เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
(PABX - PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE)

โดย

นางสาวพรวิไล ตั้งสกุลโกมล

นายวีระชัย มิ่งมีชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอิเลคทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033209

14, 15, 16, 23, 26.

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

โดย นางสาวพรวิไล ตั้งสกุลโกมล 33100246

นายวีระชัย มิ่งมีชัย 33100362

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรสิทธิ์ สุวรรณไกรโรจน์

บทคัดย่อ

ยุคนี้ เราอาจกล่าวได้ว่ายุคนี้เป็นยุคของสังคมข่าวสารข้อมูล การติดต่อสื่อสารจึงจัดเป็นสิ่งที่สำคัญที่ขาดเสียมิได้ของคนในสังคมยุคนี้ และภายใต้ระบบการสื่อสารในปัจจุบันได้มีความนิยมนำเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติมาใช้ จัดได้ว่าเป็นเครื่องที่ให้ความสะดวกแก่มนุษย์อย่างมาก ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการออกแบบพัฒนาสร้างเครื่องซึ่งมีความสามารถที่จะขยายระบบให้ใหญ่ขึ้นโดยง่าย

ABSTRACT

Nowadays we can say that it's a information system day. Social with the communication system is necessary to provide useful in making men's interconnecting. By requiring the system to be convenience , we use the private automatic branch exchange to communicate . This project issues about the PABX design and make it easy for expanding the system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	การออกแบบโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	3
	2.1 แนวคิดที่นำมาใช้ในการออกแบบหรือพัฒนาโครงงาน	3
	2.2 ขอบเขตคุณสมบัติการใช้งานของโครงงาน	3
	2.3 ส่วนประกอบและหน้าที่การทำงานของโครงสร้างหลัก	3
บทที่ 3	หลักการทำงานและการออกแบบวงจร	12
	3.1 ส่วนซอฟท์แวร์ของระบบ	12
	3.2 ส่วนฮาร์ดแวร์ระบบ	14
บทที่ 4	แผนภูมิและโปรแกรม	37
บทที่ 5	สรุปผล	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

การสื่อสารเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากในสังคมปัจจุบัน อุปกรณ์ทางการสื่อสารมากมายหลายแบบได้ถูกพัฒนาปรับปรุงเพื่ออำนวยความสะดวกและสนองตอบต่อความต้องการการใช้งานของคนในสังคม จะเห็นได้ว่ามีการขยายเครือข่ายชุมสายและเพิ่มจำนวนเลขหมายของโทรศัพท์เพิ่มขึ้นอย่างมากในประเทศ ดังนั้นการขอบริการคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ภายนอกเพื่อนำมาใช้เป็นคู่สายโทรศัพท์ภายในหลาย ๆ คู่สาย จึงควรมีการจัดการระบบคู่สายภายในเพื่อสนองตอบการขอใช้บริการให้เป็นไปอย่างสะดวกโดยประหยัดจำนวนคู่สาย การจัดการดังกล่าวได้ถูกพัฒนาโดยการนำระบบการตัดต่อคู่สายภายในมาใช้ เช่น ระบบรีเลย์ , ระบบครอสพอยท์สวิทช์และระบบดิจิตอล

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดการดังกล่าวในโครงงานนี้คืออุปกรณ์ระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (Private Automatic Brance Exchange : PABX) ซึ่งระบบของโครงงานนี้มีข้อดีตรงที่ประหยัดตัวนำที่ใช้เป็นสื่อกลางของการติดต่อส่งสัญญาณเสียงของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง ระบบได้นำเอาหลักการการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing:TDM) มาช่วยในการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลของแต่ละช่องโมดูล (ส่วนจัดการติดต่ออินเทอร์เฟสของเครื่องชุมสายกับคู่สายซึ่งมีทั้งคู่สายนอกและคู่สายใน) ก่อนส่งลงบนตัวนำสายสัญญาณ (Speech Bus) และส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต่อ (Switching) กับโมดูลต่าง ๆ ได้ใช้เกทบัฟเฟอร์ชนิดทีทีแอล (TTL) เป็นตัวตัดต่อ ซึ่งข้อดีของโครงงานที่ออกแบบขึ้นนี้คือการที่สามารถปรับปรุงขยายขนาดให้ใหญ่ขึ้นได้ เนื่องจากประสิทธิภาพของสวิทช์ซึ่งซึ่งมีความเร็วสูง

และจากหลักการการนำวิธีการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลามาใช้ดังที่ได้กล่าวข้างต้น สามารถอธิบายลักษณะพื้นฐานการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาได้โดยกล่าวคือการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาเป็นการแบ่งเวลาการใช้งานกันของอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวบนตัวกลางเดียว ในการมัลติเพลกซ์แบบนี้ ตัวมัลติเพลกซ์จะต้องมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงมาก(สูงกว่าความเร็วของอุปกรณ์ปลายแต่ละตัวที่ต่ออยู่มากเพื่อไม่ให้ข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ปลายแต่ละตัวตกค้างอยู่ จากรูปที่ 2.1 จะพบว่ามีอุปกรณ์ปลาย A, B, C, D รวม 4 ตัว ที่ส่งข้อมูลมาเข้าตัวมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ตัวมัลติเพลกซ์จะนำเอาข้อมูลมาจัดเป็นเฟรม แล้วส่งออกไปตามตัวกลางในรูปของเฟรม ถ้าอุปกรณ์ปลายทั้งสี่นั้นส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 10 บิทต่อวินาที ช่องทางเดินสัญญาณต้องสามารถเคลื่อนย้ายข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 40 บิทต่อวินาที โดยลักษณะการจัดเฟรมในการส่งของตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัลติเพลกซ์นั้นจะแบ่งเวลาออกเป็นส่วนย่อยและให้อุปกรณ์ปลายแต่ละตัวใช้เวลาส่วนย่อยนั้นในการส่งสลับกันไป A, B, C, D แล้วย้อนกลับมาเป็น A, B, C, D ใหม่ สำหรับทางด้านรับก็จะมีตัวมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาอีก 1 ตัวที่ทำหน้าที่แยกข้อมูลที่จัดสลับกันมาออกจากกันเพื่อส่งให้อุปกรณ์ปลายแต่ละตัวได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ตัวมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาบางตัวใช้วิธีการกำหนดขนาดของเฟรมแบบคงที่ โดยแต่ละเฟรมอาจประกอบด้วยตัวอักษร(ไบท์)หรือบิทแต่ละบิทของแต่ละอุปกรณ์ (ปกตินิยมใช้แบบเป็นตัวอักษรเพราะมีประสิทธิภาพดีกว่า) แต่ในตัวมัลติเพลกซ์บางตัวก็ใช้วิธีการของเฟรมแบบเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งในแต่ละเฟรมไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลจากอุปกรณ์ทุกตัวก็ได้ เพราะในการส่งแต่ละข้อมูลแต่ละไบท์นั้นจะมีข่าวสารการควบคุมอักษรนั้นส่งไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การออกแบบโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

2.1 แนวคิดที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อพัฒนาในโครงงานนี้มีรายละเอียดดังนี้

1. ใช้เกทบัฟเฟอร์ (Gate Buffer) ชนิดทีทีแอล (TTL) แทน Analog Switch ทำให้สามารถทำงานที่ความถี่สูงถึง 20 MHz

2. ใช้ A/D ขนาด 8 บิทเพื่อแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital)

3. ใช้บัสขนาด 8 บิทในการส่งข้อมูลสัญญาณเสียงที่แปลงเป็นดิจิตอลแล้ว ถือเป็นการส่งข้อมูลแบบขนาน (Prallel) ซึ่งเป็นการเพิ่มความเร็วให้แก่ระบบ

4. ด้วยการออกแบบที่ทำให้ระบบทำงานด้วยความเร็วสูงอย่างเหลือเฟือ จึงทำให้สามารถขยายจำนวนเครื่องโทรศัพท์ได้เป็นจำนวนมาก

5. ออกแบบให้ส่วนที่ติดต่อ(Interface) กับโทรศัพท์มีลักษณะเป็นโมดูล(MODULE) เพื่อให้สะดวกในการขยายระบบ

2.2 ขอบเขตคุณสมบัติการใช้งานได้ของโครงงานที่จัดทำขึ้นนี้

1. ขนาด 1 โมดูลสำหรับคู่สายนอก (External Module) และ 3 โมดูลสำหรับคู่สายใน (Internal Module) ทั้งสองแบบรวมกันสามารถขยายได้ถึง 15 โมดูล

2. สามารถต่อสายให้หมายเลขต่าง ๆ เข้ามาร่วมสนทนา (Conference) ในขณะเดียวกันได้ 3 หมายเลข

3. กด 9 เมื่อต้องการใช้บริการเรียกออกภายนอก

4. เมื่อมีสัญญาณเรียกจากสายนอกจะไปติดเครื่องที่ 1 ซึ่งจะเป็น Operator

5. ขณะสนทนาอยู่สามารถพักสาย (Hold)ไว้ก่อน

6. ใช้กับโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

2.3 ส่วนประกอบและหน้าที่การทำงานของโครงสร้างหลัก 3 ส่วนหลัก(ดูรูปที่ 2.2)ได้แก่

1. โมดูลสำหรับจัดการติดต่อคู่สายมีทั้งภายนอกและภายใน (Internal and External Module)

2. การใช้แรมเป็นตัวควบคุมการสวิทช์ชิ่ง (RAM Control Switching)

3. ส่วนประมวลผลกลาง (CPU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 หน้าที่การทำงานของส่วนประกอบโครงสร้างของโมดูล (Module) สามารถอธิบายได้โดยสังเขป ดังนี้

2.3.1.1 ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์สายนอก (Telephone Interface)

ใช้ไอซีเทเลโฟน สบีซ เน็ตเวอร์ค อินเตอร์เฟซ เซอร์กิต ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์สายนอกซึ่งเป็นขององค์การโทรศัพท์ ให้เป็นสัญญาณรับและส่งแยกจากกัน โดยแปลงสัญญาณ 2 สายได้แก่ ทิป (TIP) และ ริง (RING) ให้เป็น 4 สาย คือ ส่ง (Transmit) , กราวน์ และ รับ (Receive) , กราวน์ เพื่อจัดการการติดต่อกับภายในเครื่องชุมสาย

2.3.1.2 ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียก (Ringing Detector)

ใช้ไอซีที่ทำหน้าที่ตรวจสอบสายนอกว่า มีสัญญาณเรียกจากคู่สายโทรศัพท์ขององค์การหรือไม่ ถ้ามีสัญญาณเรียกเข้ามา ไอซีก็จะแสดงสถานะให้ไมโครโปรเซสเซอร์รับรู้ หลังจากนั้นวงจรส่วนนี้ก็จะถูกแยกออกจากสายนอกชั่วคราว จนกระทั่งสายนอกนั้นยกเลิกการติดต่อกับระบบชุมสายสาขา

2.3.1.3 ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์สายใน (Subscriber Loop Interface circuit)

ใช้ไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์สำหรับใช้ภายในให้เป็นสัญญาณรับและส่งแยกจากกัน จาก 2 สายเป็น 4 สายและทำหน้าที่แสดงสถานะการยกหูของเครื่องโทรศัพท์

2.3.1.4 ส่วนวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Converter)

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงที่ผ่านเข้ามาให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งไปรอที่เกทบัฟเฟอร์ (Gate Buffer) และนำสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิทผ่านเกทบัฟเฟอร์มาแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาลอกตามเดิม

2.3.1.5 ส่วนเลือกการเชื่อมต่อกับการทำงานของโมดูลแต่ละตัว

เป็นส่วนเลือกสัญญาณต่าง ๆ เพื่อควบคุมการผ่านของสัญญาณต่าง ๆ ในโมดูล สัญญาณดังกล่าว เช่น สัญญาณให้หมุน , สัญญาณไม่ว่าง , สัญญาณเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.6 ส่วนสร้างสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับโทรศัพท์แต่ละเครื่อง

ได้แก่สัญญาณโทรศัพท์ต่าง ๆ คือ สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) , สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone), สัญญาณเรียก (Ringing Tone) , สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) ส่งให้กับส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ต่างๆ

2.3.1.7 ส่วนรับสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF Decoder)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มหมายเลขโทรศัพท์ของแต่ละส่วนที่เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ ให้เป็นเลขฐานสอง 4 บิท ส่งให้กับส่วนไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

2.3.2 การใช้แรมเป็นตัวควบคุมการสวิทช์ชิ่ง (Ram Control Switching)

หน้าที่หลักของวงจรส่วนนี้ คือ ทำหน้าที่ควบคุมการทำการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ซึ่งเราสามารถอธิบายได้ว่า ในขณะเวลาหนึ่ง ๆ บน DSBus สามารถที่จะมีข้อมูลได้ชุดเดียว ซึ่งข้อมูลที่ว่าก็คือ สัญญาณ DIGITAL ขนาด 8 บิท จากส่วนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลของแต่ละโมดูล เราจะเรียกข้อมูลลักษณะนี้ว่าดิจิตอล สปีช บัส (DIGITAL SPEECH SIGNAL : DSSignal) สัญญาณ DSSignal ของแต่ละโมดูล จะถูกกั้นไว้ด้วย Tr_g_buf และ Re_g_ buf ของตัวมันเอง (ดูรูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4 ประกอบ) ซึ่งส่วนของการควบคุม Tr_g_buf และ Re_g_buf นี้เองที่เป็นส่วนการควบคุมของแรมคอนโทรลสวิทช์ชิ่ง ซึ่งในส่วนนี้เราใช้สแตติกแรม (STATIC RAM) ขนาด 8 บิท เป็นตัวส่ง ข้อมูลสำหรับควบคุมการต่อต่อไปควบคุมโดยผ่านทางสวิทช์ชิ่งดาต้าบัส (SWITCHING DATA BUS :SwDBUS) เหตุผลที่ใช้สแตติกแรม เนื่องจากใช้งานง่าย และมีค่าเวลาในการเข้าถึง (ACCESS TIME) ต่ำ(ประมาณ 100 ns สำหรับเบอร์ 6116) ซึ่งค่าเวลาในการเข้าถึงตรงนี้เองที่เป็นตัวกำหนดจำนวนโมดูลสูงสุดที่จะใช้ได้กับเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติเครื่องนี้ เราสามารถคำนวณได้ดังนี้

ความถี่สูงสุดของสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์ F_{BW} = 3.3 KHZ

กำหนดความถี่ในการสุ่มสัญญาณ(SAMPLING) F_S = 4 F_{BW} = 13KHz

Ts จะเป็นตัวบ่งบอกว่าข้อมูลที่ส่งมาจาก เพื่อปิดเปิด Tr_g_buf และ Re_g_buf โดยไล่ตั้งแต่โมดูลแรกจนกระทั่งโมดูลสุดท้าย แล้วกลับมาเริ่มที่โมดูลแรกอีกครั้งหนึ่งจะต้องใช้เวลาไม่เกิน Ts(77 us) ดังนั้น

