TEMP    DEFS    4
6025                            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PAGE 21

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

ACTUAL	601F	ADJ	04B2	ADJ1	049D	ADJ2	04B7
ADJ3	04C6	ADJ4	04ED	ADJLP	0172	ADJUST	016F
ALREADY	0536	BLANK	0513	CL1	0121	CL2	0127
CMPER	0119	CMPLP	010E	CTBL	0142	DEC2	039F
DEC3	0390	DECR	02F3	DECR1	0302	DECR2	0388
DELAY	01A3	DEST	017B	DISPLAY	0433	DL1	01A9
DL2	01A7	DLAY	013A	DLY1	013D	DROP	601B
DSBF	6002	DSBF2	6003	DSBF3	6004	DSBF4	6005
DSBF5	6006	DSBF6	6007	DSBF7	6008	ERR	0566
ERRB	055F	FASTER	018D	FAULT	0552	FILCMP	0106
FILL	0507	FLP1	050C	HEX7	015A	HEX7SG	0149
HR	054B	INC2	037C	INC3	036D	INCR	02DA
INCR1	02E9	INCR2	0365	INDEX	600F	INF1	0463
INF2	046E	INFRED	043C	INTP	0403	INTP1	040D
KEY1	02C5	KEYLOOP	02C3	KEYLP2	0347	LFAST	00C7
LP1	0002	LPEND	017C	LSLOW	00CF	MA1	03B4
MA2	03C7	MA3	03DB	MATH	03AF	MIX	02BA
NO1	6000	NO2	6009	NORMAL	019D	OK	04FA
OUTBF	601A	RAMTST	00E4	RATE	0528	RATEDSP	008B
RDY	051A	READY	0063	REPEAT	01B7	RES	0544
RLP1	01DD	RLP2	0257	RLP3	026D	RLP4	0266
RLP5	0273	RMAX	600B	RMIN	600D	SC1	0475
SCAN	046F	SEGTAB	0165	SET1	6011	SET12	6012
SET2	6013	SET3	6014	SET32	6015	SETERR	0339
SETRATE	030C	SETVOL	028D	SHIFT	03E9	SLOWER	0195
START	0040	STOPADJ	00D2	SURE	052F	TEMP	6021
TIMER	0423	TIMER1	6016	TIMER2	6018	TOTAL	601D
USE	053D	VALUE	0559	VOL	0521	WAIT	0187
WLKLP	00F2	WLKLP1	00F4				

0000 ASSEMBLY ERRORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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.

