เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็ก

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (PABX)

โดย

นายกวี วัชรีอุดมกาล

นายเจษฎา กุลวิศรุต

นายชวัณน์ ปราโมทย์สิริ

นายสมพร ศรีจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

008509

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็ก

โดย นายกวี วัชรีอุดมกาล

นายเจษฎา กุลวิศรุต

นายชวัฒน์ ปราโมทย์สิริ

นายสมพร ศรีจันทร์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ไพศาล สิทธิโยภาสกุล

อาจารย์ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

..... กรรมการ

(.....)

..... กรรมการ

(.....)

..... กรรมการ

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติขนาดเล็ก

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (PABX)

นาย กวี	วัชรีอุดมกาล	33131101
นาย เจษฎา	กุลวิศรุต	33131103
นาย ชวัฒน์	ปราโมทย์สิริ	33131104
นาย สมพร	ศรีจันทร์	33131124

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ไพศาล สิทธิโยกาสกุล

อาจารย์ ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการนำระบบไมโครโปรเซสเซอร์ไปประยุกต์ใช้กับระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติขนาดเล็ก โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด แทนระบบเก่าที่ใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีขนาดใหญ่ ทำงานช้า ยากแก่การซ่อมแซม แก้ไขและดัดแปลง แนวความคิดนี้ยังผลให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็กนี้มีขนาดเครื่องทั้งหมดเล็กลง ทำงานรวดเร็วไม่ผิดพลาด ทั้งยังดัดแปลง แก้ไขซ่อมแซมและเคลื่อนย้ายได้ง่าย ราคาถูกและมีขีดความสามารถสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

KAWEE	WATCHAREEUDOMKRAN	33131101
JETSADA	KULLAWISSARUT	33131103
CHAWAT	PRAMOTSIRI	33131104
SOMPORN	SRICHAN	33131124

ADVISOR

PAISARN SITTIYOPASAKUL

CHAWALIT BENJANGKAPRASERT

SEMESTER 1991

ABSTRACT

This thesis presents the application of microprocessor control to a PABX (Private Automatic Branch Exchange) system Usually , a PABX control by linear circuits is very big in size , hard to improve , and inflexible To overcome these disadvantages , we use a microprocessor system in stead of previous linear circuit to control a PABX of much smaller size , faster and eror free operation , greater flexibility and adaptability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		I
abstract		II
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	2
	2.1 ขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น	2
	2.2 ระบบสัญญาณต่างๆภายในเครื่องชุมสายโทรศัพท์	3
	2.3 การทำงานของโทรศัพท์ภายใน	5
	2.4 หลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	5
บทที่ 3	ระบบไมโครโปรเซสเซอร์	8
	3.1 โครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์	8
	3.2 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็ก	9
	3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์	10
บทที่ 4	การคำนวณและการสร้าง	20
	4.1 ส่วนเชื่อมต่อโทรศัพท์ภายนอก	20
	4.2 ส่วนเชื่อมต่อโทรศัพท์ภายใน	22
	4.3 ส่วนสวิตช์ควบคุมการติดต่อระหว่างคู่สายทั้ง 10 คู่สายในกับคู่สายนอก 3 คู่สาย	24
	4.4 การแปลงสัญญาณทางโทรศัพท์แบบความถี่ (DECODE TONE)	26
	4.5 ส่วนสร้างสัญญาณต่างๆของโทรศัพท์	33
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุป	36
	กิตติกรรมประกาศ	37
	เอกสารอ้างอิง	38
	ภาคผนวก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

ในปัจจุบันวิทยาการทางเทคโนโลยี ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว และ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตและในระบบธุรกิจ โดยเฉพาะระบบการสื่อสาร เพราะมีความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการทำงาน ซึ่งถ้ามีระบบการสื่อสารที่ดีย่อมจะทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจที่ดีด้วย ระบบการสื่อสารที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีมากมายที่สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้

ระบบโทรศัพท์เป็นระบบการสื่อสารระบบหนึ่งที่น่าสนใจค้นคว้า พัฒนาให้เจริญก้าวหน้าต่อไป และการจะติดต่อโทรศัพท์จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้นั้นจำเป็นจะต้องผ่านชุมสายโทรศัพท์ซึ่งมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่มากๆ (ขององค์การโทรศัพท์) ดังนั้นการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ย่อมทำให้ระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์มีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE หรือ PABX) ที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งส่งผลให้การทำงานของระบบถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีขนาดเล็ก และสามารถติดต่อระหว่างโทรศัพท์เครื่องหนึ่งไปยังโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งได้โดยตรงหรือโดยผ่านพนักงานรับสาย (operator)ก็ได้ โดยการกดปุ่มหรือหมุนหมายเลขระบุเครื่องลูกที่เราต้องการที่จะติดต่อ หลังจากที่กดหมายเลขทั้ง 7 ตัว เมื่อแจ้งผ่านองค์การโทรศัพท์แล้ว โดยมีการขยายคู่สายองค์การโทรศัพท์ภายนอก 3 คู่สายให้เป็นคู่สายภายใน 10 คู่สาย ซึ่งใช้กับระบบโทน(DTMF หรือ TONE) และใช้ไอซีสวิทช์ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อระหว่างสัญญาณรับ-ส่งแทนระบบเก่าที่ใช้รีเลย์ (RELAY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (PABX)

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับขยายคู่สายขององค์การโทรศัพท์จากภายนอก ให้สามารถนำมาใช้ภายในให้มากยิ่งขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกในการสื่อสารให้ดียิ่งขึ้นระหว่างคนภายในองค์กร ดังนั้นถ้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติมีขีดจำกัดความสามารถสูงเท่าใด ก็จะช่วยอำนวยความสะดวกและความคล่องตัวในการติดต่อสื่อสารมากยิ่งขึ้น

2.1 ขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถขยายคู่สายโทรศัพท์ซึ่งเป็นหมายเลของค์การโทรศัพท์ภายนอก 3 คู่สายให้เป็น 10 คู่สาย

2. เครื่องลูกภายในสามารถโทรติดต่อถึงกันได้ (INTERCOM)โดยกดหมายเลขระบุเครื่องลูกภายในที่ต้องการจะติดต่อ

3. เครื่องลูกภายในสามารถโทรออกภายนอก (OUTGOING CALL) ได้โดยกดหมายเลขเก้า (9)

4. สามารถกำหนดเครื่องลูกภายในได้โดยกดหมายเลขเครื่องภายใน หลังจากกดหมายเลข 7 ตัวขององค์การโทรศัพท์

5. ถ้าเครื่องภายนอกไม่ระบุเครื่องลูกภายในที่ต้องการจะติดต่อ หรือกดผิดพลาดแล้วเครื่องชุมสายจะตัดต่อไปที่เครื่องที่ 1 ซึ่งเป็น operator ให้โดยอัตโนมัติ

6. ถ้าเครื่องลูกที่ 1 ไม่ว่าง จะต่อไปที่เครื่องอื่นที่ว่างแทน

7. ขณะที่เครื่องลูกติดต่อถึงกันหรือติดต่อกับสายนอก จะไม่สามารถแอบรับฟังได้

8. ในระบบของเครื่องชุมสายนี้มีช่องสัญญาณในการติดต่อ(CHANNEL,TALKING หรือ ROUTE) 4 ช่องสัญญาณ คือสามารถติดต่อกันได้ 8 เครื่องพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เมื่อได้รับ DIAL ถ้าไม่กดหมายเลขเครื่องลูกภายใน 1.5 นาที จะได้รับBusy เป็นการยกเลิก speed path

10. เมื่อกดหมายเลขและได้รับ Ringback แล้วภายใน 1.5 นาที ไม่มีคนรับสายเครื่องลูกจะได้รับ Busy เป็นการยกเลิกการใช้ speed path

2.2 ระบบสัญญาณต่างๆภายในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

ลักษณะของสัญญาณต่างๆ ภายในระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมีดังต่อไปนี้

1. สัญญาณให้หมุน (dial tone) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์รู้ว่า เครื่องชุมสายโทรศัพท์พร้อมแล้วที่จะให้ผู้ใช้กดหรือหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วย

ลักษณะของสัญญาณ เป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังต่อเนื่องกันตลอด

2. สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์รู้ หลังจาก กดปุ่มหรือหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วย ให้ทราบว่าไม่สามารถจะติดต่อคู่สายนั้นได้

ลักษณะของสัญญาณ เป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท ดังและดับ ทุก ๆ 0.5 วินาที

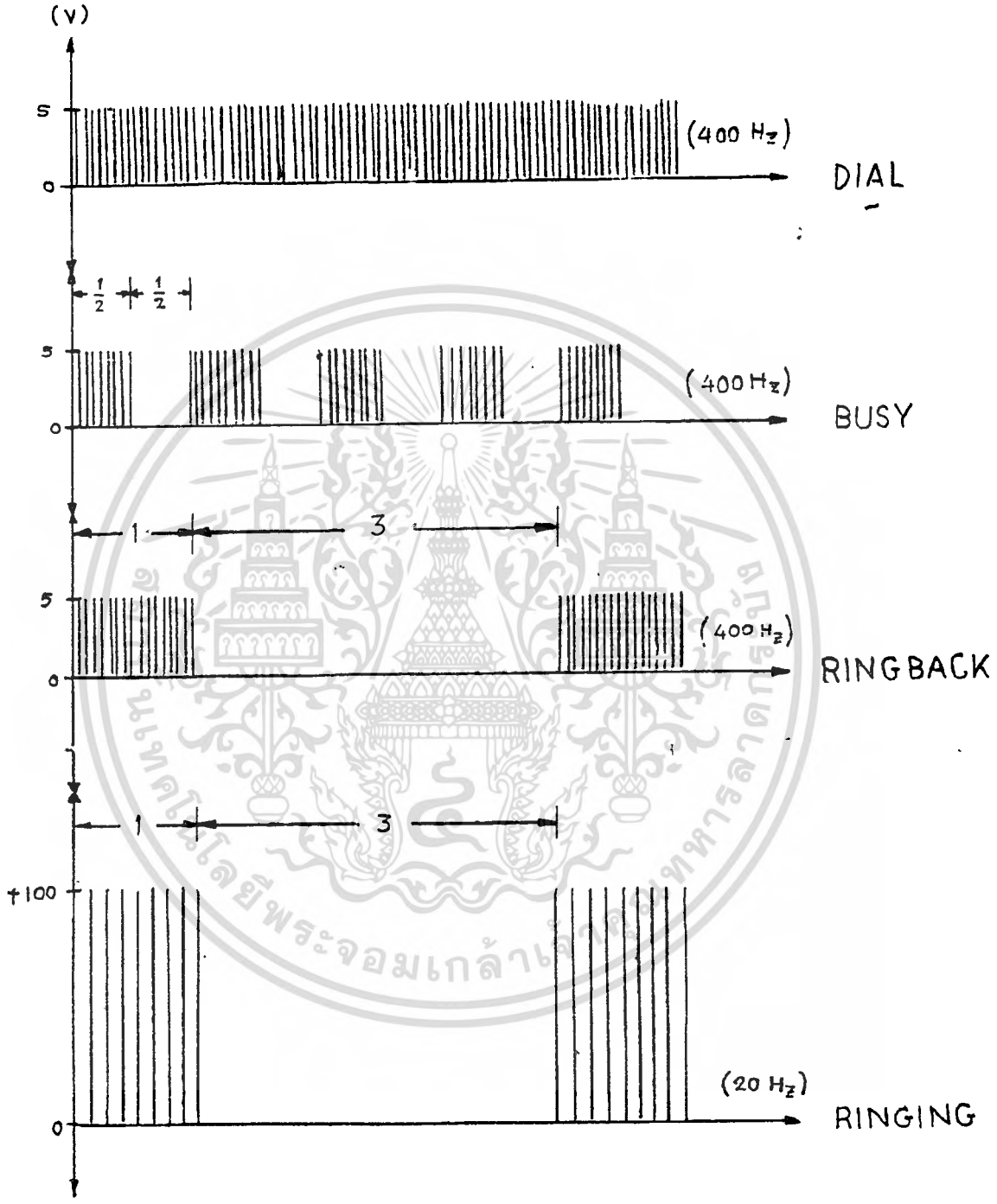
3. สัญญาณเรียกกลับ (ringback tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์บอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบ หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อ ให้ทราบว่าสามารถติดต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการได้

ลักษณะของสัญญาณ เป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท ดัง 1 วินาที และดับ 3 วินาที สลับกัน

4. สัญญาณเรียก(ringking tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องภายใน ทำให้กระดิ่งดัง เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้ต้องการจะติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของสัญญาณ เป็นสัญญาณเอ ซี 20 เฮิร์ทที่มีขนาดประมาณ 100 โวลท์ ดังและดับเป็นช่วงๆ และพร้อมๆ กับสัญญาณเรียกกลับ



รูปที่ 2.1 ลักษณะและช่วงเวลาของสัญญาณต่างๆในโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทำงานของโทรศัพท์ภายใน

การทำงานของโทรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายอัตโนมัติเป็นดังนี้ เมื่อเริ่มยกหูฟัง (Handset) ผู้ใช้จะได้รับสัญญาณให้หมุน ผู้ใช้จะเลือกว่าจะติดต่อภายนอกหรือภายใน ถ้ากดหมายเลข 9 นำหน้าหมายเลขนอกชุมสายก็จะติดต่อภายนอกได้ ถ้าจะติดต่อโทรศัพท์ภายในด้วยกันเอง ใช้การกดหมายเลข 2 ตัว ในการเรียก(หมายเลข 10 ถึง 19) ถ้าติดต่อไม่ได้จะได้รับสัญญาณไม่ว่าง แต่ถ้าติดต่อได้เครื่องชุมสายจะส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียกและส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังเครื่องผู้เรียกในเวลาเดียวกัน จากนั้นจะสามารถติดต่อกันได้

2.4 หลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.2 และแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

ส่วนเชื่อมต่อโทรศัพท์ภายนอก(EXT. CCT) วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณRING-ING จากองค์การโทรศัพท์ และติดต่อให้ CPU ทำการติดต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายใน เพื่อให้มีการติดต่อระหว่างคู่สายภายนอกกับคู่สายภายใน และ CPU จะส่งสัญญาณ BUSY TONE ในกรณีที่ไม่มีคู่สายภายในว่าง

ส่วนเชื่อมต่อโทรศัพท์ภายใน(INT. CCT) วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงและป้อนสัญญาณกระดิ่งให้กับเครื่องโทรศัพท์ภายใน รวมทั้งส่งสัญญาณให้กับCPU เมื่อเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในกับภายนอก หรือภายในกับภายใน

ส่วนของสวิตช์ควบคุมการติดต่อ(CROSS POINT SWITCH) จากวงจรใช้ IC M093 วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านสัญญาณเสียง โดยทำการตัดต่อระหว่างสัญญาณรับ-ส่งของคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อกัน ซึ่งส่วนของสวิตช์นี้จะถูกควบคุมโดย CPU

ส่วนภาคถอดรหัสความถี่ (DTMF DECODER) ทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่ปุ่มกดของโทรศัพท์แบบTONE ให้เป็นสัญญาณ BINARY ขนาด 4 บิท โดยใช้ IC MT 8870 เป็นหลัก

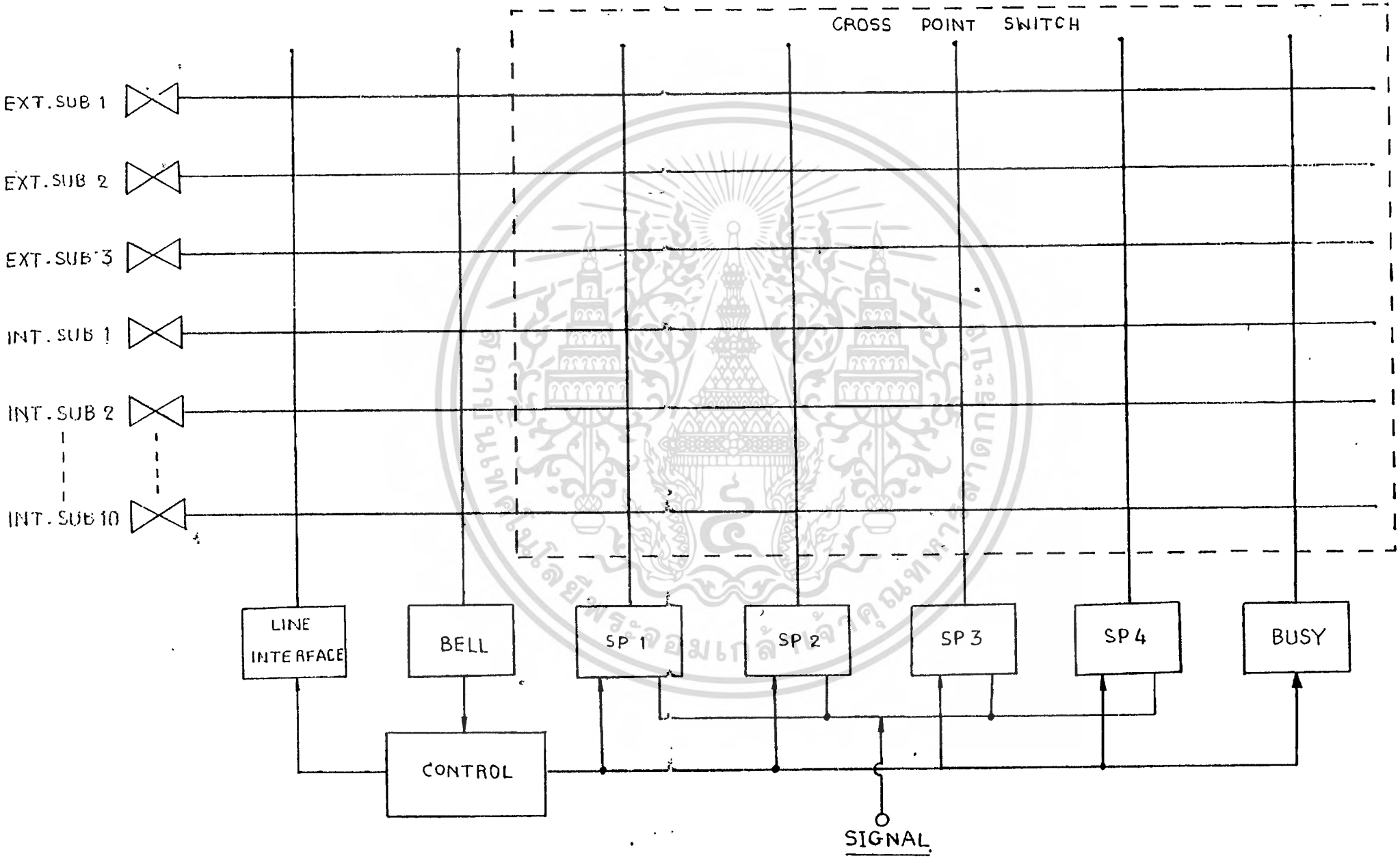
ส่วนภาคสร้างสัญญาณต่างๆ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่สำคัญให้แก่เครื่องรับโทรศัพท์ภายในอันได้แก่ สัญญาณให้หมุน(DIAL TONE),สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE), สัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE) รวมทั้งสัญญาณไปขับกระดิ่ง (RINGING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนภาคควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งจะเป็นหัวใจสำคัญของระบบโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z-80 ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อของส่วนต่างๆและตรวจสอบการทำงานของส่วนต่างๆ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 3

ระบบไมโครโปรเซสเซอร์

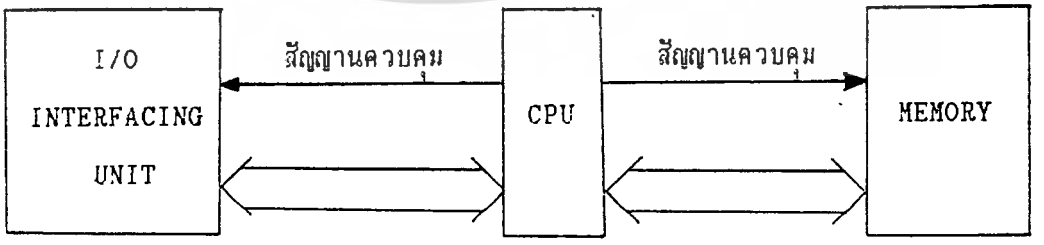
(MICROPROCESSOR SYSTEM)

ตามที่เราทราบกันมาอยู่แล้วว่าคอมพิวเตอร์ (COMPUTER) เป็นสมองกลที่สามารถคำนวณ แยกแยะข้อมูล เก็บข้อมูลและตัดสินปัญหาต่าง ๆ ตามที่เรากำหนดได้รวดเร็วและถูกต้องมากกว่าการที่ให้มนุษย์คิด เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถที่จะปฏิบัติคำสั่ง ไม่ว่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์ (ARITHEMATICS) ลอจิก (LOGIC) การเก็บข้อมูลและอื่น ๆ ภายในเวลา 1 วินาทีได้เป็นจำนวนแสน ๆ คำสั่ง จากงานชิ้นเดียวกันถ้าให้มนุษย์คิดจะต้องใช้เวลาเป็นอาทิตย์หรือเป็นเดือนจึงจะได้คำตอบ จากความสามารถสูงนี้เองทำให้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในความเจริญก้าวหน้าใหม่ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านวิทยาศาสตร์ , ธุรกิจ และอุตสาหกรรม เป็นต้น

ในปัจจุบันเทคโนโลยีของการผลิตวงจรรวมขนาดใหญ่ (LARGE SCALE INTEGRATION หรือ LSI) เจริญก้าวหน้าไปอย่างมากมาย ทำให้สามารถบรรจุวงจรทางอิเลคทรอนิคส์หลาย ๆ วงจรลงในแผ่นวงจรรวมแผ่นเดียว ซึ่งเรียกว่าชิพ (CHIP) ได้ ดังนั้นจึงสามารถบรรจุหน่วยต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ คือหน่วยควบคุม (CONTROL UNIT) หน่วยคำนวณ (ARITHEMATICS AND LOGIC UNIT) หน่วยความจำ (MEMORY) บางส่วนและวงจรควบคุมการส่งและรับสัญญาณภายนอกบางส่วนเข้าไว้ในชิพเพียงชิ้นเดียว เรียกว่าไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งสามารถประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ และควบคุมหน่วยอื่น ๆ ให้ทำงานไปด้วยกันได้

1. โครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

โครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ โดยทั่วไปสามารถเขียนเป็นบล็อคไดอะแกรม ดังรูปที่ 1 CPU เป็นหน่วยประมวลผลกลางทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ ลอจิก และแยกแยะข้อมูล มี MEMORY เป็นที่เก็บโปรแกรมหลัก (MONITOR PROGRAM) รวมทั้งข้อมูลและผลการคำนวณจาก CPU โดยมี I/O INTERFACING UNIT เป็นตัวรับส่งข้อมูลติดต่อกับภายนอก



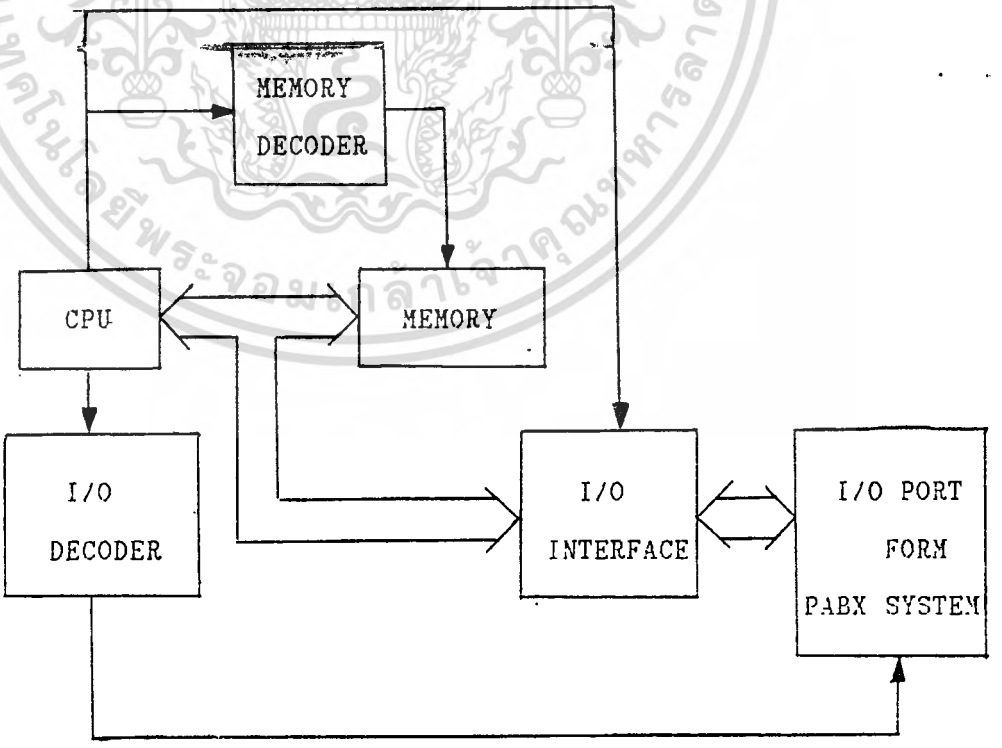
รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาแต่ตัวไมโครโปรเซสเซอร์นั้นไม่สามารถทำอะไรได้ต้องอาศัยวงจรประกอบอื่น ๆ เช่น วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (CLOCK) , วงจรถอดระหัส (DECODER) เพื่อทำให้หน่วยประมวลผลกลาง (CENTRAL PROCESSING UNIT หรือ CPU) ทำงานและติดต่อกับหน่วยควบคุมอื่น ๆได้

2. ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็ก

การออกแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าจะเป็นไปในลักษณะรูปแบบใด เช่นจะนำมาใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติจะมีบล็อคไดอะแกรม ดังในรูปที่ 2 จำเป็นที่จะต้องใช้หน่วยความจำที่มาก ซึ่งภายในตัว Z-80 CPU มีไม่เพียงพอ จำเป็นต้องต่อหน่วยความจำเพิ่มเข้าไปอีก ทำให้ต้องมีส่วนถอดรหัสหน่วยความจำ (MEMORY DECODER) ซึ่งยูต้องมีการรับข้อมูล (DATA) จากระบบชุมสายโทรศัพท์นำมาคำนวณและตัดสินใจตามข้อกำหนดของโปรแกรม แล้วส่งข้อมูลออกไปควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ การติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างระบบทั้งสองต้องผ่านตัวเชื่อมกลาง ที่เรียกว่าตัวอินเตอร์เฟซ (I/O INTERFACE) ระบบชุมสายโทรศัพท์เป็นระบบใหญ่ที่มีจุดที่ซีพียูจะต้องส่งและรับข้อมูล (I/O PORT) หลายจุดจำเป็นต้องมีส่วนถอดรหัสการรับส่งข้อมูลเข้าออก (I/O DECODER)