จำนวนโมดูลสูงสุด = Ts / AECESS TIME = 770 โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลขนาด 8 บิทของแรมจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 4 บิท โดยที่ 4 บิท แรกใช้ควบคุม Tr_g_buf และ 4 บิท หลังใช้ควบคุม Re_g_buf ดังนั้นเราจึงใช้จำนวนโมดูล ได้สูงสุดเพียง 16 โมดูล ถ้าหากเราต้องการเพิ่มจำนวนโมดูลสามารถทำได้โดยเปลี่ยนเป็นขนาด 16 บิท แล้วแบ่งเป็น 8 บิท แรกกับ 8 บิทหลัง แล้วไปแก้ไขโปรแกรมในส่วนการเขียนแรมอีกเล็กน้อย ซึ่งจะสามารถทำให้ใช้กับโมดูลได้จำนวนสูงสุด 256 โมดูล

จากรูปที่ 2.3 การที่เรามีแรมและวงจรนับที่สามารถโปรแกรมได้(PROGRAMABLE COUNTER : PGMC) 2 ชุด เพราะว่าขณะที่แรมส่งข้อมูลอยู่นั้น ถือว่าเป็นการ READ DATA อย่างอัตโนมัติ โดยวงจรนับที่สามารถโปรแกรมได้(PGMC) จะเป็นตัวส่งแอดเดรส(ADDRESS) ไปให้แรมเรื่อย ๆ โดยเริ่มจากแอดเดรสแรกไปจนถึงแอดเดรสสุดท้ายที่มีการใช้งานอยู่ในขณะนั้น แล้วกลับมาเริ่มต้นใหม่เป็นอย่างนี้ไปตลอดจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลง เช่น มีผู้ใช้ต้องการใช้โทรศัพท์นั้น จะส่งสัญญาณอินเทอรัพท์ไปบอกซีพียูให้จัดการเปลี่ยนข้อมูลในแรม เพื่อเพิ่มโมดูลนั้นเข้าไปในขบวนการการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ซึ่งช่วงที่มีการเปลี่ยนข้อมูลอยู่นี้เองทำให้ขบวนการการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาต้องหยุดชะงัก ทำให้ DSSignal ไม่สามารถถูกส่งและรับได้จึงทำให้ผู้ที่ใช้โทรศัพท์อยู่ก่อนหน้านี้รู้สึกว่า เสียงขาดช่วงไป แต่ถ้าเรามีแรม 2 ชุด เราก็เพียงคัดลอกข้อมูลเดิมและเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปในแรมอีกชุดให้ทำงานแทน จะช่วยให้ขบวนการการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาไม่หยุดชะงัก

ในรูปที่ 2.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของส่วนวงจรนับสามารถโปรแกรมได้ (PROGRAMABLE COUNTER) ซึ่งเป็นวงจรนับไบนารี่ (BINARY COUTER) ขนาด 8 บิท โดยจะเริ่มนับจาก 00H ไปจนถึงค่าถูกเก็บในรีจิสเตอร์ (REGISTER) แล้วจึงกลับมาเริ่มนับที่ 00H ใหม่ ข้อมูลที่ถูกเก็บในรีจิสเตอร์ จะถูกส่งมาจากซีพียู

2.3.3. ส่วนประมวลผลกลาง ซีพียู

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยบล็อกที่สำคัญ ๆ 3 บล็อกดังนี้

2.3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิท

2.3.3.2 ที่เก็บโปรแกรมสำหรับปฏิบัติงาน (EPROM, RAM)

2.3.3.3 ส่วนควบคุมการติดต่อกับโมดูล (SWAP)

2.3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิท

ชิพในตระกูลเอ็มซีเอส 51 (MCS-51) ของอินเทล (INTEL) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิท ขาที่ต่อออกใช้งานต่าง ๆ มีลักษณะเป็นพอร์ท รวมทั้งหมด 4 พอร์ท ซึ่งสามารถต่อขาไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมวงจรส่วนต่าง ๆ ได้เลย ไม่ต้องใช้ชิพเบอร์ 8255 ช่วย จึงเหมาะมากที่จะนำมาใช้เป็นตัวซีพียูของโครงงานนี้ จุดเด่นอีกประการหนึ่งของชิพคือมีแรมอยู่ภายในตัวถึง 256 ไบท์ และถ้าเลือกใช้เบอร์ 8032 ซึ่งมีแรมให้ใช้เพิ่มอีก 128 ไบท์ ทำให้ไม่ต้องต่อแรมภายนอกเพิ่มเติม เป็นการลดความยุ่งยากและประหยัดงบประมาณในการสร้าง

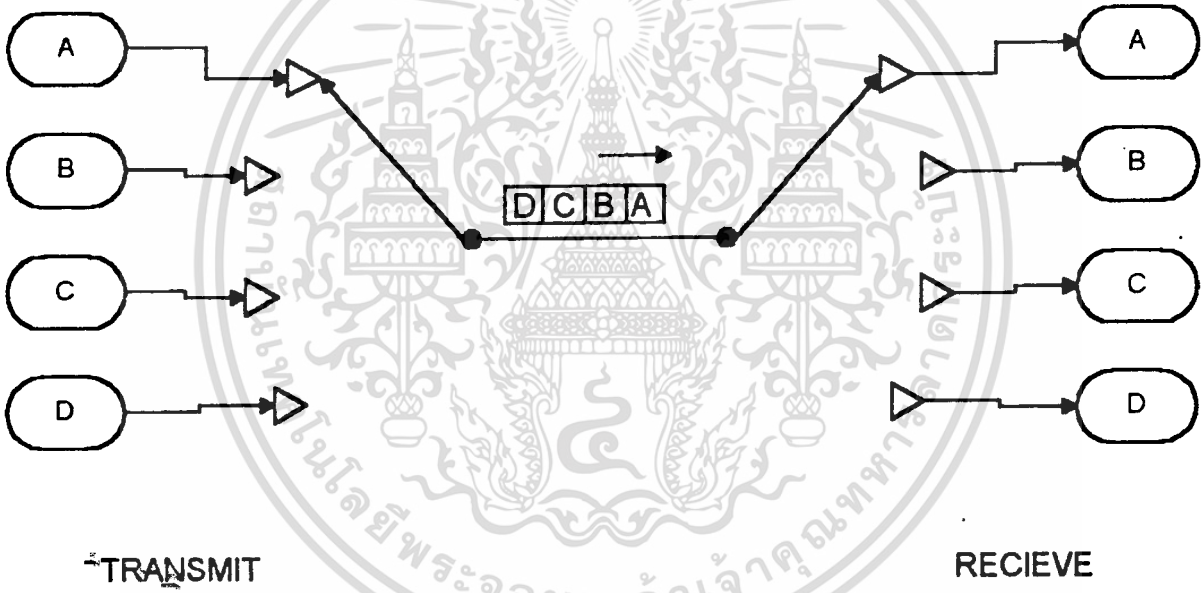
2.3.3.2 **ที่เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานอีพรอม(EPROM)**

ใช้เป็นที่เก็บโปรแกรมการทำงานทั้งหมดของโครงงานนี้ ซึ่งในขั้นทดลองผู้เขียนเลือกใช้เครื่องจำลองการทำงานของอีพรอม (EPROM Emulator) รุ่น EE232 ของบริษัทศิลารีเสิร์ช เพราะสามารถแก้ไขโปรแกรมได้สะดวกรวดเร็ว เมื่อโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์ทุกอย่างแล้ว จึงค่อยทำการเขียนลงในอีพรอมจริง ๆ เพื่อนำไปใช้งาน

2.3.3.3 **ส่วนควบคุมการติดต่อกับโมดูล (SWAP)**

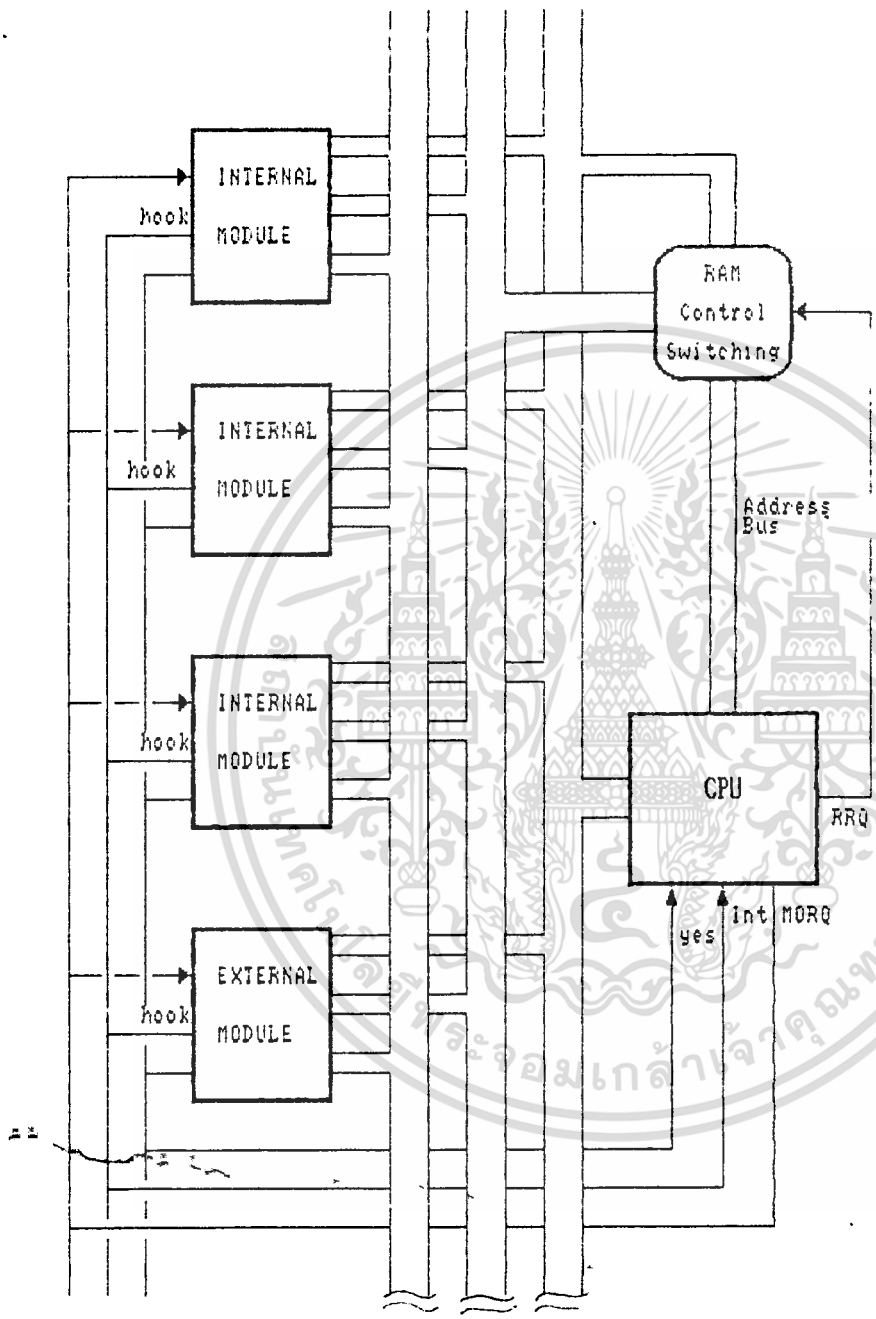
สิ่งที่ซีพียูจะต้องควบคุมมีหลัก ๆ คือส่วนโมดูลสายนอกและสายในกับส่วนแรมคอนโทรลสวิทช์ชิ่ง ซึ่งเวลาในการติดต่อกับทั้งสองส่วนนี้จะไม่พร้อมกัน ดังนั้นสัญญาณที่ใช้ควบคุมจากซีพียูจึงสามารถใช้ร่วมกันได้ โดยมีสัญญาณ M/ -R คอยสลับ (SWAP) ว่าจะให้สัญญาณไปควบคุมส่วนไหน การทำเช่นนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ชิพ 8255 เพราะถ้าต้องใช้สัญญาณควบคุมมากเกินกว่าที่ซีพียูให้ เราจำเป็นต้องใช้ชิพ 8255 เพื่อขยายจำนวนพอร์ท จะทำให้เกิดความซับซ้อนทั้งฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



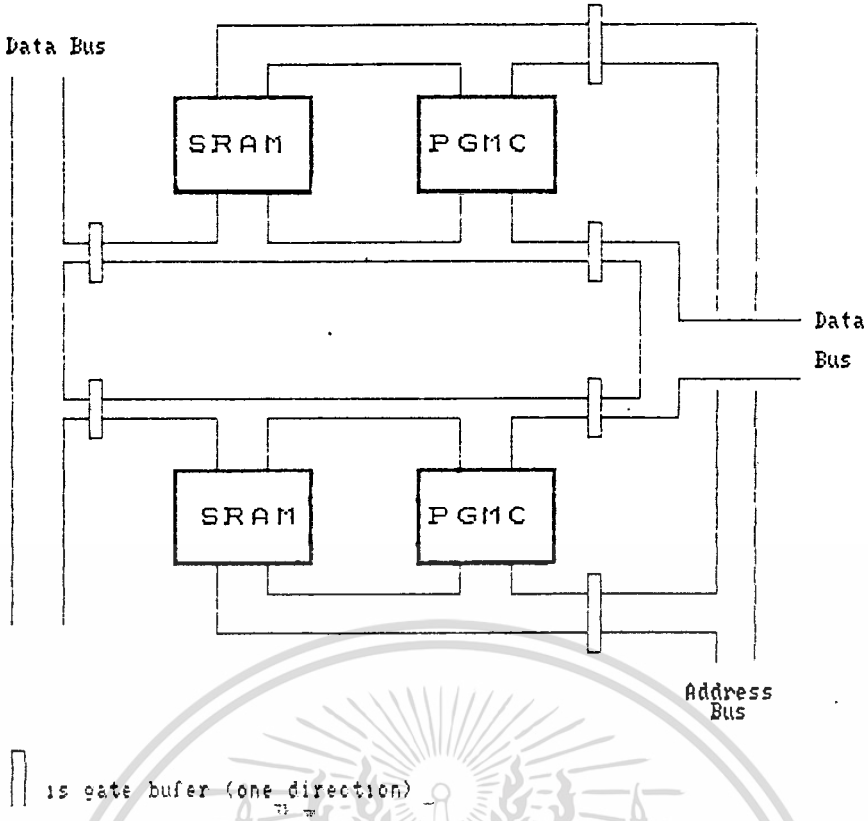
รูปที่ 2.1 การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