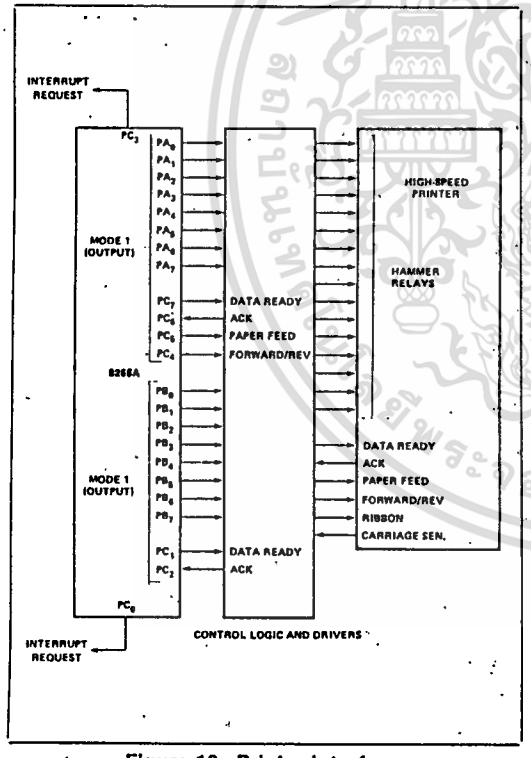


Figure 19. Printer Interface

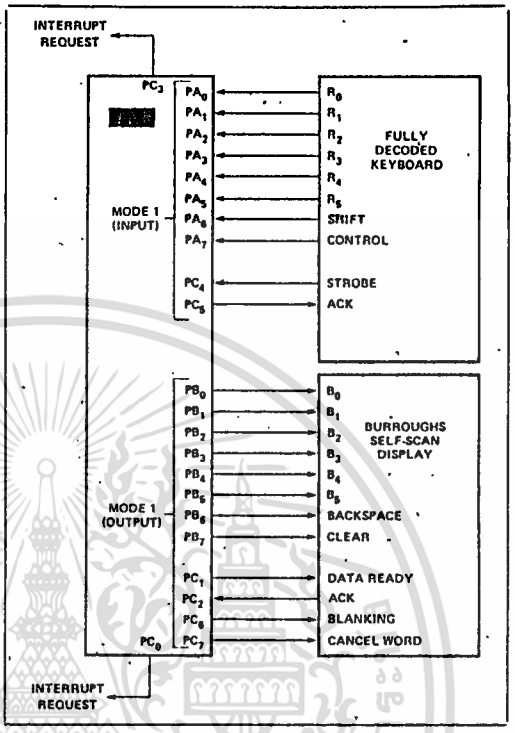


Figure 20. Keyboard and Display Interface

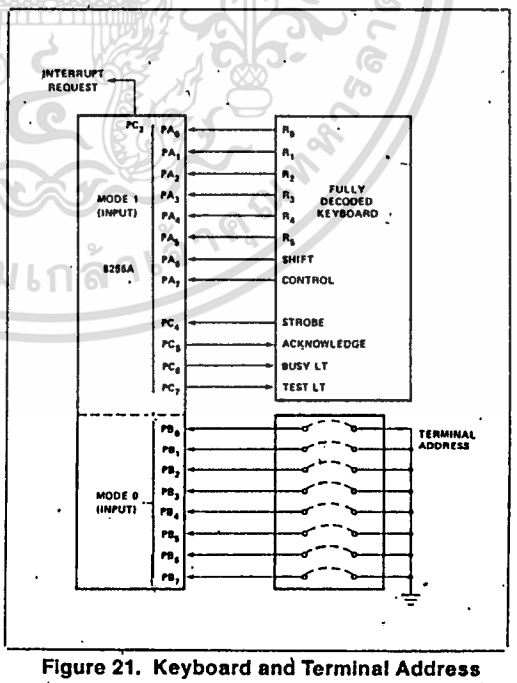


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

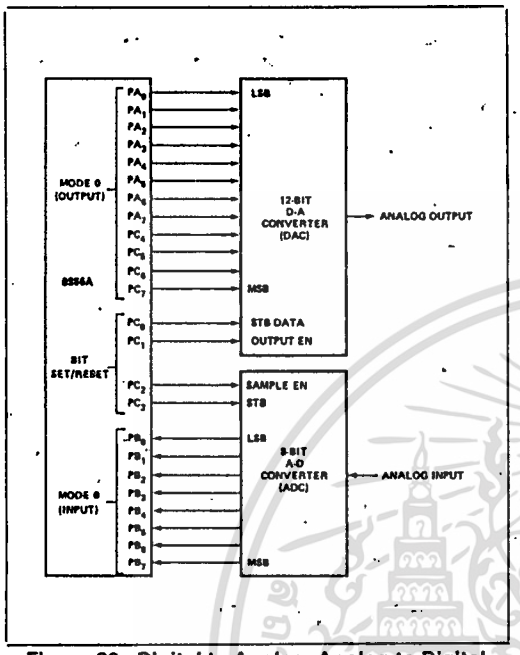


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

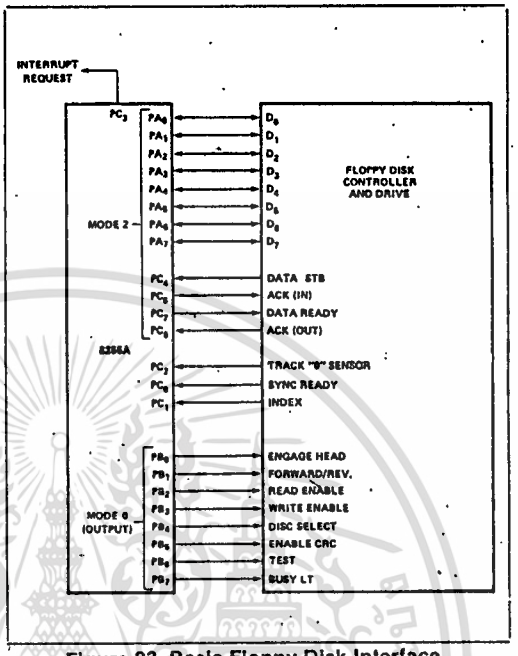


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

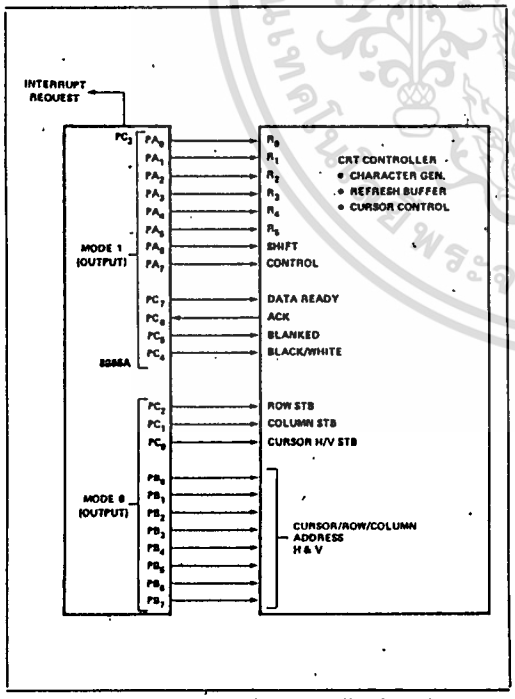


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

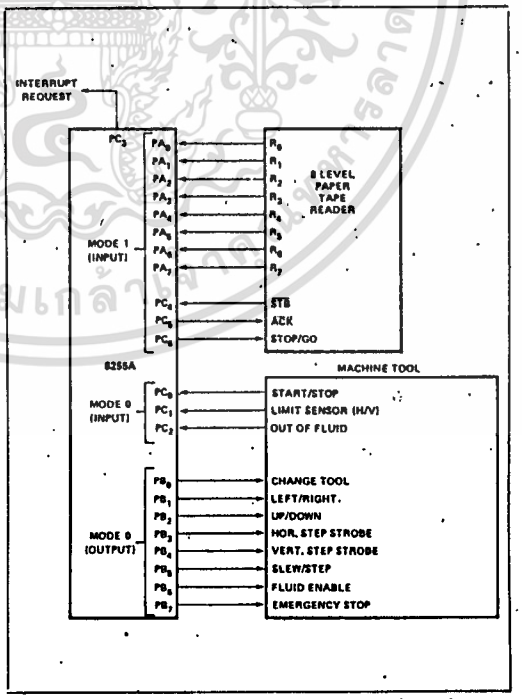


Figure 25. Machine Tool Controller Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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

A.C. CHARACTERISTICS (Continued)

WRITE

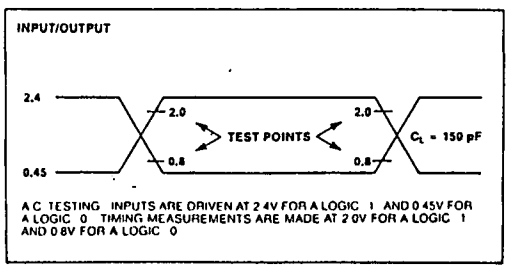
Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{AW}	Address Stable Before WRITE	0		0		ns
t_{WA}	Address Stable After WRITE	20		20		ns
t_{WW}	WRITE Pulse Width	400		300		ns
t_{DW}	Data Valid to WRITE (T.E.)	100		100		ns
t_{WD}	Data Valid After WRITE	30		30		ns

OTHER TIMINGS

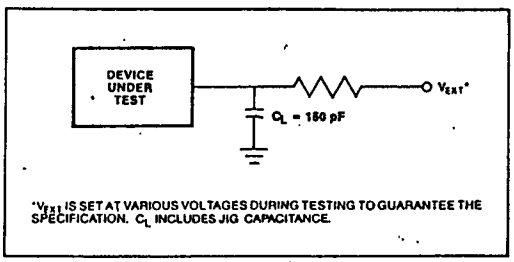
Symbol	Parameter	8255A		8255A-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{WB}	WR = 1 to Output[1]		350		350	ns
t_{IR}	Peripheral Data Before RD	0		0		ns
t_{HR}	Peripheral Data After RD	0		0		ns
t_{AK}	ACK Pulse Width	300		300		ns
t_{ST}	STB Pulse Width	500		500		ns
t_{PS}	Per. Data Before T.E. of STB	0		0		ns
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



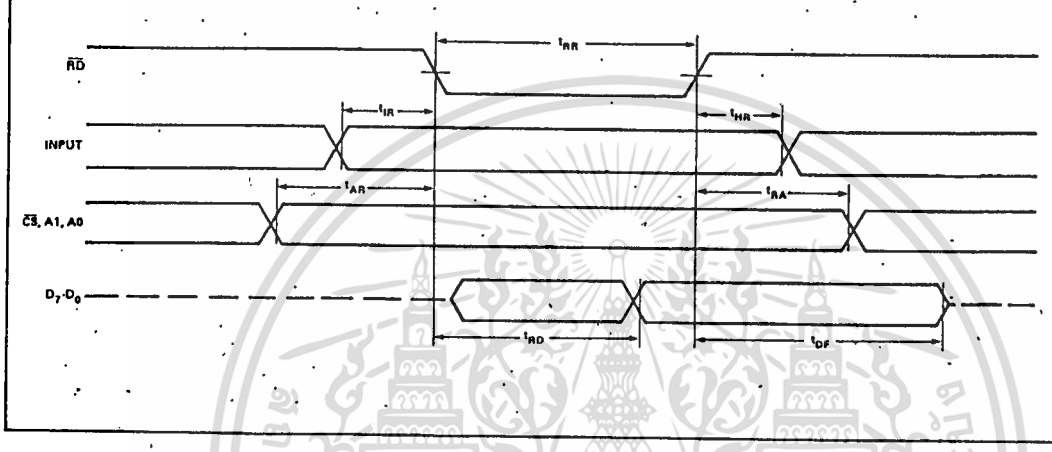
A.C. TESTING LOAD CIRCUIT



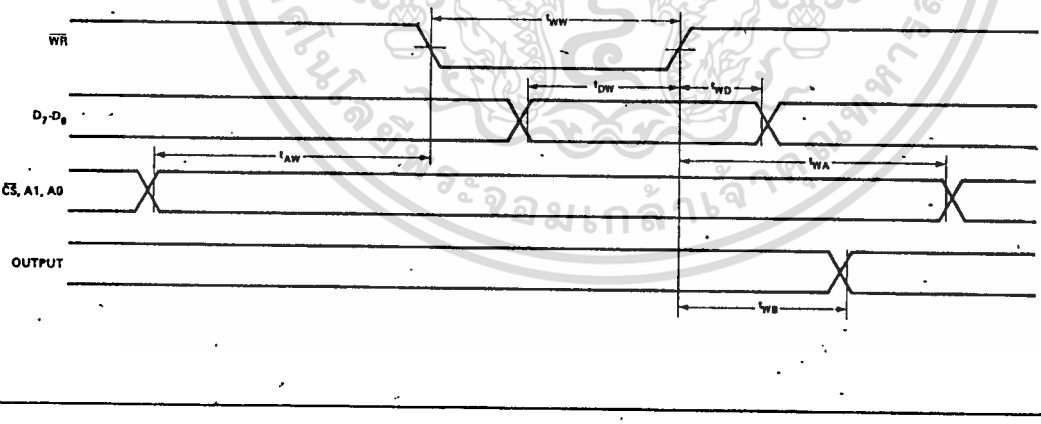
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