รูปที่ 2 แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้กับ PABX

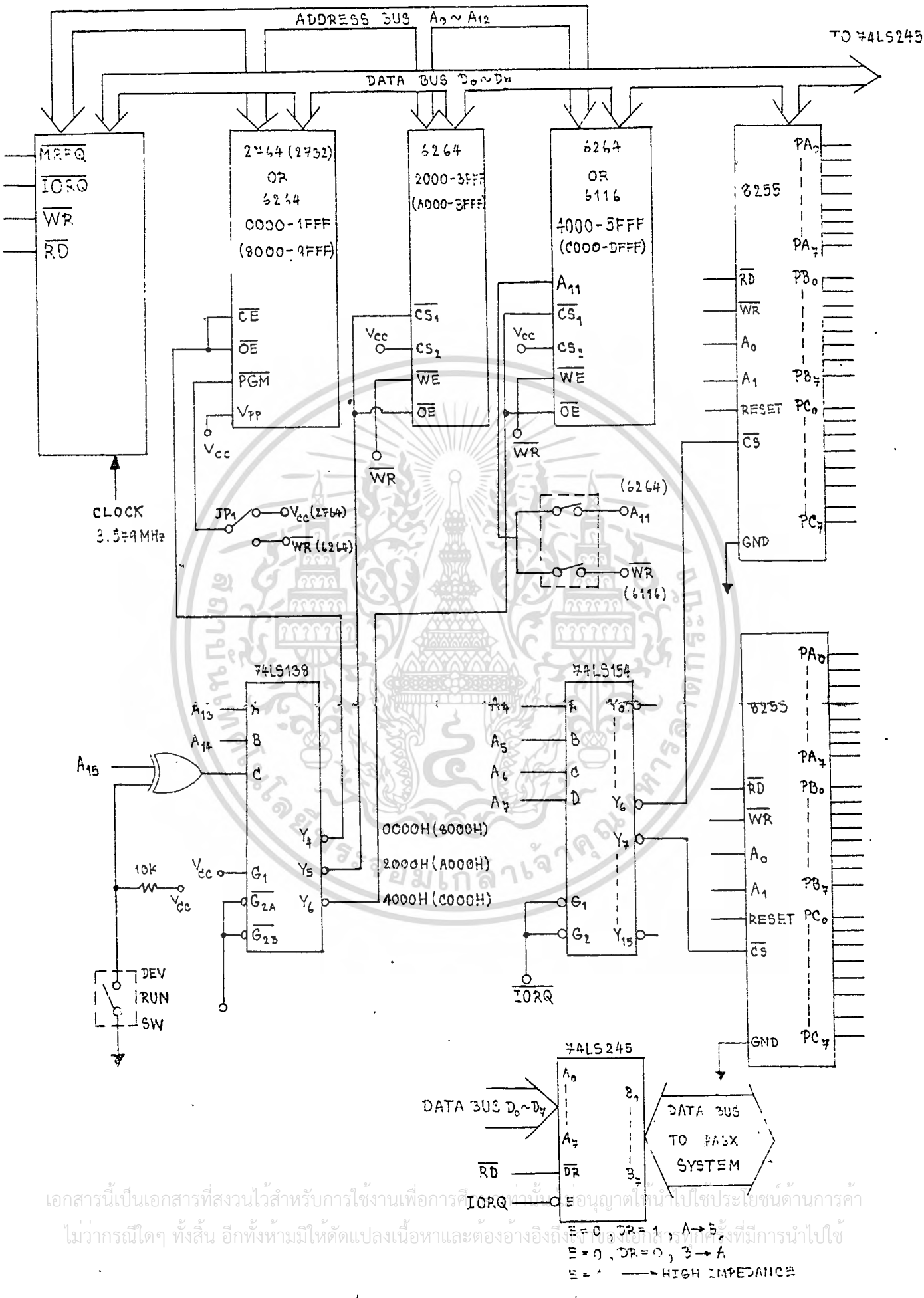
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

008509

3. รายละเอียดของอุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์

วงจรของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ที่ออกแบบขึ้นมีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3

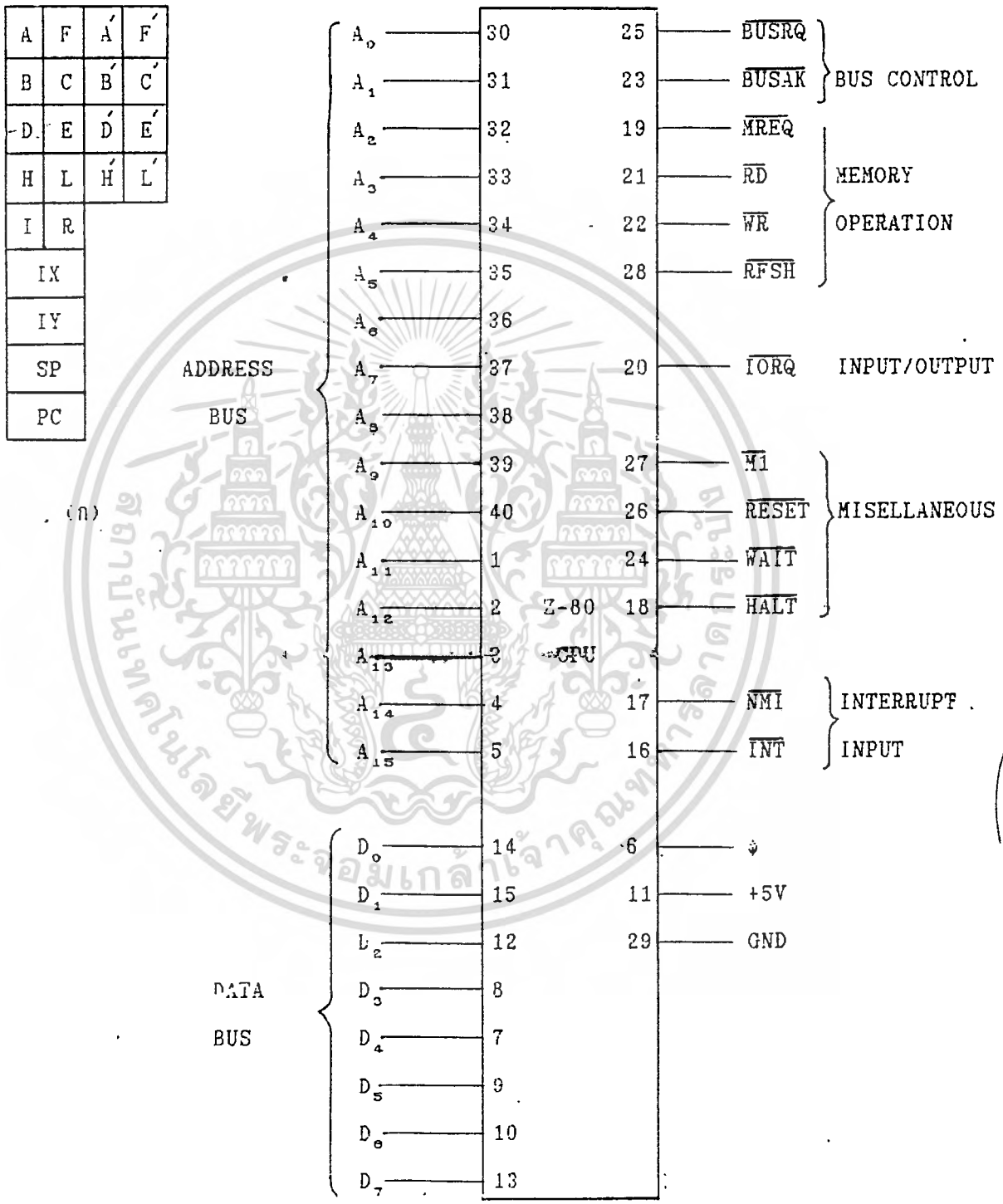
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 แสดงวงจรของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

3.1 ซีพียูใช้ Z-80 CPU เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด มีโครงสร้าง (ARCHITECTURE) ดังนี้



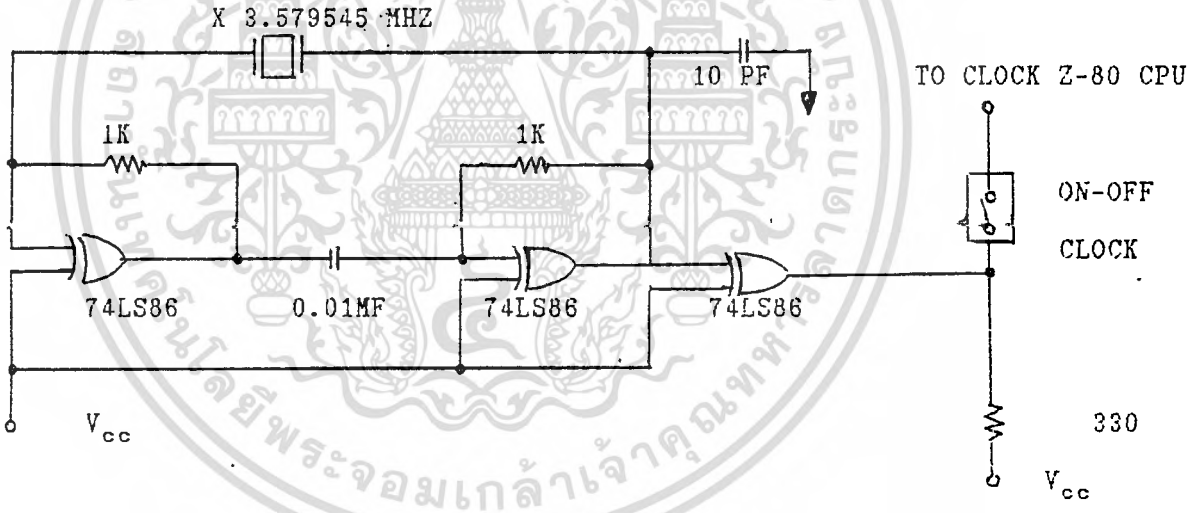
รูปที่ 4 (ก) รีจิสเตอร์ภายใน Z-80 CPU (ข) โครงสร้างและสัญญาณต่างๆของ Z-80 CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z-80 CPU เป็นหน่วยประมวลผลกลางที่มีข้อมูลขนาด 8 บิท (D_0 - D_7) ADDRESS BUS ขนาด 16 บิท (A_0 - A_{15}) มีรีจิสเตอร์หลักขนาด 8 บิท ใช้งานทั่วไป 8 รีจิสเตอร์ คือ A,F,B,C,D,E,H และ L มีรีจิสเตอร์สำรองขนาด 8 บิท ใช้งานอีก 8 รีจิสเตอร์ คือ A',F',B',C',D',E',H' และ L' มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะขนาด 8 บิท 2 รีจิสเตอร์ คือ I และ R และมีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะขนาด 16 บิท อีกรีจิสเตอร์ คือรีจิสเตอร์ IX,IY,SP และ PC และมีคำสั่งที่ใช้งานได้ถึง 158 คำสั่ง

3.2 วงจรสร้างสัญญานนาฬิกา

สัญญานนาฬิกา เป็นสัญญานที่สำคัญมากที่ประกอบเข้ากับซีพียู เพื่อให้ซีพียูทำงานได้ วงจรสร้างสัญญานนาฬิกาที่ออกแบบไว้เป็น ASTABLE MULTIVIBRATON ที่มีความถี่ 3.579 MHZ ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มี CRYSTAL เป็นตัวควบคุมความถี่ออสซิลเลทที่ความถี่ 3.579545 MHZ



รูปที่ 5 วงจรสร้างความถี่ 3.579545 MHZ

3.3 หน่วยความจำ (MEMORY)

หน่วยความจำที่ออกแบบไว้ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์นี้ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

- หน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียว (READ ONLY MEMORY หรือ ROM) เราจะเขียนข้อมูลเข้าไปในหน่วยความจำชนิดนี้เพียงครั้งเดียว และข้อมูลนั้นจะอยู่ตลอดไป แม้จะไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม เวลาใช้งานซีพียู จะอ่านข้อมูลออกมาเพียงอย่างเดียว นิยมใช้เก็บโปรแกรมหลัก (MONITOR PROGRAM) คือโปรแกรมขั้นตอนการทำงานของ CPU ในการควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาธารณะอัตโนมัติขนาดเล็กทั้งหมด ซีพียู จะอ่านข้อมูลออกมาจากหน่วย

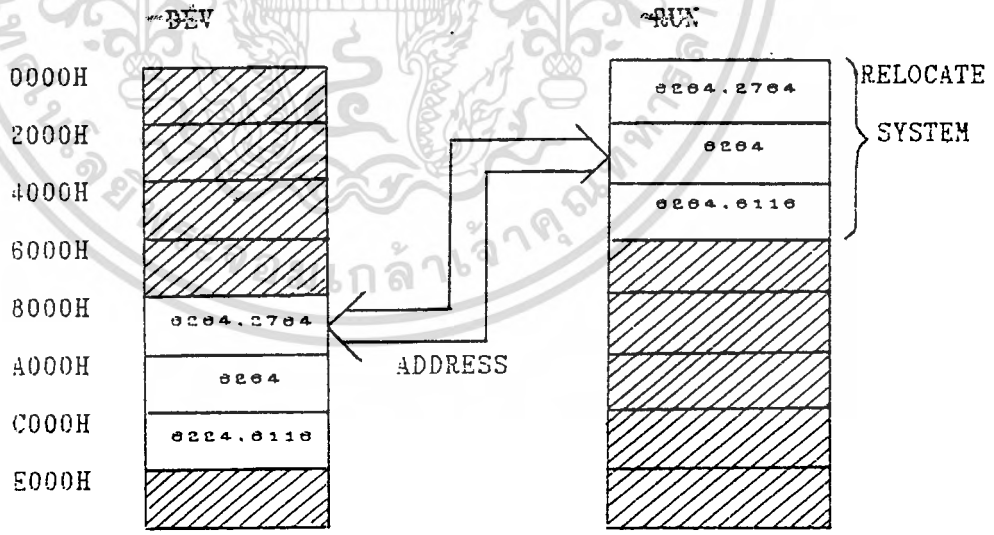
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจานี้และปฏิบัติคำสั่ง (EXCCUTE) ตามลำดับขั้นตอนของโปรแกรม จะเห็นได้ว่าชีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็กขึ้นอยู่กับ MONITOR PROGRAM นี้เอง เราสามารถดัดแปลง แก้ไข และพัฒนาชีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ได้ ก็ด้วยวิธีแก้ไขโปรแกรมส่วนนี้เท่านั้น หน่วยความจำชนิดนี้ใช้ไอซีเบอร์ EPROM 2764 ซึ่งมีความจุ 8K*8ไบท์ หรือ EPROM เบอร์2732 ซึ่งมีความจุ 4K*8 ไบท์ก็ได้

- หน่วยความจำแบบแรนดอม (RANDOM ACCESS MEMORY หรือ RAM) เป็นหน่วยความจาชนิดที่เก็บข้อมูลได้ และขณะเดียวกันซีพียูสามารถจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลในหน่วยความจำนั้นได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นหน่วยความจำที่อ่านออกมาหรือเขียนเข้าไปได้ (READ WRITE MEMORY) ตลอดเวลาที่มีไฟเลี้ยงอยู่ ถ้าเราปิดเครื่องข้อมูลเหล่านั้นจะหายไป แต่ในการออกแบบครั้งนี้ได้มีส่วนของแบตเตอรี่ (BATTERY) เพิ่มเติมลงไป ทำให้หน่วยความจำนี้ข้อมูลจะคงอยู่ตลอดเวลา เพราะไม่เลี้ยงจากแบตเตอรี่ หน่วยความจำนี้จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวบางอย่างในการทางานของโปรแกรม , ใช้เก็บสถานะต่าง ๆ ทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เช่นสถานะของสายนอก , โทรศัพท์ภายใน , ช่องสัญญาณติดต่อ , ส่วนแสดงผลและคีย์บอร์ด เป็นต้น ในที่นี้ใช้ RAM 6264 ซึ่งมีความจุ 8K*8 ไบท์

3.4 วงจรถอดรหัสหน่วยความจำ (MEMORY DECODER)

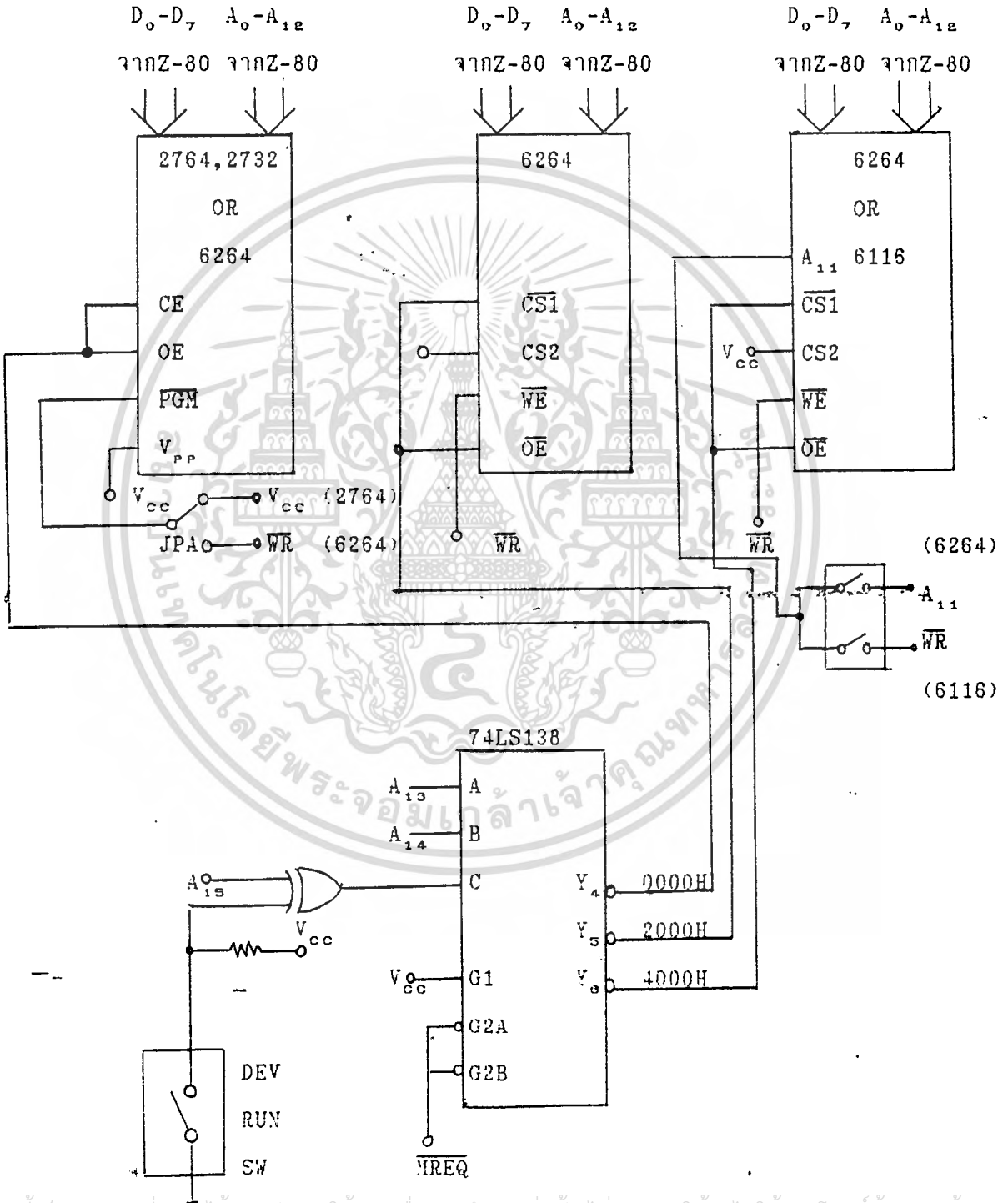
รายละเอียดการจัดหน่วยความจำ



การจัดหน่วยความจำของระบบไมโครโปรเซสเซอร์นี้จะอ้าง ADDRESS เริ่มต้นที่ 800H เมื่อใช้ทำโปรแกรมสำหรับการนิยมนา (ในโหมด DEV) และเมื่อจะนำโปรแกรมไปใช้งานระบบไมโครโปรเซสเซอร์นี้ระบบ RELOCATE เมื่อให้หน่วยความจำไปเริ่มต้นที่ 0000H ได้ (ในโหมด RUN) เมื่อชี้เป็น ADDRESS ที่กำหนดเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง หรือกด RESET การที่จะนำซีพียู ทำการในต่อไปหน่วยความจะตาม ADDRESS ตามที่อ้างถึงในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจำเป็นที่จะต้องมีวงจรสำหรับถอดรหัสหน่วยความจำ (MEMORY DECODER) เนื่องที่จะทำการถอดรหัส ADDRESS ของหน่วยความจำที่เราได้จัดไว้ดังตาราง MEMORY MAPPING ข้างบน สำหรับวงจรถอดรหัสหน่วยความจำจะเป็นดังรูป



รูปที่ 6 วงจรแสดงการต่อ MEMORY กับ MEMORY DECODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในที่นี้เราจะใช้งานในโหมด RUN เพราะฉะนั้นจากรูปที่ 6 DEV.RUN SW จะ OFF เมื่อที่จะได้อยู่ในโหมด RUN

เนื่องจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีหน่วยความจำ 2 อย่าง จำเป็นต้องมีวงจรแยกตำแหน่งของหน่วยความจำทั้ง 2 ชนิดดังนี้

- ตำแหน่ง (ADDRESS) 0000H ถึง 1FFFH เป็นตำแหน่งที่ซีพียูใช้ติดต่อกับ EPROM เบอร์2764 ซึ่งจะใช้เป็น MONITER PROGRAM จากรูปที่ 6 JP1จะต้องต่อกับ V_{cc} จึงจะเป็น 2764 หรือจะใช้ EPROM เบอร์2732 ก็ได้ แต่ ADDRESS จะเป็น 0000H ถึง 0FFFH เพราะว่า EPROM เบอร์2732 ซึ่งมีขา 24 ขา จะมีขาสัญญาณเหมือนกับ EPROM เบอร์2764 ซึ่งมีขา 28 ขา ตั้งแต่ขาสัญญาณหมายเลข 3 ถึงขาสัญญาณหมายเลข 26 เนื่องจากระบบที่เราออกแบบไว้ใช้ EPROM เบอร์ 2764 ดังนั้นเราจึงสามารถนำมา EPROM เบอร์ 2732 มาเสียบแทนใน SOCKET ได้

- ตำแหน่ง 2000H ถึง 3FFFH เป็นตำแหน่งที่ซีพียู ให้ติดต่อกับหน่วยความจำที่เปลี่ยนแปลงได้ (RAM 6264)

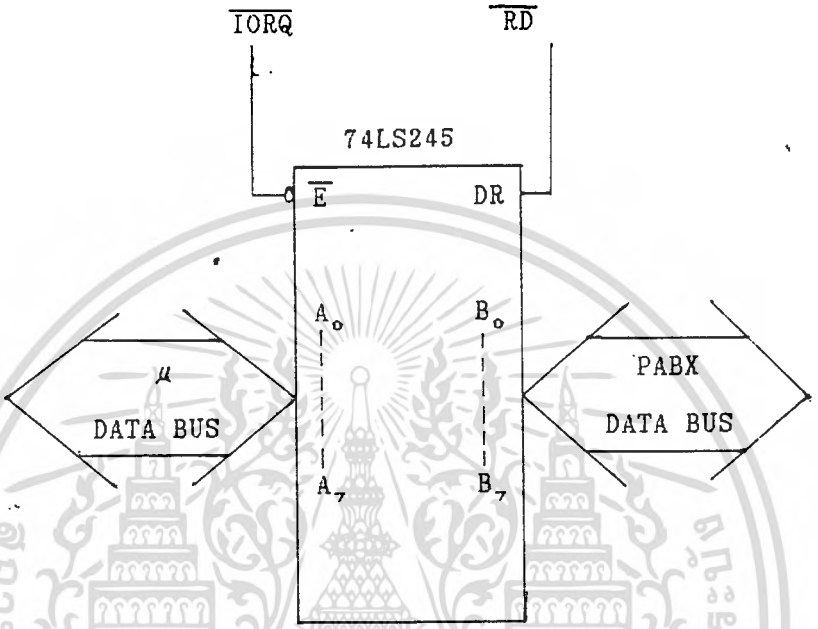
- ตำแหน่ง 4000Hถึง 5FFFHเป็นตำแหน่งที่ซีพียูใช้ติดต่อกับหน่วยความจำ RAM 6264 จากรูปที่ 3 A_{11}ของ RAM 6264 จะต่อกับ SW เข้ากับA_{11} ของZ-80 CPU หรือตำแหน่ง 4000H ถึง 47FFHจะเป็นตำแหน่งที่ CPU ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำ RAM 6116 จากรูปที่ 6 A_{11} ของRAM 6264 จะต่อ SW เข้ากับ WR ของZ-80 CPU เพราะว่า RAM 6116 จะมีขา 24 ขา และ RAM 6264 มี 28 ขา โดยที่ขาสัญญานของ 6116 จะเหมือนกับขาสัญญานของ 6264 ตั้งแต่ขา 3 ถึง ขา 26 ยกเว้นขา 23 เนื่องจากที่ขานี้ 6264 จะเป็นขา A_{11} แต่ของ 6116 จะเป็น WR ส่วนนี้จะใช้เป็นที่สำหรับขยายหน่วยความจำของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ โดยจะใช้ RAM 6264 หรือ 6116 ก็ได้

3.5 วงจรเชื่อมกลางระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับระบบPABX(INPUT/OUTPUT INTERFACE)

วงจรนี้ประกอบด้วยบัฟเฟอร์ 2 ทาง (BIDIRECTIONAL BUFFER) ต่อกับสัญญานควบคุมที่มาจาก CPU เพื่อทำหน้าที่ส่งข้อมูลออกเมื่อซีพียู ต้องการส่งสัญญานออกไปควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ หรือรับข้อมูลเข้าเมื่อต้องการจะทราบสถานะต่าง ๆ ภายในระบบชุมสายโทรศัพท์ทางใดทางหนึ่ง โดยซีพียูเป็นตัวส่งสัญญานควบคุมมายังวงจรนี้ และเมื่อไม่มีการติดต่อระหว่าง 2 ระบบนี้ วงจรนี้จะทำหน้าที่ตัดระบบทั้งสองนี้แยกจากกัน โดยที่ทั้งสองระบบจะไม่รบกวนกันเลย ใช้ไอซีเบอร์ 74LS245 (TRI-STATE BUFFER) จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าเมื่อ IORQ และ RD เป็นลอจิก 0 ไอซี 74LS245 จะส่งข้อมูลจากระบบ PABX มายังระบบไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ถ้า RD เป็นลอจิก 1 ในขณะที่IORQ เป็นลอจิก 0 74LS245 จะส่งข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ออกไปยังระบบPABX และถ้าสัญญาน IORQ เป็นลอจิก 1 74LS245 จะแยกDATA BUS ของระบบ MICROPROCESSOR กับระบบ PABX ออกจากกันโดยสิ้นเชิง โดยที่ไม่สนใจว่าสัญญาน RD จะเป็นลอจิก 0 หรือ 1