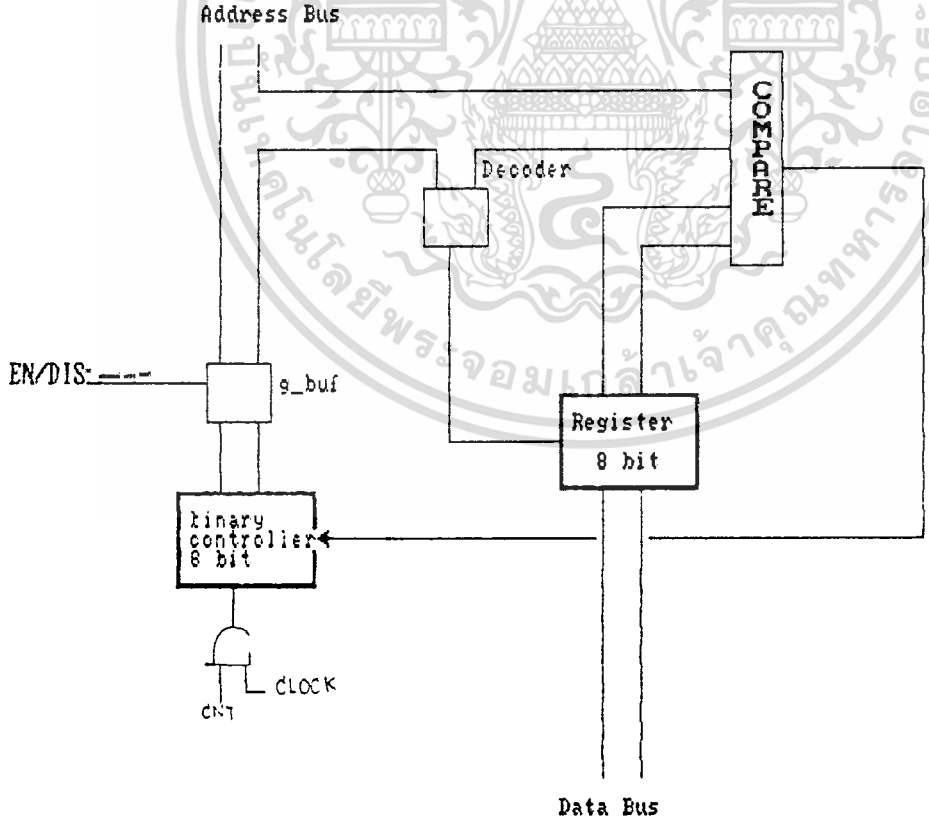


รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างหลัก 3 ส่วนของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033209

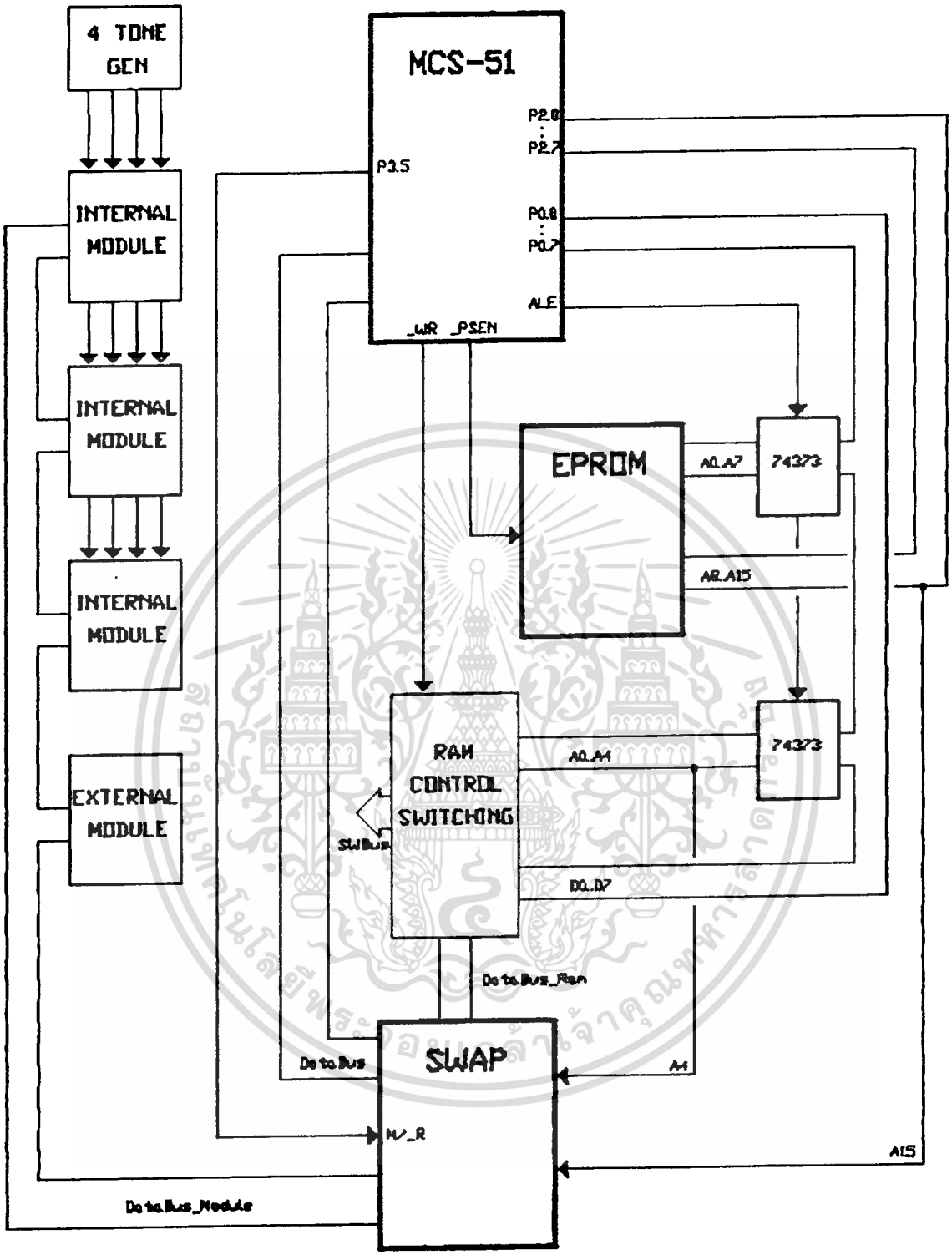


รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของการใช้แรมเป็นตัวควบคุมการสวิทช์ชิ่ง (RAM Control Switching)



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมของส่วนวงจรนับสามารถโปรแกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการต่อซีพียูไปควบคุมส่วนต่าง ๆ ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการทำงานและการออกแบบวงจร

หลักการทำงานของระบบและการออกแบบ แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

3.1 ส่วนซอฟท์แวร์ระบบ

3.2 ส่วนฮาร์ดแวร์ด้านวงจร

3.1 ส่วนซอฟท์แวร์ระบบควบคุม

ในการออกแบบทางด้านซอฟท์แวร์นั้น ในโครงงานนี้พัฒนาและสร้างซอฟท์แวร์ควบคุมแบบพื้นฐานซึ่งสามารถควบคุมระบบเบื้องต้นได้ โดยมีการเพิ่มขีดความสามารถขยายเพิ่มเติมเข้าไปด้วยบ้าง การพัฒนาโปรแกรมจะใช้ภาษาแอสแซมบลี้ (Assembly) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลเอ็มซีเอส 51 (MCS 51) โดยทำการพัฒนาซอสโคดบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (Personal Computer) และใช้แอสแซมเบลอร์ (Assembler) ของเอ็มซีเอส 51 เมื่อได้ออบเจ็คโคดแล้ว จึงทำให้อยู่ในรูปของเลขฐานสองอีกที ก่อนนำไปอัดใส่ลงอีพรอม (หน่วยความจำสำหรับเก็บมอนิเตอร์โปรแกรม)

ตัวอย่างการอธิบายการทำงานของเหตุการณ์การใช้งานจริง

สำหรับการทำงานประกอบกันสามารถอธิบายได้โดยสมมติเหตุการณ์ขึ้นว่ามีผู้ใช้ต้องการโทรศัพท์ออกเรียกหมายเลขภายนอก กำหนดให้ผู้ใช้คนนั้นเรียกจากเครื่องภายในของโมดูลหมายเลข 08h และ External หมายเลข 0Bh จะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ทำให้สถานะของฮุคสวิทช์เปลี่ยนแปลง วงจรเช็คฮุคจะตรวจสอบสายสัญญาณ Int ว่าว่าง (สถานะเป็น 0) หรือไม่ว่าง (สถานะเป็น 1) ถ้าหากว่าสายว่าง วงจรเช็คฮุค จะอินเทอร์รัพท์ไปบอกกับซีพียู ถ้าหากว่าไม่ว่างก็แสดงว่าโมดูลอื่นกำลังอินเทอร์รัพท์ซีพียูอยู่ วงจรจะรอจนกว่าจะว่าง จึงค่อยส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์ไป

2. เมื่อซีพียูได้รับสัญญาณ 1 ที่ขาอินเทอร์รัพท์ ซีพียูจะส่งสัญญาณ MORQ (Module Requested) เพื่อแสดงว่าขณะนี้ซีพียูต้องการติดต่อกับโมดูล

3. ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการสแกนเพื่อตรวจว่าโมดูลไหนส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์มา โดยการสแกนจะเริ่มจากโมดูลหมายเลข 00h ไปจนถึง 0Fh โดยซีพียูจะส่งหมายเลขของการสแกนนี้ไปบน Data Bus เพื่อรอให้โมดูลตอบรับกลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 เมื่อซีพียูสแกนมาจนถึงโมดูลที่ส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์ไป โมดุลนั้นจะอีนาเบิล bi_g_buffer (Bidirection Gate Buffer) และจะส่งสัญญาณพัลส์ออกไป 1 ลูกเพื่อทำให้ซีพียูหยุดสแกน เพราะรู้หมายเลขของโมดูลที่อินเทอร์รัพท์แล้ว

5. ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสถานะของโมดูลโดยซีพียูจะตรวจสอบหมายเลขของโมดูลที่ใช้งานอยู่ในขณะนั้น (ข้อมูลนี้จะถูกเก็บในส่วนของหน่วยความจำของซีพียูซึ่งเรียกว่า แสต็ก) ถ้าซีพียูตรวจพบว่ามีหมายเลขของโมดูลนั้นในแสต็ก แสดงว่าโมดูลนั้นอยู่ในภาวะที่ถูกใช้งานอยู่ ฉะนั้นสัญญาณอินเทอร์รัพท์ที่ส่งมาก็คือการบอกว่าผู้ใช้ได้เลิกใช้งานโทรศัพท์แล้ว ซีพียูจะไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลในส่วนของ Ram Control Switching และลบหมายเลขของโมดูลนั้นในแสต็ก แต่ถ้าซีพียูตรวจไม่พบหมายเลขนั้นในแสต็ก แสดงว่าโมดูลนั้นอยู่ในสถานะไม่ถูกใช้งานระบบจะดำเนินการในขั้นต่อไป

6. ซีพียูจะส่งรหัส ๆ หนึ่งเพื่อบอกให้โมดูลนั้นเปิดสัญญาณให้หมุน (Ready) ให้ผู้ใช้ขณะนี้ซีพียูจะอยู่ในสภาวะรอข้อมูลจากโมดูลนั้น

7. เมื่อใช้ให้กด 9 สัญญาณ DTMF ของเลข 9 จะถูกแปลงเป็นรหัสไบนารี่ 09h ส่งไปให้ซีพียู

8. เมื่อซีพียูได้รับข้อมูล 09h ซีพียูจะไปตรวจสอบสถานะของ External Module ในแสต็ก ถ้า External Module ไม่ว่าง ซีพียูจะส่งรหัสไปบอกให้โมดูลเปิดสัญญาณไม่ว่างให้ผู้ใช้ แต่ถ้า External Module ว่าง ซีพียูจะส่งโมดูลหมายเลข 08h เพื่อ Disable Bidirectional Gate Buffer

9. ขั้นตอนต่อไปเป็นการเพิ่มข้อมูลใน Ram Control Switching โดยที่ 08h เป็นหมายเลขของ Internal Module นี้และ 0Bh เป็นหมายเลขของ External Module เพราะฉะนั้นข้อมูลที่จะเพิ่มเข้าไปคือ B8h กับ 8Bh โดยไบท์แรกทำหน้าที่อีนาเบิล Tr_g_buf ของ External Module และ Re_g_buf ของ Internal Module ไบท์ที่สองจะทำหน้าที่กลับกัน

10. ขณะนี้เปรียบเสมือนว่า Internal Module ถูกซีพียูต่อเข้ากับ External Module เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถกดเลขหมายที่ต้องการติดต่อ ซึ่งสัญญาณ DTMF ที่ผู้ใช้กดนี้จะผ่าน A/D เข้าสู่ DSBus และผ่าน D/A ออกสู่คู่สายนอกขององค์การโทรศัพท์

11. ขั้นตอนสุดท้าย จะเป็นการเคลียร์สัญญาณอินเทอร์รัพท์ โดยซีพียูจะส่งโมดูลหมายเลข 08h เพื่ออีนาเบิล bi_g_buf แล้วส่งรหัสเพื่อบอกให้โมดูลเคลียร์สัญญาณอินเทอร์รัพท์ จากนั้นซีพียูจะ Disable bi_g_buf แล้วเคลียร์สัญญาณ MORQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนฮาร์ดแวร์ด้านวงจร

1 ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก

ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก มีหน้าที่แยกสัญญาณโทรศัพท์ของคู่สายภายนอกจากองค์การโทรศัพท์ ให้เป็นสัญญาณที่รับและส่งที่แยกออกจากกัน จากสองสายให้เป็นสี่สาย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำไปเชื่อมต่อกับส่วนเชื่อมต่อกับส่วนเชื่อมต่อสายโทรศัพท์ภายในซึ่งสัญญาณที่ใช้ภายในเป็นสัญญาณรับและส่งแยกจากกันเช่นเดียวกับ และยังมีภาคขยายสัญญาณเสียง การทำหน้าที่สร้างสภาวะการยกหูค้าง (HOLD) ของคู่สายภายนอกด้วย วงจรส่วนนี้ประกอบด้วยไอซีหลัก คือ ไอซีเบอร์ MC34014 ภายในไอซีตัวนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆที่ทำงานร่วมกันโดย ส่วนเรคกูเรเตอร์ (REGULATOR) จะสร้างไฟเลี้ยงสำหรับวงจรภายใน เมื่อสัญญาณของคู่สายโทรศัพท์ภายนอกที่มาจากองค์การโทรศัพท์เข้ามาจะถูกเรียงกระแสโดยบริดจ์เรคติไฟเออร์ (Bridge Rectifier) มีรีเลย์(Relay) ช่วยทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อการยกหู ส่วนดีซีลูปอินเทอร์เฟสจะทำหน้าที่เสมือนเป็นความต้านทานภายในเครื่องโทรศัพท์ขณะมีการยกหู เพื่อให้ชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ทราบว่ามีการตอบรับการเรียกหรือต้องการเรียกใช้งาน ส่วนภาคขยายสัญญาณส่ง (Transmit Amplifier) จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่รับเข้ามา ซึ่งจะสามารถปรับค่าอัตราขยายของสัญญาณที่รับเข้ามาได้ โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทาน R5 และส่วนขยายสัญญาณรับ (Receive Amplifier) ก็ทำหน้าที่ในทำนองเดียวกัน คือขยายสัญญาณส่งและปรับค่าอัตราขยายได้โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทาน R4 โดยที่การเปลี่ยนค่าความต้านทาน R5 ให้มีค่าลดลงจะทำให้อัตราขยายของสัญญาณรับมีค่ามากขึ้นและการเปลี่ยนค่าความต้านทาน R4 ให้มีค่ามากขึ้นจะทำให้อัตราขยายของสัญญาณส่งมีค่ามากขึ้น และส่วนขยายสัญญาณข้างเคียง (Sidetone Amplifier) จะทำหน้าที่ในการลดผลของสัญญาณข้างเคียงทำให้สัญญาณเสียงพูดที่ส่งออกมาของลำโพงที่ด้านส่ง ให้มีความดังที่พอเหมาะ แสดงรูปวงจรได้ดังรูปที่ 3.1