WAVEFORMS

MODE 0 (BASIC INPUT)



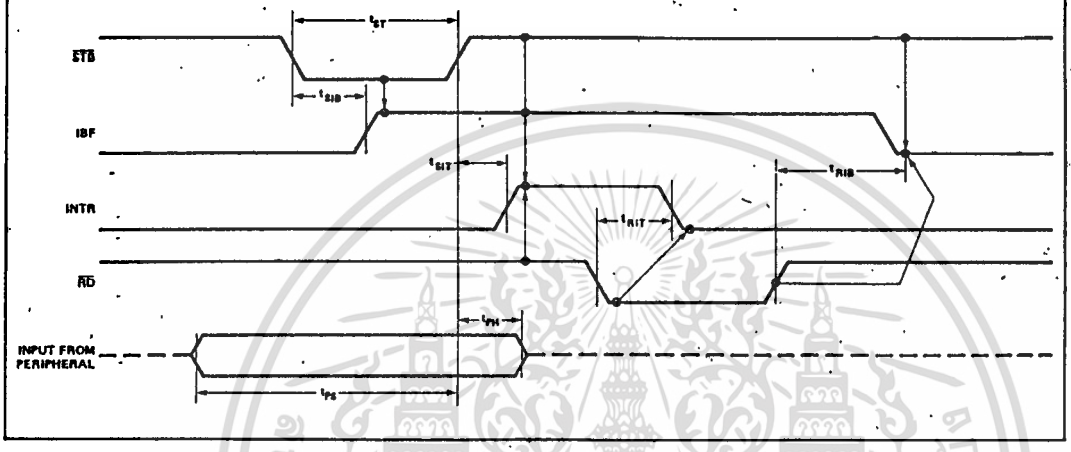
MODE 0 (BASIC OUTPUT)



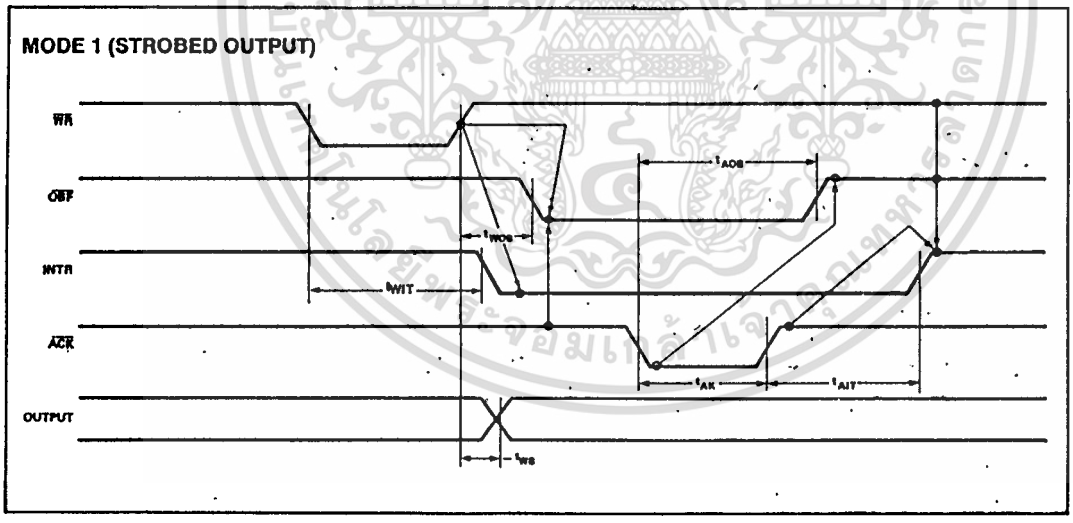
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

WAVEFORMS (Continued)

MODE 1 (STROBED INPUT)



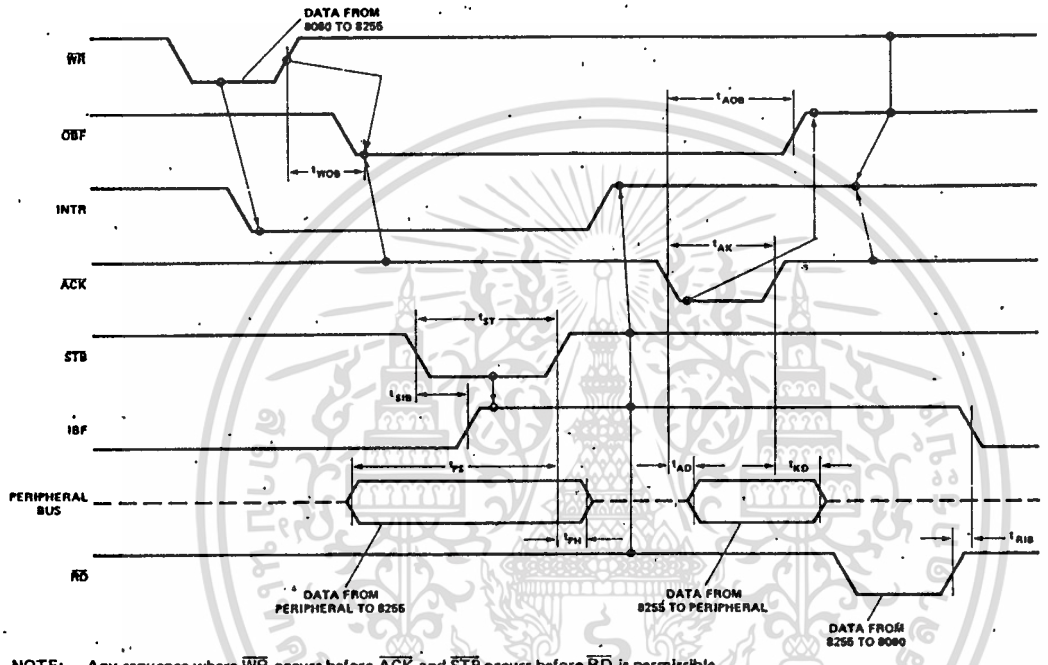
MODE 1 (STROBED OUTPUT)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

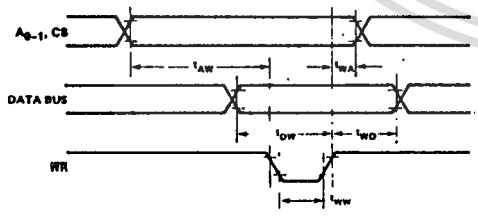
WAVEFORMS (Continued)

MODE 2 (BIDIRECTIONAL)

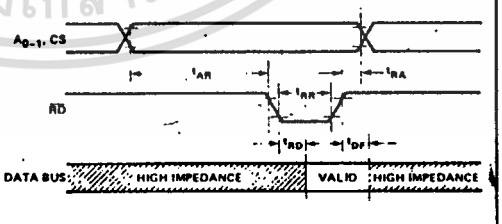


NOTE: Any sequence where $\overline{WR}$ occurs before $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ occurs before $\overline{RD}$ is permissible.
($INTR = IBF \cdot \overline{MASK} \cdot \overline{STB} \cdot \overline{RD} + \overline{OBF} \cdot \overline{MASK} \cdot \overline{ACK} \cdot \overline{WR}$)