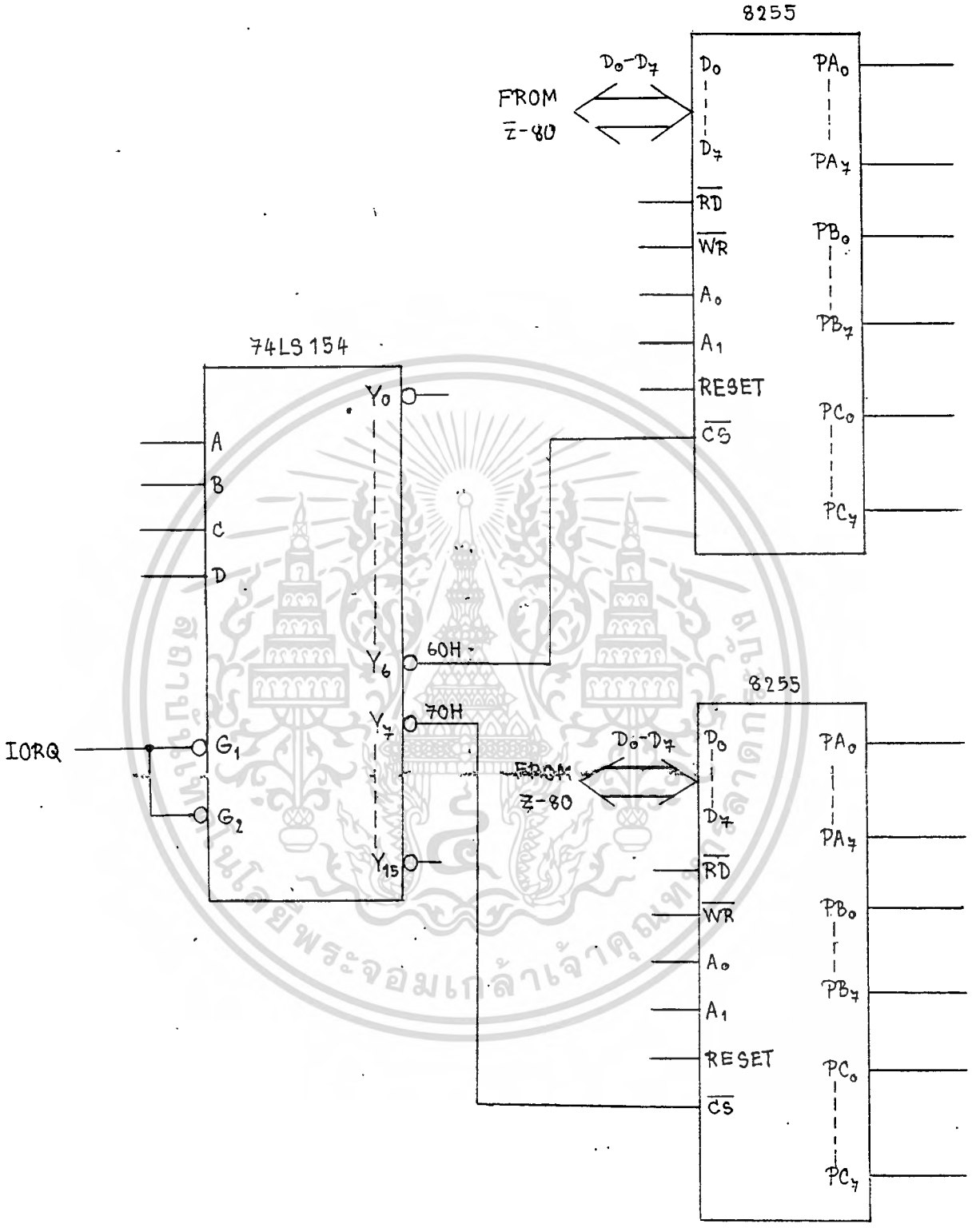


รูปที่ 7 แสดงวงจร I/O INTERFACE

3.6 วงจรถอดรหัสจุดสัญญาณเข้าออก (INPUT/OUTPUT DECODER)

เนื่องจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบใช้ เครื่องชุมสายโทรศัพท์นี้ต้องใช้จุดสัญญาณออก (INPUT PORT) 31 จุด (port) และ 13 จุด (port) สัญญาณเข้า (INPUT PORT) จำเป็นจะต้องมีวงจรเพื่อให้ ซีพียู เลือกใช้จุดสัญญาณเข้าออกใดบ้าง วงจรนั้นคือ วงจรถอดรหัส โดยใช้ ไอซี เบอร์ 74 LS 154 (4 TO 16 LINES DECODER) ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมจาก ซีพียู ดังรูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 วงจรแสดง I/O DECOTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 จุดรับสัญญานเข้าออก (INPUT/OUTPUT PORT)

ในหัวข้อนี้ขอกล่าวเพียงสังเขปก่อน และจะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งในบทต่อไป จุดรับส่งสัญญานเข้าออกนั้น เราจะใช้ไลซีเบอร์ 8255 ซึ่งเป็น PORT ที่เป็นได้ทั้ง INPUT PORT หรือ OUTPUT PORT ก็ได้

- จุดสัญญานเข้า (INPUT PORT) เป็นพอร์ตที่ไมโครโปรเซสเซอร์ใช้รับข้อมูลจากเครื่องโทรศัพท์ภายในและคีย์บอร์ด

- จุดสัญญานออก (OUTPUT PORT) เป็นพอร์ตที่ไมโครโปรเซสเซอร์ใช้ส่งข้อมูลจาก CPU ไปควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณและการสร้าง

4.1 ส่วนเชื่อมต่อโทรศัพท์ภายนอก

(EXTERNAL TELEPHONE CIRCUIT)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนเชื่อมต่อของ คู่สายโทรศัพท์ภายในให้สามารถติดต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอกได้ โดยในส่วนนี้จะประกอบด้วยส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกรวมอยู่ด้วย

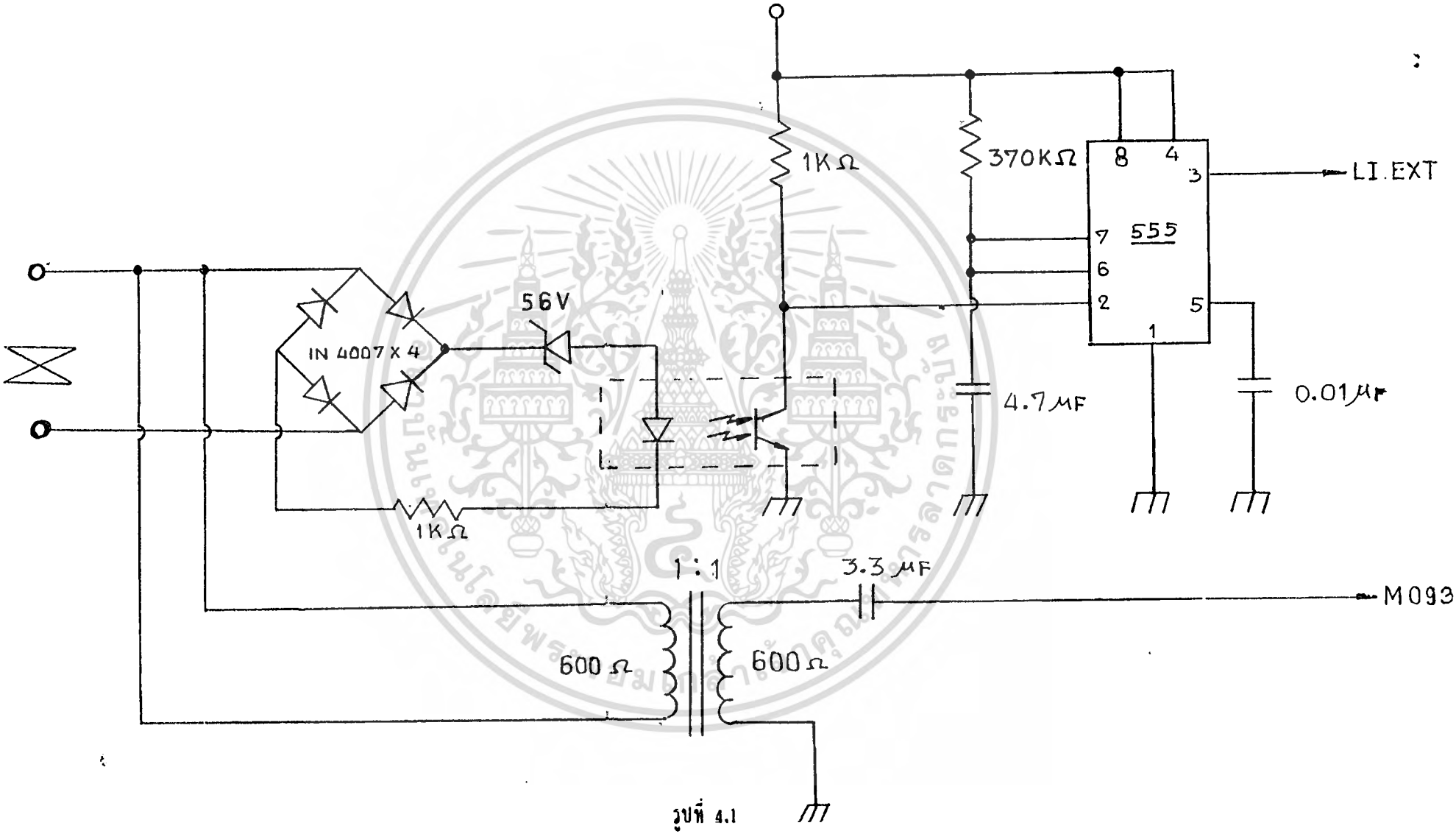
วงจรของส่วนเชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์ภายนอกแสดงตามรูปที่ 4.1

หลักการทำงานของวงจร

จากวงจรเมื่อมีสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอก(Ringing)เข้ามาจะผ่าน C 0.1 uF 250V เข้า Bridge เป็นไฟ DC ป้อนให้กับ OPTO COUPLER เมื่อ OPTO COUPLER ทำงานแล้วจะให้ลอจิกเป็น "0"ผ่าน NOT GATE สัญญาณลอจิกเป็น "1" ส่งไปยัง CPU เมื่อ CPU รับรู้ก็จะสั่งให้ RELAY ต่อสัญญาณเข้ามายังTRANFORMER เป็นสัญญาณเสียงเข้า M 093 จากนั้นเมื่อมีสัญญาณTONE ของปุ่มกด จากคู่สายภายนอกเข้ามาเพื่อเลือกคู่สายภายใน สัญญาณนี้จะถูก DECODE โดยภาคถอดรหัสความถี่ส่งให้CPU เมื่อ CPU รับรู้ว่าต้องการต่อกับคู่สายภายในหมายเลขใดก็จะส่งสัญญาณไปสั่งให้ RELAY ต่อ BELL SIGNAL กับคู่สายภายในนั้นๆ เมื่อคู่สายภายในยกหูก็จะมีสัญญาณไปให้ CPU ทราบและต่อคู่สายนั้นกับคู่สายภายนอกโดยผ่าน M 093

Animal Nitrate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


1KΩ
370KΩ
8
4
3
LI.EXT
555
7
6
2
5
1
56V
IN 4007 X 4
4.7μF
0.01μF
1KΩ
1 : 1
3.3μF
M093
600Ω
600Ω

รูปที่ 4.1

4.2 ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน

(INTERNAL TELEPHONE CIRCUIT)

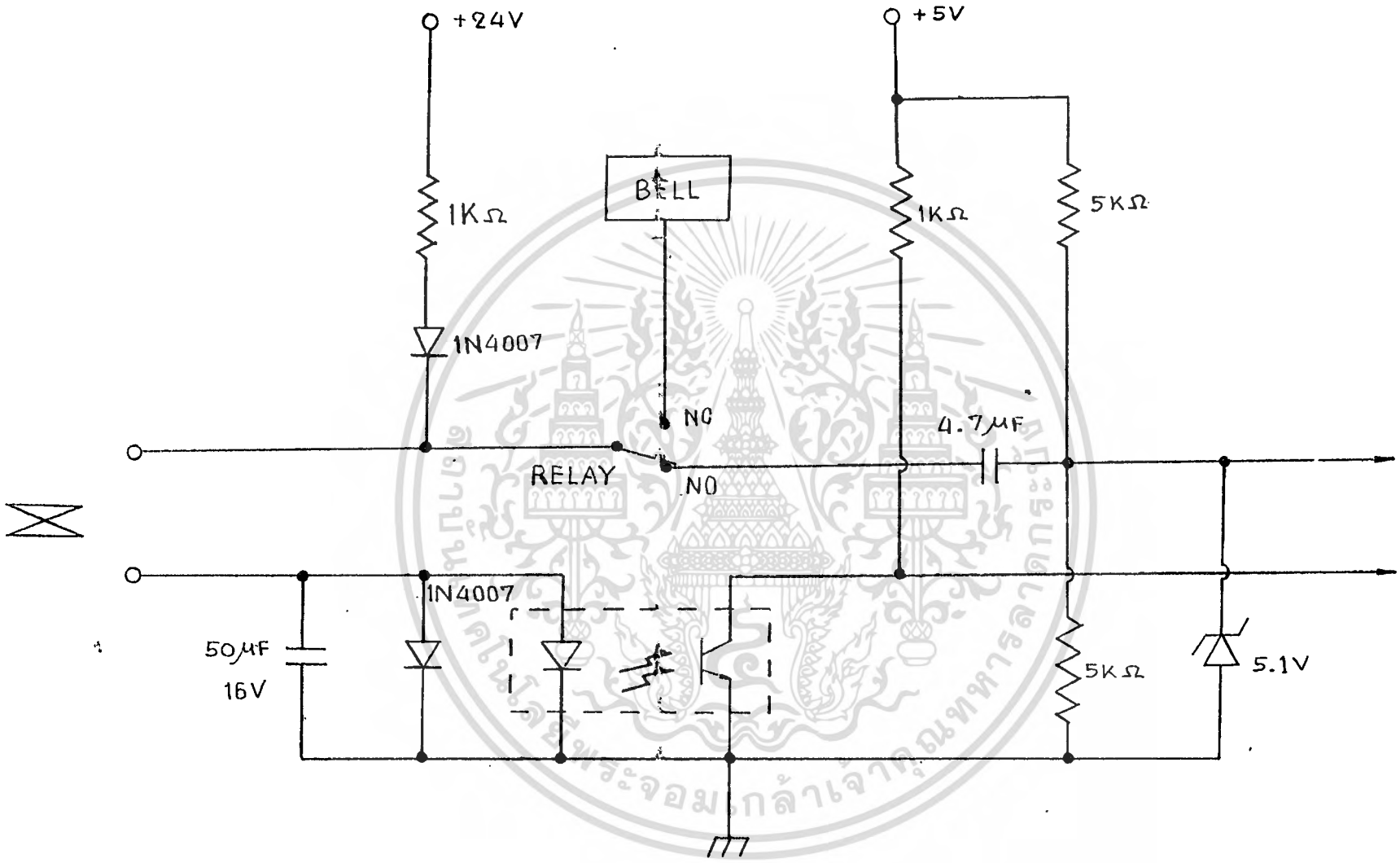
ในส่วนนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงและป้อนสัญญาณกระดิ่งให้กับเครื่องโทรศัพท์ภายใน นอกจากนี้ยังสามารถเช็ค (CHECK) สถานะการฮุค (HOOK) ของเครื่องลูกได้ว่ามีสถานะของการยกหูใช้งานอยู่หรือวางหู ซึ่งมีลักษณะเป็นลอจิกศูนย์ (LOGIC 0) เมื่อมีการวางหู และเมื่อมีการยกหูใช้งานก็มีลอจิกเป็นหนึ่ง (LOGIC 1) ซึ่งเป็นการบอกหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ว่าเครื่องลูกต้องการใช้งาน หรือ กำลังใช้งาน เพื่อหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) จะได้ทำงานตามขั้นตอนต่อไป

วงจรของส่วนติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายในแสดงดังรูปที่ 4.2

หลักการทำงานของวงจร

จากวงจร เมื่อโทรศัพท์คู่สายภายในมีการยกหูก็จะทำให้ OPTO COUPLER ทำงาน แล้วจะให้สัญญาณลอจิกเป็น 0 ผ่าน NOT GATE สัญญาณลอจิกเป็น 1 ผ่านทาง Port เข้า CPU ให้รับรู้CPU ก็จะรับรู้แล้วรอสัญญาณTONE จากคู่สายนั้น เมื่อมีTONEเข้ามาก็จะDE-CODEโดยภาคถอดรหัสสัญญาณความถี่ ให้CPUรู้ว่าต้องการติดต่อกับคู่สายใด แล้วสั่งให้ RE-LAY ต่อ BELL SIGNALให้คู่สายนั้นเมื่อคู่สายนั้นยกหู ก็จะมีสัญญาณผ่าน OPTO ผ่าน Port เข้า CPU ให้รับรู้ว่ายกหูแล้วก็จะสั่งให้ RELAY ต่อคู่สายโทรศัพท์นั้นผ่าน ~~ค 0934~~ ข้ามไปยังเครื่องที่โทรมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรของส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน

4.3 ส่วนสวิตช์ควบคุมการติดต่อระหว่างคู่สายทั้ง 10 คู่สายในกับคู่สายนอก 3 คู่สาย

ส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสัญญาณเสียง โดยทำการตัดต่อคู่สัญญาณรับ-ส่งแทนระบบเก่าที่ใช้รีเลย์(RELAY) ในการติดต่อซึ่งสามารถควบคุมได้ง่ายด้วย ไมโครโปรเซส-เซอร์โดยที่สัญญาณเสียงไม่เพี้ยน

วงจรส่วนควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.3

หลักการทำงาน

จากวงจรรูปที่ 4.3 ใช้เมตริกซ์สวิตช์(MATRIX SWITCH)ซึ่งเป็นไอซี 12*8 ครอสพอยน์ สวิตช์ (12*8 CROSS POINT SWITCH)เบอร์ MC 093 ไอซีตัวนี้ภายในประกอบด้วยสวิตช์ 96 ตัว ต่อเป็นแบบเมตริกซ์ 12*8 แต่ละตัวมีไดโอดโปรเทคชั่น (DIODE PROTECTION)และสวิตช์ทุกตัวจะถูกรีเซ็ททุกครั้ง เมื่อเริ่มจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ตัวไอซี และสวิตช์แต่ละตัวสามารถกำหนดให้ปิด(OFF) หรือเปิด(ON) ได้โดยการใส่ตำแหน่งแอดเดรส 7 บิท (ADDRESS 7 BIT)ของสวิตช์ที่ต้องการเปิดหรือปิด โดยการแบ่งแอดเดรส 7 บิท เป็น AX0-AX3และAY0-AY2 โดยค่าของแอดเดรสเพื่อทำการเปิดหรือปิดสวิตช์เป็นไปตามตาราง TRUTH TABLE แล้วให้สัญญาณเก็บข้อมูล(STROBE) มีลอจิกเป็นหนึ่ง เพื่อทำการแปลง 7 บิทเป็น 96 บิท หลังจากนั้นก็ให้สัญญาณข้อมูล(DATA IN)เป็นลอจิกหนึ่ง เมื่อต้องการเปิดสวิตช์(ON)และเป็นลอจิกศูนย์ เมื่อต้องการปิดสวิตช์(OFF) ณ ตำแหน่งสายส่งกับสายรับสัญญาณของแต่ละเครื่อง หลังจากนั้นสัญญาณก็จะสามารถรับส่งผ่านไปได้

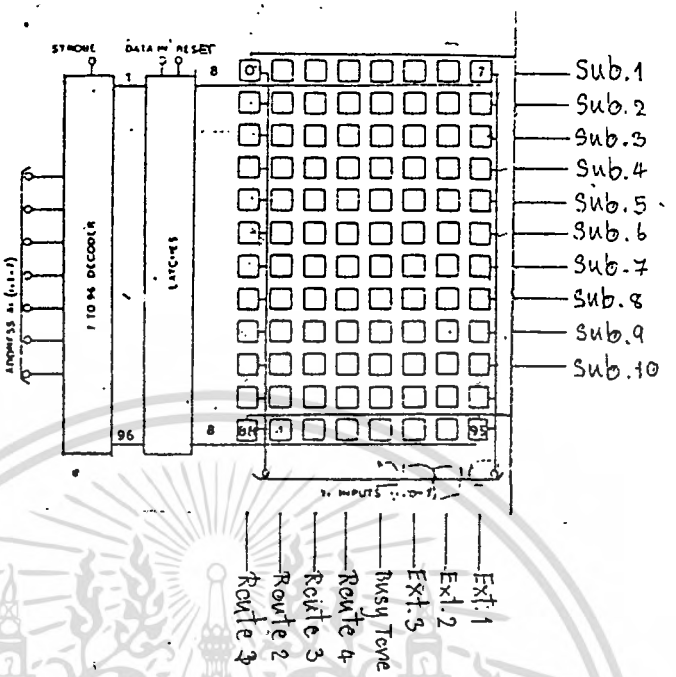
TRUTH TABLE

Address							Connections
AX0	AX1	AX2	AX3	AY0	AY1	AY2	
0	0	0	0	0	0	0	X0 - Y0
1	0	0	0	0	0	0	X1 - Y0
0	1	0	0	0	0	0	X2 - Y0
1	1	0	0	0	0	0	X3 - Y0
0	0	1	0	0	0	0	X4 - Y0
1	0	1	0	0	0	0	X5 - Y0
0	1	1	0	0	0	0	no connection
1	1	1	0	0	0	0	no connection
0	0	0	1	0	0	0	X6 - Y0
1	0	0	1	0	0	0	X7 - Y0
0	1	0	1	0	0	0	X8 - Y0
1	1	0	1	0	0	0	X9 - Y0
0	0	1	1	0	0	0	X10- Y0
1	0	1	1	0	0	0	X11- Y0
0	0	0	0	1	0	0	X0 - Y1
1	0	0	0	1	0	0	X1 - Y1
0	0	0	0	0	1	0	X0 - Y2
1	0	1	1	1	1	1	X13- Y7

addresses not allowed

Ax = 0110 and Ax = 1110 are not allowed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Route - ทางเดินของสัญญาณ

Sub - เครื่องโทรศัพท์ภายใน

Ext - โทรศัพท์สายนอก

busy tone - สัญญาณไม่ว่างซึ่งมีความถี่ประมาณ 400 Hz

รูปที่ 4.3

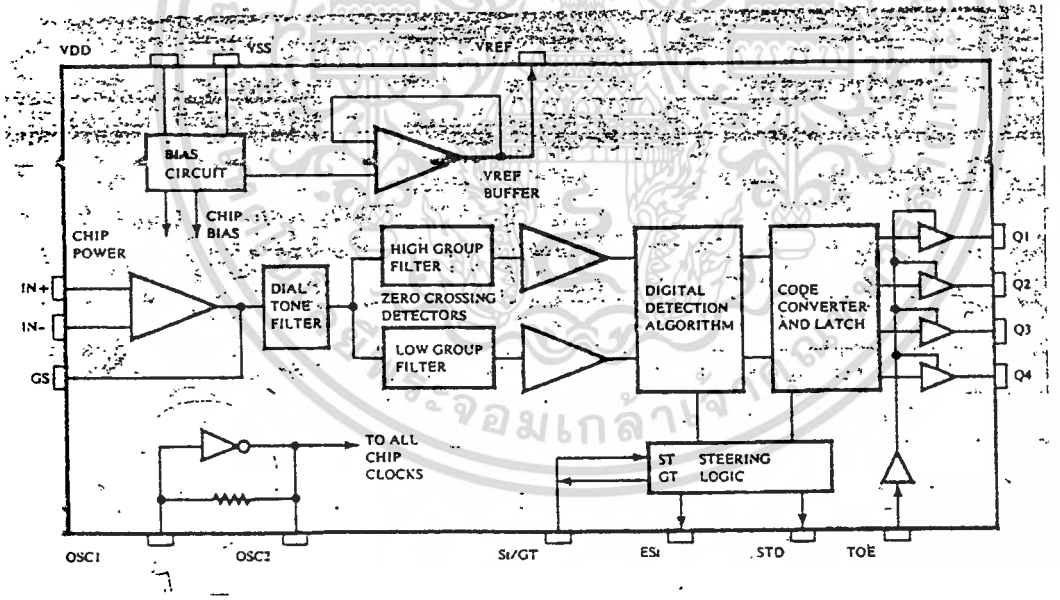
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การแปลงสัญญาณทางโทรศัพท์แบบความถี่ (DECODE TONE)

ใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ในการแปลงความถี่ของการกดปุ่มโทรศัพท์แต่ละหมายเลข เพื่อแปลงให้เป็นเลขฐานสองจำนวน 4 หลักมีค่าตามหมายเลขที่กดซึ่งเป็นประโยชน์ในการบอกให้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รู้และนำไปปฏิบัติได้

โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ภายในประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังค์ชั่นทางดิจิตอล ในส่วนของวงจรกรองความถี่ ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสจะใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกมาเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท(BIT) และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ข้างนอกเอาท์พุทเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ



รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังค์ชั่นการทำงานภายในของ MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

-ภาคกรองความถี่ (FILTOR SECTION)

-ภาคถอดรหัส (DECODE SECTION)

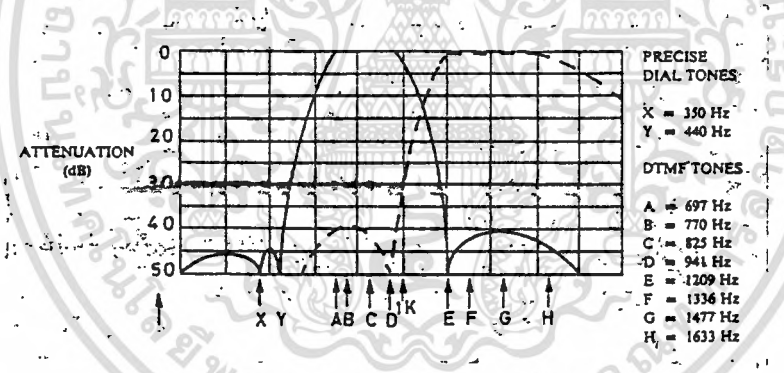
-ภาคตรวจสอบสัญญาณ (STEERING CIRCUIT)

-ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (DIFFERENTIAL INPUT)

-ภาคกำเนิดความถี่ (OSCILLATOR)

ภาคกรองความถี่

ในส่วนนี้ จะแยกสัญญาณความถี่ทางโทรศัพท์(DTMF) ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดคาปาซิเตอร์ (SIX-ORDER SWITCHED CAPACITOR BAND PASS FILTOR) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ



รูปที่ 4.5 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

ภาคถอดรหัส

ความถี่ทางโทรศัพท์(DTMF) ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดย ใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (EARLY STEERING) ก็จะแอคทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่นั้นแสดงดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

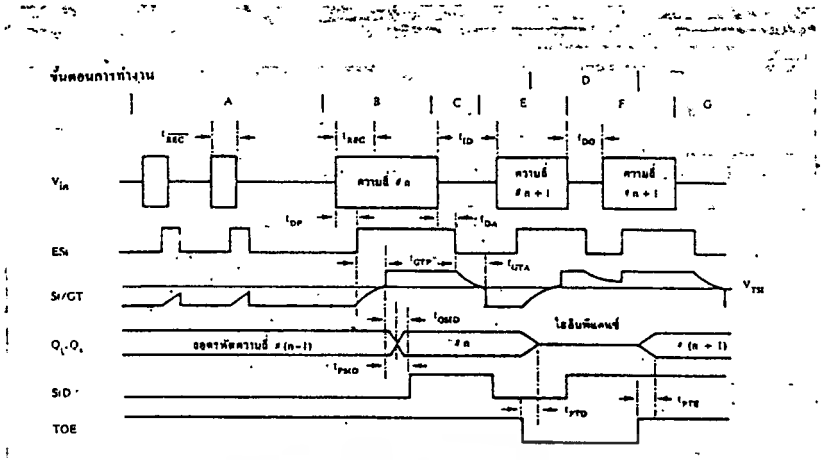
F_{LOW}	F_{HIGH}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

รูปที่ 4.6 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้ความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งโดยใช้ค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุ(R,C)ภายนอก สัญญาณที่ขา EST จะเป็นระดับสัญญาณสูง(HIGH)นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ทางโทรศัพท์(DTMF)เข้ามา จากรูปที่ 4.8 เมื่อขา EST เป็นHIGH ทำให้ค่าแรงดัน V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ(C) จะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัส จึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิท รายละเอียดการทำงานดูได้จากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม(TIMING DIAGRAM) ในรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์พุต

C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E - ความถี่ # n + 1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

C - จบความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

ESt - Early Sterring output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/GT - Steering input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q_1-Q_4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

StD - Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

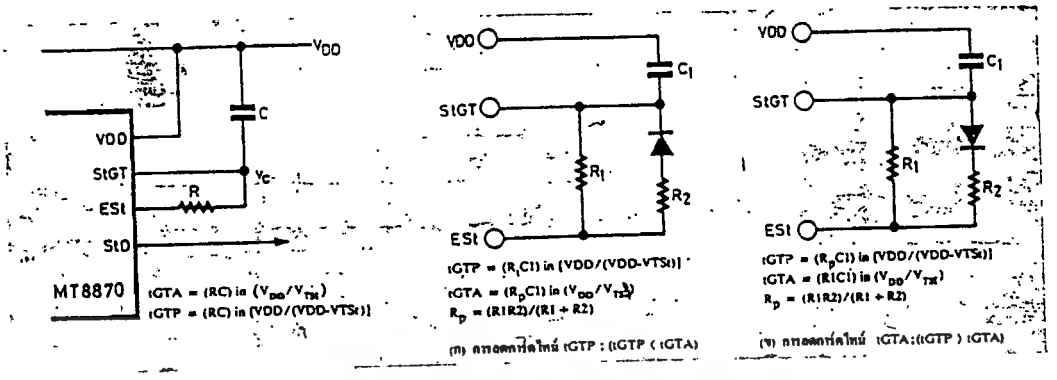
t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