2 ส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน (Subscirber Loop Interface Circuit)

วงจร SLIC นั้นทำหน้าที่ในการอินเทอร์เฟสในส่วนไลน์ไซด์ หมายถึงเป็นการอินเทอร์เฟสระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายฟังก์ชันการทำงานของ SLIC ก็คือ ฟังก์ชั่น BORCH ซึ่งมีรายละเอียดของหน้าที่ดังนี้

2.1 แบตเตอรี่ฟีด (Battery feed : B) วงจรที่จะทำหน้าที่ในส่วนนี้จะต้องครอบคลุมในส่วนต่าง ๆ ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 เป็นแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ขนาด 48 V ให้แก่เครื่องโทรศัพท์ได้

2.1.2 สามารถทำหน้าที่ส่งผ่านหรือสัญญาณต่าง ๆ ได้

2.1.3 มีความต้านทานต่ำ อิมพีแดนซ์สูง

2.2 ส่วนป้องกันแรงดันเกิน (Over voltage protection : O) จะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ภายในของวงจรอินเตอร์เฟส อันเนื่องมาจากสัญญาณทรานเซี้ยนสูง ๆ เช่น แรงดันที่เหนี่ยวนำเข้ามาในวงจรขณะเกิดฟ้าผ่า หรืออันตรายจากการเกิดลัดวงจร เป็นต้น

2.3 ส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing : R) หลังจากที่ระบบสวิตชิ่งได้ทำการต่อวงจรของผู้ถูกเรียกเข้ากับชุมสายแล้ว ชุมสายก็จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังโทรศัพท์เครื่องนั้นซึ่งจะมีรีเลย์เป็นตัวช่วยในการต่อวงจรสร้างสัญญาณกระดิ่งเข้ากับสายสัญญาณทิปและริง สำหรับสัญญาณกระดิ่งที่มาจากชุมสายนั้นจะมีขนาด 90 โวลต์อาร์เอ็มเอส ความถี่ 20 เฮิรตซ์

2.4 ส่วนรับรู้สภาพการทำงานของโทรศัพท์ (Supervision : S) ส่วนนี้มีหน้าที่รับรู้การขอใช้โทรศัพท์เมื่อมีการยกหูขึ้น การรับรู้หมายเลขโทรศัพท์ที่ถูกส่งมา โดยเป็นระบบที่ใช้สัญญาณ-พัลส์แทนหมายเลข ตลอดจนการตรวจสอบสถานะของการใช้งานเช่น กำลังทำการสนทนากันอยู่หรือสิ้นสุดการสนทนาแล้ว

2.5 การเข้า/ถอดรหัส (Coding : C) หน้าที่ของฟังก์ชั่นนี้คือ การเข้าและถอดรหัสข้อมูลดิจิ-ตอลซึ่งวิธีการเข้ารหัสข้อมูลดิจิตอบที่ใช้กันก็คือวิธีพัลส์โคดมอดดูเลชั่น(PCM) ซึ่งภาครับก็ต้องใช้วงจรถอดรหัสและแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณอนาลอกต่อไป ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้จะรวมวงจรเข้าและถอดรหัสไว้ในไอซีตัวเดียวกัน โดยเรียกใหม่ว่าโคเดค(CODEC) ซึ่งมาจาก โคดเดอร์ (Coder) และดีโคดเดอร์ (Decoder)

2.6 วงจรไฮบริดจ์ (Hybrid : H) วงจรไฮบริดจ์ทำหน้าที่แปลงระบบสายส่งสัญญาณจากระบบ 2 สายให้เป็น 4 สายเพื่อที่จะแยกสายสัญญาณส่งและรับออกจากกัน ทำให้สามารถใช้วงจรขยายสัญญาณที่จะส่งหรือรับได้อย่างเหมาะสม

2.7 ส่วนทดสอบ (Test : T) เป็นฟังก์ชั่นที่ออกแบบไว้สำหรับใช้ในการตรวจสอบหาจุดบกพร่องของการทำงานในวงจรอินเทอร์เฟส ตรวจสอบอุปกรณ์สวิตชิ่งที่ต่ออยู่กับสายนั้น ตลอดจนการตรวจซ่อมก็สามารถทำได้จากวงจรที่ออกแบบมาในส่วนนี้

วงจรส่วนเชื่อมคู่สายภายใน (Subscriber Loop Interface Circuit : SLIC) ที่ใช้ในโครงงานนี้คือเบอร์ MC 3419-1L ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 มีหน้าที่การทำงานของวงจรเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณ 2 สาย (Two-Wire Differential) ในส่วนของเครื่องผู้ใช้ให้เป็นแบบ 4 สาย (Four-Wire Single End) เป็นวงจรประเภทไฮบริดจ์ จุดประสงค์เพื่อนำเอาสัญญาณ 4 สายมาใช้ติดต่อกันภายในระบบ ไอซีเบอร์นี้มีวงจรภายในอยู่แล้ว เพียงแต่ต่ออุปกรณ์ภายนอกเล็กน้อยก็ได้วงจรไฮบริดจ์อย่างสมบูรณ์ โดยทรานสไฮบริดจ์ ทรานสมิทชั่นเกน (Transhybrid Transmission Gain) ถูกกำหนดโดย Rvtx สำหรับการรับส่งสัญญาณสามารถเพิ่มหรือลดสัญญาณเข้ามาโดยการปรับ Rrx (Transhibrid Reception Gain Resistance) ที่ขา RXI และ TXO ตามลำดับ

- เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับคู่สายโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นเพื่อใช้งานโดยกระแสจะถูกขับโดยทรานซิสเตอร์ ดาร์ลิงตัน (Darlington Transistor) ที่ต่ออยู่กับขา EP, BP, BN, EN

นอกจากนี้ไอซีตัวนี้ยังแสดงสถานะการยกหูเป็นลอจิกให้รับทราบได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกกับขา HBO สถานะที่แสดงคือ

- เมื่อหูโทรศัพท์วางอยู่ สถานะฮุค (HOOK) จะมีค่าลอจิกเป็น " 1 " มีแรงดันตกคร่อมคู่สาย 48 V

- เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สถานะฮุค จะมีค่าลอจิกเป็น " 0 " มีแรงดันตกคร่อมคู่สายประมาณ 12 โวลต์

สำหรับการส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังเครื่องโทรศัพท์สามารถทำได้โดยให้ลอจิกควบคุมที่จุดริงกิ้ง อีนาเบิล (Ringing Enable) ซึ่งใช้รีเลย์เป็นตัวควบคุมการส่งผ่านสัญญาณเรียก

- ถ้าให้ลอจิก " 1 " ที่ริงกิ้ง อีนาเบิล สัญญาณเรียก จะผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์ได้

- ถ้าให้ลอจิก " 0 " สัญญาณเรียก จะผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์ไม่ได้

- สัญญาณเรียกจากส่วนสร้างสัญญาณจะป้อนเข้าที่จุด (Ringing gen)

3 ส่วนทำเนิดสัญญาณโทรศัพท์

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณให้หมุน (Readyl Tone) แสดงได้ดังรูปที่ 3.3.1 เป็นเสียงที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต

เมื่อหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) แสดงได้ดังรูปที่ 3.3.2 ซึ่งมีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าว่างจะส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) แสดงดังรูปที่ 3.3.3 ที่มีความถี่ 400 เฮิร์ต ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที

สัญญาณเรียก (Ringing Tone) แสดงดังรูปที่ 3.3.4 เมื่อเวลาที่มีคนหมุนหมายเลขเข้ามาก็จะมีการส่งสัญญาณให้กระดิ่งโทรศัพท์ดัง สัญญาณนี้จะมีความถี่ประมาณ 50 เฮิร์ต ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที และมีระดับโวลเตจประมาณ 80 ถึง 120 โวลต์

4 ส่วนถอดรหัสความถี่สัญญาณ

ในการถอดรหัสความถี่จากโทรศัพท์ขนิดกดปุ่มเพื่อส่งไปให้ส่วนซีพียู เราใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ในการแปลงความถี่ผสมที่เกิดจากการกดปุ่มตัวเลขบนเครื่องโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองจำนวน 4 บิทตามหมายเลขที่กดโดยสัญญาณความถี่จากโทรศัพท์แต่ละเครื่องป้อนให้กับเบอร์ MT 8870 ซึ่งประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ โดยการใช้เทคนิคของ SWITCH CAPACITOR FILLTER สำหรับการกรองความถี่ต่ำและสูงและใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสอง 4 บิทและเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยอุปกรณ์ข้างนอกและเอาท์พุทเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ

ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของ MT 8870 ประกอบด้วย 5 ส่วนที่สำคัญคือ

4.1 ภาคถอดความถี่ (Filter Section)

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณความถี่ทางโทรศัพท์ (DTMF) ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มคือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 คาปาซิเตอร์ (Six-order Switched Capacitor Bandpass Filter) ซึ่งจะสามารถแยกความถี่ได้เป็น 2 ช่วงคือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ แสดงได้ดังรูปที่ 3.4.1

4.2 ภาคถอดรหัส (Decode Section)

ความถี่ทางโทรศัพท์ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะถูกผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ เพื่อถอดรหัสออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตราฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (Early Steering) ก็จะทำงาน (Active) สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่นั้นแสดงดังรูป 3.4.2

4.3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้ความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรจะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ซึ่งช่วงเวลาจะนานเท่าใด สามารถตั้งได้โดยใช้ค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุภายนอก สัญญาณที่ขา EST จะเป็นระดับสัญญาณสูง นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ทางโทรศัพท์เข้ามาจากรูปที่ 3.4.3 เมื่อขา EST เป็นระดับสูงทำให้ค่าแรงดัน Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุถอดรหัสออกมาเป็นเลขฐานสอง 4 บิท รูปที่ 3.4.3 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย และแสดงการกำหนดเวลา การ์ดไทม์ พร้อมวิธีการคำนวณ

4.4 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input)

วงจรอินพุทของ MT 8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราการขยาย โดยวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปอีกดังรูปที่ 3.4.4 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท การคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ ทำได้ดังนี้

$$\text{อัตราการขยาย (AV Diff)} = R2/R1$$

$$\text{อินพุทอิมพีแดนซ์ (Zin Diff)} = 2(R1^2 + (1/WC)^2)^{1/2}$$

4.5 ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ในภาคนี้ภายในไอซีมีวงจรสร้างสัญญาณเวลาอยู่ภายในแล้ว เพียงแต่ต่อคริสตอลขนาด 3.579 Mhzก็ใช้งานได้ทันที รูปที่ 3.4.5 แสดงวงจรกำเนิดความถี่

5. ส่วนวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ใช้ไอซีเบอร์ ADC 0804 ต่อเพื่อใช้งาน โดยบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (MSB) คือบิทที่ 8(D7) วงจรจะแปลงสัญญาณเสียงอนาลอกที่ส่งเข้ามาตลอดเวลาแล้วส่งออกไปรอที่เกทบัฟเฟอร์ (Tr_g_buf) เพื่อรอให้แรมส่งข้อมูลมาเปิดเกท เอาท์พุทของวงจรนี้จะเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 11 ไมโครวินาที เนื่องจากอัตราการสุ่มข้อมูลสัญญาณเสียงเท่ากับ 13 KHz (Fs)

6. วงจร PROGRAMMABLE COUNTER

เริ่มจากการสร้างวงจรส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา สร้างจากอินเวอร์เตอร์เกต ใช้เบอร์ 74LS04 มาต่อเป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ตัวต้านทานทั้งสองตัวจะเป็นไบแอสให้กับอินเวอร์เตอร์เกต เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เกตตัวแรกจะต่อไปยังอินพุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่สองผ่านตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บประจุหนึ่งตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.6.1 สำหรับค่าความถี่ของวงจรจะถูกกำหนดโดยคริสตอลซึ่งในที่นี้สมมติว่าใช้ความถี่ 8 MHz จะได้คาบเวลาเท่ากับ 125 นาโนวินาที มีตัวเก็บประจุปรับค่าได้เพื่อปรับความถี่อย่างละเอียด และอินเวอร์เตอร์เกตตัวสุดท้ายทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้กับวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ลำดับต่อไปคือการสร้างวงจรนับซึ่งวงจรนับในส่วนนี้เป็นส่วนที่จะกำหนดความกว้างของพัลส์โมโนสเตเบิล ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดค่าเวลาความกว้างของพัลส์โมโนสเตเบิลที่ต้องการก่อน ยกตัวอย่างในที่นี้กำหนดให้พัลส์โมโนสเตเบิ้ลมีความกว้างเท่ากับ 10 ไมโครวินาที เราจะหาจำนวนนับของวงจรนับได้จาก

จำนวนนับของวงจรนับ =ความกว้างพัลส์โมโนสเตเบิ้ล/ คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา

ดังนั้นเราจะได้จำนวนนับเท่ากับ 10 us/ 125 ns = 80 ลูกของสัญญาณนาฬิกา นั่นแสดงว่าเราจะให้วงจรนับตั้งแต่ 0 ถึง 79 และใช้ 80 เป็นตัวรีเซตพัลส์โมโนสเตเบิ้ล

จะเห็นว่าเรานับตั้งแต่ 0 ถึง 79 จะใช้จำนวนบิตของวงจรนับเท่ากับ 2 คือ 7 บิต ในการออกแบบนี้เราเลือกใช้ไอซีเบอร์ 74LS393 ซึ่งภายในมีวงจรนับขนาด 4 บิตสองชุดแยกกัน เมื่อเราใช้ทั้งสองชุดจะได้รวม 8 บิท

128	64	32	16	8	4	2	1	
QH	QG	QF	QE	QD	QC	QB	QA	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	1	1	79
0	1	0	1	0	0	0	0	80RST