WRITE TIMING



READ TIMING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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 ..... −0.5 V to +7 V
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%)*

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.5	0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.2	V_{CC}+.5V	V	
V_{OL}	Output Low Voltage		0.45	V	Note 1
V_{OH}	Output High Voltage	2.4		V	Note 2
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
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		140	mA	

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

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

A.C. CHARACTERISTICS (T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0V ± 10%, GND = 0V)*

Bus Parameters (Note 3)

READ CYCLE

Symbol	Parameter	8253		8253-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{AR}	Address Stable Before $\overline{READ}$	50		30		ns
t_{RA}	Address Hold Time for $\overline{READ}$	5		5		ns
t_{RR}	$\overline{READ}$ Pulse Width	400		300		ns
t_{RD}	Data Delay From $\overline{READ}$[4]		300		200	ns
t_{DF}	$\overline{READ}$ to Data Floating	25	125	25	100	ns
t_{RV}	Recovery Time Between READ and Any Other Control Signal	1		1		μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

A.C. CHARACTERISTICS (Continued)

WRITE CYCLE

Symbol	Parameter	8253		8253-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{AW}	Address Stable Before $\overline{WRITE}$	50		30		ns
t_{WA}	Address Hold Time for $\overline{WRITE}$	30		30		ns
t_{WW}	$\overline{WRITE}$ Pulse Width	400		300		ns
t_{DW}	Data Set Up Time for $\overline{WRITE}$	300		250		ns
t_{WD}	Data Hold Time for $\overline{WRITE}$	40		30		ns
t_{RV}	Recovery Time Between $\overline{WRITE}$ and Any Other Control Signal	1		1		μs

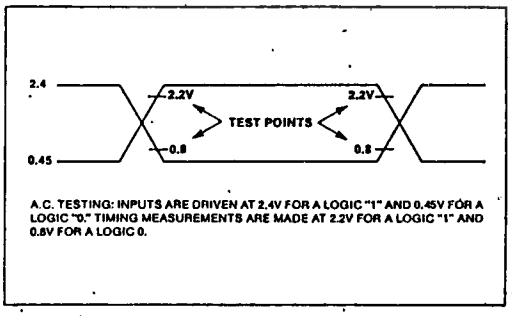
CLOCK AND GATE TIMING

Symbol	Parameter	8253		8253-5		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	
t_{CLK}	Clock Period	380	dc	380	dc	ns
t_{PWH}	High Pulse Width	230		230		ns
t_{PWL}	Low Pulse Width	150		150		ns
t_{GW}	Gate Width High	150		150		ns
t_{GL}	Gate Width Low	100		100		ns
t_{GS}	Gate Set Up Time to CLK↑	100		100		ns
t_{GH}	Gate Hold Time After CLK↑	50		50		ns
t_{OD}	Output Delay From CLK↓[4]		400		400	ns
t_{ODG}	Output Delay From Gate↓[4]		300		300	ns

NOTES:
1. I_{OL} = 2.2 mA.
2. I_{OH} = −400 μA.
3. AC timings measured at V_{OH} 2.2, V_{OL} = 0.8.
4. C_L = 150pF.

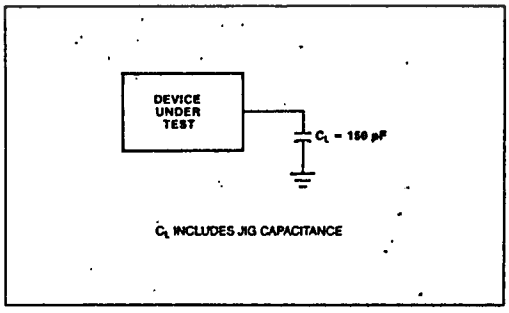
* For Extended Temperature EXPRESS, use M8253 electrical parameters.

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 2.2V FOR A LOGIC "1" AND 0.8V FOR A LOGIC 0.

A.C. TESTING LOAD CIRCUIT

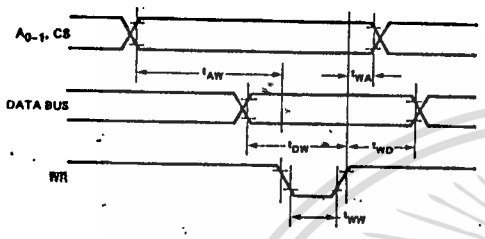


C_L INCLUDES JIG CAPACITANCE

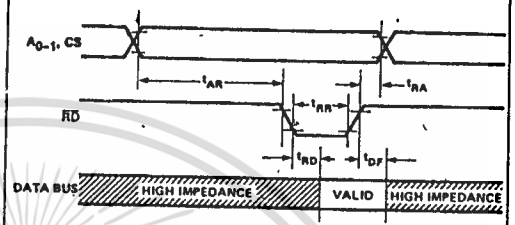
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

WAVEFORMS

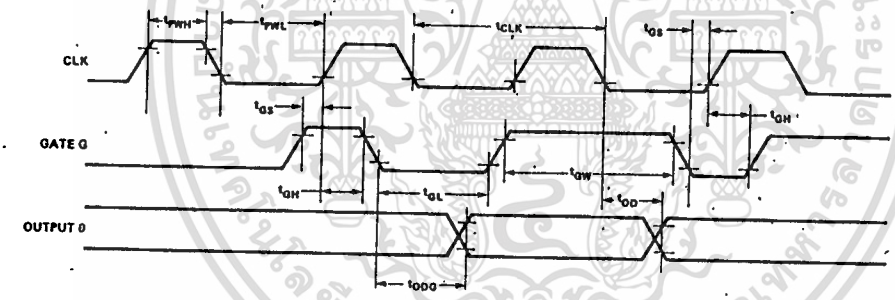
WRITE TIMING



READ TIMING



CLOCK AND GATE TIMING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

8253 READ/WRITE PROCEDURE

Write Operations

The systems software must program each counter of the 8253 with the mode and quantity desired. The programmer must write out to the 8253 a MODE control word and the programmed number of count register bytes (1 or 2) prior to actually using the selected counter.

The actual order of the programming is quite flexible. Writing out of the MODE control word can be in any sequence of counter selection, e.g., counter #0 does not have to be first or counter #2 last. Each counter's MODE control word register has a separate address so that its loading is completely sequence independent. (SC0, SC1)

The loading of the Count Register with the actual count value, however, must be done in exactly the sequence programmed in the MODE control word (RL0, RL1). This loading of the counter's count register is still sequence independent like the MODE control word loading, but when a selected count register is to be loaded it must be loaded with the number of bytes programmed in the MODE control word (RL0, RL1). The one or two bytes to be loaded in the count register do not have to follow the associated MODE control word. They can be programmed at any time following the MODE control word loading as long as the correct number of bytes is loaded in order.

All counters are down counters. Thus, the value loaded into the count register will actually be decremented. Loading all zeroes into a count register will result in the maximum count (2^{16} for Binary or 10^4 for BCD). In MODE 0 the new count will not restart until the load has been completed. It will accept one of two bytes depending on how the MODE control words (RL0, RL1) are programmed. Then proceed with the restart operation.

	MODE Control Word Counter n
LSB	Count Register byte Counter n
MSB	Count Register byte Counter n

Note: Format shown is a simple example of loading the 8253 and does not imply that it is the only format that can be used.