รูปที่ 4.7 ไทมิ่งไดอะแกรมการทำงานของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



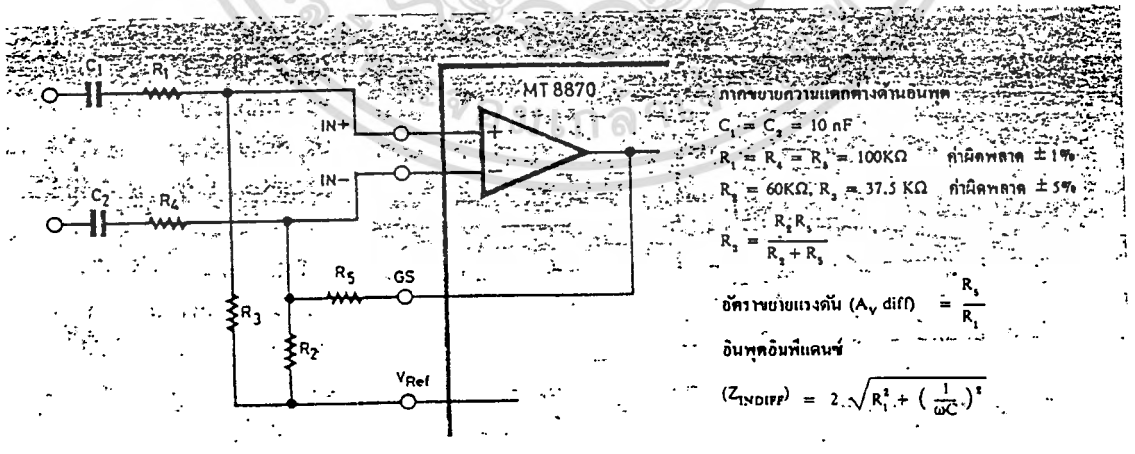
รูปที่ 4.8 แสดงวงจรตรวจสอบอย่างง่ายและแสดงการกำหนด
เวลาการ์ดไทม์(GARD TIME) พร้อมวิธีการคำนวณ

ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราการขยายโดยวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปอีกดังรูปที่ 4.9 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุทซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

อัตราขยาย (A_v diff.) = R_5/R_1

อินพุทอิมพีแดนซ์ (Z_{in} diff.) = $2(R_1+(1/WC)^2)^{1/2}$

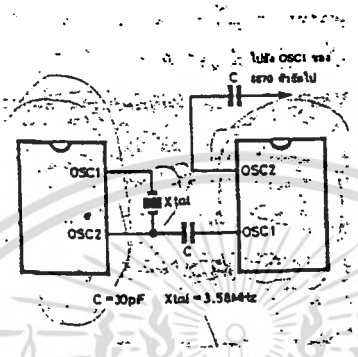


รูปที่ 4.9 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อ คริสตอลขนาด 3.579 เมกกะเฮิรทซ์ ก็ใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงการต่อวงจรกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ส่วนสร้างสัญญาณต่างๆของโทรศัพท์

รายละเอียด และคุณลักษณะของสัญญาณต่างๆในโทรศัพท์ ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ผ่านมา ในส่วนนี้จะกล่าวถึง วิธีการสร้างสัญญาณต่างๆที่กล่าวมา คือ

1. สัญญาณให้หมุน (DIAL TONE)

วงจรสร้างสัญญาณให้หมุน ใช้ไอซี ไทม์เมอร์(TIMER) เบอร์ 555 สร้างเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ กำเนิดสัญญาณความถี่ประมาณ 400 Hz โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

$$f\ (DIAL) = 1.44/(R_a+2R_b)*C$$

$$= 1.44/(1.2+2.4)*1000*1\ uF$$

$$= 400\ Hz$$

$$DUTY\ CYCLE = R_b/(R_a+2R_b)$$

$$= 1.2/(1.2+2.4)$$

$$= 0.33$$

โดยที่สัญญาณให้หมุนนี้ จะถูกส่งเข้าที่เกทสามสถานะ(TRI-STATE GATE) ซึ่งควบคุมการทำงานโดยไมโครโปรเซสเซอร์

2. สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)

วงจรสร้างสัญญาณไม่ว่าง ใช้ไอซีไทม์เมอร์ เบอร์ 555 2 ตัว สร้างเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยที่ตัวแรกสร้างเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 400 เฮิร์ท (Hz) ซึ่งมีหลักการเหมือนวงจรให้หมุน ส่วนตัวที่สองสร้างเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 1.4 Hz ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$ON = 0.5\ SEC \qquad OFF = 0.5\ SEC$$

$$f = 1.44/(2.2+1000)*1000*1\ uF$$

$$= 1.4\ Hz$$

$$DUTY\ CYCLE = 500/(2.2+1000)$$

$$= 0.49$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วนำสัญญาณทั้งสองมารวมกัน โดยผ่านแอน (AND GATE) แล้วจะได้สัญญาณไม่ว่างที่สมบูรณ์

3. สัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE)

วงจรสร้างสัญญาณเรียกกลับ มีหลักการและวิธีการสร้างเหมือนการสร้างสัญญาณไม่ว่างซึ่งใช้ ไอซีไทม์เมอร์ เบอร์ 555 2 ตัว โดยที่ตัวแรกสร้างเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 400 Hz ส่วนตัวที่สองสร้างเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 0.24 Hz ซึ่งมีหลักการคำนวณดังนี้

ON = 1 SEC OFF = 3 SEC

f = 1.44/(300+300)*1000*10 uF

= 0.24 Hz

DUTY CYCLE = 150/(300+300)

= 0.25

แล้วนำสัญญาณทั้งสองมารวมกัน โดยผ่านแอนเกท (AND GATE) แล้วจะได้สัญญาณเรียกกลับที่สมบูรณ์

4. สัญญาณเรียก (RINGING TONE)

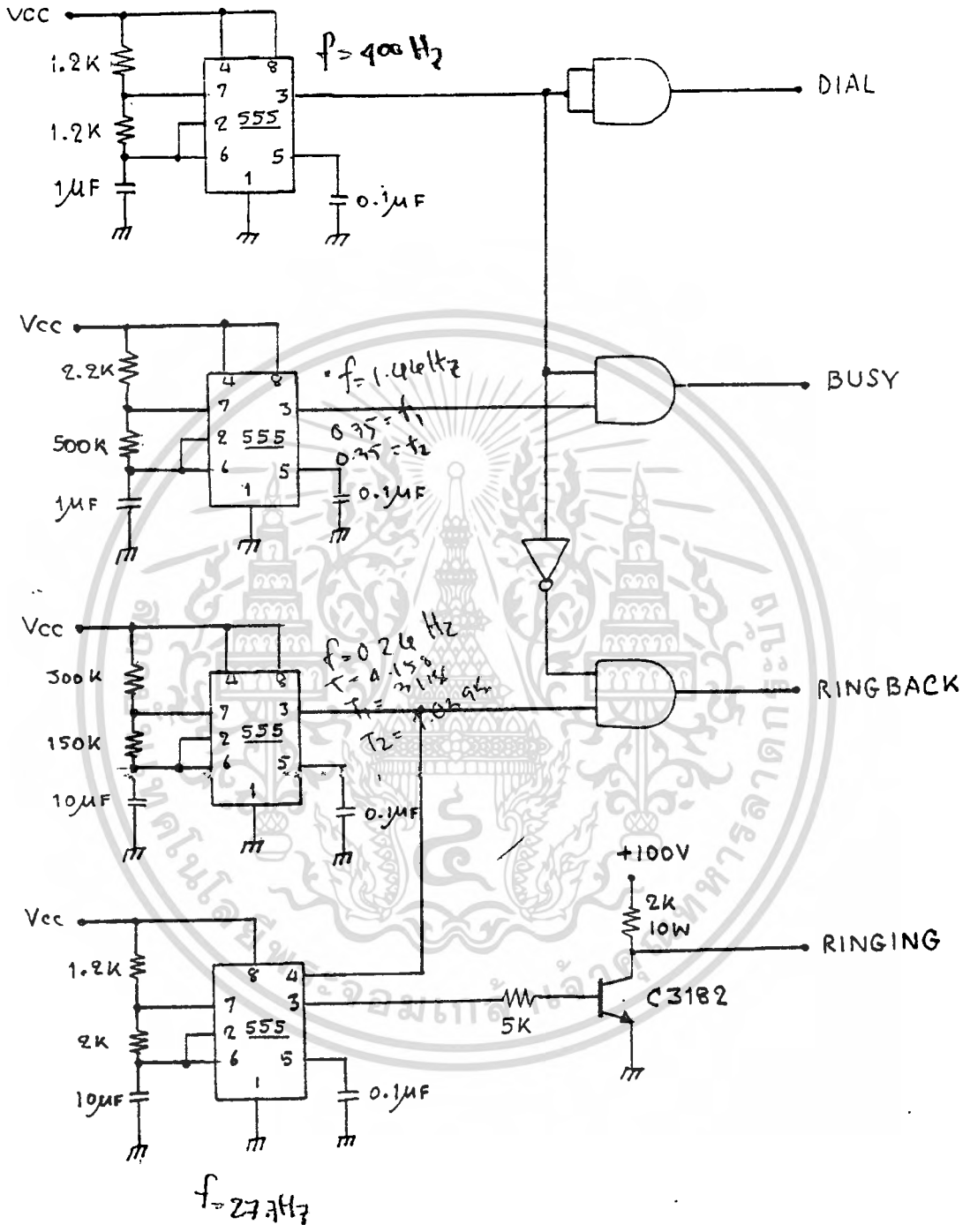
วงจรสร้างสัญญาณเรียก ใช้ไอซีไทม์เมอร์ 555 1 ตัว สร้างเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์กำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 28 Hz ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

f = 1.44/(1.2+4)*1000*10 uF

= 28 Hz

แล้วนำสัญญาณนี้ไปต่อเข้ากับ เพาเวอร์ ทรานซิสเตอร์ (POWER TRANSISTOR) เพื่อขยายเป็นสัญญาณเอซีขนาด 100 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงวงจรสร้างสัญญาณต่างๆของชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้เป็นชุมสายขนาดเล็กที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับเครื่องชุมองค์การโทรศัพท์ โดยไม่มีโอเปอร์เรเตอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ เป็นส่วนมาก เพื่อที่จะให้ชุมสายโทรศัพท์มีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็ว เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด ขณะเดียวกันก็กินกำลังไฟฟ้าน้อยลง สามารถทำได้ง่าย โดยเฉพาะในการพัฒนาฟังก์ชั่นการทำงานโดยการพัฒนาเพียงซอร์ฟแวร์ที่ควบคุมการทำงาน

แนวทางพัฒนาและการแก้ปัญหา

แนวทางพัฒนา การวางตำแหน่งอุปกรณ์ควรแยกอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนออกให้ห่างจากระบบควบคุม

ปัญหา

1) เกิดสัญญาณรบกวนข้ามช่องสัญญาณ(routh)เมื่อมีการใช้ช่องสัญญาณ(routh) มากกว่า 2 ช่องสัญญาณ(routh) จากการทดลองพบว่าเกิดจาก ไอซี เบอร์ M 093 ที่ใช้ในการสวิทช์

2) เนื่องจากชุมสายที่ใช้ระบบ พัลส์ (pulse) ที่ใช้ในการทดลองไม่มีจึงไม่สามารถกำหนดเวลาในการเคาะรีเลย์ได้ ทำให้ไม่สามารถติดต่อกับชุมสายที่เป็นระบบ พัลส์ (pulse) ได้ เนื่องจากในการติดต่อกับภายนอกใช้การเคาะรีเลย์ให้เป็น พัลส์ (pulse)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้งานเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (PABX)

วิธีการใช้งานละเอียด

เครื่องโทรศัพท์ในระบบ PABX จะมีหมายเลขประจำเครื่องตั้งแต่หมายเลข 10 - 19 วิธีการใช้งานมีดังนี้

1. การติดต่อภายใน

1.1 ยกหูดทรศัพท์ฟังเสียงสัญญาณยาวต่อเนื่อง ความถี่ประมาณ 400 Hz ก่อนจึงค่อยหมุนเลขหมายที่ต้องการติดต่อ (เลข 10 ถึงเลข 19) เพียงหมายเลขเดียว

1.2 ถ้าทางด้านปลายสายที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณดัง 0.3 วินาที หยุด 0.3 วินาทีติดต่อกัน ให้วางหูโทรศัพท์แล้วคาดคะเนเวลาว่างทางด้านปลายสายแล้วจึงค่อยเริ่มโทรใหม่ตามข้อ 1

1.3 ถ้าหากด้านปลายสายว่าง และการใช้คู่สายยังไม่ครบ 4 คู่สาย จะได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับดัง 1 วินาที หยุด 3 วินาทีติดต่อกันไป ส่วนทางด้านปลายสายจะมีเสียงกระดิ่งตามจังหวะเดียวกัน

1.4 เมื่อปลายสายรับก็พูดคุยกันได้ โดยที่ผู้ใช้โทรศัพท์หมายเลขอื่นไม่สามารถจะดักฟังได้

2. การติดต่อภายนอก

เครื่องโทรศัพท์ PABX จะต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ได้ 3 เลขหมายการใช้งานทั้งกรณีการโทรเข้าและการโทรออกจะใช้ได้เพียง 3 เครื่องโทรศัพท์โดยที่ผู้อื่นไม่สามารถจะดักฟังได้ วิธีการใช้งานมีดังนี้

2.1 ยกหูโทรศัพท์ฟังเสียงสัญญาณยาวต่อเนื่อง จึงค่อยหมุนหมายเลข 9 แล้วหยุดคอยฟังเสียงสัญญาณ

2.2 ถ้าสายการติดต่อภายนอกว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณว่างคล้ายเสียงแมวกรนก็สามารถหมุนหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้ทันที

2.3 ในกรณีที่สายการติดต่อภายนอกไม่ว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณ 2 ลักษณะคือ

2.3.1 ถ้าได้ยินสัญญาณเรียกกลับคือดัง 1 วินาที เงียบ 3 วินาที เครื่อง PABX จะส่งสัญญาณเสียง 3 ระดับ เตือนแก่ผู้ที่กำลังใช้สายนอกว่ามีผู้ต้องการใช้สายนอกรออยู่ และสัญญาณนี้จะเตือนทุก 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรายังคงจองสายนอกอยู่โดยการยกหูโทรศัพท์และคอยฟังเสียงสัญญาณเรียกกลับตลอดเวลา เมื่อผู้ใช้สายนอกวางหู เครื่อง PABX จะตัดสายนอกโดยอัตโนมัติให้ผู้จองสายสามารถใช้ได้ซึ่งสัญญาณว่างที่ได้ยินจะเป็นเช่นเดียวกับข้อ 2.2

หมายเหตุ ในการจองสายนอกอยู่ ถ้าผู้จองวางหูโทรศัพท์ จะถือว่าเป็นการเลิกจอง

2.3.2 ถ้าได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง คือดัง 0.3 วินาที หยุด 0.3 วินาที แสดงว่ามีผู้ใช้สายนอกอยู่และมีผู้จองสายอยู่อีก 1 คนด้วย ให้วางหูโทรศัพท์แล้วคาดคะเนเวลาให้สายว่างจึงค่อยเริ่มข้อที่ 2.1

3. การโทรเข้าจากภายนอก

3.1 กรณีที่ผู้โทรเข้าใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่มแล้วมีเสียง (DTMF)

ถ้าสายว่างผู้โทรเข้าจะได้ยินเสียงสัญญาณ "ต๊อด-ตี๊-ต๊อด" แล้วจะเงียบเพื่อให้ผู้ที่โทรเข้ากดปุ่มหมายเลข "10-19" เพื่อติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อได้ทันทีเสียงสัญญาณที่ได้รับจะเป็นเสียงดังนี้

1.ถ้าโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อว่าง ผู้โทรเข้าจะได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับดัง 1 วินาที เงียบ 3 วินาที

2.ถ้าโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง ผู้โทรเข้าจะได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับดัง 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที สลับกันประมาณ 3 ครั้ง แล้วกลายมาเป็นเสียงสัญญาณเรียกกลับดัง 1 วินาที เงียบ 3 วินาที เครื่อง PABX จะต่อสายเข้ากับเครื่องที่ 1 หรือเครื่องอื่นที่ว่างโดยอัตโนมัติ

3.ถ้าสัญญาณที่ได้รับมีน้อยมาก ผู้โทรเข้าจะถูกต่อไปยังเครื่องที่ 1 หรือเครื่องอื่นที่ว่างโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ได้รับแนวความคิดจาก อาจารย์ไพศาล สิทธิโชภาสกุล และ อาจารย์ชวลิต เบญจางคประเสริฐ ทั้งยังให้คำแนะนำ และสนับสนุนมาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ไพศาล สิทธิโชภาสกุล และอาจารย์ ชวลิต เบญจางคประเสริฐ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิคส์ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการทำปริญญานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. William Barden, Jr., "The Z-80 microcomputer handbook.", Indiana,Howard W.Sam & Co., Inc.,1978.

2. Handbook,"TTL Databook" Texas Instroment Inc., U.S.A,1981

3. Handbook,"Z-80 CPU Technical manual.",Zilog Inc.,U.S.A,1978.

4 Don Lancaster, "TTL Cookbook",Indiana,Howard W. Sam &Co.,Inc. ,1977.

5. ยืน ภู่วรวรรณ , วัฒนา เสียงกูล, " ไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์ ",บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พ.ศ.2521.

6. ถวิล พึ่งมา,เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ระบบอิเล็กทรอนิคส์" วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง,พ.ศ.2525.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

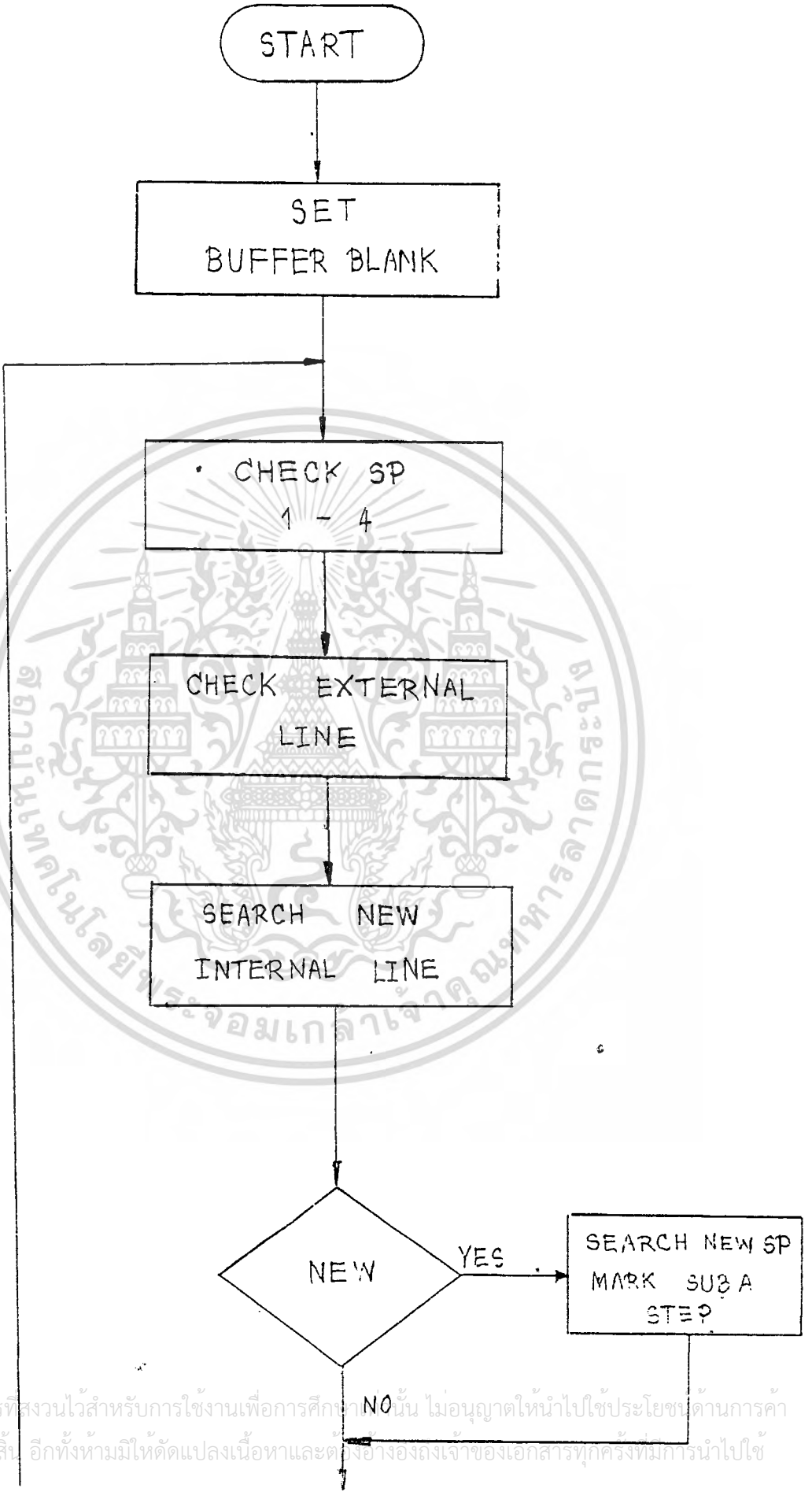
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

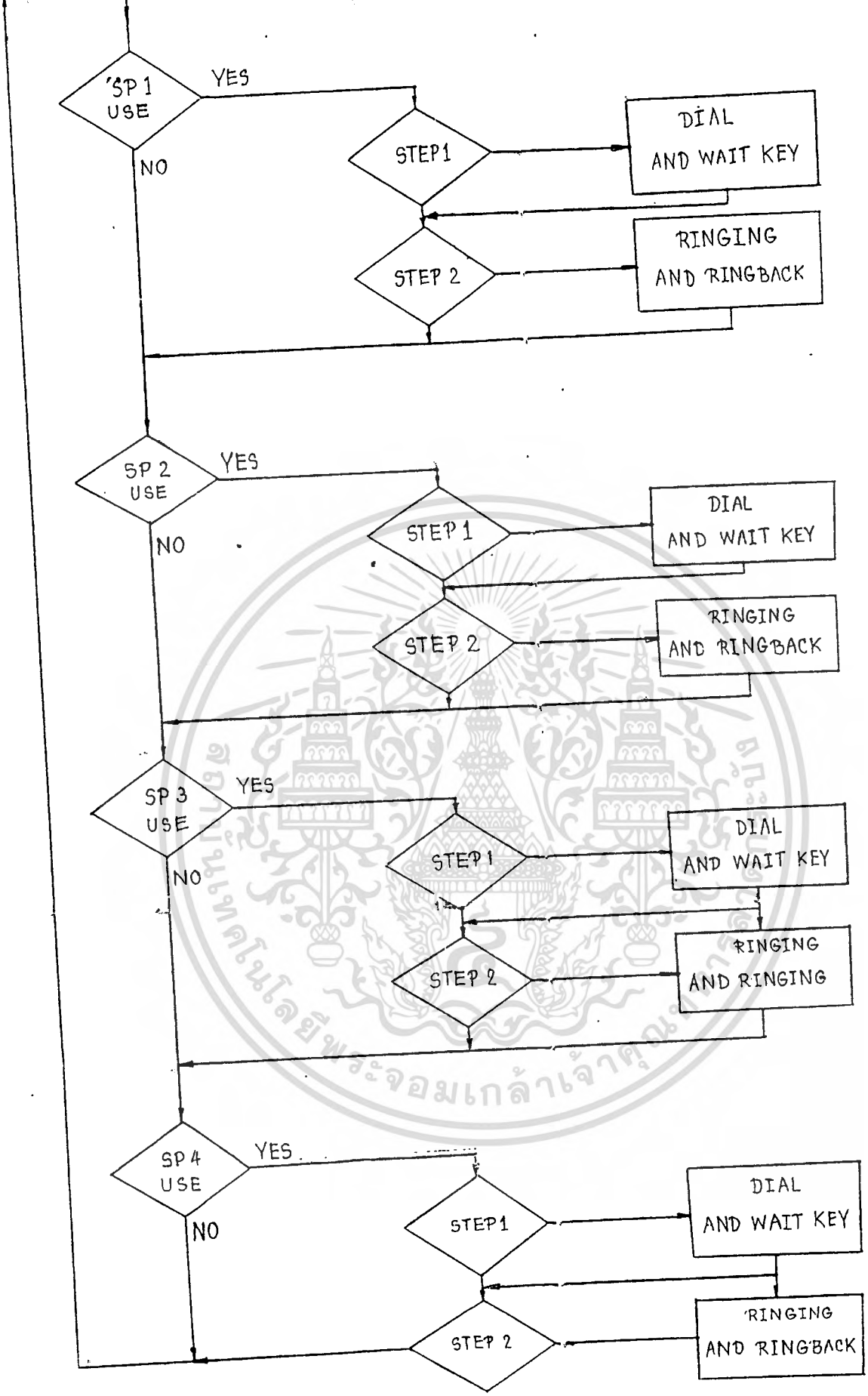
ภาคผนวกที่ 1

แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 2

แสดงโปรแกรมที่ใช้งานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CPU     "Z80.TBL"
                HOF     "BIN8"
                ORG     0000H

;Define memory
ram:            equ     4000h
;  Line interface
;  If hole line Li_X = "1"
;  If off line  Li_X = "0"
Li_1:           equ     ram+1
Li_2:           equ     ram+2
Li_3:           equ     ram+3
Li_4:           equ     ram+4
Li_5:           equ     ram+5
Li_6:           equ     ram+6
Li_7:           equ     ram+7
Li_8:           equ     ram+8
Li_9:           equ     ram+9
Li_10:          equ     ram+10
Li_e1:          equ     ram+11
Li_e2:          equ     ram+12
Li_e3:          equ     ram+13
;Status switch 0-95
sw_1:           equ     ram+14          ;next 120
                                        ;switch 1-96
;Buffer data
Old_relay:      equ     ram+120
                ;ram+121
New_relay:      equ     ram+122
                ;ram+123
sp1_use:        equ     ram+124         ;4 byte for 4 SP

signal:         equ     ram+128
Count_key:      equ     ram+129         ;4 Byte for 4 SP
conver:         equ     ram+133
cancel_tbl:     equ     ram+141
key:            equ     ram+160
sub_a:          equ     ram+161
sub_b:          equ     ram+162
sp_new:         equ     ram+163
key1:           equ     ram+164
key2:           equ     ram+165
time:           equ     ram+166
buff_bu1:       equ     ram+168
buff_bu2:       equ     ram+169
time1:          equ     ram+170         ;Timer delay for key&bell sp1
time2:          equ     ram+172         ;Timer delay for key&bell sp2
time3:          equ     ram+174         ;Timer delay for key&bell sp3
time4:          equ     ram+176         ;Timer delay for key&bell sp4
key_1:          equ     ram+178         ;Receive key sp1
key_2:          equ     ram+179
key_3:          equ     ram+180
key_4:          equ     ram+181
count_key1:     equ     ram+182         ;Counter step program sp1
count_key2:     equ     ram+183
count_key3:     equ     ram+184
count_key4:     equ     ram+185
step_1:         equ     ram+186         ;Step work
step_2:         equ     ram+187
step_3:         equ     ram+188
step_4:         equ     ram+189
enable1:        equ     ram+190
enable2:        equ     ram+191
enable3:        equ     ram+192
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
enable4:        equ     ram+193
sub_a1:         equ     ram+194
sub_a2:         equ     ram+195
sub_a3:         equ     ram+196
sub_a4:         equ     ram+197
sub_b1:         equ     ram+198
sub_b2:         equ     ram+199
sub_b3:         equ     ram+200
sub_b4:         equ     ram+201
use_ext1:       equ     ram+202
use_ext2:       equ     ram+203
use_ext3:       equ     ram+204
ext1:           equ     ram+205
ext2:           equ     ram+206
ext3:           equ     ram+207
int1:           equ     ram+208
int2:           equ     ram+209
int3:           equ     ram+210
enable_ext1:    equ     ram+211
enable_ext2:    equ     ram+212
enable_ext3:    equ     ram+213
step_e1:        equ     ram+214
step_e2:        equ     ram+215
step_e3:        equ     ram+216
ext_in1:        equ     ram+217
ext_in2:        equ     ram+218
ext_in3:        equ     ram+219
time_ext1:      equ     ram+300
time_ext2:      equ     ram+302
time_ext3:      equ     ram+304
ext_out1:       equ     ram+305
ext_out2:       equ     ram+306
ext_out3:       equ     ram+307
sang1:          equ     ram+308
sang2:          equ     ram+309
sang3:          equ     ram+310