จากตารางความจริงที่แสดงไว้จะสัญญาณรีเซตคือ QE QG ซึ่งสามารถเขียนวงจรได้ดังในรูป 3.6.1 ลำดับต่อมาคือการออกแบบโดยใช้วงจรอินพุทฟลิปฟลอปเป็นตัวทำหน้าที่รับสัญญาณกระตุ้นมาเพื่อเปิดวงจรนับและสร้างพัลส์โมโนสเตเบิลโดยสัญญาณพัลส์โมโนสเตเบิลจะสิ้นสุดลงเมื่อได้รับสัญญาณรีเซต RST จากวงจรนับ ในส่วนนี้เราใช้ D ฟลิปฟลอปเบอร์ 74LS74 ดังแสดงในรูปที่ 3.6.2 และเมื่อนำวงจรทั้งหมดมารวมกันพบว่าเมื่อ D ฟลิปฟลอปได้รับการกระตุ้นด้วยขอบขาขึ้นก็จะทำการโหลดลอจิก "1" ไปไว้ที่เอาท์พุท Q ทำให้ Q มีลอจิกเป็น "0" วงจรนับก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มนับจนกระทั่งถึง 80 ก็จะส่งสัญญาณรีเซตอินพุทฟลิปฟลอป RST มาทำการเคลียร์ ไอซี 4/1 ทำให้เอาท์พุท Q เดิม ซึ่งเป็นลอจิก "1" ตกลงเป็นลอจิก "0" ขณะนี้ Q จะมีลอจิกเป็น "1" ทำให้วงจรนับถูกรีเซตเพื่อรอการนับครั้งใหม่ จากการทำงานที่กล่าวมานี้ทำให้ได้โมโนสเตเบิลพัลส์ที่เอาท์พุทมีความกว้างของลอจิก "1" เท่ากับ 10 ไมโครวินาทีตามต้องการ ดังนั้นหลักการของวงจรนับที่สามารถโปรแกรมได้ Programmable Counter ที่จะออกแบบคือจะนำค่าเอาต์พุททุกบิทของวงจรนับมาเปรียบเทียบกับค่าที่เราโปรแกรมไว้ ค่าที่เราโปรแกรมไว้ก็คือ ค่าที่บอกจำนวนนับของวงจรที่เราต้องการ ถ้าเมื่อใดที่ค่าทั้งสองมีค่าเท่ากันก็จะเกิดเอาท์พุทตัวหนึ่งที่วงจรเปรียบเทียบซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74LS266 นี้ และจะนำเอาเอาท์พุทตัวนี้มาสร้างเป็นวงจรรีเซตวงจรนับต่อไป โดยมีผังการทำงานดังในรูปที่ 3.6.3 และเมื่อนำเอา PGMC ดังกล่าว 2 ชุดมาต่อเข้ากับแรมเบอร์ 6116 จำนวน 2 ตัว รวมทั้งใช้เกทต่าง ๆ เพื่อช่วยในการควบคุมการทำงานที่จะต้องรับมาจากส่วนซีพียู ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2 ซึ่งวงจรทั้งหมดที่ได้ก็คือส่วนการควบคุมโดยการใช้แรมเป็นตัวการควบคุมการตัดต่อ (RAM Control Switching) วงจรรวมทั้งหมดแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.6.4

7 โมดูลของสายในและสายนอก (Internal and External Module)

ส่วนนี้มีหน้าที่ติดต่อรับและส่งสัญญาณเสียงระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในกับระบบส่วนกลางเรียกว่า Internal Module ส่วน External Module จะใช้ติดต่อกับคู่สายภายนอกที่ส่งมาจากองค์การโทรศัพท์โดยแต่ละ Module จะมีเลขหมายประจำ เพื่อประโยชน์ในการแยกแยะของ CPU หรือเปรียบได้ว่าแต่ละ โมดูล (Module) เป็นพอร์ท (PORT) หนึ่งของซีพียู ที่ต้องมีแอดเดรส (Address) ของพอร์ทนั้น ๆ จากรูปที่ 1.2 ซึ่งแสดงบล็อกไดอะแกรมของโมดูลที่ติดต่อกับคู่สายสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การเลือกโมดูลที่ต้องการติดต่อ

โมดูลแต่ละโมดูลจะมีหมายเลขประจำของโมดูลเอง เมื่อซีพียูต้องการติดต่อกับโมดูลใด ซีพียูจะส่งสัญญาณ MORQ แล้วตามด้วยหมายเลขของโมดูลนั้น เมื่อโมดูลได้รับ 2 สัญญาณนี้จะทำให้เกิดสัญญาณแลทช์ไปเปิดเกท 74LS244 เพื่อให้รอรับข้อมูลจากซีพียู

2. การปิดเปิดสัญญาณโทนต่าง ๆ

เมื่อซีพียูสามารถเปิดสัญญาณแลทช์ของโมดูลนั้นได้แล้ว ซีพียูจะสามารถส่งข้อมูลขนาด 4 บิท ผ่านดีโคดเดอร์ 74LS138 ซึ่งเอาท์พุทจะไปควบคุมสัญญาณโทนต่าง ๆ

3. การสร้างสัญญาณโอนสาย (TFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นได้ในกรณีที่ขณะผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์อยู่และ ผู้ใช้กดฮุคสวิทช์ 1ครั้งแล้วปล่อยทันที สัญญาณฮุคสวิทช์จะไปกระตุ้นวงจรเคาน์เตอร์ (Counter 2) ให้ส่งสัญญาณ TFR ออกมา

4. การส่งรหัสไบนารี่ที่ถูกแปลงมาจาก (DTMF) เพื่อส่งให้แก่ซีพียู

ซีพียูจะต้องสั่งให้เกทบัฟเฟอร์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลในโมดูลดิสเอเบิล (Disable) ให้หมดแล้วไปอีนาเบิล (Enable) เกทบัฟเฟอร์ ที่ทำหน้าที่ส่งรหัสไบนารี่ออก

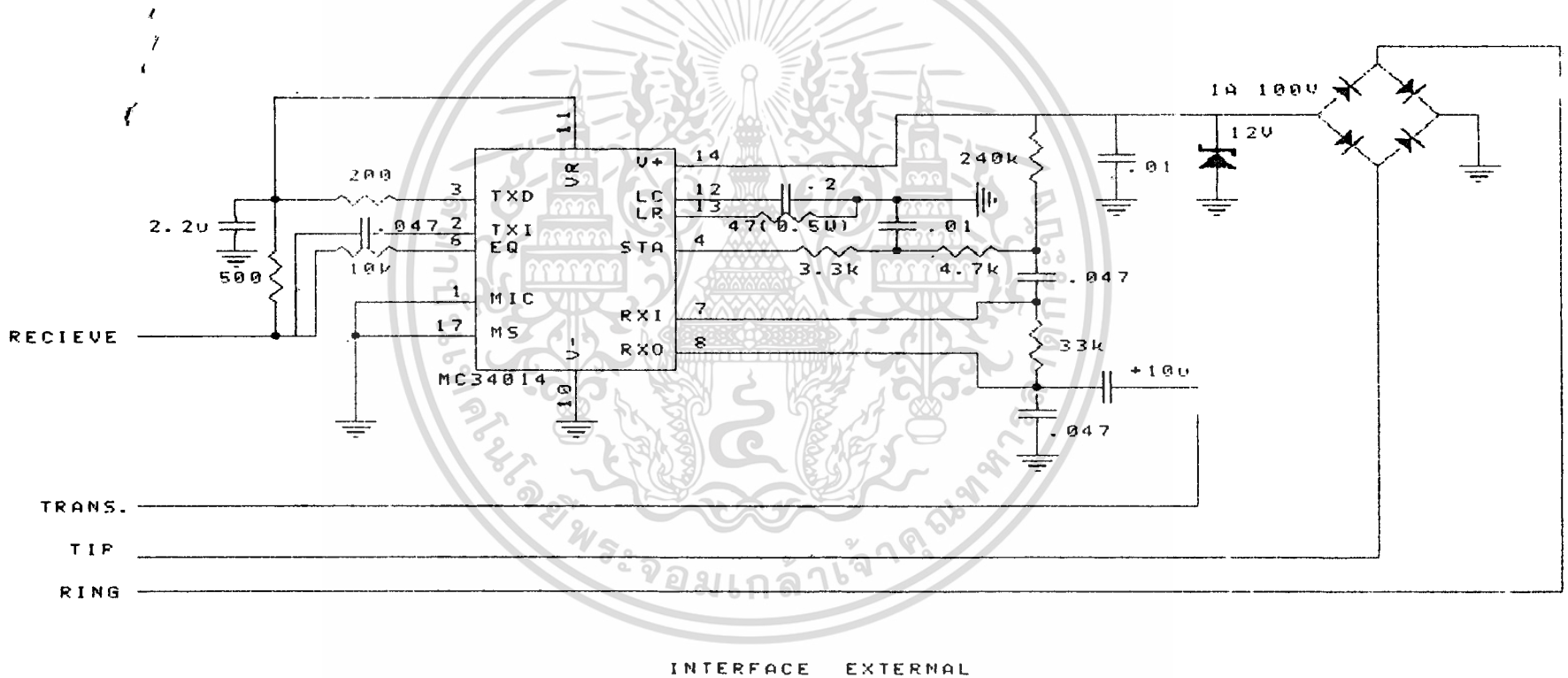
5. ในการยกเลิกการติดต่อโดยกลางคัน

เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้น ซึ่งในขณะนั้นจะมีการติดต่อระหว่างโมดูลกับซีพียู สมมติว่าผู้ใช้เกิดเปลี่ยนใจไม่ต้องการขอใช้บริการโทรศัพท์และได้ทำการวางหูลงทันที จะเกิดสัญญาณ CCL ขึ้น ซึ่งก็คือสัญญาณอินเทอร์รัพท์

6. การติดต่อกับโมดูลสายนอก (ดูรูปที่ 3.7)

ขั้นตอนการติดต่อจะคล้ายกับการติดต่อกับโมดูลสายใน คือต้องส่งสัญญาณ MORQ ก่อน แล้วตามด้วยหมายเลขของโมดูลนั้น เพื่อให้เกิดสัญญาณแลทช์ ในส่วนของโมดูลสายนอกนี้จะไม่มีสัญญาณโทนต่าง ๆ แต่จะมีสัญญาณที่แสดงสภาวะของฮุคสวิทช์แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงรูปส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก

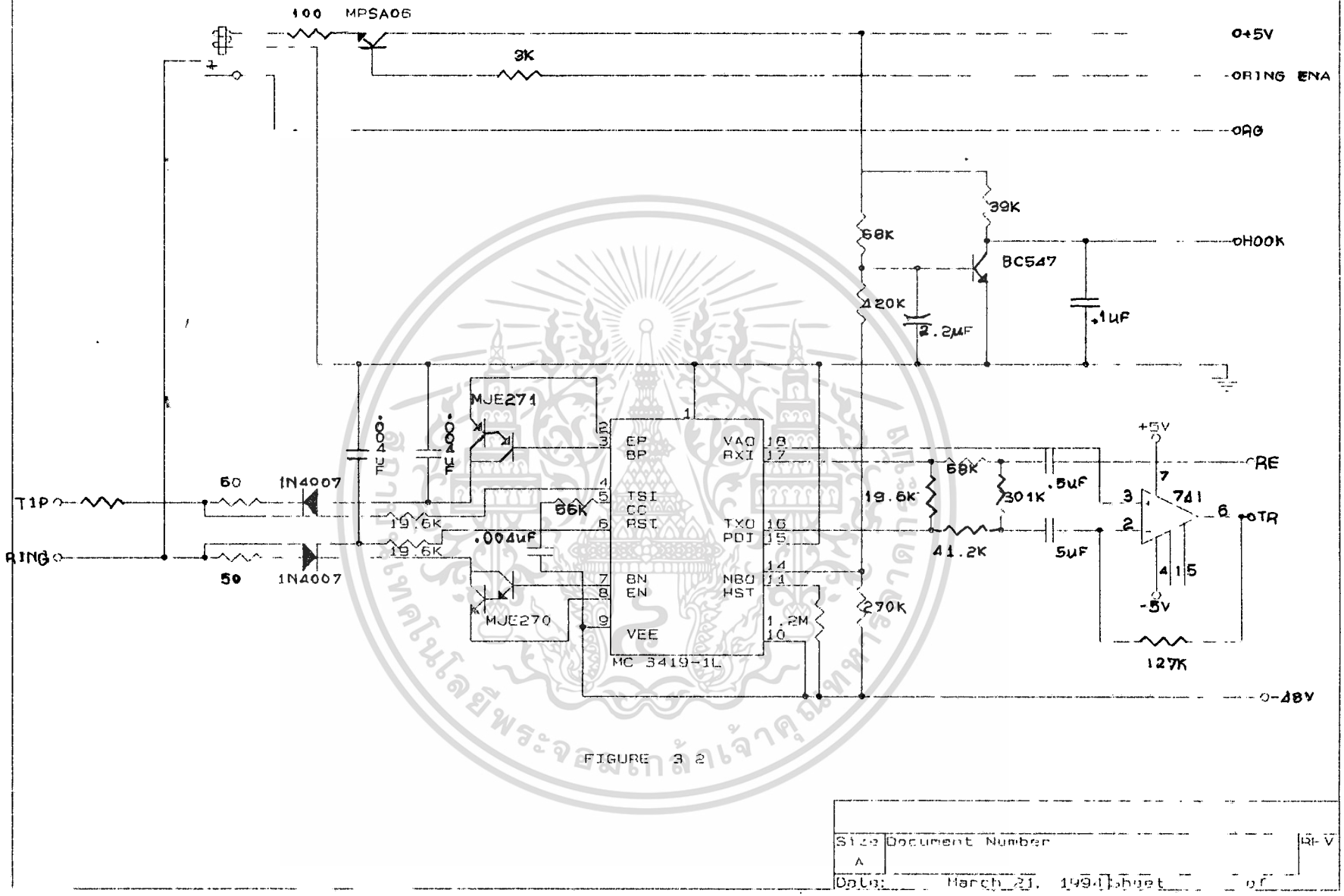
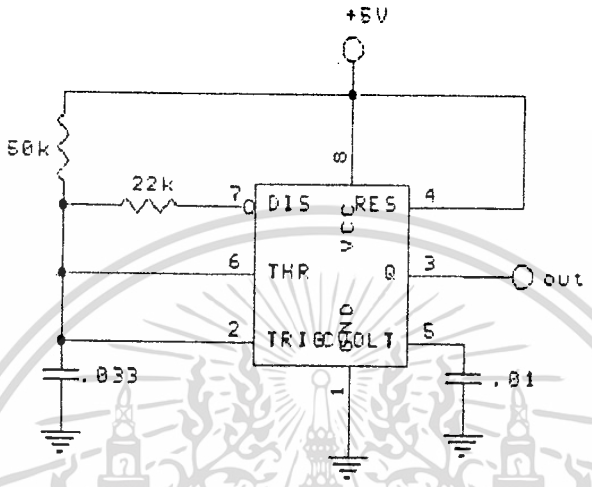


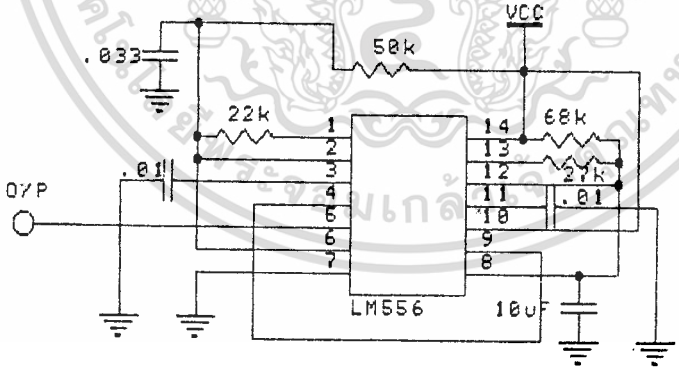
FIGURE 3.2

รูปที่ 3.2 แสดงรูปส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายใน



READY SIGNAL

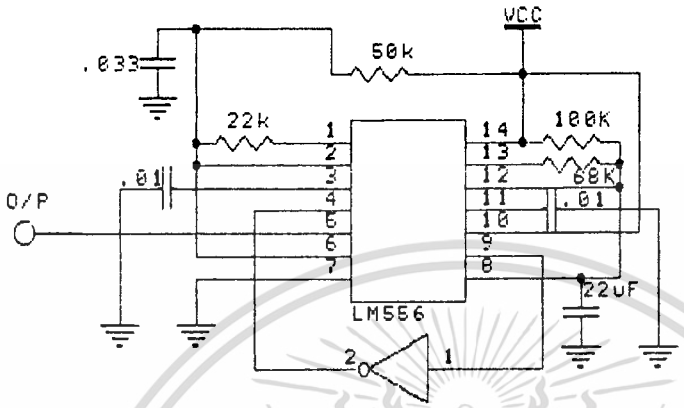
รูปที่ 3.3.1 รูปแสดงวงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน



BUSY SIGNAL

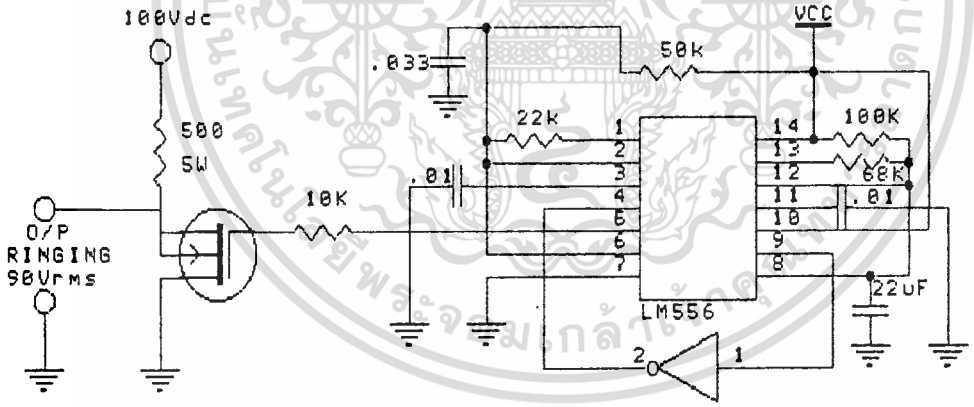
รูปที่ 3.3.2 รูปแสดงวงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RINGBACK SIGNAL

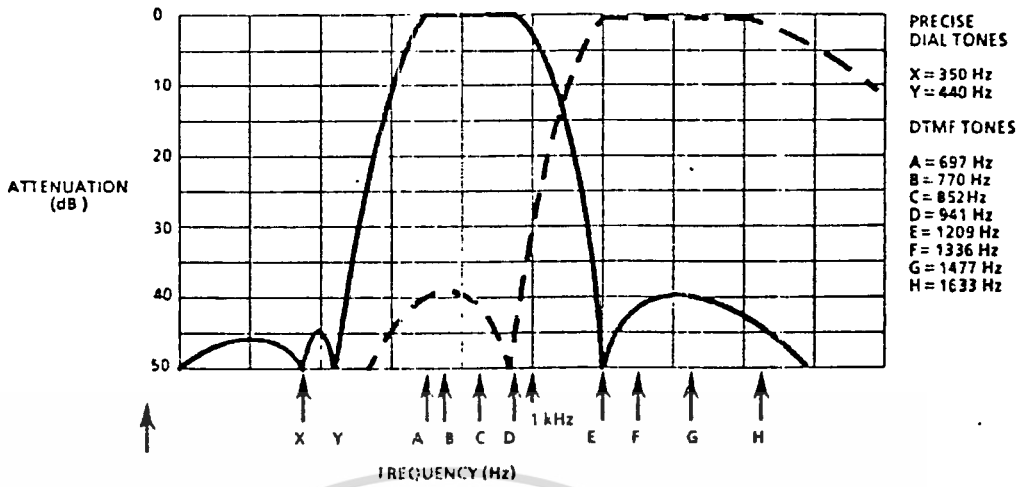
รูปที่ 3.3.3 รูปแสดงวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ



RINGING SIGNAL

รูปที่ 3.3.4 รูปแสดงวงจรกำเนิดสัญญาณเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4.1 แสดงความถี่ที่ได้จากวงจรกรองความถี่

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
-	-	-	L	Z	Z	Z	Z

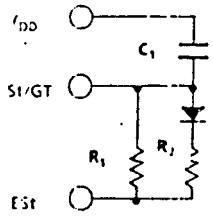
รูปที่ 3.4.2 แสดงค่าที่ถอดรหัสที่ได้จากความถี่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$t_{GTP} = (R_1C_1) \ln [V_{DD} / (V_{DD}-V_{TSt})]$

$t_{GTA} = (R_pC_1) \ln (V_{DD} / V_{TSt})$

$R_p = (R_1R_2) / (R_1 + R_2)$

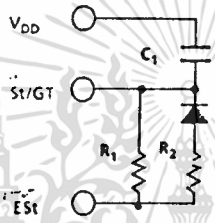


b) decreasing t_{GTA}: ($t_{GTP} > t_{GTA}$)

$t_{GTP} = (R_pC_1) \ln [V_{DD} / (V_{DD}-V_{TSt})]$

$t_{GTA} = (R_1C_1) \ln (V_{DD} / V_{TSt})$

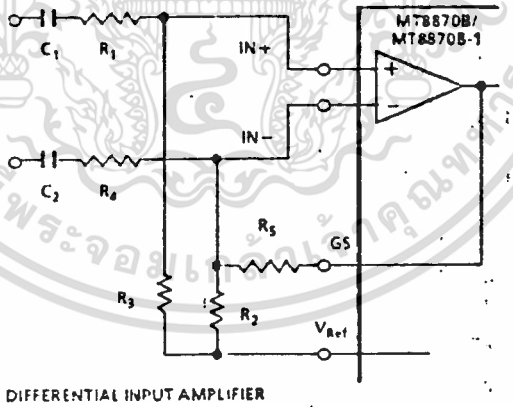
$R_p = (R_1R_2) / (R_1 + R_2)$



a) decreasing t_{GTP}: ($t_{GTP} < t_{GTA}$)

รูปที่ 3.4.3 ก) แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณและ

ข) การกำหนดเวลาการ์ดไทม์ พร้อมวิธีการคำนวน



DIFFERENTIAL INPUT AMPLIFIER

$C_1 = C_2 = 10$ nF

$R_1 = R_4 = R_5 = 100$ kΩ — All resistors are ± 1 % tolerance.

$R_2 = 60$ kΩ, $R_3 = 37.5$ kΩ — All capacitors are ± 5 % tolerance.

$$R_3 = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5}$$

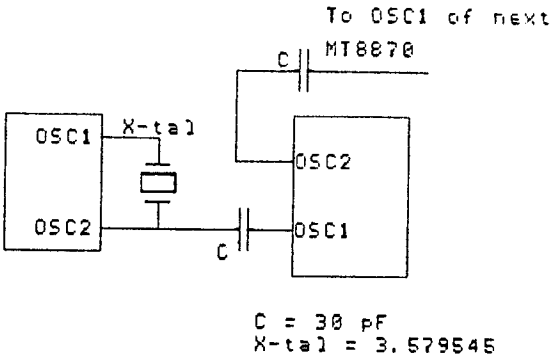
VOLTAGE GAIN (A_v diff) = $\frac{R_5}{R_1}$

INPUT IMPEDANCE

$$(Z_{INDIFF}) = 2 \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

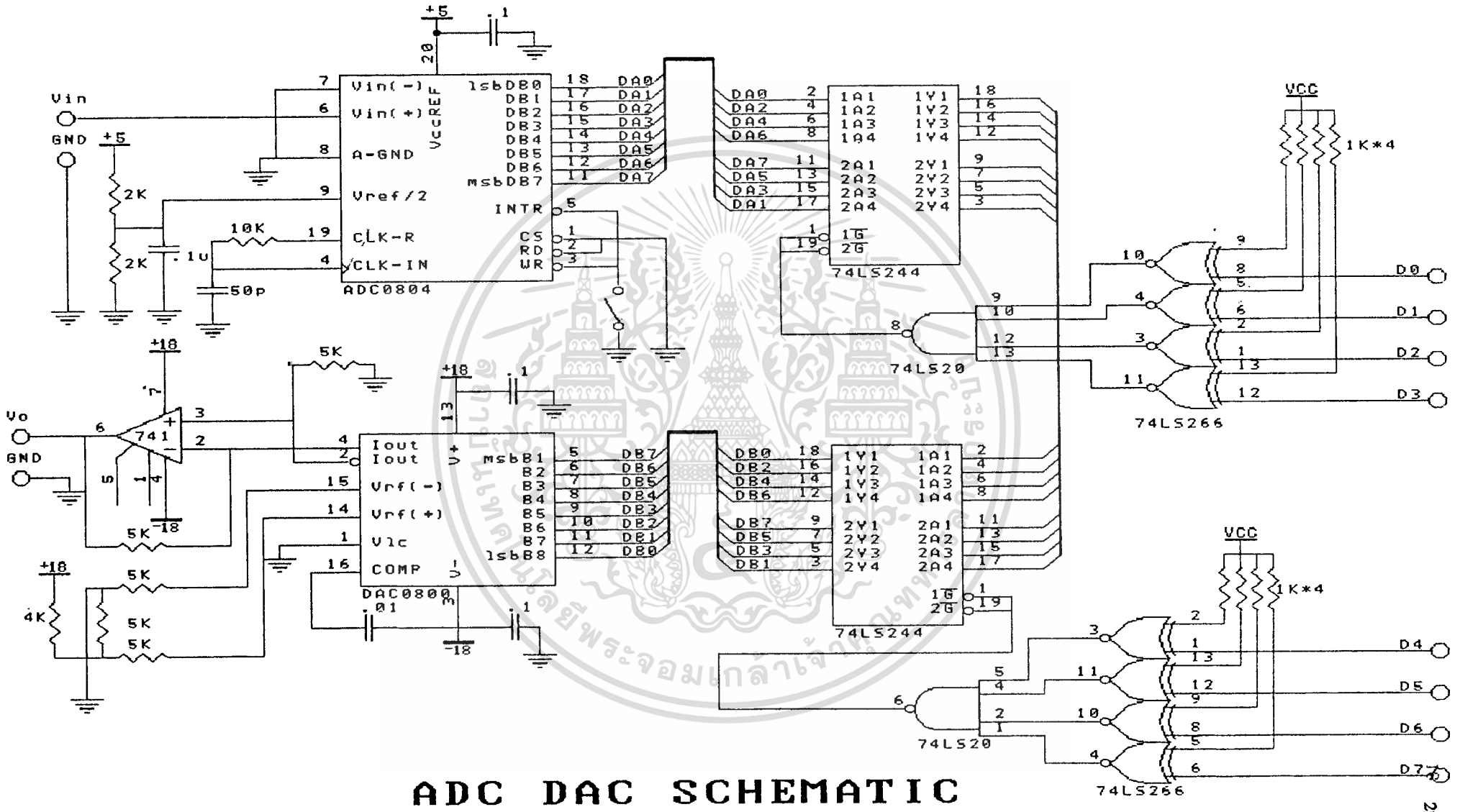
รูปที่ 3.4.4 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4.5 แสดงวงจรกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงรูปวงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและ
จากดิจิตอลเป็นอนาลอก

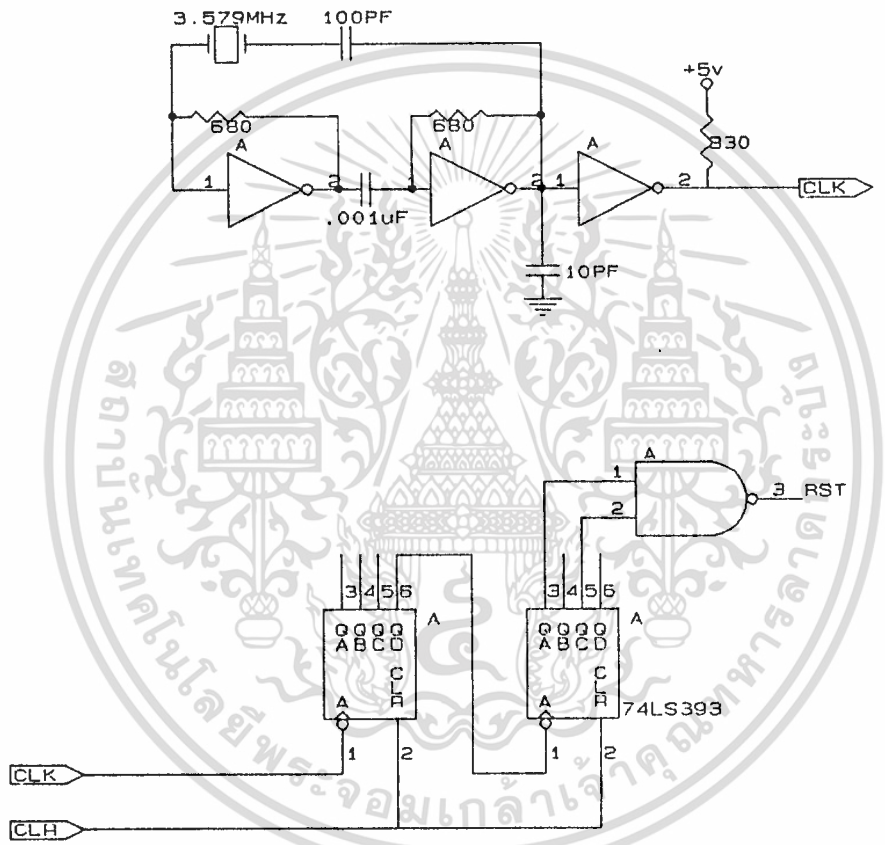
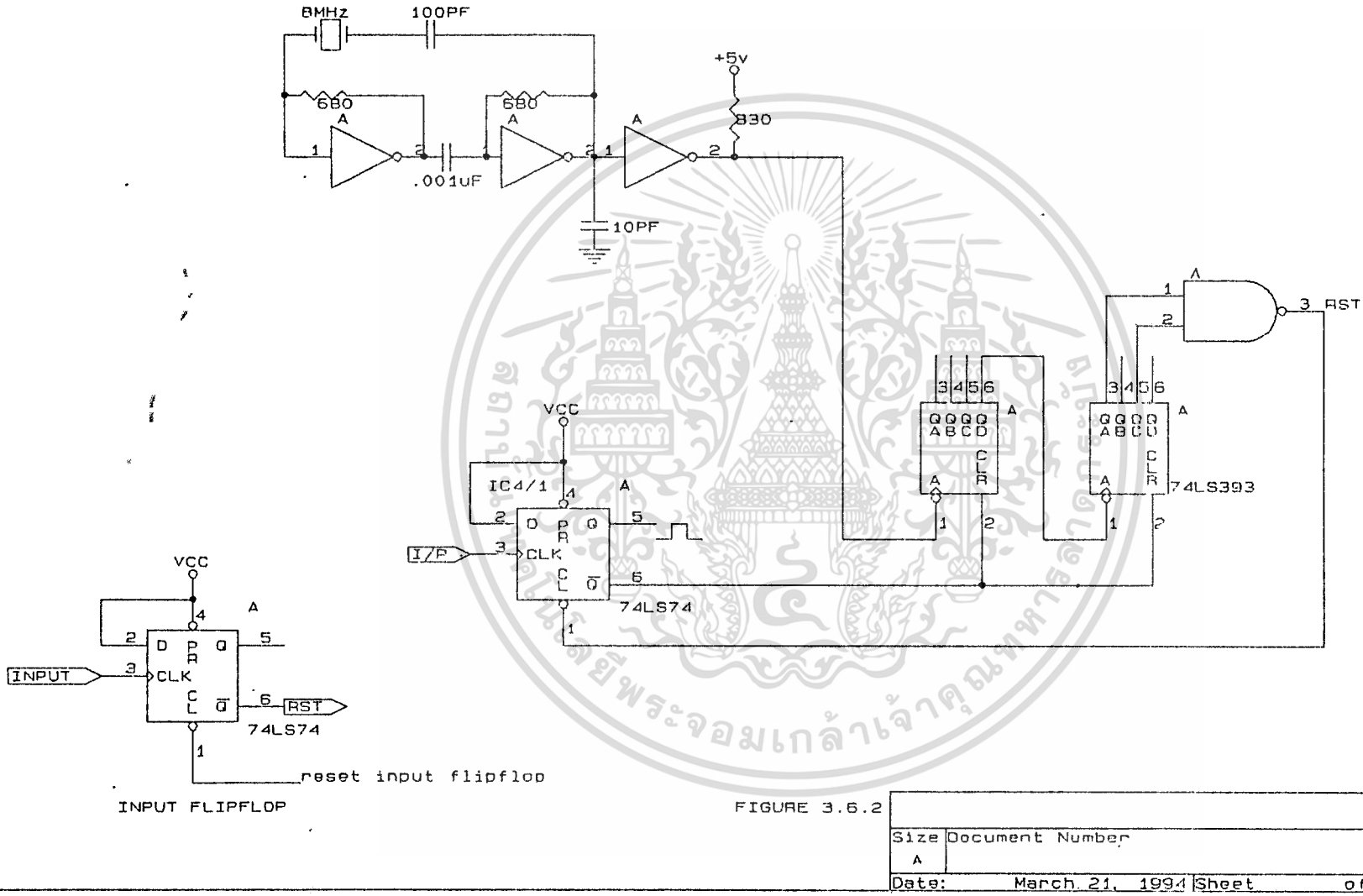