Figure 8. Programming Format

			A1	A0
No. 1		MODE Control Word Counter 0	1	1
No. 2		MODE Control Word Counter 1	1	1
No. 3		MODE Control Word Counter 2	1	1
No. 4	LSB	Count Register Byte Counter 1	0	1
No. 5	MSB	Count Register Byte Counter 1	0	1
No. 6	LSB	Count Register Byte Counter 2	1	0
No. 7	MSB	Count Register Byte Counter 2	1	0
No. 8	LSB	Count Register Byte Counter 0	0	0
No. 9	MSB	Count Register Byte Counter 0	0	0

Note: The exclusive addresses of each counter's count register make the task of programming the 8253 a very simple matter, and maximum effective use of the device will result if this feature is fully utilized.

Figure 9. Alternate Programming Formats

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Read Operations

In most counter applications it becomes necessary to read the value of the count in progress and make a computational decision based on this quantity. Event counters are probably the most common application that uses this function. The 8253 contains logic that will allow the programmer to easily read the contents of any of the three counters without disturbing the actual count in progress.

There are two methods that the programmer can use to read the value of the counters. The first method involves the use of simple I/O read operations of the selected counter. By controlling the A0, A1 inputs to the 8253 the programmer can select the counter to be read (remember that no read operation of the mode register is allowed A0, A1=11). The only requirement with this method is that in order to assure a stable count reading the actual operation of the selected counter must be inhibited either by controlling the Gate input or by external logic that inhibits the clock input. The contents of the counter selected will be available as follows:

first I/O Read contains the least significant byte (LSB).

second I/O Read contains the most significant byte (MSB).

Due to the internal logic of the 8253 it is absolutely necessary to complete the entire reading procedure. If two bytes are programmed to be read then two bytes must be read before any loading WR command can be sent to the same counter.

Read Operation Chart

A1	A0	RD	
0	0	0	Read Counter No. 0
0	1	0	Read Counter No. 1
1	0	0	Read Counter No. 2.
1	1	0	Illegal

Reading While Counting

In order for the programmer to read the contents of any counter without effecting or disturbing the counting operation the 8253 has special internal logic that can be accessed using simple WR commands to the MODE register. Basically, when the programmer wishes to read the contents of a selected counter "on the fly" he loads the MODE register with a special code which latches the present count value into a storage register so that its contents contain an accurate, stable quantity. The programmer then issues a normal read command to the selected counter and the contents of the latched register is available.

MODE Register for Latching Count

A0, A1 = 11

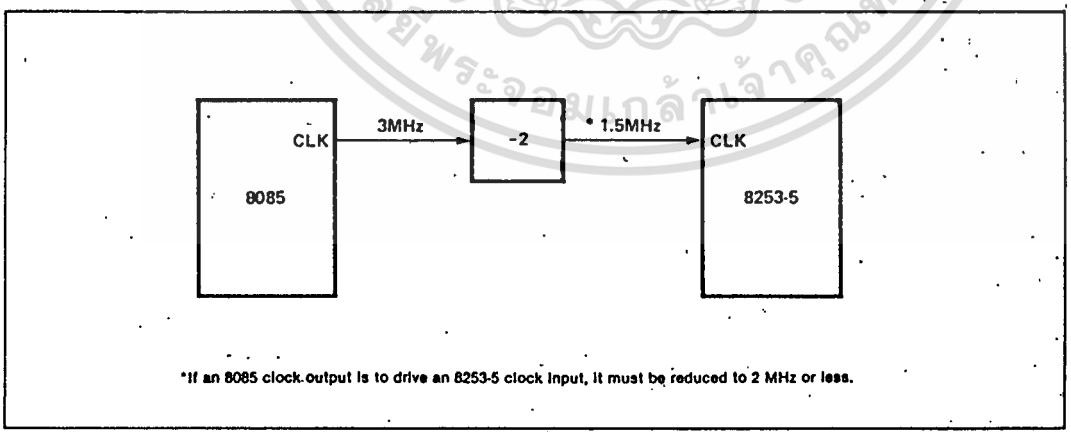
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SC1	SC0	0	0	X	X	X	X

SC1,SC0 — specify counter to be latched.

D5,D4 — 00 designates counter latching operation.

X — don't care.

The same limitation applies to this mode of reading the counter as the previous method. That is, it is mandatory to complete the entire read operation as programmed. This command has no effect on the counter's mode.



*If an 8085 clock output is to drive an 8253-5 clock input, it must be reduced to 2 MHz or less.

Figure 10. MCS-85 Clock Interface*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

NPN PNP

TIP41 TIP42
TIP41A TIP42A
TIP41B TIP42B
TIP41C TIP42C

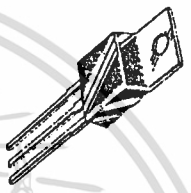
COMPLEMENTARY SILICON PLASTIC POWER TRANSISTORS

. . . designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

- Collector-Emitter Saturation Voltage –
  $V_{CE(sat)}$ = 1.5 Vdc (Max) @ I_C = 6.0 Adc
- Collector-Emitter Sustaining Voltage –
  $V_{CEO(sus)}$ = 40 Vdc (Min) – TIP41, TIP42
  = 60 Vdc (Min) – TIP41A, TIP42A
  = 80 Vdc (Min) – TIP41B, TIP42B
  = 100 Vdc (Min) – TIP41C, TIP42C
- High Current Gain – Bandwidth Product
  f_T = 3.0 MHz (Min) @ I_C = 500 mAdc
- Compact TO-220AB Package
- TO-66 Leadform Also Available

6 AMPERE POWER TRANSISTORS COMPLEMENTARY SILICON

40-60-80-100 VOLTS
65 WATTS



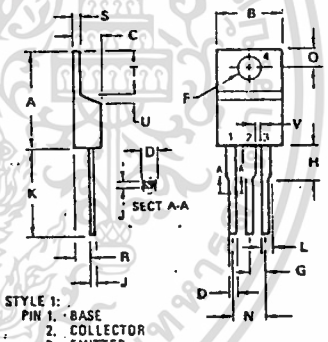
*MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP41 TIP42	TIP41A TIP42A	TIP41B TIP42B	TIP41C TIP42C	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	40	60	80	100	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	40	60	80	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0				Vdc
Collector Current - Continuous Peak	I_C	6 10				Adc
Base Current	I_B	2.0				Adc
Total Power Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	65 0.52				Watts W/°C
Total Power Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	2.0 0.016				Watts W/°C
Unclamped Inductive Load Energy (1)	E	62.5				°C/W
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J,T_{stg}	-65 to +150				°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.92	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	°C/W

(1) I_C = 2.8 A, L = 50 mH, P.R.F. = 10 Hz, V_{CC} = 10 V, R_{BE} = 100 Ω.