;*****************
;*  Define PORT  *
;*****************
;8255 (1) OUT all
P_signal:       equ     060h
P_rl_e:         equ     061h            ;Relay bell 9-10
P_rl_i:         equ     062h            ;Relay bell 1-8
P_con1:         equ     063h
;8255 (2) IN  all
P_M093:         equ     070h
P_li_e:         equ     071h            ;Line 9-10
P_li_i:         equ     072h            ;Line 1-8
P_con2:         equ     073h
;Define DTMF port
P_toe1:         equ     010h            ;DTMF speech part 1
P_toe2:         equ     020h            ;DTMF speech part 2
P_toe3:         equ     030h            ;DTMF speech part 3
P_toe4:         equ     040h            ;DTMF speech part 4
P_test:         equ     0f0h
p_busy1:        equ     0b0h
p_busy2:        equ     0c0h
;*************************
;*  Define code control  *
;*************************
RB_sp1:         equ     11111110b       ;define for 8255 P_A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RB_sp2:         equ     11111011b
RB_sp3:         equ     11101111b
RB_sp4:         equ     10111111b
DI_sp1:         equ     11111101b
DI_sp2:         equ     11110111b
DI_sp3:         equ     11011111b
DI_sp4:         equ     01111111b
;*************************
;*  data timer wait key  *
;*************************
timer:          equ     2500
timer_ext:      equ     300
;*************************
;*  Start main program  *
;*************************
begin:          ld      sp,ram+1ff0h    ;set stack
                ld      b,3
begin1:         call    wait
                djnz    begin1
                ld      a,80h
                out     (P_con1),a      ;set 8255 (1) OUT all
                ld      a,8bh
                out     (P_con2),a      ;set 8255 (2)
                ld      a,0             ;Clear relay
                out     (P_rl_i),a
                out     (P_rl_e),a
                ld      a,0ffh          ;off signal
                out     (P_signal),a
                out     (p_busy1),a
                out     (p_busy2),a
                ld      (buff_bu1),a
                ld      (buff_bu2),a
                ld      (signal),a      ;set buffer signal empty
                ld      a,0             ;Clear relay
                out     (p_rl_i),a
                out     (p_rl_e),a
                ld      (new_relay),a
                ld      (new_relay+1),a
                ld      (use_ext1),a    ;use external line
                ld      (use_ext2),a
                ld      (use_ext3),a
                ld      (enable_ext1),a ;for external line input
                ld      (enable_ext2),a
                ld      (enable_ext3),a
                ld      (enable1),a
                ld      (enable2),a
                ld      (enable3),a
                ld      (enable4),a
                call    Clear_sp
                call    cl_cancel
                call    off_m093        ;off all switch M093
                call    wait
                jp      main_pro12

;***********************************
;*  Program interupt receive KEY   *
;***********************************
                ORG     0066h
                push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                in      a,(P_toe1)
                bit     4,a
                jr      nz,key_sp1
                bit     5,a
                jr      nz,key_sp2
                bit     6,a
                jr      nz,key_sp3
                bit     7,a
                jr      nz,key_sp4
                call    wait
key_end:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                retn
key_sp1:        in      a,(p_toe1)
                and     0fh
                ld      (key_1),a
                ld      a,(count_key1)
                inc     a
                ld      (count_key1),a
                jp      key_end
key_sp2:        in      a,(p_toe2)
                and     0fh
                ld      (key_2),a
                ld      a,(count_key2)
                inc     a
                ld      (count_key2),a
                jp      key_end
key_sp3:        in      a,(p_toe3)
                and     0fh
                ld      (key_3),a
                ld      a,(count_key3)
                inc     a
                ld      (count_key3),a
                jp      key_end
key_sp4:        in      a,(p_toe4)
                and     0fh
                ld      (key_4),a
                ld      a,(count_key4)
                inc     a
                ld      (count_key4),a
                jp      key_end

main_pro12:     ld      a,0
                ld      (ext_out1),a
                ld      (ext_out2),a
                ld      (ext_out3),a
                ld      (ext_in1),a
                ld      (ext_in2),a
                ld      (ext_in3),a
                jp      main_pro
;******************
;*  Main program  *
;******************
main_pro:       call    check_sp
                call    m093
                call    sub_n1                  ;process internal
                call    sub_n2
                call    sub_n3
                call    sub_n4
                call    ext_n1                  ;process external
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    ext_n2
                call    ext_n3
                call    external1
                call    external2
                call    external3
                ld      a,0aah
                out     (p_test),a
                call    cancel
                ld      ix,li_1                 ;check new Number
                ld      b,10
                ld      c,1
main_pro1:      ld      a,(ix+0)
                cp      1
                jp      z,mark_new
                inc     ix
                inc     c
                djnz    main_pro1
                in      a,(p_li_e)              ;check external line
                bit     2,a
                call    nz,new_ext1             ;bell external line
                call    z,new_extr1             ;No Bell external line
                bit     3,a
                call    nz,new_ext2
                call    z,new_extr2
                bit     4,a
                call    nz,new_ext3
                call    z,new_extr3
                jp      main_pro

external1:      push    af              ;program for check external 1
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(ext_out1)
                cp      0
                jp      z,external1e
                call    line_int
                ld      a,(int1)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
external11:     inc     hl
                djnz    external11
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,external12
external1e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
external12:     ld      a,(int1)
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,0
                call    on_ext
                ld      a,0
                ld      (use_ext1),a
                ld      (ext_out1),a
                ld      (ext_in1),a
                ld      (enable_ext1),a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jp      external1e
external2:      push    af              ;program for check external 1
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(ext_out2)
                cp      0
                jp      z,external2e
                call    line_int
                ld      a,(int2)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
external21:     inc     hl
                djnz    external21
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,external22
external2e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
external22:     ld      a,(int2)
                ld      b,a
                ld      c,2
                ld      a,0
                call    on_ext
                ld      a,0
                ld      (use_ext2),a
                ld      (ext_out2),a
                ld      (ext_in2),a
                ld      (enable_ext2),a
                jp      external2e
external3:      push    af              ;program for check external 1
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(ext_out3)
                cp      0
                jp      z,external3e
                call    line_int
                ld      a,(int3)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
external31:     inc     hl
                djnz    external31
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,external32
external3e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
external32:     ld      a,(int3)
                ld      b,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      c,3
                ld      a,0
                call    on_ext
                ld      a,0
                ld      (use_ext3),a
                ld      (ext_out3),a
                ld      (ext_in3),a
                ld      (enable_ext3),a
                jp      external3e

ext_n1:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable_ext1)
                cp      0
                jp      z,ext_n1e
                call    line_int        ;check internal line for ext
                ld      a,(int1)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
ext_n11:        inc     hl
                djnz    ext_n11
                cp      1
                jp      z,ext_n12       ;internal up phone ok..
ext_n1e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
; Internal line up hook
ext_n12:        ld      a,(int1)        ;Hold line external
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,1
                call    on_ext
                ld      a,(int1)        ;cancel internal line
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,0
                ld      (enable_ext1),a ;disable process ext1
                ld      (ext_in1),a
                ld      a,1
                ld      (use_ext1),a
                ld      (ext_out1),a    ;set external line = OUT
                ld      a,0
                ld      (ext_in1),a     ;diable INPUT
                jp      ext_n1e
ext_n2:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable_ext2)
                cp      0
                jp      z,ext_n2e
                call    line_int        ;check internal line for ext
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      a,(int2)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
ext_n21:        inc     hl
                djnz    ext_n21
                cp      1
                jp      z,ext_n22       ;internal up phone ok..
ext_n2e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
; Internal line up hook
ext_n22:        ld      a,(int2)        ;Hold line external
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,2
                call    on_ext
                ld      a,(int2)        ;cancel internal line
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,0
                ld      (enable_ext2),a ;disable process ext1
                ld      (ext_in1),a
                ld      a,1
                ld      (use_ext2),a
                ld      (ext_out2),a    ;set external line = OUT
                ld      a,0
                ld      (ext_in2),a     ;diable INPUT
                jp      ext_n2e
ext_n3:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable_ext3)
                cp      0
                jp      z,ext_n3e
                call    line_int        ;check internal line for ext
                ld      a,(int3)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
ext_n31:        inc     hl
                djnz    ext_n31
                cp      1
                jp      z,ext_n32       ;internal up phone ok..
ext_n3e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
; Internal line up hook
ext_n32:        ld      a,(int3)        ;Hold line external
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,3
                call    on_ext
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      a,(int3)        ;cancel internal line
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,0
                ld      (enable_ext3),a ;disable process ext1
                ld      (ext_in3),a
                ld      a,1
                ld      (use_ext3),a
                ld      (ext_out3),a    ;set external line = OUT
                ld      a,0
                ld      (ext_in3),a     ;diable INPUT
                jp      ext_n3e
;*************************************
;*  Function for Bell external line  *
;*************************************
new_ext1:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      bc,timer_ext    ;set delay time for wait bell
                ld      (time_ext1),bc
                ld      a,(ext_in1)     ;check first step
                cp      1
                jp      z,new_ext1e
                call    search_int      ;search internal line bank
                ld      a,1
                call    on_relay        ;on bell to internal line
                ld      a,b
                ld      (int1),a        ;save internal lint to buffer
                ld      a,1
                ld      (enable_ext1),a ;set process bell from external
                ld      (use_ext1),a    ;external line 1 use
                ld      (step_e1),a
                ld      (ext_in1),a     ;set line 1 = INPUT
                ld      a,0             ;disable line 1 to out
                ld      (ext_out1),a
new_ext1e:      pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
new_ext2:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      bc,timer_ext    ;set delay time for wait bell
                ld      (time_ext2),bc
                ld      a,(ext_in2)     ;check first step
                cp      1
                jp      z,new_ext2e
                call    search_int      ;search internal line bank
                ld      a,1
                call    on_relay        ;on bell to internal line
                ld      a,b
                ld      (int2),a        ;save internal lint to buffer
                ld      a,1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      (enable_ext2),a ;set process bell from external
                ld      (use_ext2),a    ;external line 1 use
                ld      (step_e2),a
                ld      (ext_in2),a     ;set line 1 = INPUT
                ld      a,0             ;disable line 1 to out
                ld      (ext_out2),a
new_ext2e:      pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
new_ext3:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      bc,timer_ext    ;set delay time for wait bell
                ld      (time_ext3),bc
                ld      a,(ext_in3)     ;check first step
                cp      1
                jp      z,new_ext3e
                call    search_int      ;search internal line bank
                ld      a,b
                ld      (sang3),a
                ld      a,1
                call    on_relay        ;on bell to internal line
                ld      a,(sang3)
                ld      (int3),a        ;save internal lint to buffer
                ld      a,1
                ld      (enable_ext3),a ;set process bell from external
                ld      (use_ext3),a    ;external line 1 use
                ld      (step_e3),a
                ld      (ext_in3),a     ;set line 1 = INPUT
                ld      a,0             ;disable line 1 to out
                ld      (ext_out3),a
new_ext3e:      pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret

new_extr1:      push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(ext_in1)     ;check line if = input cancel
                cp      0
                jp      z,new_extr1e
                ld      bc,(time_ext1)  ;check time line
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,new_extr11    ;If over time
                ld      (time_ext1),bc
new_extr1e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                pop     bc
                pop     af
                ret
new_extr11:     ld      a,0
                ld      (enable_ext1),a ;disable process bell from external
                ld      (use_ext1),a    ;external line 1 not use
                ld      (step_e1),a
                ld      (ext_in1),a     ;set line 1 = non
                ld      (ext_out1),a
                jp      new_extr1e
new_extr2:      push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(ext_in2)     ;check line if = input cancel
                cp      0
                jp      z,new_extr2e
                ld      bc,(time_ext2)  ;check time line
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,new_extr21    ;If over time
                ld      (time_ext2),bc
new_extr2e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
new_extr21:     ld      a,0
                ld      (enable_ext2),a ;disable process bell from external
                ld      (use_ext2),a    ;external line 1 not use
                ld      (step_e2),a
                ld      (ext_in2),a     ;set line 1 = non
                ld      (ext_out2),a
                jp      new_extr2e
new_extr3:      push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(ext_in3)     ;check line if = input cancel
                cp      0
                jp      z,new_extr3e
                ld      bc,(time_ext3)  ;check time line
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,new_extr31    ;If over time
                ld      (time_ext3),bc
new_extr3e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
new_extr31:     ld      a,0
                ld      (enable_ext3),a ;disable process bell from external
                ld      (use_ext3),a    ;external line 1 not use
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      (step_e3),a
                ld      (ext_in3),a     ;set line 1 = non
                ld      (ext_out3),a
                jp      new_extr3e

mark_new:       ld      a,c
                ld      (sub_a),a
                call    search_sp
                ld      a,c
                cp      1
                jp      z,mk_new1
                cp      2
                jp      z,mk_new2
                cp      3
                jp      z,mk_new3
                cp      4
                jp      z,mk_new4
                ld      a,(sub_a)
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_busy
                ld      a,0
                call    mk_cancel
mk_new1:        ld      a,1
                ld      (step_1),a      ;set step 1
                ld      (enable1),a     ;enable sp1
                ld      a,(sub_a)
                ld      (sub_a1),a      ;save sub A
                ld      b,a             ;cancel sub A
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,1             ;on dial to sub A
                ld      c,1
                call    on_dial
                ld      a,0             ;set counter key to 0
                ld      (count_key1),a
                ld      bc,timer
                ld      (time1),bc
                ld      a,(sub_a)       ;connect to sp1
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,1
                call    connect
                ld      a,1             ;mark sp1 use
                ld      (sp1_use),a
                jp      main_pro
mk_new2:        ld      a,1
                ld      (step_2),a
                ld      (enable2),a
                ld      a,(sub_a)
                ld      (sub_a2),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,1
                ld      c,2
                call    on_dial
                ld      a,0             ;set counter key to 0
                ld      (count_key2),a
                ld      bc,timer
                ld      (time2),bc
                ld      a,(sub_a)       ;connect to sp1
                ld      b,a
                ld      c,2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      a,1
                call    connect
                ld      a,1             ;mark sp1 use
                ld      (sp1_use+1),a
                jp      main_pro
mk_new3:        ld      a,1
                ld      (step_3),a
                ld      (enable3),a
                ld      a,(sub_a)
                ld      (sub_a3),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,1
                ld      c,3
                call    on_dial
                ld      a,0             ;set counter key to 0
                ld      (count_key3),a
                ld      bc,timer
                ld      (time3),bc
                ld      a,(sub_a)       ;connect to sp1
                ld      b,a
                ld      c,3
                ld      a,1
                call    connect
                ld      a,1             ;mark sp1 use
                ld      (sp1_use+2),a
                jp      main_pro
mk_new4:        ld      a,1
                ld      (step_4),a
                ld      (enable4),a
                ld      a,(sub_a)
                ld      (sub_a4),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,1
                ld      c,4
                call    on_dial
                ld      a,0             ;set counter key to 0
                ld      (count_key4),a
                ld      bc,timer
                ld      (time4),bc
                ld      a,(sub_a)       ;connect to sp1
                ld      b,a
                ld      c,4
                ld      a,1
                call    connect
                ld      a,1             ;mark sp1 use
                ld      (sp1_use+3),a
                jp      main_pro

on_ext:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      hl,new_relay+1
                cp      0
                jp      z,on_ext1
                ld      a,c
                cp      1
                jp      z,on_ext01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                cp      2
                jp      z,on_exto2
                cp      3
                jp      z,on_exto3
on_exte:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
on_ext1:        ld      a,c
                cp      1
                jp      z,on_extf1
                cp      2
                jp      z,on_extf2
                cp      3
                jp      z,on_extf3
on_exto1:       ld      a,(int1)
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,6
                call    connect
                ld      a,(new_relay+1)
                sett    4,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                jp      on_exte
on_exto2:       ld      a,(int2)
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,7
                call    connect
                ld      a,(new_relay+1)
                sett    5,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                jp      on_exte
on_exto3:       ld      a,(int3)
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,8
                call    connect
                ld      a,(new_relay+1)
                sett    7,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                jp      on_exte
on_extf1:       ld      a,(int1)
                ld      b,a
                ld      a,0
                ld      c,6
                call    connect
                ld      a,(new_relay+1)
                res     4,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                jp      on_exte
on_extf2:       ld      a,(int2)
                ld      b,a
                ld      a,0
                ld      c,7
                call    connect
                ld      a,(new_relay+1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                res     5,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                jp      on_exte
on_extf3:       ld      a,(int3)
                ld      b,a
                ld      a,0
                ld      c,8
                call    connect
                ld      a,(new_relay+1)
                res     6,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                jp      on_exte


;*******************************
;*  Search bank lint external  *
;*  OUT  = B (Line ext)        *
;*******************************
search_ext:     push    af
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      e,c
                ld      d,0
                ld      hl,use_ext1
                ld      b,1
                ld      c,3
search_ext1:    inc     hl
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,search_ext2
                inc     c
                djnz    search_ext1
                ld      c,e
                ld      b,0
search_exte:    pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     af
                ret
search_ext2:    ld      b,c
                jp      search_exte
;*******************************
;*  Search bank lint internal  *
;*  OUT  = B (Line ext)        *
;*******************************
search_int:     push    af
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                call    line_int        ;check hook internal
search_int0:    ld      hl,li_1
                ld      b,10
                ld      c,1
search_int1:    ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,search_int2
                inc     c
                djnz    search_int1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
search_int2:    ld      b,c
                call    test_bell
                cp      0
                jp      z,search_int3
                ld      b,c
                ld      hl,li_1-1
search_int4:    inc     hl
                djnz    search_int4
                ld      a,1
                ld      (hl),a
                jp      search_int0
search_inte:    pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     af
                ret
search_int3:    ld      b,c
                jp      search_inte

;****************************************
;*  Sub rutine  connect sub A - sub B  *
;****************************************
sub_n1:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable1)     ;Check enable
                cp      0
                jp      z,sub_n1e
                ld      a,(step_1)
                cp      1
                jp      z,sub_n11       ;wait recaive key
                cp      2
                jp      z,sub_n12       ;wait Bell sub b
sub_n1e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
;wait key1
sub_n11:        ld      bc,(time1)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_n111      ;over time
                ld      (time1),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a1)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n112:       inc     hl
                djnz    sub_n112
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n113      ;if sub A down hook
                ld      a,(count_key1)
                cp      1
                jp      z,sub_n11k
                ld      a,(count_key1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                cp      2
                jp      z,sub_n114      ;receive key OK..
                jp      sub_n1e
;  time over
sub_n11k:       ld      a,0
                ld      c,1
                call    on_dial         ;off dial
                ld      a,(key_1)        ;**** check code
                cp      9
                jp      z,con_line1
                cp      1
                jp      nz,sub_n111
                jp      sub_n1e
sub_n111:       ld      a,(sub_a1)      ;on busy to sub A
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_busy
sub_n113:       ld      a,(sub_a1)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use),a
                ld      (enable1),a     ;not enable1
                jp      sub_n1e
;  key OK..
sub_n114:       ld      a,(key_1)        ;check sub B
                ld      (sub_b1),a
                cp      11
                jp      nc,sub_n111      ;key error
                call    line_int
                ld      a,(sub_b1)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n115:       inc     hl
                djnz    sub_n115
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n111      ;sub B use
                ld      a,(sub_b1)
                ld      b,a
                call    test_bell       ;test sub B use bell
                cp      1
                jp      z,sub_n111
                ld      a,2             ;inc step
                ld      (step_1),a
                ld      a,(sub_b1)      ;on relay sub B
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_relay
                call    mk_cancel       ;mk cancel because send bell
                ld      c,1
                call    on_ring         ;on ring back to sub A
                ld      bc,timer        ;load time for wait bell
                ld      (time1),bc
                jp      sub_n1e
con_line11:     ld      a,(ext1)
                ld      (int1),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,6
                ld      c,6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    connect
                call    wait
                call    wait    - -
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                ld      a,(new_relay+1)
                sett    4,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                ld      a,1
                ld      (use_ext1),a
                ld      (ext_out1),a
                jp      sub_n113
con_line12:     ld      a,(ext1)
                ld      (int2),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,7
                call    connect
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                ld      a,(new_relay+1)
                sett    5,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                ld      a,1
                ld      (use_ext2),a
                ld      (ext_out2),a
                jp      sub_n113
con_line13:     ld      a,(ext1)
                ld      (int3),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                ld      c,8
                call    connect
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                call    wait
                ld      a,(new_relay+1)
                sett    6,a
                ld      (new_relay+1),a
                out     (p_rl_e),a
                ld      a,1
                ld      (use_ext3),a
                ld      (ext_out3),a
                jp      sub_n113
con_line1:      ld      a,(sub_a1)
                ld      (ext1),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,(sub_a1)      ;not connect sub A from sp1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark spi bank
                ld      (spi_use),a
                ld      (enablei),a     ;not enablei
                call    search_ext
                ld      a,b
                cp      0
                jp      z,sub_ni11
                cp      1
                jp      z,con_linei1
                cp      2
                jp      z,con_linei2
                cp      3
                jp      z,con_linei3

;  Wait bell
sub_ni2:        ld      bc,(timei)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_ni21      ;over time
                ld      (timei),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_ai)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_ni22:       inc     hl
                djnz    sub_ni22
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_ni23      ;If sub A down hook
                call    line_int
                ld      a,(sub_bi)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_ni2a:       inc     hl
                djnz    sub_ni2a
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_ni24      ;If sub B up hook
                jp      sub_ni1e
; bell over time
sub_ni21:       ld      a,(sub_bi)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,1
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_ni11
sub_ni23:       ld      a,(sub_bi)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,1
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_ni13
sub_ni24:       ld      a,(sub_bi)
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    on_ring         ;off ring back
                ld      a,0
                ld      (enable1),a
                ld      a,(sub_a1)      ;mk sp1 on
                ld      d,a
                ld      a,(sub_b1)
                ld      e,a
                ld      a,1
                call    mk_conver
                jp      sub_n1e

;****************************************
;*  Sub rutine  connect sub A - sub B  *
;****************************************
sub_n2:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable2)     ;Check enable
                cp      0
                jp      z,sub_n2e
                ld      a,(step_2)
                cp      1
                jp      z,sub_n21       ;wait recaive key
                cp      2
                jp      z,sub_n22       ;wait Bell sub b
sub_n2e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
;wait key1
sub_n21:        ld      bc,(time2)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_n211      ;over time
                ld      (time2),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a2)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n212:       inc     hl
                djnz    sub_n212
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n213      ;If sub A down hook
                ld      a,(count_key2)
                cp      1
                jp      z,sub_n21k
                ld      a,(count_key2)
                cp      2
                jp      z,sub_n214      ;receive key OK..
                jp      sub_n2e
;  time over
sub_n21k:       ld      a,0
                ld      c,2
                call    on_dial         ;off dial
                ld      a,(key_2)        ;**** check code
                cp      9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jp      z,con_line2
                cp      1
                jp      nz,sub_n211
                jp      sub_n2e
sub_n211:       ld      a,(sub_a2)      ;on busy to sub A
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_busy
sub_n213:       ld      a,(sub_a2)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,2
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use+1),a
                ld      (enable2),a     ;not enable1
                jp      sub_n2e
;  key OK..
sub_n214:       ld      a,(key_2)        ;check sub B
                ld      (sub_b2),a
                cp      11
                jp      nc,sub_n211      ;key error
                call    line_int
                ld      a,(sub_b2)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n215:       inc     hl
                djnz    sub_n215
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n211      ;sub B use
                ld      a,(sub_b2)
                ld      b,a
                call    test_bell       ;test sub B use bell
                cp      1
                jp      z,sub_n211
                ld      a,2             ;inc step
                ld      (step_2),a
                ld      a,(sub_b2)      ;on relay sub B
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_relay
                call    mk_cancel       ;mk cancel because send bell
                ld      c,2
                call    on_ring         ;on ring back to sub A
                ld      bc,timer        ;load time for wait bell
                ld      (time2),bc
                jp      sub_n2e
con_line2:      ld      a,(sub_a2)
                ld      (ext1),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,(sub_a2)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use+1),a
                ld      (enable2),a     ;not enable1
                call    search_ext
                ld      a,b
                cp      0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jp      z,sub_n111
                cp      1
                jp      z,con_line11
                cp      2
                jp      z,con_line12
                cp      3
                jp      z,con_line13
;  Wait bell
sub_n22:        ld      bc,(time2)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_n221      ;over time
                ld      (time2),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a2)       ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n222:       inc     hl
                djnz    sub_n222
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n223      ;If sub A down hook
                call    line_int
                ld      a,(sub_b2)       ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n22a:       inc     hl
                djnz    sub_n22a
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n224      ;If sub B up hook
                jp      sub_n2e
; bell over time
sub_n221:       ld      a,(sub_b2)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,2
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_n211
sub_n223:       ld      a,(sub_b2)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,2
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_n213
sub_n224:       ld      a,(sub_b2)
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,2
                call    on_ring         ;off ring back
                ld      a,0
                ld      (enable2),a
                ld      a,(sub_a2)      ;mk sp1 on
                ld      d,a
                ld      a,(sub_b2)
                ld      e,a
                ld      a,1
                call    mk_conver
                jp      sub_n2e