FIGURE 3.6.1

Size	Document Number	REV
A		
Date: March 21, 1994	Sheet of	

รูปที่ 3.6.1 แสดงรูปวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาและ



รูปที่ 3.6.2 แสดงรูปอินพุทฟลิปฟลอปเบอร์ 74LS74 และวงจรที่สมบูรณ์ของวงจรโมโนสเตเบิลจากวงจรนับ

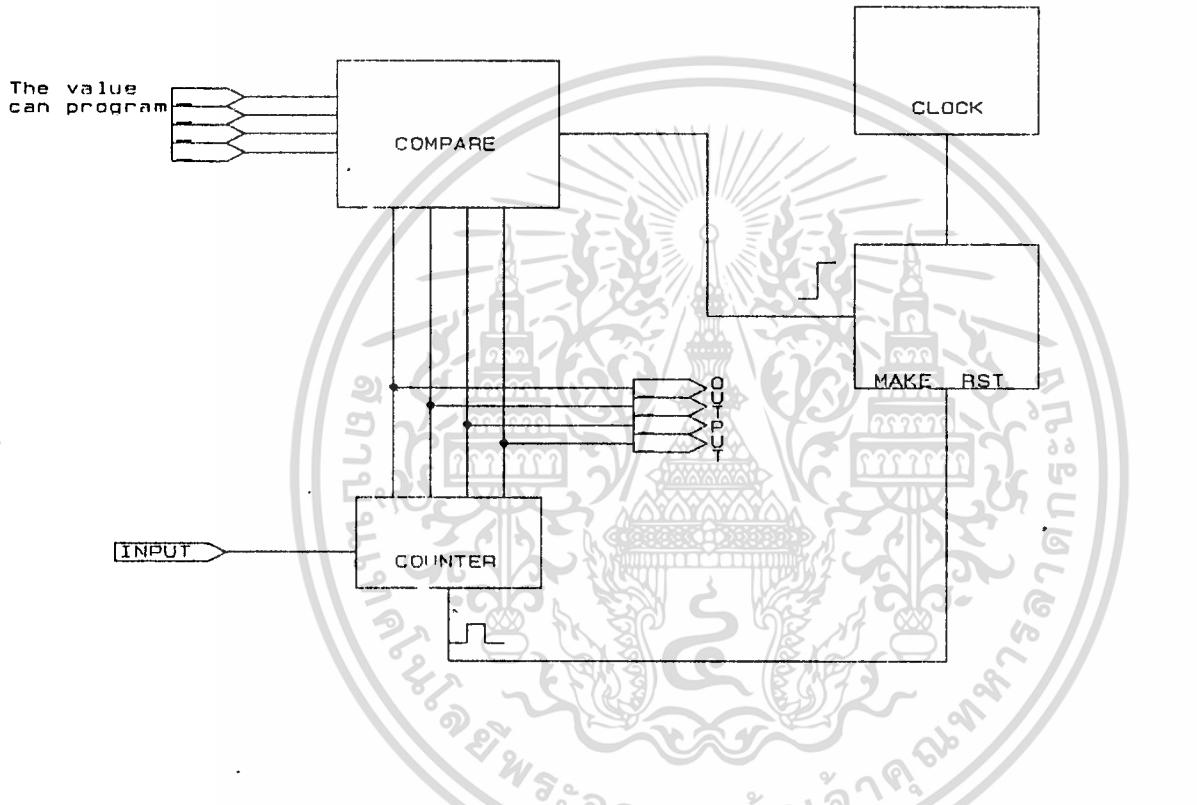
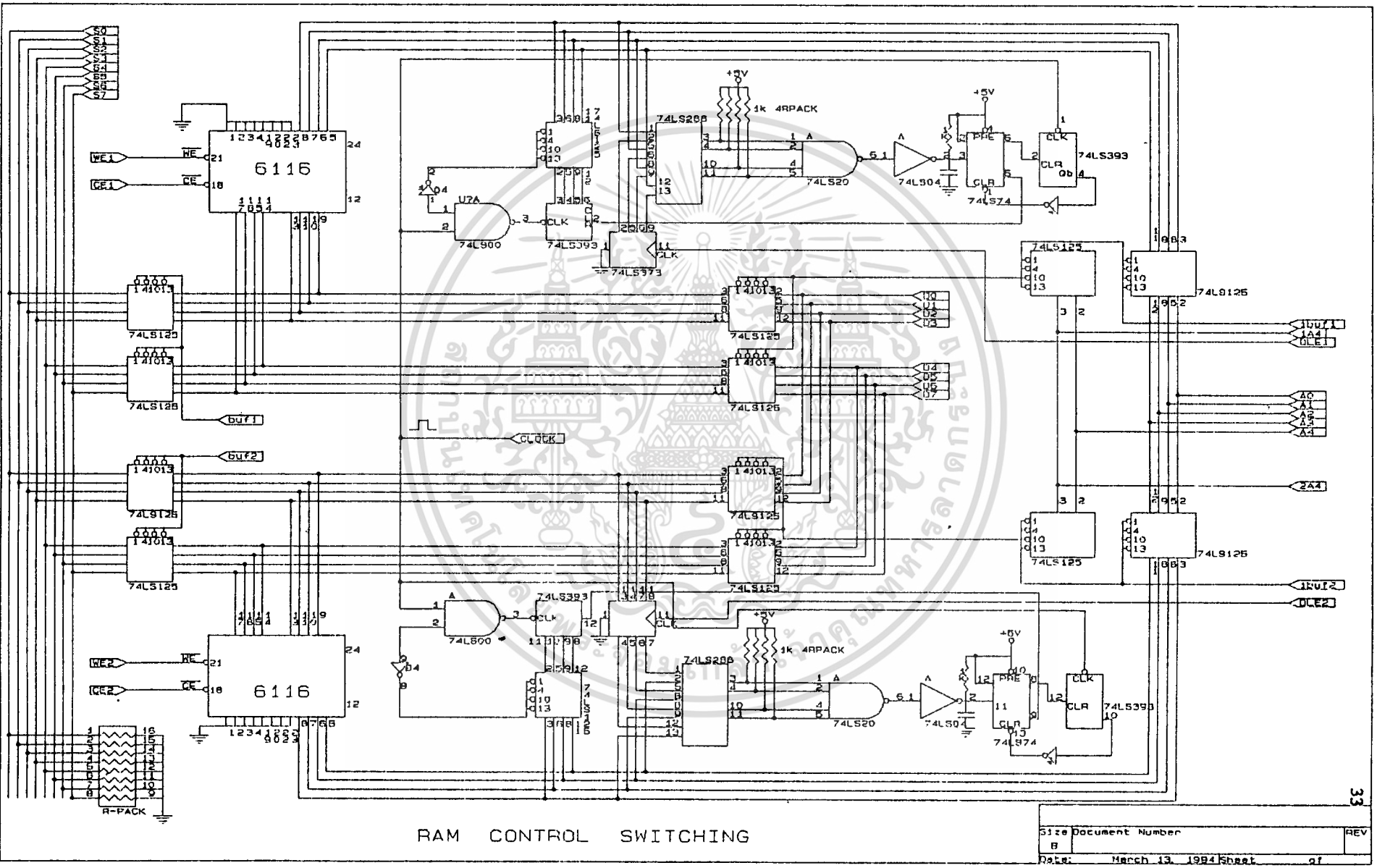


FIGURE 3.6.3

Size	Document Number	REV
A		
Date: March 21, 1991	Sheet of	

รูปที่ 3.6.3 แสดงบล๊อกไดอะแกรมของวงจรนับที่สามารถโปรแกรมได้ (PGMC)



รูปที่ 3.6.4 แสดงวงจรทั้งหมดในส่วนการใช้แรมเป็นตัวคอนเทรสต์ต่อต่อสาย

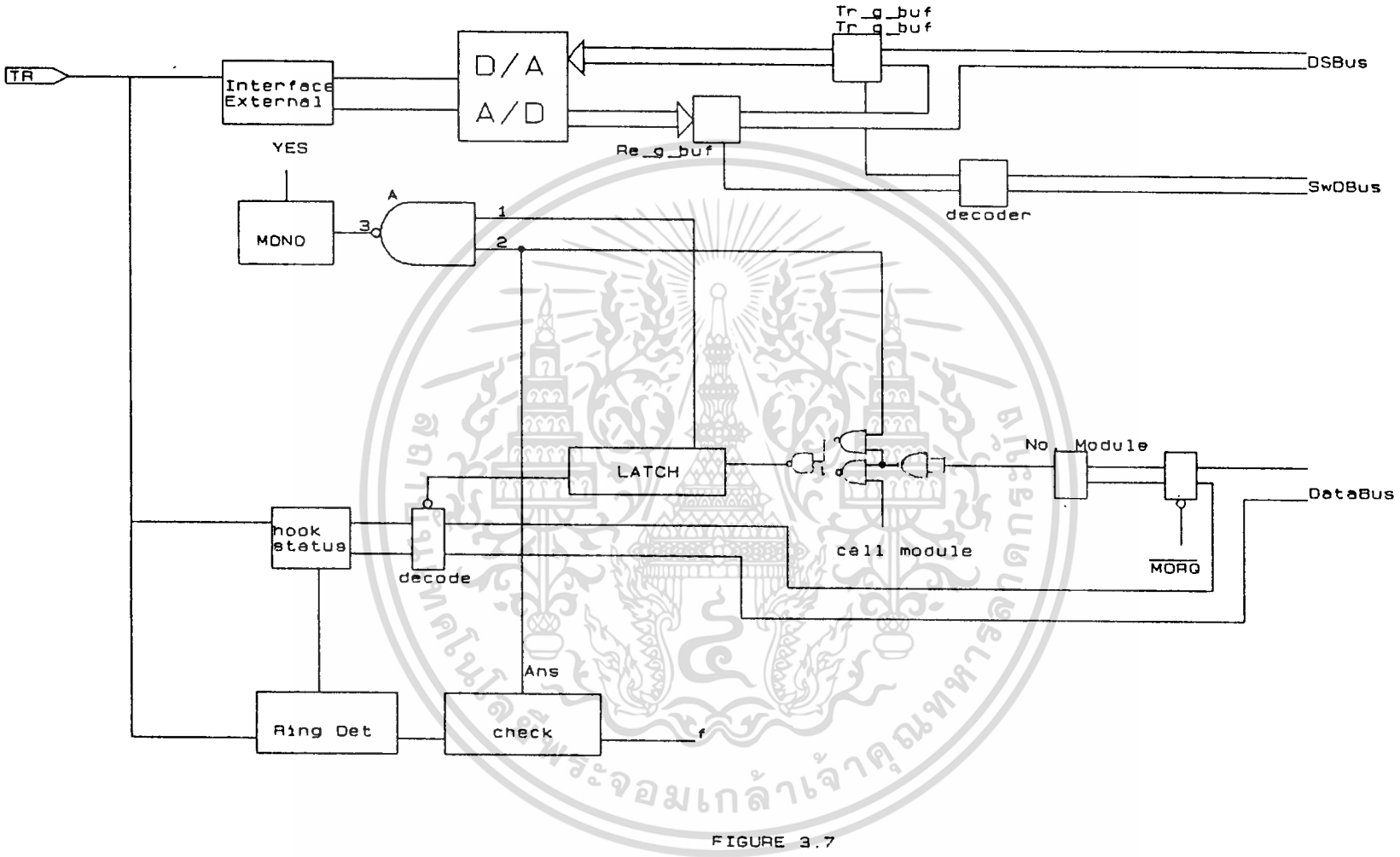


FIGURE 3.7

รูปที่ 3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโมดูลที่ติดต่อคู่สายนอก