STYLE 1:
PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER
4. COLLECTOR

DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	INCHES MIN	INCHES MAX
A	15.11	15.75	0.595	0.620
B	9.65	10.29	0.380	0.405
C	4.06	4.82	0.160	0.190
D	0.64	0.89	0.025	0.035
F	3.61	3.73	0.142	0.147
G	2.41	2.67	0.095	0.105
H	2.79	3.30	0.110	0.130
J	0.36	0.56	0.014	0.022
K	12.70	14.27	0.500	0.562
L	1.14	1.27	0.045	0.050
N	4.83	5.33	0.190	0.210
Q	2.54	3.04	0.100	0.120
R	2.04	2.79	0.080	0.110
S	1.14	1.39	0.045	0.055
T	5.97	6.48	0.235	0.255
U	0.76	1.27	0.030	0.050
V	1.14	-	0.045	-

CASE 221A-02
TO-220AB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Emitter Sustaining Voltage (1) (I_C = 30 mAdc, I_B = 0)	TIP41, TIP42 TIP41A, TIP42A TIP41B, TIP42B TIP41C, TIP42C	$V_{CEO(sus)}$	40 60 80 100	– – – –	Vdc
Collector Cutoff Current (V_{CE} = 30 Vdc, I_B = 0) (V_{CE} = 60 Vdc, I_B = 0)	TIP41, TIP41A, TIP42, TIP42A TIP41B, TIP41C, TIP42B, TIP42C	I_{CEO}	– –	0.7 0.7	mAdc
Collector Cutoff Current (V_{CE} = 40 Vdc, V_{EB} = 0) (V_{CE} = 60 Vdc, V_{EB} = 0) (V_{CE} = 80 Vdc, V_{EB} = 0) (V_{CE} = 100 Vdc, V_{EB} = 0)	TIP41, TIP42 TIP41A, TIP42A TIP41B, TIP42B TIP41C, TIP42C	I_{CES}	– – – –	400 400 400 400	μAdc
Emitter Cutoff Current (V_{BE} = 5.0 Vdc, I_C = 0)		I_{EBO}	–	1.0	mAdc
ON CHARACTERISTICS (1)					
DC Current Gain (I_C = 0.3 Adc, V_{CE} = 4.0 Vdc) (I_C = 3.0 Adc, V_{CE} = 4.0 Vdc)		h_{FE}	30 15	– 75	–
Collector-Emitter Saturation Voltage (I_C = 6.0 Adc, I_B = 600 mAdc)		$V_{CE(sat)}$	–	1.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage (I_C = 6.0 Adc, V_{CE} = 4.0 Vdc)		$V_{BE(on)}$	–	2.0	Vdc
DYNAMIC CHARACTERISTICS					
Current Gain – Bandwidth Product (2) (I_C = 500 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f_{test} = 1 MHz)		f_T	3.0	–	MHz
Small-Signal Current Gain (I_C = 0.5 Adc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1 kHz)		$\|h_{fe}\|$	20	–	–

(1) Pulse Test: Pulsewidth ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

(2) $f_T = |h_{fe}| \cdot f_{test}$

FIGURE 1 – POWER DERATING

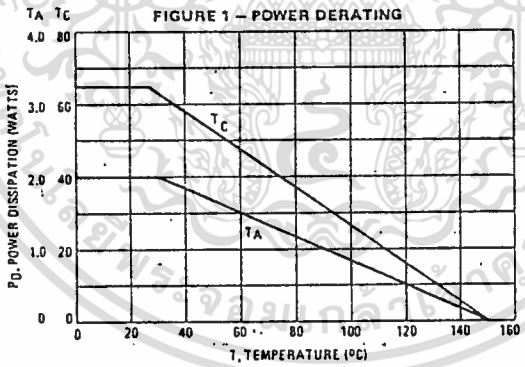
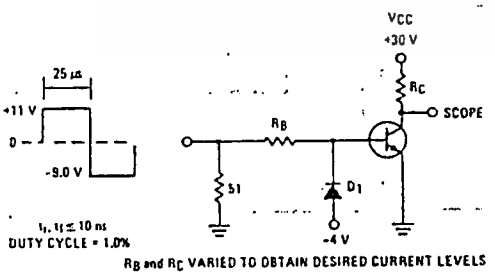


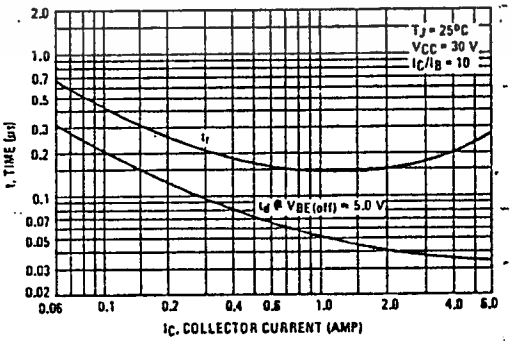
FIGURE 2 – SWITCHING TIME TEST CIRCUIT



R_B and R_C VARIED TO OBTAIN DESIRED CURRENT LEVELS

D_1 MUST BE FAST RECOVERY TYPE, eg:
MBD5300 USED ABOVE I_B ≈ 100 mA
MSD6100 USED BELOW I_B ≈ 100 mA

FIGURE 3 – TURN-ON TIME



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FIGURE 4 – THERMAL RESPONSE

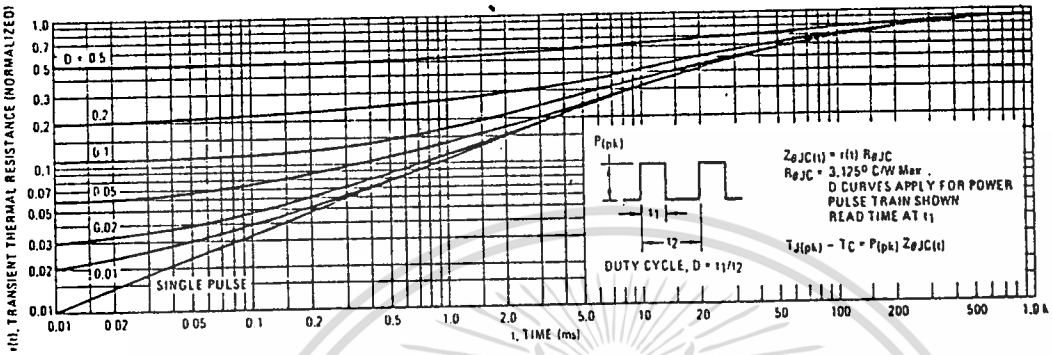
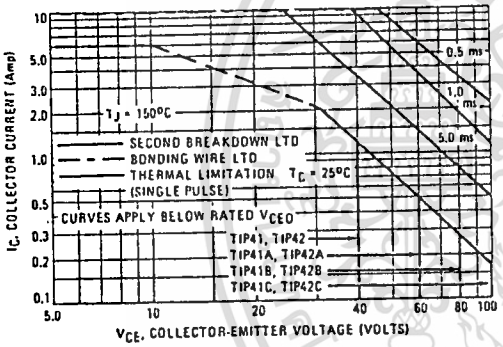


FIGURE 5 – ACTIVE-REGION SAFE OPERATING AREA



There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown. Safe operating area curves indicate I_C-V_{CE} limits of the transistor that must be observed for reliable operation; i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than the curves indicate.

The data of Figure 5 is based on $T_{J(pk)} = 150°C$; T_C is variable depending on conditions. Second breakdown pulse limits are valid for duty cycles to 10% provided $T_{J(pk)} \leq 150°C$. $T_{J(pk)}$ may be calculated from the data in Figure 4. At high case temperatures, thermal limitations will reduce the power that can be handled to values less than the limitations imposed by second breakdown.