;*****************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*  Sub rutine  connect sub A - sub B  *
;*************************************
sub_n3:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable3)     ;Check enable
                cp      0
                jp      z,sub_n3e
                ld      a,(step_3)
                cp      1
                jp      z,sub_n31       ;wait recaive key
                cp      2
                jp      z,sub_n32       ;wait Bell sub b
sub_n3e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
;wait key1
sub_n31:        ld      bc,(time3)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_n311      ;over time
                ld      (time3),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a3)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n312:       inc     hl
                djnz    sub_n312
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n313      ;If sub A down hook
                ld      a,(count_key3)
                cp      1
                jp      z,sub_n31k
                ld      a,(count_key3)
                cp      2
                jp      z,sub_n314      ;receive key OK..
                jp      sub_n3e
;  time over
sub_n31k:       ld      a,0
                ld      c,3
                call    on_dial         ;off dial
                ld      a,(key_3)        ;**** check code
                cp      9
                jp      z,con_line3
                cp      1
                jp      nz,sub_n311
                jp      sub_n3e
sub_n311:       ld      a,(sub_a3)      ;on busy to sub A
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_busy
sub_n313:       ld      a,(sub_a3)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,3
                ld      a,0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use+2),a
                ld      (enable3),a     ;not enable1
                jp      sub_n3e
;  key OK..
sub_n314:       ld      a,(key_3)       ;check sub B
                ld      (sub_b3),a
                cp      11
                jp      nc,sub_n311     ;key error
                call    line_int
                ld      a,(sub_b3)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n315:       inc     hl
                djnz    sub_n315
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n311      ;sub B use
                ld      a,(sub_b3)
                ld      b,a
                call    test_bell       ;test sub B use bell
                cp      1
                jp      z,sub_n311
                ld      a,2             ;inc step
                ld      (step_3),a
                ld      a,(sub_b3)      ;on relay sub B
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_relay
                call    mk_cancel       ;mk cancel because send bell
                ld      c,3
                call    on_ring         ;on ring back to sub A
                ld      bc,timer        ;load time for wait bell
                ld      (time3),bc
                jp      sub_n3e
con_line3:      ld      a,(sub_a3)
                ld      (ext1),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,(sub_a3)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use+2),a
                ld      (enable3),a     ;not enable1
                call    search_ext
                ld      a,b
                cp      0
                jp      z,sub_n111
                cp      1
                jp      z,con_line11
                cp      2
                jp      z,con_line12
                cp      3
                jp      z,con_line13
;  Wait bell
sub_n32:        ld      bc,(time3)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jp      z,sub_n321      ;over time
                ld      (time3),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a3)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n322:       inc     hl
                djnz    sub_n322
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n323      ;If sub A down hook
                call    line_int
                ld      a,(sub_b3)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n32a:       inc     hl
                djnz    sub_n32a
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n324      ;If sub B up hook
                jp      sub_n3e
; bell over time
sub_n321:       ld      a,(sub_b3)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,3
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_n311
sub_n323:       ld      a,(sub_b3)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,3
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_n313
sub_n324:       ld      a,(sub_b3)
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,3
                call    on_ring         ;off ring back
                ld      a,0
                ld      (enable3),a
                ld      a,(sub_a3)      ;mk sp1 on
                ld      d,a
                ld      a,(sub_b3)
                ld      e,a
                ld      a,3
                call    mk_conver
                jp      sub_n3e

;*****************************************
;*  Sub rutine  connect sub A - sub B  *
;*****************************************
sub_n4:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      a,(enable4)     ;Check enable
                cp      0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jp      z,sub_n4e
                ld      a,(step_4)
                cp      1
                jp      z,sub_n41       ;wait recaive key
                cp      2
                jp      z,sub_n42       ;wait Bell sub b
sub_n4e:        pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
;wait key1
sub_n41:        ld      bc,(time4)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_n411      ;over time
                ld      (time4),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a4)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n412:       inc     hl
                djnz    sub_n412
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n413      ;If sub A down hook
                ld      a,(count_key4)
                cp      1
                jp      z,sub_n41k
                ld      a,(count_key4)
                cp      2
                jp      z,sub_n414      ;receive key OK..
                jp      sub_n4e
;  time over
sub_n41k:       ld      a,0
                ld      c,4
                call    on_dial         ;off dial
                ld      a,(key_4)        ;**** check code
                cp      9
                jp      z,con_line4
                cp      1
                jp      nz,sub_n411
                jp      sub_n4e
sub_n411:       ld      a,(sub_a4)      ;on busy to sub A
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    on_busy
sub_n413:       ld      a,(sub_a4)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,4
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use+3),a
                ld      (enable4),a     ;not enable1
                jp      sub_n4e
;  key OK..
sub_n414:       ld      a,(key_4)       ;check sub B
                ld      (sub_b1),a
                cp      11
                jp      nc,sub_n411      ;key error
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    line_int
                ld      a,(sub_b4)
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n415:       inc     hl
                djnz    sub_n415
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n411      ;sub B use
                ld      a,(sub_b4)
                ld      b,a
                call    test_bell       ;test sub B use bell
                cp      1
                jp      z,sub_n411
                ld      a,2             ;inc step
                ld      (step_4),a
                ld      a,(sub_b4)      ;on relay sub B
                ld      b,a
                ld      a,4
                call    on_relay
                call    mk_cancel       ;mk cancel because send bell
                ld      c,4
                call    on_ring         ;on ring back to sub A
                ld      bc,timer        ;load time for wait bell
                ld      (time4),bc
                jp      sub_n4e
con_line4:      ld      a,(sub_a4)
                ld      (ext1),a
                ld      b,a
                ld      a,1
                call    mk_cancel
                ld      a,(sub_a4)      ;not connect sub A from sp1
                ld      b,a
                ld      c,1
                ld      a,0
                call    connect
                ld      a,0             ;mark sp1 bank
                ld      (sp1_use+3),a
                ld      (enable4),a     ;not enable1
                call    search_ext
                ld      a,b
                cp      0
                jp      z,sub_n111
                cp      1
                jp      z,con_line11
                cp      2
                jp      z,con_line12
                cp      3
                jp      z,con_line13
;  Wait bell
sub_n42:        ld      bc,(time4)
                dec     bc
                ld      a,c
                or      b
                jp      z,sub_n421      ;over time
                ld      (time4),bc
                call    line_int
                ld      a,(sub_a4)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n422:       inc     hl
                djnz    sub_n422
                ld      a,(hl)
                cp      0
                jp      z,sub_n42
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      a,(sub_b4)      ;check hook sub A
                ld      b,a
                ld      hl,li_1-1
sub_n42a:       inc     hl
                djnz    sub_n42a
                ld      a,(hl)
                cp      1
                jp      z,sub_n424      ;If sub B up hook
                jp      sub_n4e
; bell over time
sub_n421:       ld      a,(sub_b4)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,4
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_n411
sub_n423:       ld      a,(sub_b4)      ;off relay
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,4
                call    on_ring         ;off ring back
                jp      sub_n413
sub_n424:       ld      a,(sub_b4)
                ld      b,a
                ld      a,0
                call    on_relay
                ld      c,4
                call    on_ring         ;off ring back
                ld      a,0
                ld      (enable4),a
                ld      a,(sub_a4)      ;mk sp1 on
                ld      d,a
                ld      a,(sub_b4)
                ld      e,a
                ld      a,4
                call    mk_conver
                jp      sub_n4e


;************************
;*  Mark cancel         *
;*  IN  = A  (on/off)   *
;*       B  (Number)    *
;************************
mk_cancel:      push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      hl,cancel_tbl-1
mk_cancel1:     inc     hl
                djnz    mk_cancel1
                cp      0
                jr      z,mk_cancel2
                ld      a,1
                ld      (hl),a
mk_cancele:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                pop     bc
                pop     af
                ret
mk_cancel2:     ld      a,0
                ld      (hl),a
                jp      mk_cancele

;*******************************
;*  On Busy signal             *
;*  IN  = A (ON="1",OFF="0")   *
;*      = B (Number of line)   *
;*******************************
On_Busy:        push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
;                cp      0
;                jr      z,On_busy2
;                ld      a,1
;On_busy1:       ld      c,5
;                call    connect
                ld      hl,buff_bu1
                cp      1
                jp      z,on_busy3
                ld      a,b
                cp      1
                jr      z,bu1
                cp      2
                jr      z,bu2
                cp      3
                jr      z,bu3
                cp      4
                jr      z,bu4
                cp      5
                jr      z,bu5
                cp      6
                jr      z,bu6
                cp      7
                jr      z,bu7
                cp      8
                jr      z,bu8
                inc     hl
                cp      9
                jr      z,bu9
                cp      10
                jr      z,bu10
on_busy3:       ld      a,b
                cp      1
                jr      z,be1
                cp      2
                jr      z,be2
                cp      3
                jr      z,be3
                cp      4
                jr      z,be4
                cp      5
                jr      z,be5
                cp      6
                jr      z,be6
                cp      7
                jr      z,be7
                cp      8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jr      z,be8
                inc     hl
                cp      9
                jr      z,be9
                cp      10
                jr      z,be10
on_busy_e:      ld      hl,buff_bul
                ld      a,(hl)
                out     (p_busy1),a
                inc     hl
                ld      a,(hl)
                out     (p_busy2),a
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
;On_busy2:       ld      a,0
;                jr      On_busy1
bu1:            sett    0,(hl)
                jp      on_busy_e
bu2:            sett    1,(hl)
                jp      on_busy_e
bu3:            sett    2,(hl)
                jp      on_busy_e
bu4:            sett    3,(hl)
                jp      on_busy_e
bu5:            sett    4,(hl)
                jp      on_busy_e
bu6:            sett    5,(hl)
                jp      on_busy_e
bu7:            sett    6,(hl)
                jp      on_busy_e
bu8:            sett    7,(hl)
                jp      on_busy_e
bu9:            sett    6,(hl)
                jp      on_busy_e
bu10:           sett    7,(hl)
                jp      on_busy_e
be1:            res     0,(hl)
                jp      on_busy_e
be2:            res     1,(hl)
                jp      on_busy_e
be3:            res     2,(hl)
                jp      on_busy_e
be4:            res     3,(hl)
                jp      on_busy_e
be5:            res     4,(hl)
                jp      on_busy_e
be6:            res     5,(hl)
                jp      on_busy_e
be7:            res     6,(hl)
                jp      on_busy_e
be8:            res     7,(hl)
                jp      on_busy_e
be9:            res     6,(hl)
                jp      on_busy_e
be10:           res     7,(hl)
                jp      on_busy_e

;*****************************
 *  On ring back signal      *
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*  IN  = A (ON="1",OFF="0")  *
;*      = C ( Number of SP )  *
;******************************
On_ring:        push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                ld      hl,ring_tbl
                jr      On_dial0
ring_tbl:       dfb     11111110b,11111011b,11101111b,10111111b
                dfb     00000001b,00000100b,00010000b,01000000b

;******************************
;*  On dial signal            *
;*  IN  = A (ON="1",OFF="0")  *
;*      = C ( Number of SP )  *
;******************************
On_dial:        push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                ld      hl,dial_tbl     ;table dial
On_dial0:       ld      b,c             ;point sp
                dec     hl
On_dial1:       inc     hl
                djnz    On_dial1
                cp      1
                jr      z,On_dial2
                ld      a,(signal)
                inc     hl
                inc     hl
                inc     hl
                inc     hl
                or      (hl)
On_diale:       out     (P_signal),a
                ld      (signal),a
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
On_dial2:       ld      a,(signal)
                and     (hl)
                jr      On_diale
Dial_tbl:       dfb     11111101b,11110111b,11011111b,01111111b
Dial_tbl1:      dfb     00000010b,00001000b,00100000b,10000000b

;************
;* Check SP *
;************
check_sp:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                call    Line_int
                ld      ix,sp1_use
                ld      iy,conver
                ld      de,cancel_tbl
                ld      b,4
                ld      c,1             ;SP
check_sp1:      ld      a,(ix+0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                cp      0
                call    z,check_sp2
                call    nz,check_sp3
                inc     ix
                inc     c
                djnz    check_sp1
check_spe:      pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
check_sp2:      ld      (iy+0),0
                ld      (iy+1),0
                inc     iy
                inc     iy
                ret
check_sp3:      push    af
                push    bc
                ld      a,c
                cp      1
                jp      z,chk_spn1
                cp      2
                jp      z,chk_spn2
                cp      3
                jp      z,chk_spn3
                cp      4
                jp      z,chk_spn4

chk_spne:       ld      hl,Li_1-1
                ld      de,cancel_tbl-1
                ld      b,(iy+0)        ;check Sub A
check_sp31:     inc     hl
                inc     de
                djnz    check_sp31
                ld      a,1             ;cancel sub A
                ld      (de),a
                ld      a,(hl)
                cp      0
                call    z,check_sp33    ;if Down hook
                ld      hl,Li_1-1
                ld      de,cancel_tbl-1
                ld      b,(iy+1)
check_sp32:     inc     hl
                inc     de
                djnz    check_sp32
                ld      a,1
                ld      (de),a
                ld      a,(hl)
                cp      0
                call    z,check_sp34
check_sp3e:     inc     iy
                inc     iy
                pop     bc
                pop     af
                ret
check_sp33:     push    af
                push    bc
                push    de
                ld      a,0             ;Not cancel
                ld      (de),a
                ld      (ix+0),a        ;Set sp to bank
                ld      b,(iy+0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    connect         ;release sub A
                ld      b,(iy+1)
                call    connect         ;release sub B
                ld      a,1
                ld      b,(iy+1)
                call    On_busy
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
check_sp34:     push    af
                push    bc
                push    de
                ld      a,0
                ld      (de),a
                ld      (ix+0),a        ;Set sp to bank
                ld      b,(iy+1)
                call    connect
                ld      b,(iy+0)
                call    connect         ;release sub B
                ld      a,1
                ld      b,(iy+0)
                call    On_busy
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
chk_spn1:       ld      a,(enable1)
                cp      1
                jp      z,check_sp3e
                jp      chk_spne
chk_spn2:       ld      a,(enable2)
                cp      1
                jp      z,check_sp3e
                jp      chk_spne
chk_spn3:       ld      a,(enable3)
                cp      1
                jp      z,check_sp3e
                jp      chk_spne
chk_spn4:       ld      a,(enable4)
                cp      1
                jp      z,check_sp3e
                jp      chk_spne

;*********************************
cl_cancel:      push    bc
                push    hl
                ld      c,0
                ld      b,10
                ld      hl,cancel_tbl
cl_cancel1:     ld      (hl),c
                inc     hl
                djnz    cl_cancel1
                pop     hl
                pop     bc
                ret
;*********************************
cancel:         push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                call    Line_int
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld      ix,Li_1
                ld      iy,cancel_tbl
                ld      c,1
                ld      b,10
cancel_1:       ld      a,(iy+0)
                cp      1
                call    z,cancel_2
                inc     ix
                inc     iy
                inc     c
                djnz    cancel_1
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
cancel_2:       push    bc
                ld      a,(ix+0)
                cp      1
                jr      z,cancel_3
                ld      (iy+0),0        ;return of cancel
                ld      a,0
                ld      b,c
                call    On_busy
                pop     bc
                ret
cancel_3:       ld      (ix+0),0
                pop     bc
                ret


;*********************************
;*  Mark conversesion            *
;*  IN  = A ( ON="1",OFF="0" )   *
;*      = C ( Number of SP )     *
;*      = D ( Number of Sub A )  *
;*      = E ( Number of Sub B )  *
;*********************************
Mk_conver:      push    af
                push    bc
                push    de
                push    ix
                push    iy
                ld      b,c
                ld      ix,conver-2
Mk_conver1:     inc     ix
                inc     ix
                djnz    Mk_conver1
                cp      0
                jr      z,Mk_conver3
                ld      (ix+0),d
                ld      (ix+1),e
                push    af
                push    bc
                push    de
                ld      a,1             ;connect sub A,sub B
                ld      b,d
                call    connect
                ld      b,e
                call    connect
                ld      iy,cancel_tbl-1         ;cancel sub A,sub B
                ld      b,d
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Mk_con1:        inc     iy
                djnz    Mk_con1
                ld      (iy+0),1
                ld      iy,cancel_tbl-1
                ld      b,e
Mk_con2:        inc     iy
                djnz    Mk_con2
                ld      (iy+0),1
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                jr      Mk_conver4
Mk_conver3:     ld      (ix+0),0
                ld      (ix+1),0
                push    af
                push    bc
                ld      a,0
                ld      b,d
                call    connect
                ld      b,e
                call    connect
                ld      iy,cancel_tbl-1
                ld      b,d
Mk_con3:        inc     iy
                djnz    Mk_con3
                ld      (iy+0),0
                ld      iy,cancel_tbl-1
                ld      b,e
Mk_con4:        inc     iy
                djnz    Mk_con4
                ld      (iy+0),0
                pop     bc
                pop     af
Mk_conver4:     ld      ix,sp1_use-1
                ld      b,c
Mk_conver2:     inc     ix
                djnz    Mk_conver2
                cp      0
                jr      z,Mk_conver5
                ld      (ix+0),1
                jr      Mk_convere
Mk_conver5:     ld      (ix+0),0
Mk_convere:     pop     iy
                pop     ix
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret

;********************
;*  Clear connver  *
;********************
Cl_conver:      push    af
                push    bc
                push    hl
                ld      hl,conver
                ld      a,0
                ld      b,8
Cl_conver1:     ld      (hl),a
                inc     hl
                djnz    Clear_sp1
                pop     hl
                pop     bc
                pop     af
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ret

;************************
;*  Clear speech part  *
;************************
Clear_sp:       push    af
                push    bc
                push    hl
                ld      hl,spi_use
                ld      a,0
                ld      b,4
Clear_spi:      ld      (hl),a
                inc     hl
                djnz    Clear_spi
                pop     hl
                pop     bc
                pop     af
                ret

;************************************
;*  Search SP bank                  *
;*  OUT  = A ( Number of SP bank )  *
;************************************
search_sp:      push    af
                push    de
                push    hl

                ld      a,0e0h
                out     (p_test),a

                ld      e,b
                ld      hl,spi_use
                ld      c,1
                ld      b,4
search_spi:     ld      a,(hl)
                cp      0
                jr      z,search_spe
                inc     hl
                inc     c
                djnz    search_spi
search_spe:     ld      b,e
                pop     hl
                pop     de
                pop     af
                ret

;****************************
;*  Test Bell               *
;*  IN  = B (number)        *
;*  OUT = A (on="1"/off"0"  *
;****************************
test_bell:      push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      hl,new_relay
                ld      a,b
                cp      1
                jp      z,test_b1
                cp      2
                jp      z,test_b2
                cp      3
                jp      z,test_b3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                cp      4
                jp      z,test_b4
                cp      5
                jp      z,test_b5
                cp      6
                jp      z,test_b6
                cp      7
                jp      z,test_b7
                cp      8
                jp      z,test_b8
                inc     hl
                cp      9
                jp      z,test_b9
                cp      10
                jp      z,test_b10
test_belle:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                ret
test_b1:        bit     7,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b2:        bit     6,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b3:        bit     5,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b4:        bit     4,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b5:        bit     0,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b6:        bit     1,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b7:        bit     2,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b8:        bit     3,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b9:        bit     0,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_b10:       bit     1,(hl)
                jp      z,test_bb1
                jp      nz,test_bb2
test_bb1:       ld      a,0
                jp      test_belle
test_bb2:       ld      a,1
                jp      test_belle

;*************************************
;*  Control Relay                    *
;*  IN    = A  ("0" = Off,"1" = On)  *
;*         B  (Number of relay)      *
;*************************************
On_relay:       push    af
                push    bc
                push    de
```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      hl,new_relay
;                push    af
;                ld      a,0
;                ld      (new_relay),a
;                ld      (new_relay+1),a
;                pop     af
                cp      0
                jp      z,off_r1
On_r1:          ld      a,b
                cp      1
                jp      z,On_relay1
                cp      2
                jp      z,On_relay2
                cp      3
                jp      z,On_relay3
                cp      4
                jp      z,On_relay4
                cp      5
                jp      z,On_relay5
                cp      6
                jp      z,On_relay6
                cp      7
                jp      z,On_relay7
                cp      8
                jp      z,On_relay8
                inc     hl
                cp      9
                jp      z,On_relay9
                cp      10
                jp      z,On_relay10
off_r1:         ld      a,b
                cp      1
                jp      z,of_relay1
                cp      2
                jp      z,of_relay2
                cp      3
                jp      z,of_relay3
                cp      4
                jp      z,of_relay4
                cp      5
                jp      z,of_relay5
                cp      6
                jp      z,of_relay6
                cp      7
                jp      z,of_relay7
                cp      8
                jp      z,of_relay8
                inc     hl
                cp      9
                jp      z,of_relay9
                cp      10
                jp      z,of_relay10
On_relay_e:     ld      a,(new_relay)
                out     (P_rl_i),a
                ld      a,(new_relay+1)
                out     (P_rl_e),a
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                pop     bc
                pop     af
                ret
On_relay1:      sett    7,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay2:      sett    6,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay3:      sett    5,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay4:      sett    4,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay5:      sett    0,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay6:      sett    1,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay7:      sett    2,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay8:      sett    3,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay9:      sett    0,(hl)
                jp      On_relay_e
On_relay10:     sett    1,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay1:      res     7,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay2:      res     6,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay3:      res     5,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay4:      res     4,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay5:      res     0,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay6:      res     1,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay7:      res     2,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay8:      res     3,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay9:      res     0,(hl)
                jp      On_relay_e
of_relay10:     res     1,(hl)
                jp      On_relay_e

;***************************
;*  Check line interface  *
;*  OUT  =  (Li_X)        *
;***************************
Line_int:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      ix,Line_tbl
                in      a,(P_li_i)
                ld      b,8
Line_int1:      bit     0,a
                call    nz,Line_int2
                call    z,Line_int3
                rrca
                djnz    Line_int1
                in      a,(P_li_e)
                bit     0,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    nz,Line_int2
                call    z,Line_int3
                bit     1,a
                call    nz,Line_int2
                call    z,Line_int3
Line_int_e:     pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
Line_int2:      ld      e,1
                jr      Line_int4
Line_int3:      ld      e,0
Line_int4:      ld      l,(ix+0)
                ld      h,(ix+1)
                ld      (hl),e
                inc     ix
                inc     ix
                ret
Line_tbl:       dwl     Li_5,Li_6
                dwl     Li_7,Li_8
                dwl     Li_4,Li_3
                dwl     Li_2,Li_1
                dwl     Li_9,Li_10

;*****************************************
;*  Connect line internal to speech part  *
;*  IN    = A  ( ON = "1" , OFF = "0" )    *
;*        = B  ( Number of line internal ) *
;*        = C  ( Numbar of speech part )   *
;*****************************************
Connect:        push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      ix,sw_1-8
Connect_1:      inc     ix
                inc     ix
                inc     ix
                inc     ix
                inc     ix
                inc     ix
                inc     ix
                inc     ix
                djnz    Connect_1
                ld      b,c
                dec     ix
Connect_2:      inc     ix
                djnz    Connect_2
                cp      1
                jr      z,Connect_3
                cp      0
                jr      z,Connect_4
Connect_e:      call    M093
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ret
Connect_3:      ld      (ix+0),1
                jr      Connect_e
Connect_4:      ld      (ix+0),0
                jr      Connect_e

;*****************
;*  Switch M093  *
;*****************
M093:           push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                ld      ix,sw_1
                ld      b,0             ;AX
                ld      d,12            ;count AX
M093_1:         ld      e,8             ;Count AY
                ld      c,0             ;AY
M093_2:         ld      a,(ix+0)
                cp      1
                call    z,M093_3
                call    nz,M093_4
                inc     ix
                inc     c
                dec     e
                jr      nz,M093_2
                inc     b
                dec     d
                jr      nz,M093_1
M093_e:         ld      a,(signal)
                out     (P_signal),a
                ld      a,(buff_bu1)
                out     (p_busy1),a
                ld      a,(buff_bu2)
                out     (p_busy2),a
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
M093_3:         push    af
                ld      a,1
                call    con_m093
                pop     af
                ret
M093_4:         push    af
                ld      a,0
                call    con_m093
                pop     af
                ret


;**************
;*  Off M093  *
;**************
Off_m093:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                ld      a,08h           ;reset M093
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                out     (P_rl_e),a
                call    delay
                ld      a,0
                out     (P_rl_e),a
                ld      a,0
                ld      b,0             ;AX
                ld      c,0             ;AY
                ld      e,8
off_m093_1:     ld      d,12
                ld      b,0
off_m093_2:     call    con_m093
                inc     b               ;INC AX
                dec     d
                jr      nz,off_m093_2
                inc     c               ;INC AY
                dec     e
                jr      nz,off_m093_1
                ld      hl,sw_1
                ld      b,96
                ld      a,0
off_m093_3:     ld      (hl),a          ;Clear buffer SW.
                inc     hl
                djnz    off_m093_3
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret

;*********************************
;*  Control M093                 *
;*  IN    = A  "ON = 1,OFF = 0   *
;*        = B  (AX)              *
;*        = C  (AY)              *
;*********************************
con_M093:       push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                inc     b
                inc     c
                ld      e,a
                ld      hl,ax
                dec     hl
con_m093_1:     inc     hl
                djnz    con_m093_1
                ld      a,(hl)
                ld      b,c
                ld      hl,ay
                dec     hl
con_m093_2:     inc     hl
                djnz    con_m093_2
                or      (hl)
                ld      d,a
                ld      a,e
                cp      1
                jr      z,con_m093_3
                cp      0
                jr      z,con_m093_4
con_m093_e:     ld      a,d
                out     (P_m093),a
                in      a,(P_rl_e)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                sett    2,a
                out     (P_rl_e),a
                call    delay
                res     2,a
                out     (P_rl_e),a
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
con_m093_3:     sett    7,d
                jr      con_m093_e
con_m093_4:     res     7,d
                jr      con_m093_e
ax:             dfb     0,1,2,3,4,5,8,9,0ah,0bh,0ch,0dh
ay:             dfb     00,10h,20h,30h,40h,50h,60h,70h
;*********************************
delay:          push    bc
                ld      b,2h
delay1:         djnz    delay1
                pop     bc
                ret
;*********************************
wait:           push    bc
                ld      b,0ffh
wait1:          ld      c,0ffh
wait2:          dec     c
                jr      nz,wait2
                djnz    wait1
                pop     bc
                ret
test_rl:        ld      a,1
                ld      b,10
test_rl1:       call    on_relay
                inc     a
                call    wait
                call    wait
                djnz    test_rl1
                jp      test_rl


                END
                push    af
                push    bc
                push    de
                push    hl
                push    ix
                push    iy
                pop     iy
                pop     ix
                pop     hl
                pop     de
                pop     bc
                pop     af
                ret
test_sp:        ld      a,0aah
                out     (p_test),a
                ld      a,1
                ld      c,4
                ld      d,2
                ld      e,3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

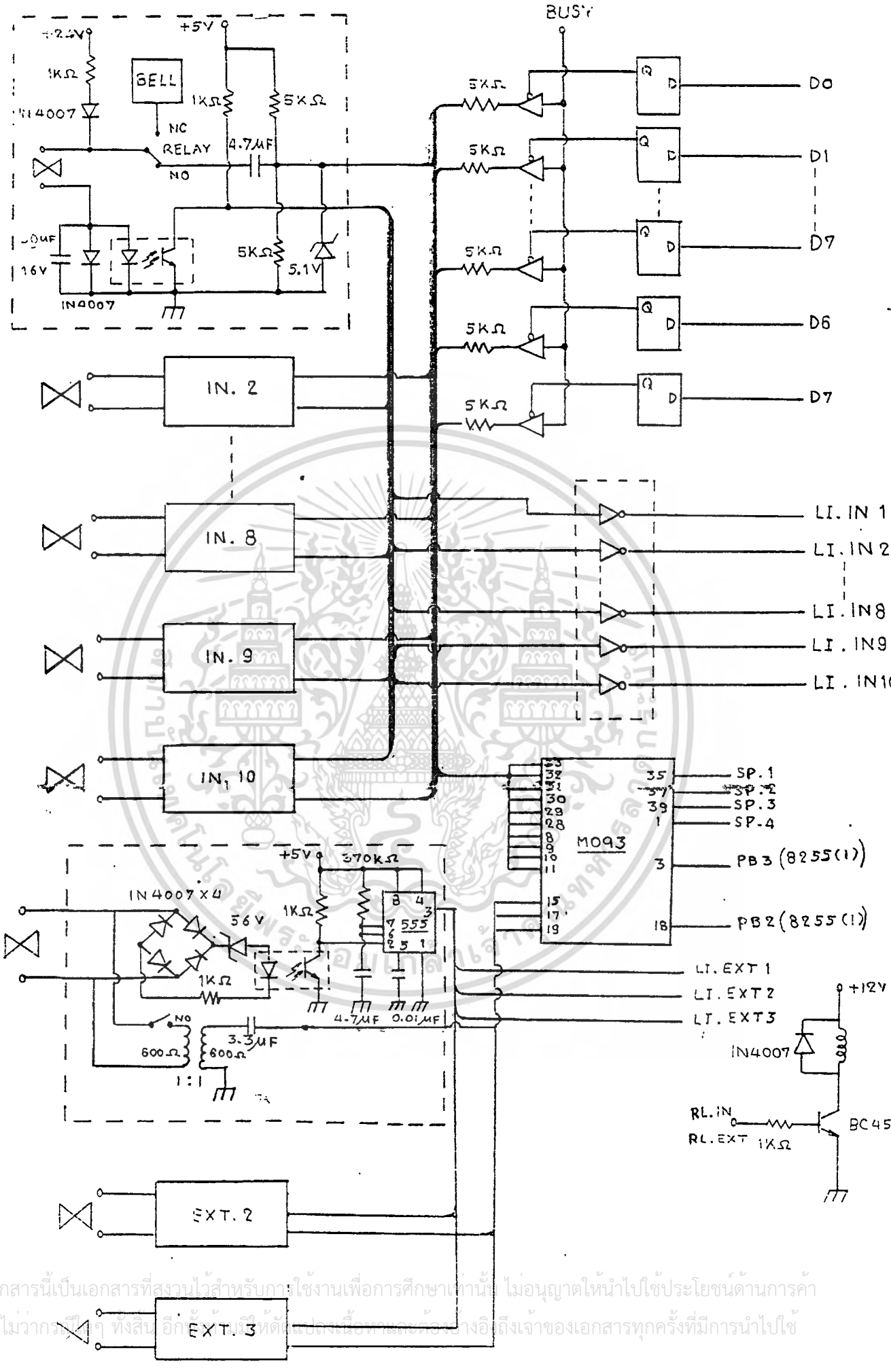
```
                call    mk_conver
test_sp:        call    check_sp
                call    cancel
                call    m093
                jp      test_sp1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