FIGURE 6 – TURN-OFF TIME

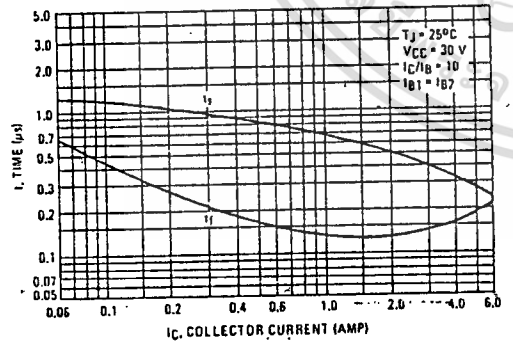
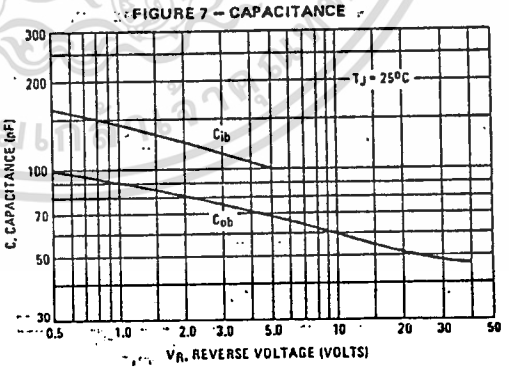


FIGURE 7 – CAPACITANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FIGURE 8 – DC CURRENT GAIN

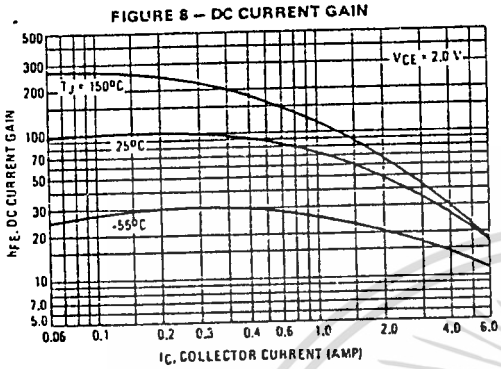


FIGURE 9 – COLLECTOR SATURATION REGION

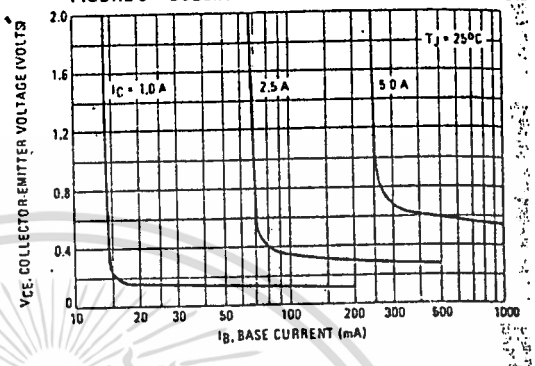


FIGURE 10 – "ON" VOLTAGES

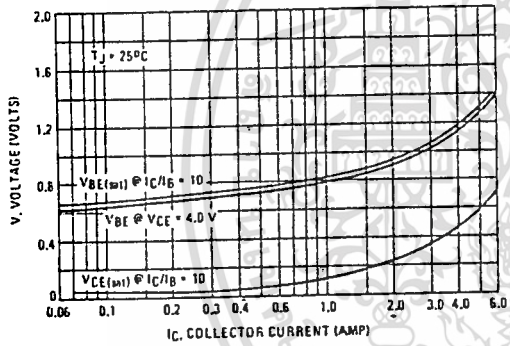


FIGURE 11 – TEMPERATURE COEFFICIENTS

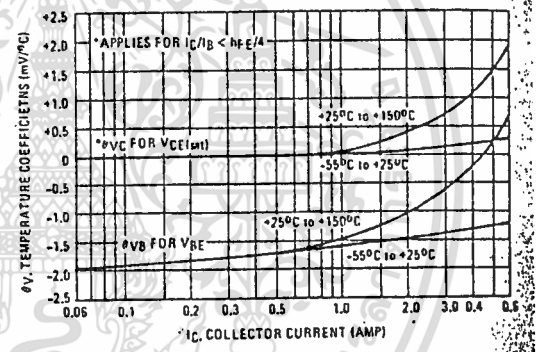


FIGURE 12 – COLLECTOR CUT-OFF REGION

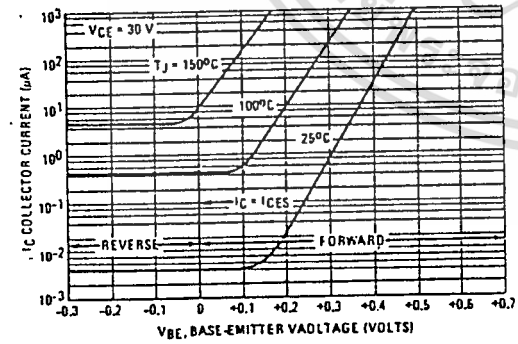
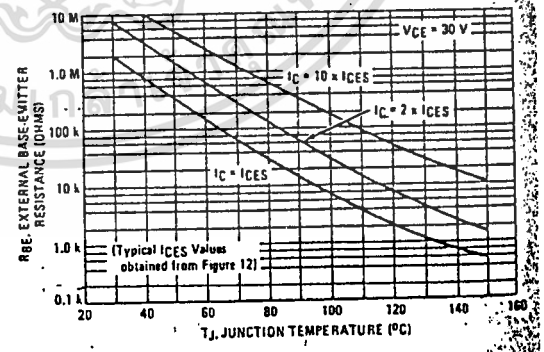


FIGURE 13 – EFFECTS OF BASE-EMITTER RESISTANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODE

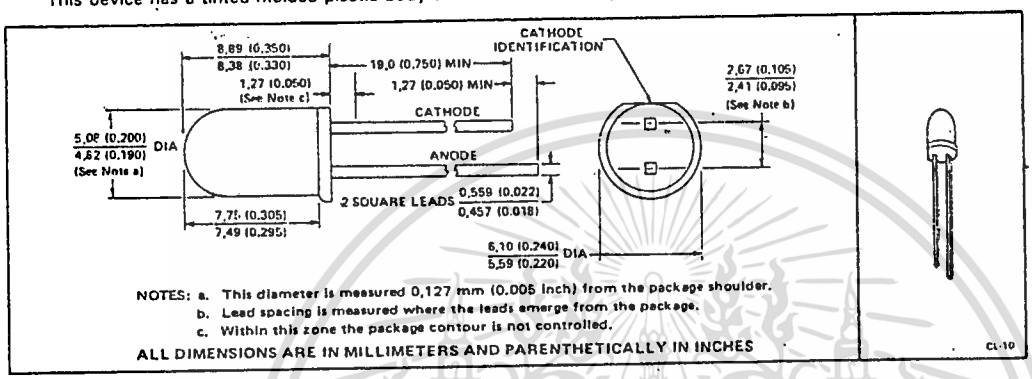
D2594, JULY 1980—REVISED APRIL 1983

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 1.82 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

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PEAK FORWARD CURRENT
vs
PULSE WIDTH