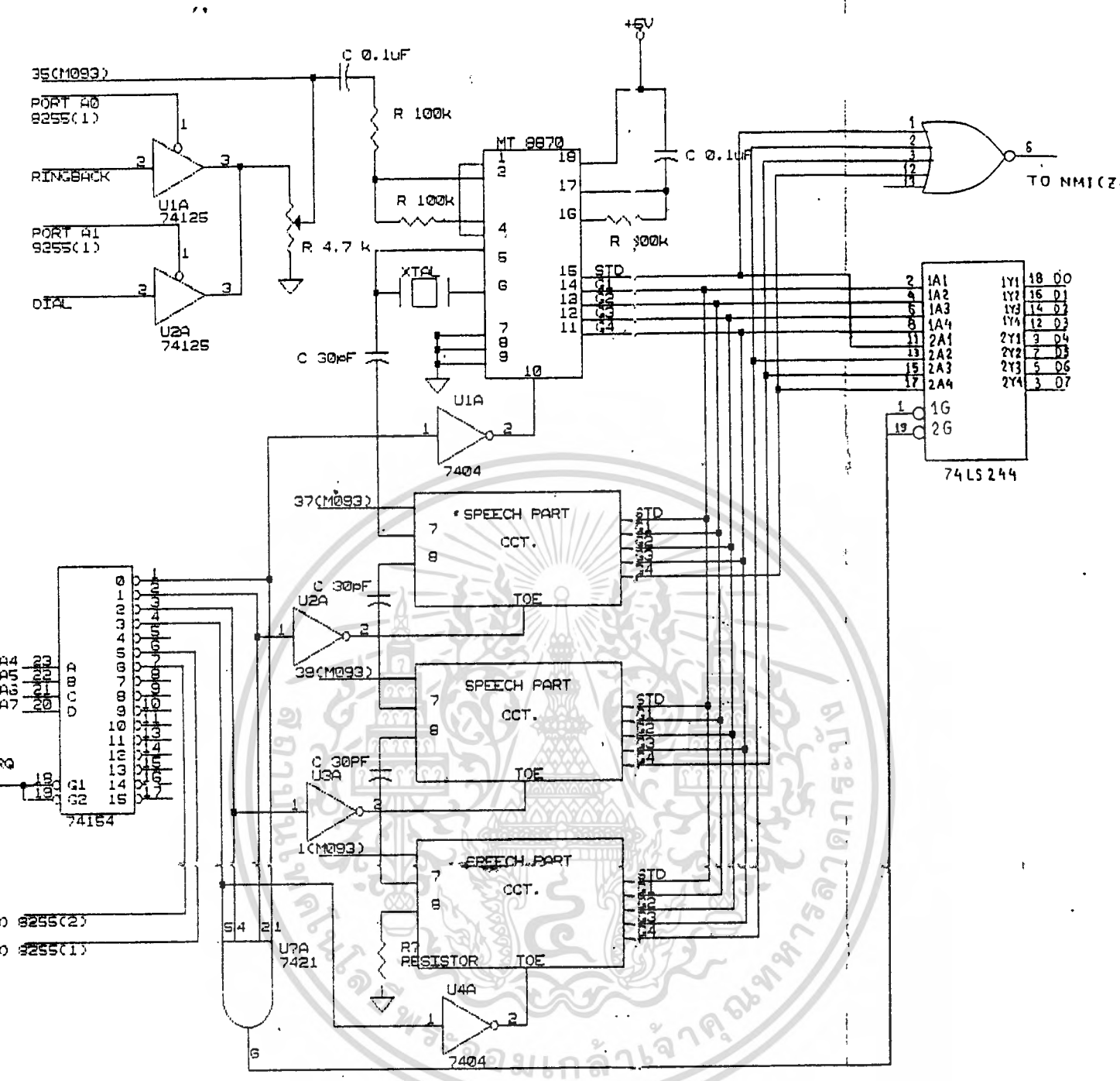
ภาคผนวกที่ 3

แสดงวงจรที่ใช้งานอย่างละเอียด

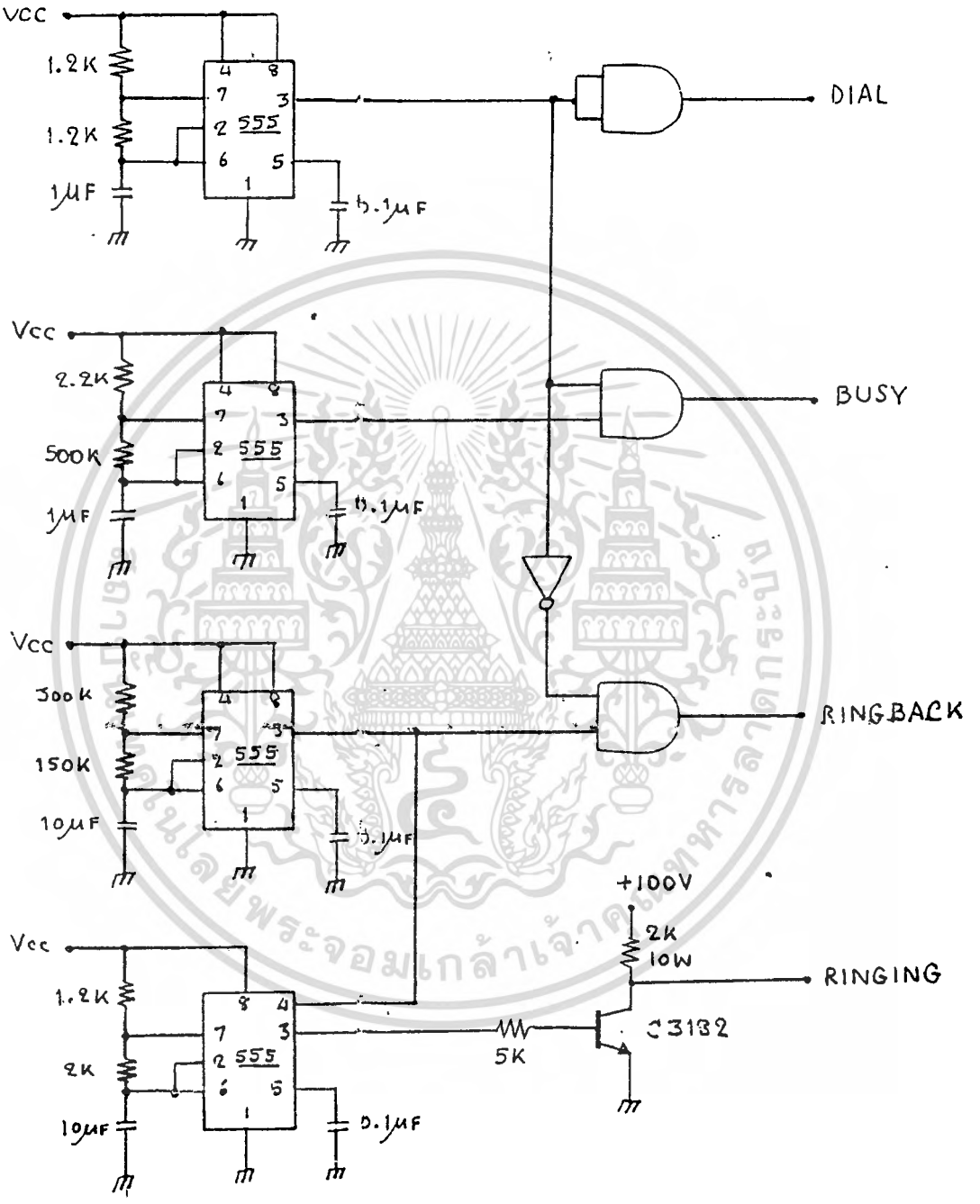
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



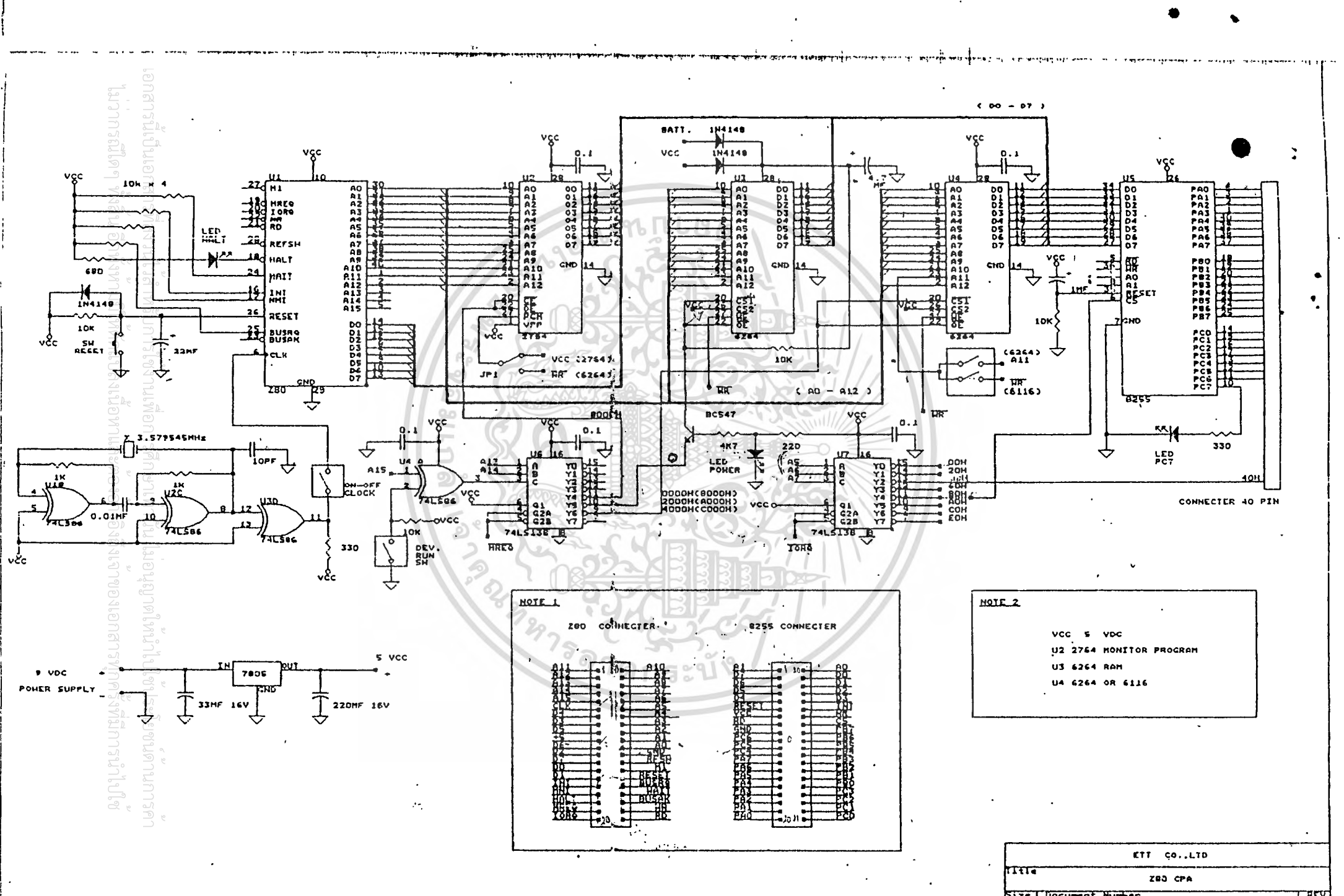
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


(D0 - D7)
BATT.
1N4148
VCC
10K x 4
LED HALT
680
1N4148
10K
SW RESET
33MF
Z80
M1
MREQ
IORQ
RD
REFSH
HALT
WAIT
INT
NMI
RESET
BUSRQ
BUSAK
CLK
GND
A0 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13 A14 A15
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7
2764
JP1
VCC (2764)
WR (6264)
6264
0.1
4.7MF
10K
WR
(A0 - A12)
BC547
4K7
220
LED POWER
8255
PA0 PA1 PA2 PA3 PA4 PA5 PA6 PA7
PB0 PB1 PB2 PB3 PB4 PB5 PB6 PB7
PC0 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 PC7
RESET
CS
1MF
330
LED PC7
40H
CONNECTER 40 PIN
(6264) A11
WR (6116)
74LS138
MREQ
IORQ
8000H(8000H)
A000H(A000H)
C000H(C000H)
D0H
20H
60H
80H
A0H
C0H
E0H
74LS86
U1B
U1C
U1D
0.01MF
10PF
3.579545MHz
ON-OFF CLOCK
DEV. RUN SW
330
A15
9 VDC
POWER SUPPLY
7805
IN
OUT
GND
5 VCC
33MF 16V
220MF 16V
NOTE 1
Z80 CONNECTER
8255 CONNECTER
NOTE 2
VCC 5 VDC
U2 2764 MONITOR PROGRAM
U3 6264 RAM
U4 6264 OR 6116
ETT CO.,LTD
Z80 CPA

MOS INTEGRATED CIRCUITS

M093

ADVANCE DATA

N-CHANNEL 12×8 CROSSPOINT SWITCH WITH CONTROL MEMORY

- LOW ON RESISTANCE: 75 Ω AT $V_{DD} = 12V$
- INTERNAL CONTROL LATCHES
- 2 V_{PP} ANALOG SIGNAL CAPABILITY
- LESS THAN 1% TOTAL DISTORTION AT 0 dbm
- LESS THAN −95 db CROSS-TALK AT 1 kHZ $1V_{PP}$

The SGS M093 contains a 12×8 array of crosspoint together with a 7 to 96 line decoder and latch circuits. Anyone of the 96 switches can be addressed by selecting the appropriate 7 input bits. The selected switch can be turned on or off by appliing a logical one or zero to the data in. A reset signal can be used to turn off all the switches together.
The M093 is available in a 40 lead dual in-line plastic and ceramic packages.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

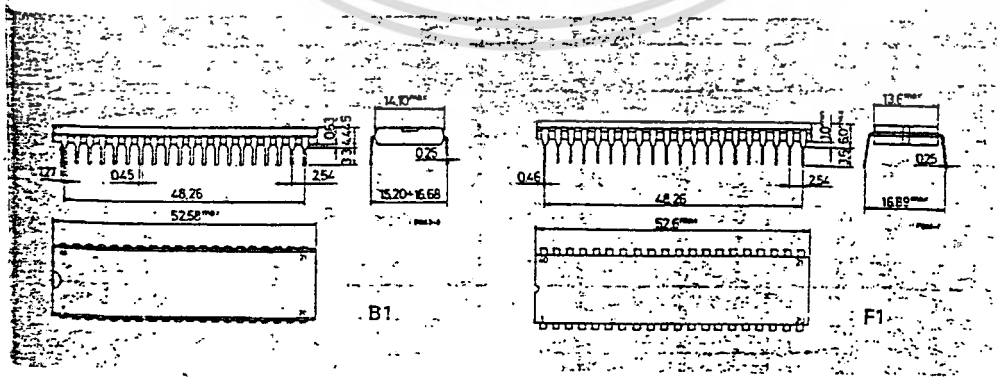
V_{DD}	DC Supply voltage	−0.5 to 18 · V
V_{IN}	Input voltage range	−0.5 to V_{DD} + 0.5 V
I_{IN}	DC input current (analog input)	±10mA
P_{tot}	Power dissipation	1 W
T_{op}	Operating temperature range	0 to 70 °C
T_{stg}	Storage temperature range	−50 to 125 °C

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.

ORDERING NUMBERS: M093B1 for dual in-line plastic package
M093F1 for dual in-line ceramic package, frit seal.

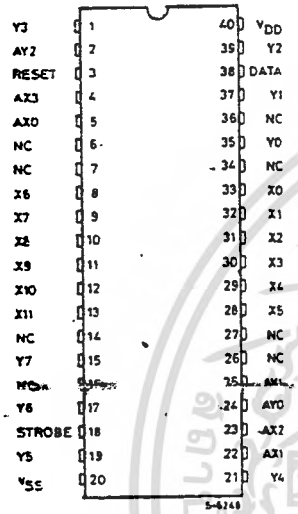
MECHANICAL DATA

Dimensions in mm

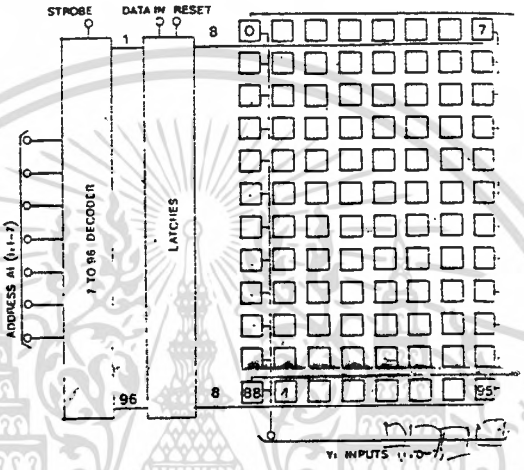


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONNECTIONS



BLOCK DIAGRAM



TRUTH TABLE

Address							Connections
AX0	AX1	AX2	AX3	AY0	AY1	AY2	
0	0	0	0	0	0	0	X0 - Y0
1	0	0	0	0	0	0	X1 - Y0
0	1	0	0	0	0	0	X2 - Y0
1	1	0	0	0	0	0	X3 - Y0
0	0	1	0	0	0	0	X4 - Y0
1	0	1	0	0	0	0	X5 - Y0
0	1	1	0	0	0	0	no connection
1	1	1	0	0	0	0	no connection
0	0	0	1	0	0	0	X6 - Y0
1	0	0	1	0	0	0	X7 - Y0
0	1	0	1	0	0	0	X8 - Y0
1	1	0	1	0	0	0	X9 - Y0
0	0	1	1	0	0	0	X10- Y0
1	0	1	1	0	0	0	X11- Y0
0	0	0	0	1	0	0	X0 - Y1
1	0	0	0	1	0	0	X1 - Y1
0	0	0	0	0	1	0	X0 - Y2
1	0	1	1	1	1	1	X13- Y7

addresses not allowed

* Ax = 0110 and Ax = 1110 are not allowed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 1 - Address stable: Propagation delay from strobe

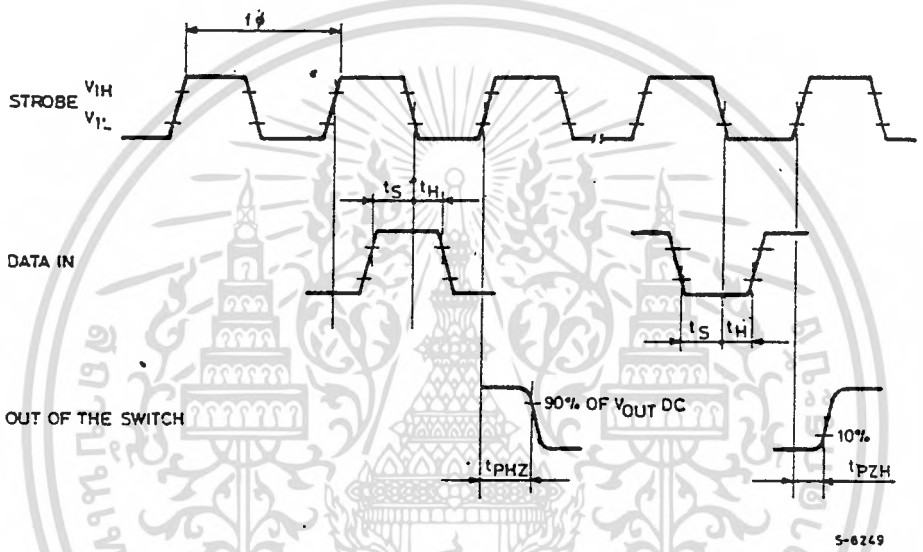
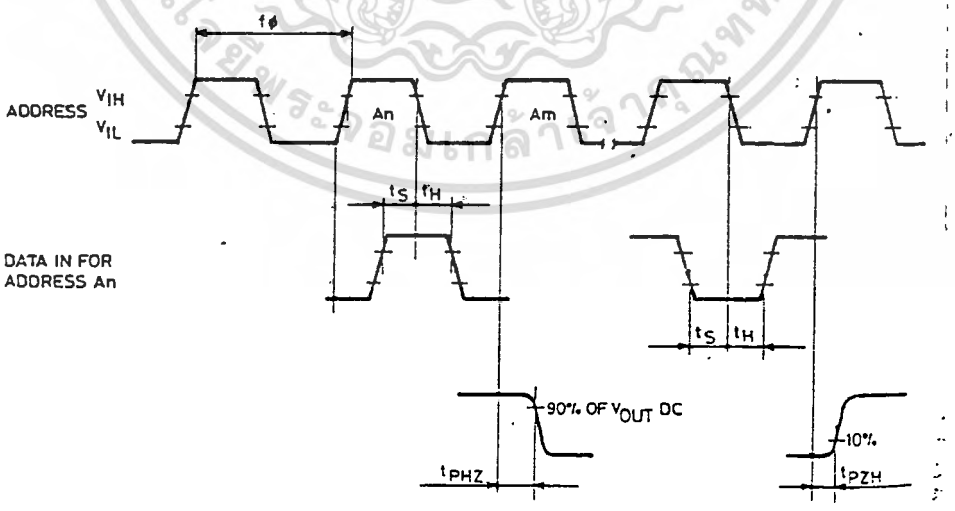
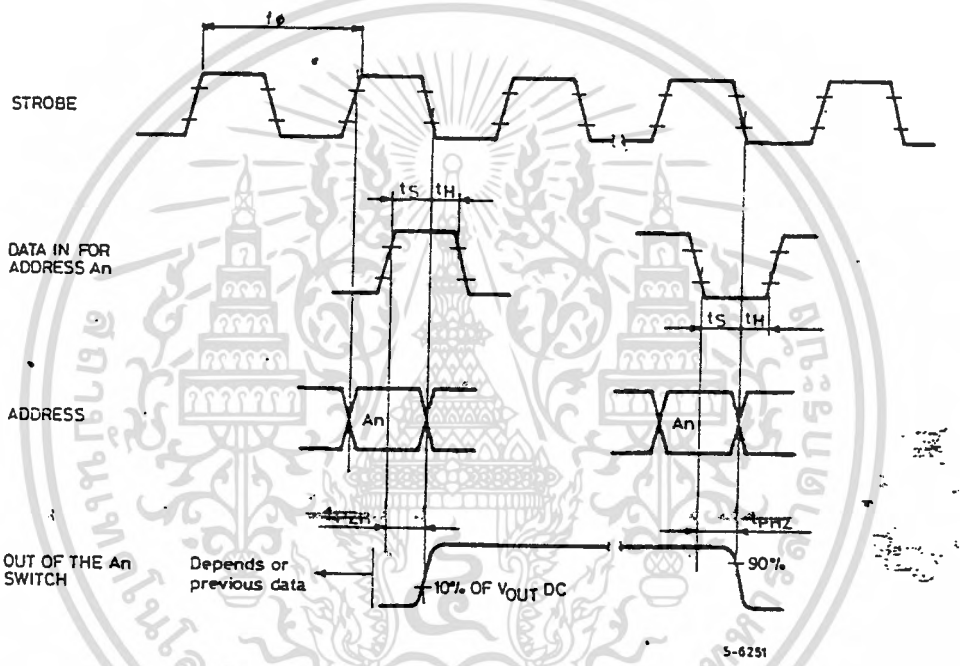


Fig. 2 - Strobe stable at "1": Propagation delay from address



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 3 - Propagation delay from data in



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} 0 to 70°C), $V_{DD} = 14V$

Parameter	Test condition	Min.	Typ.	Max	Unit
CROSSPOINT					
I_{DD}				20	mA
On resistance				75	Ω
R on between any 2 switch				20	Ω
Off leakage	All switches off			±100*	nA
CONTROLS:					
V_{IL}				0.8	V
V_{IN}		2.4			V
Input leakage	$V_{DD} = 14V$			100*	nA

* This value is determined by the minimum measurement feasible with automatic test equipment.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25°C$)

Parameter	Test condition	Min.	Typ.	Max	Unit
CROSSPOINTS					
t_{PHL}, t_{PLH} Propagation Delay Time	$V_{DD} = 14V$ $V_{DC} = 5V$ switch on			30	ns
Frequency Response (20 log $V_{OUT}/V_{IN} = -3db$)	$V_{DD} = 14V$ $V_{DC} = 5V$ sine wave input				MHz
Sine Wave Response (distorsion)	$V_{DD} = 14V$ $V_{DC} = 5V$ 0dbm			1	%
Feedthrough (all switches off)	$V_{DD} = 14V$ $V_{DC} = 5V$		−80		db
X_n Capacitance	$V_{DD} = 14$		20		pF
Y_n Capacitance	$V_{DD} = 14$		30		pF
CONTROLS					
t_{PZH}, t_{PZL} Strobe to Output Delay	$V_{DD} = 14V$ $C_L = 50pF$			160	ns
t_{PZH}, t_{PZL} Data In to Out Delay	$V_{DD} = 14V$ $C_L = 50pF$			200	ns
t_{PZH} (turn on) Address to Out Delay	$V_{DD} = 14V$ $C_L = 50pF$			180	ns
t_{PHZ} (turn off) Address to Out Delay	$V_{DD} = 14V$ $C_L = 50pf$			320	ns
Set-up time (Data in to Strobe, Address)	$V_{DD} = 14V$ $C_L = 50pF$	30		30	ns
Hold time (Data in to strobe, address)	$V_{DD} = 14V$ $C_L = 50pF$	70			
Minimum strobe pulse width		200			

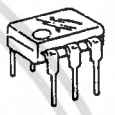
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

6-Pin DIP Optoisolators
Transistor Output

4N35
4N36
4N37

6-PIN DIP OPTOISOLATORS TRANSISTOR OUTPUT

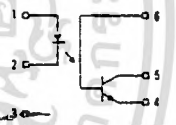


CASE 730A-02
PLASTIC

These devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Convenient Plastic Dual-In-Line Package
- High Current Transfer Ratio — 100% Minimum at Spec Conditions
- Guaranteed Switching Speeds
- High Input-Output Isolation Guaranteed — 7500 Volts Peak
- UL Recognized, File Number E54915
- VDE approved per standard 0883/6.80 (Certificate number 41853), with additional approval to DIN IEC380/VDE0806, IEC435/VDE0805, IEC65/VDE0860, VDE0110b, covering all other standards with equal or less stringent requirements, including IEC204/VDE0113, VDE0160, VDE0832, VDE0833, etc.
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- Special lead form available (add suffix "T" to part number) which satisfies VDE0883/6.80 requirement for 8 mm minimum creepage distance between input and output solder pads.
- Various lead form options available. Consult "Optoisolator Lead Form Options" data sheet for details.

SCHEMATIC



1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ T_A = 25°C with Negligible Power in Output Detector	P_D	120	mW
Derate above 25°C		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
~~Emitter-Base Voltage~~	~~V_{EBO}~~	~~7~~	~~Volts~~
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ T_A = 25°C with Negligible Power in Input LED	P_D	150	mW
Derate above 25°C		1.76	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Source Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ T_A = 25°C	P_D	250	mW
Derate above 25°C		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	T_A	−55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 seconds, 1/16" from case)	—	260	°C

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED						
Forward Voltage (I_F = 10 mA)	T_A = 25°C T_A = −55°C T_A = 100°C	V_F	0.8 0.9 0.7	1.15 1.3 1.05	1.5 1.7 1.4	V
Reverse Leakage Current (V_R = 6 V)		I_R	—	—	10	μA
Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)		C_J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR						
Collector-Emitter Dark Current (V_{CE} = 10 V, T_A = 25°C) (V_{CE} = 30 V, T_A = 100°C)		I_{CEO}	— —	1 —	50 500	nA μA
Collector-Base Dark Current (V_{CB} = 10 V)	T_A = 25°C T_A = 100°C	I_{CBO}	— —	0.2 100	20 —	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1 mA)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	V
Collector-Base Breakdown Voltage (I_C = 100 μA)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	V
Emitter-Base Breakdown Voltage (I_E = 100 μA)		$V_{(BR)EBO}$	7	7.8	—	V
DC Current Gain (I_C = 2 mA, V_{CE} = 5 V)		h_{FE}	—	400	—	—
Collector-Emitter Capacitance (f = 1 MHz, V_{CE} = 0)		C_{CE}	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance (f = 1 MHz, V_{CB} = 0)		C_{CB}	—	18	—	pF
Emitter-Base Capacitance (f = 1 MHz, V_{EB} = 0)		C_{EB}	—	5	—	pF
COUPLED						
Output Collector Current (I_F = 10 mA, V_{CE} = 10 V)	T_A = 25°C T_A = −55°C T_A = 100°C	I_C	10 4 4	30 — —	— — —	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage (I_C = 5 mA, I_F = 10 mA)		$V_{CE(sat)}$	—	0.14	0.3	V
Turn-On Time	(I_C = 2 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω, Figure 11)	t_{on}	—	7.5	10	μs
Turn-Off Time		t_{off}	—	5.7	10	μs
Rise Time		t_r	—	3.2	—	μs
Fall Time		t_f	—	4.7	—	μs
Isolation Voltage (f = 60 Hz, t = 1 sec)		V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Current (V_{I-O} = 3550 Vpk) (V_{I-O} = 2500 Vpk) (V_{I-O} = 1500 Vpk)	4N35 4N36 4N37	I_{ISO}	— — —	— — —	100 100 100	μA
Isolation Resistance (V = 500 V)		R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)		C_{ISO}	—	0.2	2	pF

TYPICAL CHARACTERISTICS

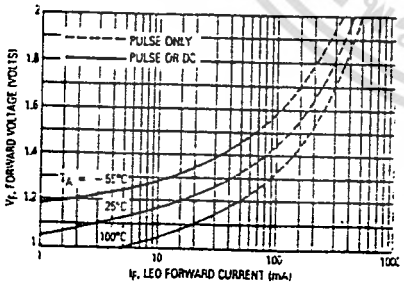


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

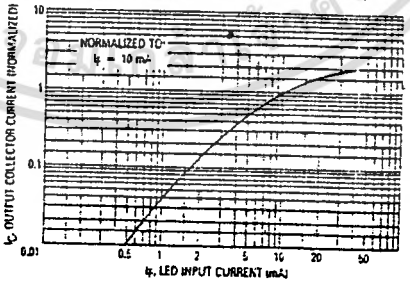


Figure 2. Output Current versus Input Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1
Integrated DTMF Receiver

9161-002-094-NA ISSUE 1 November 1987

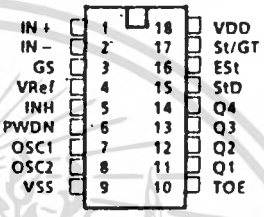
Features

- Complete DTMF Receiver
- Low Power Consumption
- Internal Gain Setting Amplifier
- Adjustable Guard Time
- Central Office Quality
- Power-down Mode
- Inhibit Mode

Applications

- Receiver System for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870C-1)
- Paging Systems
- Repeater Systems/Mobile Radio
- Credit Card Systems
- Remote Control
- Personal Computers
- Telephone Answering Machine

Pin Connections



Ordering Information

~~MT8870CE/MT8870CE-1 Plastic DIP~~
MT8870CC/MT8870CC-1 Ceramic
MT8870CS/MT8870CS-1 SOIC
−40 °C to +85 °C

Description

The MT8870C/MT8870C-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions, fabricated in Mitel's double poly ISO²-CMOS technology. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

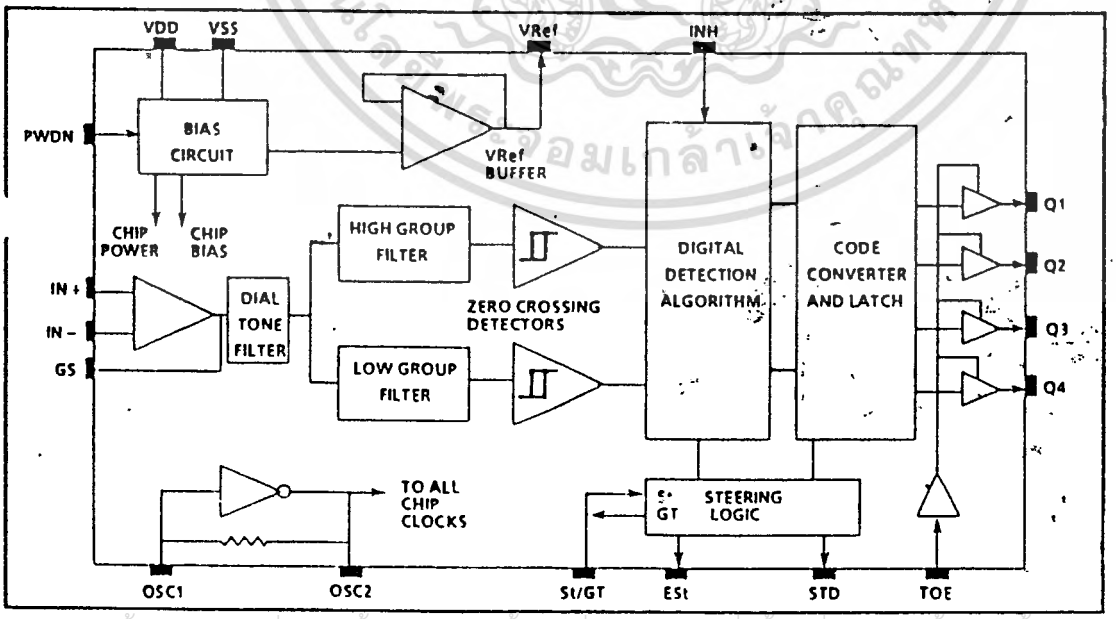


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

Pin #	Name	Description
1	IN+	Non-Inverting Op-Amp (Input).
2	IN−	Inverting Op-Amp (Input).
3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	V_{Ref}	Reference Voltage (Output), Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig.2).
5	INH	Inhibit (Input). Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	PWDN	Power Down (Input). Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	OSC1	Clock (Input).
8	OSC2	Clock (Output). A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	V_{SS}	Negative Power Supply (Input).
10	TOE	Three State Output Enable (Input). Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	Q1-Q4	Three State Data (Output). When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	StD	Delayed Steering (Output). Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V_{TSt}.
16	ESt	Early Steering (Output). Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
17	St/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V_{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V_{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
18	V_{DD}	Positive power supply (Input).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics - V_{DD} = 5.0V ± 5%, V_{SS} = 0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C, using Test Circuit shown in Figure 2.

		Characteristics	Sym	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 12
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 12
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	User adjustable
4		Tone duration reject	$\overline{t_{REC}}$	20			ms	User adjustable
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	User adjustable
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	User adjustable
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE = V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12	16	µs	TOE = V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		3.4		µs	TOE = V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	CLOCK	Crystal /clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
13		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
14		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
15		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
16		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

† Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

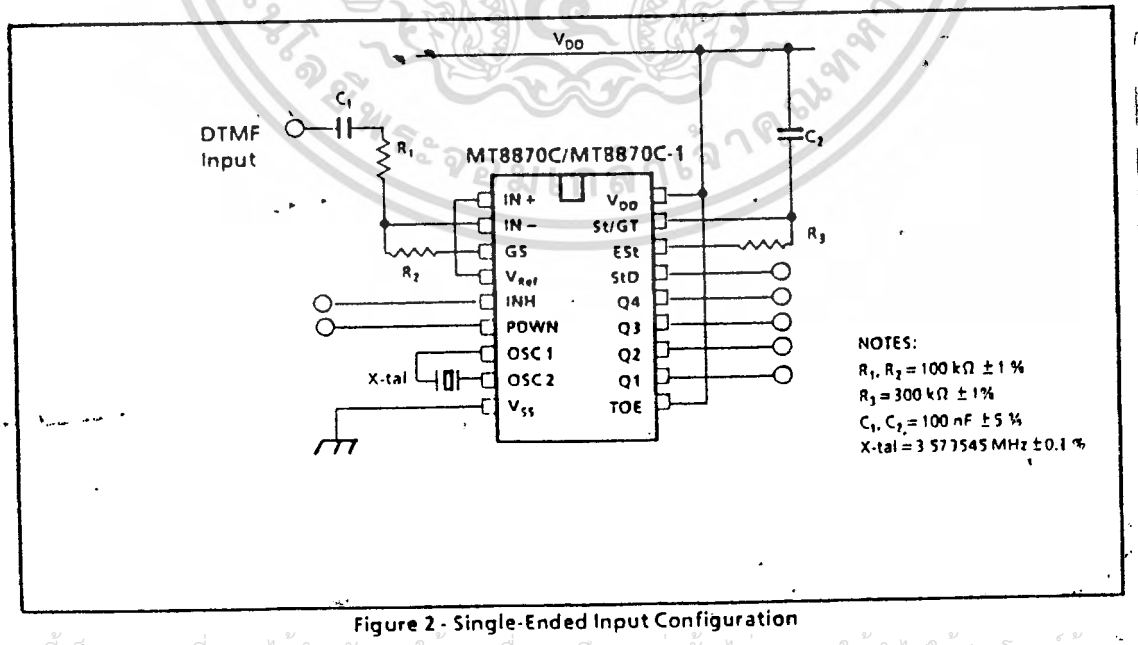
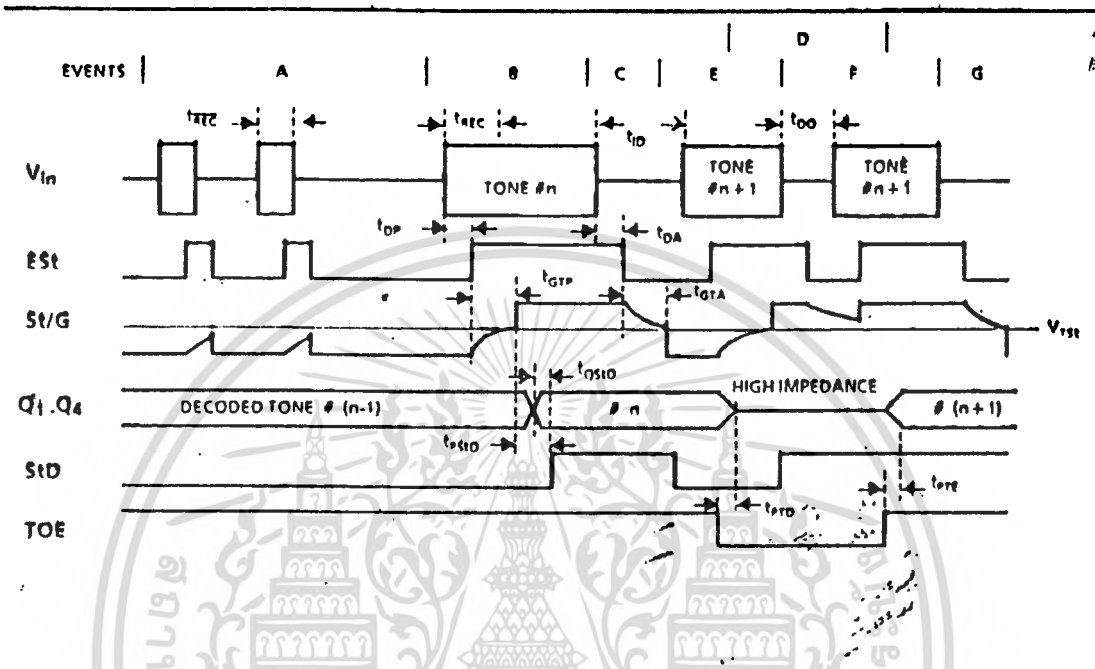


Figure 2 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED. TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.

B) TONE #n DETECTED. TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS.

C) END OF TONE #n DETECTED. TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

E) TONE #n+1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH-IMPEDANCE).

F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n+1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.

G) END OF TONE #n+1 DETECTED. TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.

St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.

TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.

t_{REC} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED AS VALID.

t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION.

t_{ID} MINIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.

t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT

Figure 3- Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8870C/MT8870C-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 4). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by ESt. A logic high on ESt causes v_c (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided signal condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD}. GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate

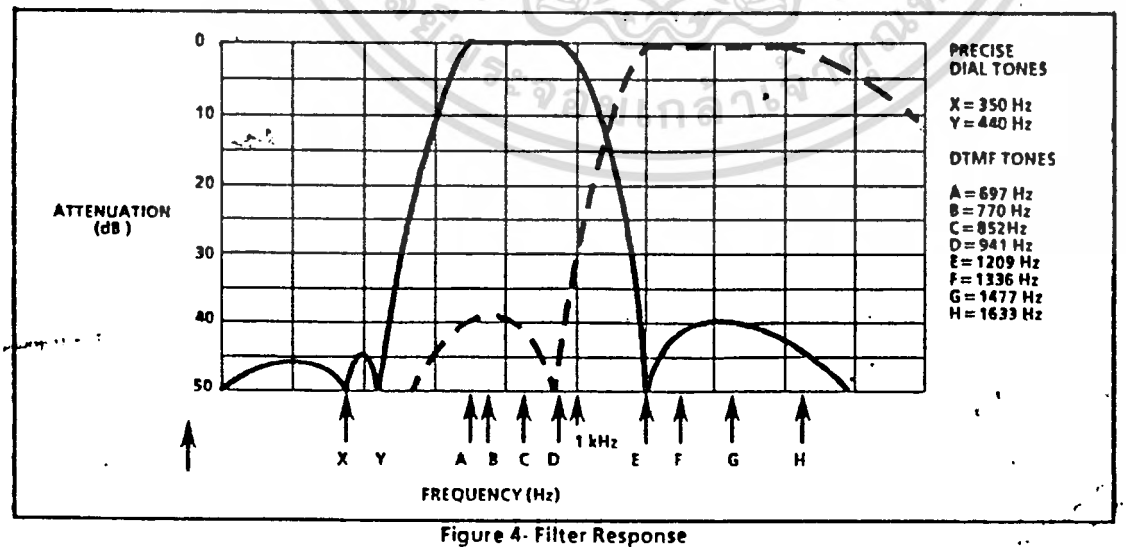


Figure 4- Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digit	TOE	INH	EST	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	-	Z	Z	Z	Z
1	H	L	H	0	0	0	1
2	H	L	H	0	0	1	0
3	H	L	H	0	0	1	1
4	H	L	H	0	1	0	0
5	H	L	H	0	1	0	1
6	H	L	H	0	1	1	0
7	H	L	H	0	1	1	1
8	H	L	H	1	0	0	0
9	H	L	H	1	0	0	1
0	H	L	H	1	0	1	0
*	H	L	H	1	0	1	1
#	H	L	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
1	H	H	H	0	0	0	1
2	H	H	H	0	0	1	0
3	H	H	H	0	0	1	1
4	H	H	H	0	1	0	0
5	H	H	H	0	1	0	1
6	H	H	H	0	1	1	0
7	H	H	H	0	1	1	1
8	H	H	H	1	0	0	0
9	H	H	H	1	0	0	1
0	H	H	H	1	0	1	0
*	H	H	H	1	0	1	1
#	H	H	H	1	1	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

L = LOGIC LOW, H = LOGIC HIGH, Z = HIGH IMPEDANCE

Table 1 - Functional Decode Table

he interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 5 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$
$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 3) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 μF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6.

Power-down and Inhibit Mode

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A,B,C and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870C/MT8870C-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source(V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 2 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 7 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

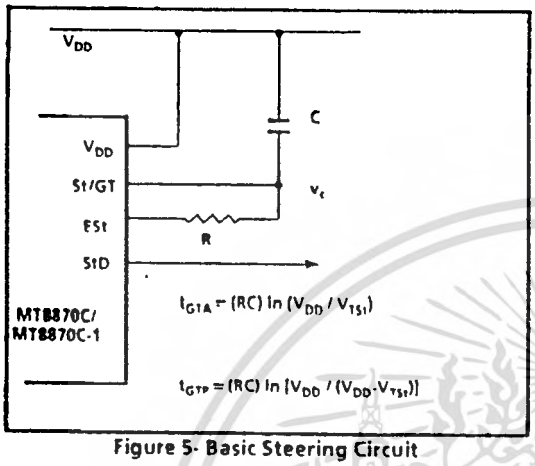


Figure 5- Basic Steering Circuit

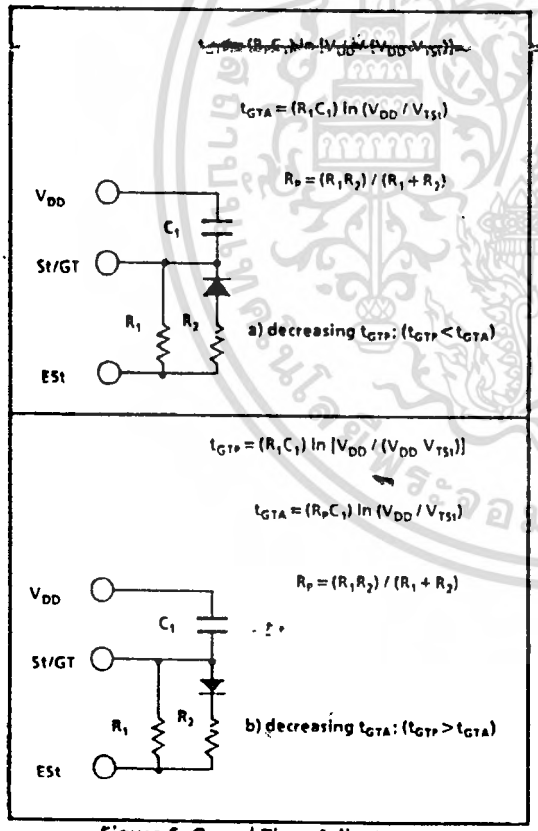


Figure 6- Guard Time Adjustment

Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 2 (Single Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870C/MT8870C-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 8 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, ie; precision balancing capacitors are not required.

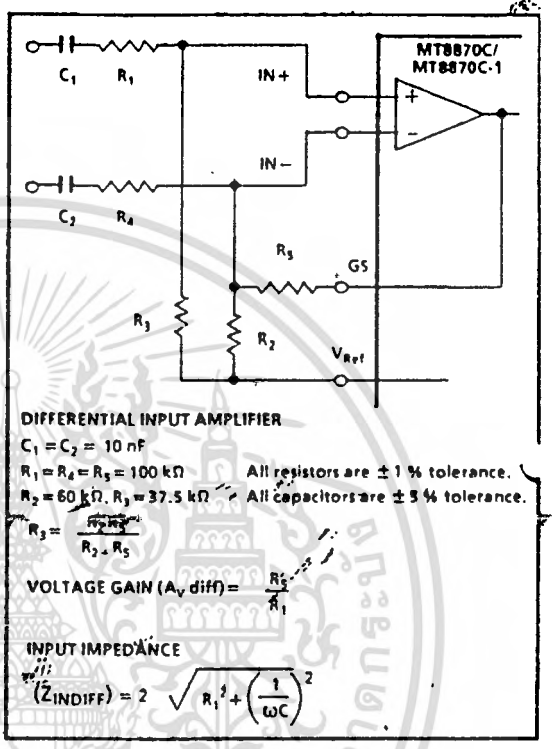


Figure 7- Differential Input Configuration

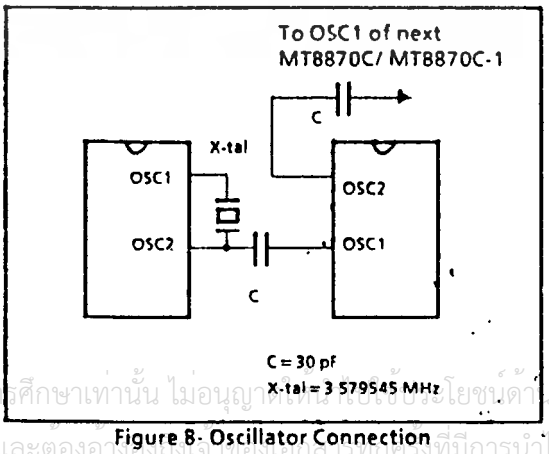


Figure 8- Oscillator Connection

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 10 illustrates the use of MT8870C-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870C-1. As shown in the diagram, the component values of R_3 and C_2 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 9.

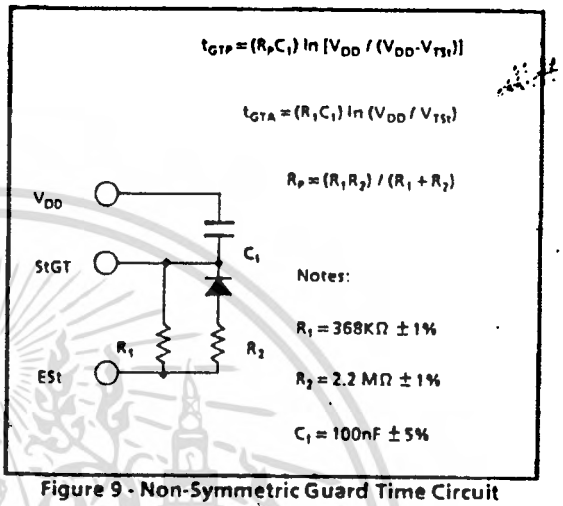


Figure 9 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

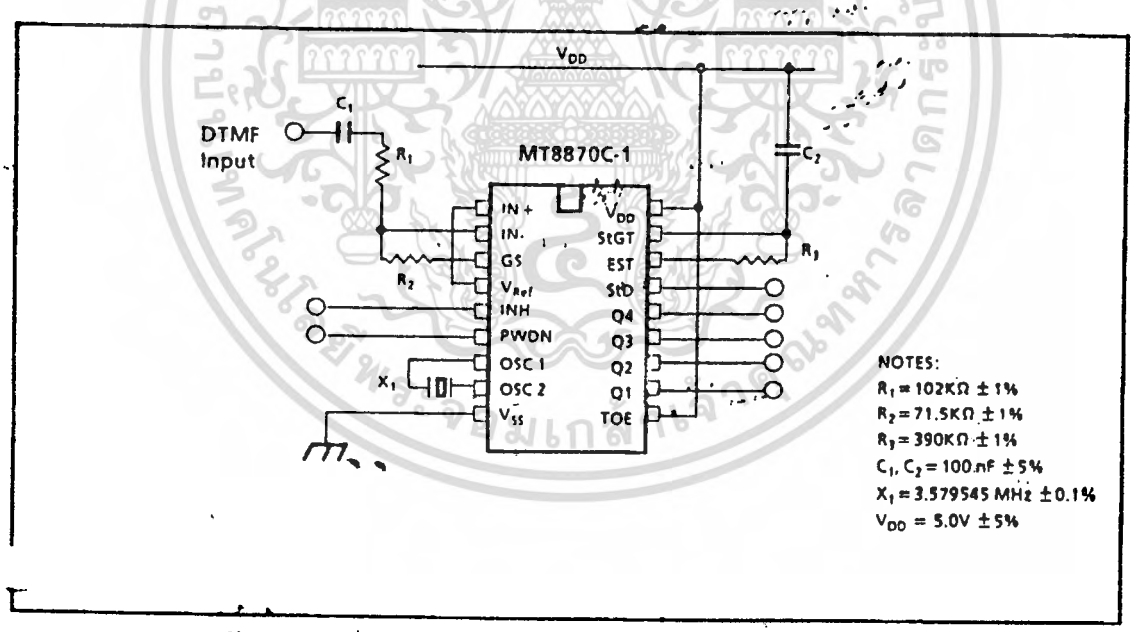


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C-1 AC Electrical Characteristics[1] - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40°C \le T_O \le +85°C$, using Test Circuit shown in Figure 2.

	Characteristics	Sym	Min	Typ[1]	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		−31		+1	dBm	$V_{DD} = 5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV_{RMS}	
2	Input Signal Level Reject		−37			dBm	$V_{DD} = 5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV_{RMS}	
3	Negative twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
4	Positive twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
5	Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2, 3, 5, 9
6	Frequency deviation reject		±3.5%				2, 3, 5, 9
7	Third tone tolerance		- 18.5			dB	2, 3, 4, 5, 9, 13
8	Noise tolerance			−12		dB	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11

[1]Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

*NOTES

1. dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration = 40 ms, tone pause = 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by ±1.5 % ± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 2 %.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid signal level.
12. For guard time calculation purposes.
13. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		6	V
2	Voltage on any pin	V_I	$V_{SS}-0.3$	$V_{DD}+0.3$	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	−65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		1000	mW

*Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.
Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ*	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T_O	−40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq. Tolerance	Δfc		±0.1		%	

* Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40°C \le T_O \le +85°C$, unless otherwise stated

		Characteristics	Sym	Min	Typ*	Max	Units	Test Conditions
1	SUPPLY	Standby supply current	I_{DDQ}			100	μA	PWDN = V_{DD}
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_O		15	50	mW	fc = 3.579545 MHz
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	$V_{DD}=5.0V$
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	$V_{DD}=5.0V$
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1		μA	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		7.5	20	μA	TOE (pin 10) = 0, $V_{DD}=5.0V$
8		Pull down (sink) current	I_{SI}		15	45	μA	INH = 5.0V, PWDN = 5.0V, $V_{DD}=5.0V$
9		Input impedance (IN+, IN−)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2		2.5	V	V_{DD} = 5.0V
11	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			$V_{SS}+0.03$	V	No load
12		High level output voltage	V_{OH}	$V_{DD}-0.03$			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.0	2.5		mA	$V_{OUT}=0.4$ V
14		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	$V_{OUT}=4.6$ V
15		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.4		2.7	V	No load, V_{DD} = 5.0V
16		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		10		kΩ	

* Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics - V_{DD} = 5.0V ±5%, V_{SS} = 0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, unless otherwise stated.

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ¹	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	$-3.0\,V \le V_{IN} \le 3.0\,V$
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS}
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Maximum resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{pp}	No Load

MT8870C AC Electrical Characteristics - ~~V_{DD} = 5.0V ±5%, V_{SS} = 0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, using Test Circuit shown in~~ Figure 2.

		Characteristics	Sym	Min	Typ¹	Max	Units	Notes*
1		Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29			dBm	1,2,3,5,6,9
				-27.5			mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
						+1	dBm	1,2,3,5,6,9
						869	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
2		Negative twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
3		Positive twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
4		Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2, 3, 5, 9
5		Frequency deviation reject		±3.5%				2, 3, 5, 9
6		Third tone tolerance			-16		dB	2, 3, 4, 5, 9, 10
7		Noise tolerance			-12		dB	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10
8		Dial tone tolerance			+22		dB	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11

¹Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

* NOTES

1. dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration = 40 ms, tone pause = 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by ± 1.5 % ± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 2 %.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. For guard time calculation purposes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้