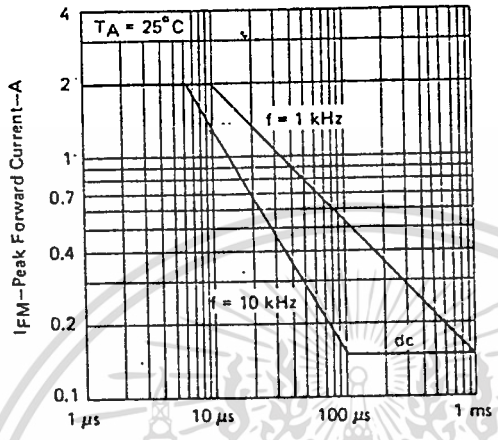


FIGURE 1

TYPICAL CHARACTERISTICS

FORWARD CONDUCTION CHARACTERISTICS

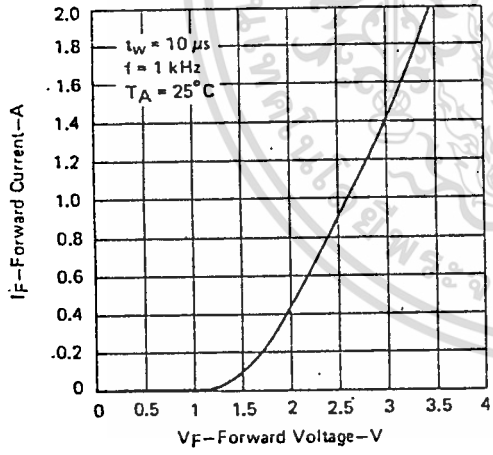


FIGURE 2

AXIAL RADIANT INTENSITY
vs
PEAK FORWARD CURRENT

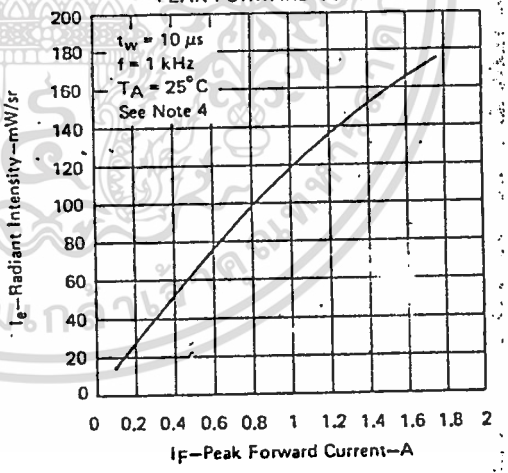


FIGURE 3

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

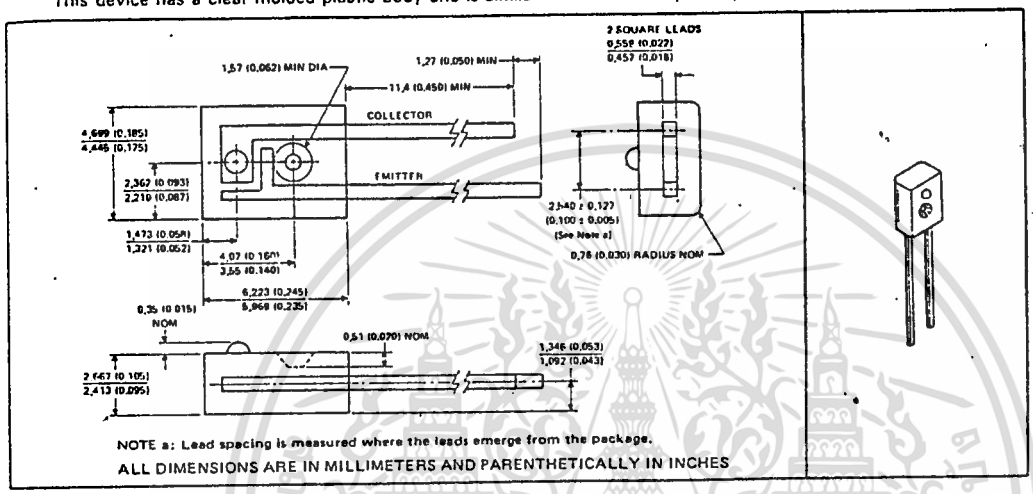
TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- 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.



NOTE a: Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.

ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS AND PARENTHETICALLY IN INCHES

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 80°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_D	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 1	25		

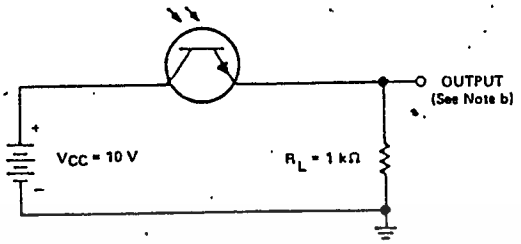
NOTES: 1. Derate linearly to 80°C free-air temperature at the rate of 0.91 mW/°C.

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.

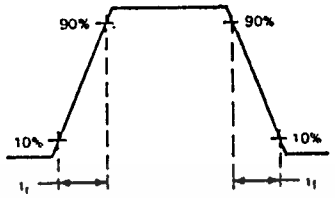
Copyright © 1983 by Texas Instruments Incorporated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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

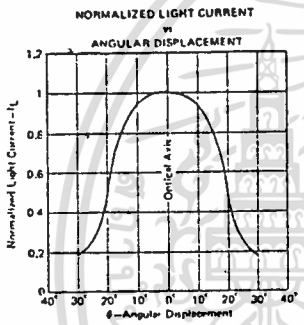


FIGURE 2

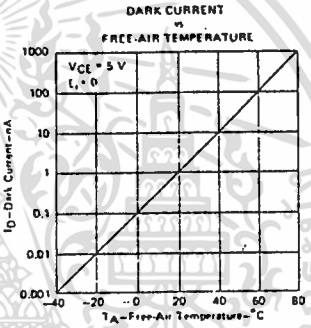


FIGURE 3

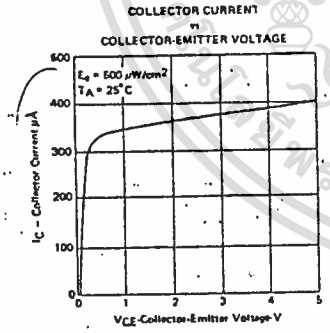


FIGURE 4

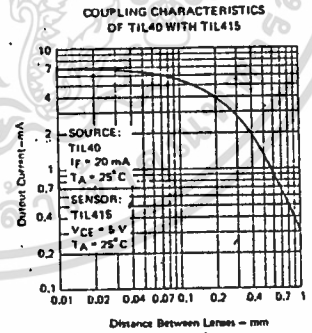


FIGURE 5

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เนื่องมาจากความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาที่ดีจาก รศ.มนัส สังวรศิลป์ อ.พิชัย คูศิริวานิชกร และ อ.ประภากร สุวรรณะ ได้รับความช่วยเหลือให้เข้าไปศึกษาดูอุปกรณ์การแพทย์ของจริงในห้องไอซียู และให้คำปรึกษาต่างๆเป็นอย่างดีจาก พญ.สมศรี ดาวฉาย อาจารย์แพทย์ประจำภาควิชาสรีรวิทยา โรงพยาบาลศิริราช ผู้ดูแลแผนกซ่อมสร้างอุปกรณ์ทางการแพทย์ อีกทั้งนายแพทย์ชุษณะ มะกรสารผู้ให้แนวความคิดในการทำวิจัยเครื่องมือชนิดนี้ และบรรดาเพื่อนและน้องทั้งหลายที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่ดีตลอดมา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายประสิทธิ์ วรณัตราวณิช จึงใคร่ขอขอบพระคุณท่านผู้ได้กล่าวถึงมา ณ โอกาสนี้อย่างสูง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หนังสืออ้างอิง

ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทย

1. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ, "การใช้งาน Z80", พิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์, 2528
2. เศกสิทธิ์ คำชมภู,"เครื่องนับจำนวนโดยใช้อินฟราเรด", วารสารคอมพิวเตอร์อิเลคทรอนิคส์เวิลด์, ฉบับที่ 124, หน้า 103-107, กรกฎาคม 2532
3. ชาญชัย ธีระพิทยานนท์ และ ชาตรี เผดิมพรร่มเย็น, "Infusion Pump", ปริญญานิพนธ์, ปีการศึกษา 2529

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาอังกฤษ

1. Lance A. Leventhal, " Z80 Assembly Language Programming ", McGraw-Hill, 1986
2. Lance A. Leventhal and Winthrop Saville, " Z80 Assembly Language Subroutine ", McGraw-Hill, 1984
3. John Uffenbeck, "Microcomputers and Microprocessors", Prentice-Hall International,Inc., 1985
4. "MPF-I Plus Manual", Multitech Industrial Corp., Taiwan, 1981
5. Darold Wobschall, "Circuit Design for Electronic Instrumentation", McGraw-Hill, 1987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า