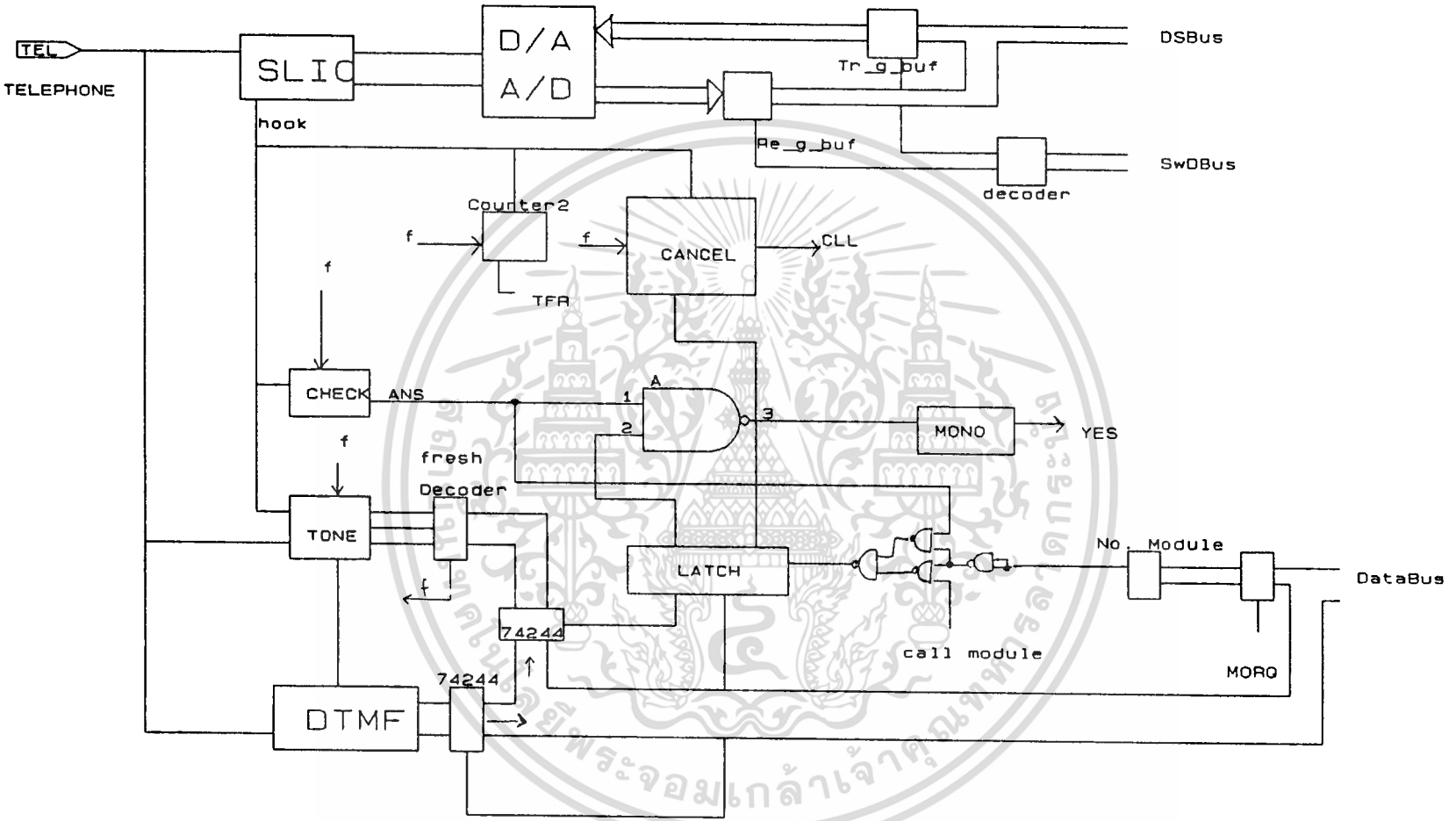


FIGURE 3.8

Size	Document Number	REV
A		
Date: March 22, 1994	Sheet of	

รูปที่ 3.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโมดูลที่ติดต่อคู่สายใน

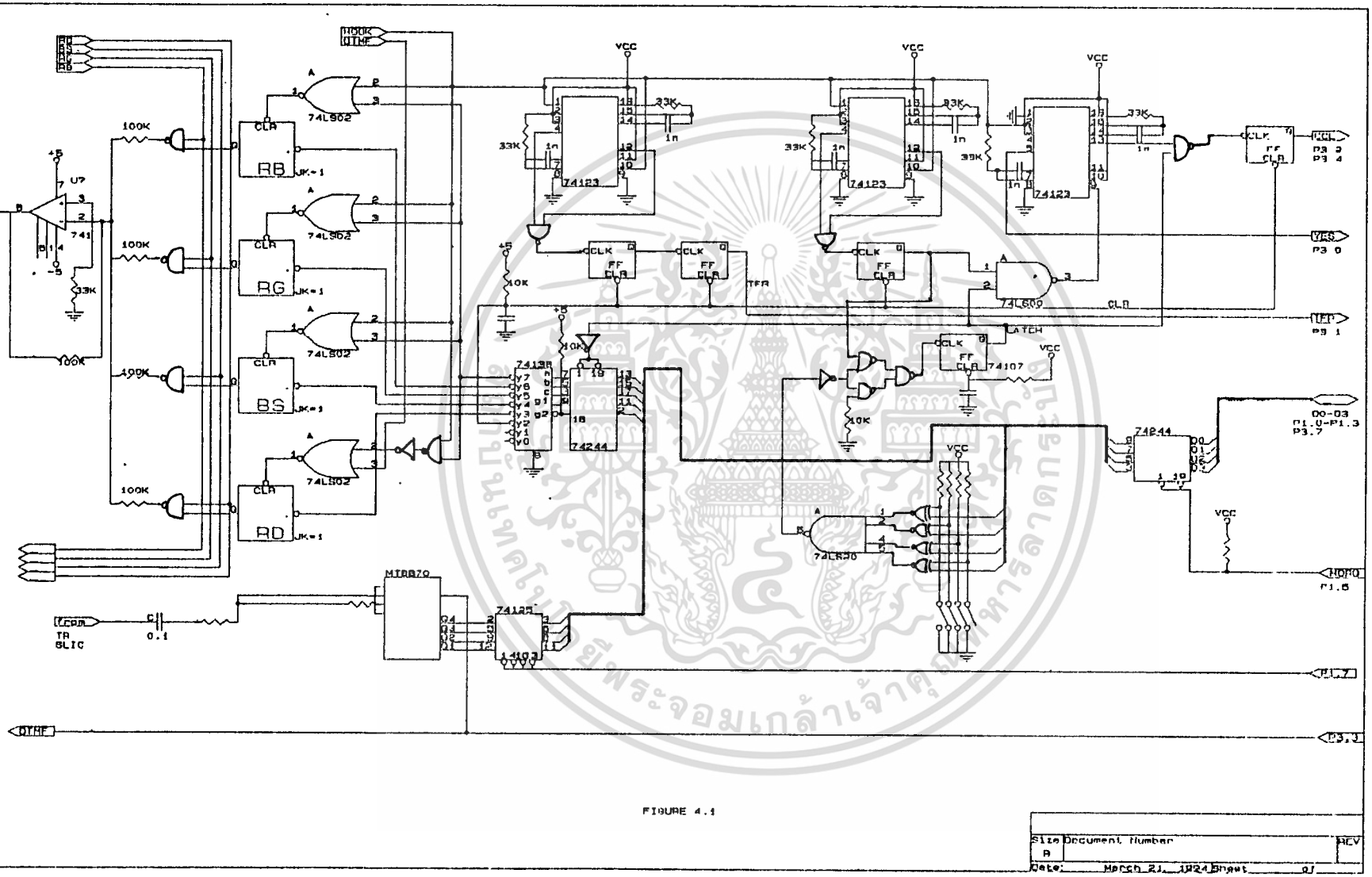
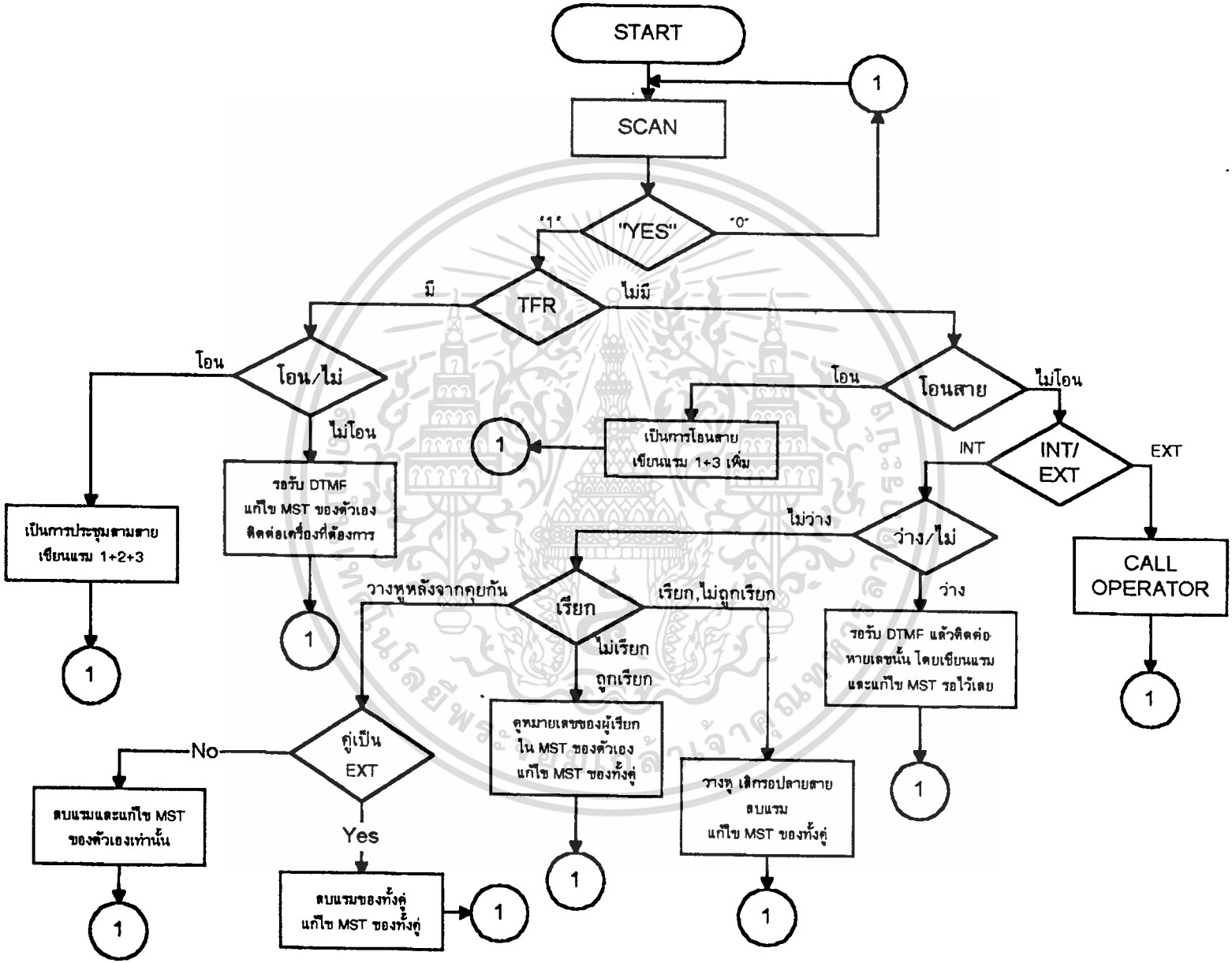


FIGURE 4.1

รูปที่ 4.1 แสดงวงจรของโมดูลที่จัดการเชื่อมต่อกับคู่สายภายในทั้งหมด



รูปที่4.2แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรม

```
;Private Automatic Branch Exchange:PABX
;Digital Speech Bus System
;8051 Cross-Assembler (1.3) Copyright (c) 1987, 1989
;
;Run by 8032 Microcontroller 11.0592 MHz

da0     bit p1.0
da1     bit p1.1
da2     bit p1.2
da3     bit p1.3
_cobuf2 bit p1.4            ;pre-ram
_morq   bit p1.5            ;module
cmo     bit p1.6            ;module
_gdtmf  bit p1.7            ;module
yes     bit p3.0            ;module
tfr     bit p3.1            ;module
ccl     bit p3.2            ;module cancel
std     bit p3.3            ;module o/p of MT8870 (when data valid)
m_r     bit p3.5            ;p3.6 = _wr
_g2     bit p3.7            ;module G2 of decoder 74138
        org 0000h
        ajmp start

;;;;;;;;delay1;;;;;;;;;;
delay1: mov r7,#2
loop1:  mov r6,#00h
loop2:  mov r5,#00h
        djnz r5,$
        djnz r6,loop2
        djnz r7,loop1
        ret

;;;;;;;;;delay2;;;;;;;;;
delay2: mov r7,#15
loop3:  mov r6,#0
loop4:  mov r5,#0
        djnz r5,$
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        djnz r6,loop4
        djnz r7,loop3
        ret

;;;;;;switch ram toggle;;;;;;;
swrtog: setb c
        mov swr,c
        clr c
        mov swr,c
        setb c
        mov swr,c
        ret

;;;;;;;;_cobuf;;;;;;;;;;
_cobuf: setb c
        mov _cobuf2,c
        clr c
        mov _cobuf2,c
        setb c
        mov _cobuf2,c
        ret

;;;;;;;;fresh;;;;;;;;;
fresh:  setb c
        mov p1.0,c
        mov p1.1,c
        mov p1.2,c
        mov p1.3,c
        clr c
        mov p1.4,c
        acall delay1
        setb c
        mov p1.4,c
        ret

;;;;;;;;off_latch;;;;;;;;;
offlat: mov p1,#10010101b       ;No.module 10101b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        setb c
        mov p1.6,c              ;cmo=1
        acall delay1
        mov p1,#10111111b       ;take No.module off before oe while-
        ret                     ;disable cmo

;;;;;;;;;on_latch;;;;;;;;;
onlat:  acall delay1
        mov p1,#10110101b       ;No.module 10101b
        clr c
        mov p1.5,c              ;enable _morq
        setb c
        mov p1.6,c              ;enable cmo
        acall delay1
        mov p1,#10011111b       ;cmo=0,_morq=0
        ret                     ;take no.module off before or while-
                                ;disable cmo
;;;;;;switch o/p buffer1;;;;;;;
swobuf1:setb c
        mov _cobuf1,c
        clr c
        mov _cobuf1,c
        setb c
        mov _cobuf1,c
        ret
;;;;;;switch o/p buffer2;;;;;;;
swobuf2:setb c
        mov _cobuf2,c
        clr c
        mov _cobuf2,c
;;;;;;;;;boot;;;;;;;;;;
boot:   mov p1,#0
        acall delay1
        mov p1,#0ffh
        acall delay1
        mov p1,#0
        acall delay1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ret
        setb c
        mov _cobuf2,c
        ret
;;;;;;;;;Ready;;;;;;;;;;;;
Ready:  setb c                  ;mov #001b to p1
        mov p1.0,c
        clr c
        mov p1.1,c
        mov p1.2,c
        setb c
        mov p1.3,c              ;"Ready" switch
        acall delay1
        clr c
        mov p1.3,c              ;"Ready" return
        ret
;;;;;;;Ringback;;;;;;;;
Rback:  setb c                  ;mov #101b to p1
        mov p1.0,c
        clr c
        mov p1.1,c
        setb c
        mov p1.2,c
        mov p1.3,c              ;g1=1
        clr c
        mov p1.4,c              ;"Ringback" switch _g2=0
        acall delay1
        setb c
        mov p1.4,c              ;"Ringback" return _g2=1
        ret

;;;;;;;;;Busy;;;;;;;;;;;;
Busy:   clr c                   ;mov #010b to p1
        mov p1.0,c
        setb c
        mov p1.1,c
        clr c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov p1.2,c
        setb c
        mov p1.3,c          ;g1=1
        clr c
        mov p1.4,c          ;"Busy" switch _g2=0
        acall delay1
        setb c
        mov p1.4,c          ;"Busy" return _g2=1
        ret

;;;;;;;;Ringing;;;;;;;;;;;
Ring:   setb c              ;mov #001b to p1
        mov p1.0,c
        clr c
        mov p1.1,c
        mov p1.2,c
        setb c
        mov p1.3,c          ;g1=1
        clr c
        mov p1.4,c          ;"Ready" switch _g2=0
        acall delay1
        setb c
        mov p1.4,c          ;"Ready" return _g2=1
        ret
;;;;;;;;;scan;;;;;;;;;;
scan:   mov a,r4
        mov c,acc.0
        mov da0,c
        mov c,acc.1
        mov da1,c
        mov c,acc.2
        mov da2,c
        mov c,acc.3
        mov da3,c
        clr c
        mov _morq,c
        setb c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov _morq,c
        mov c,yes
        inc r4
        jnc scan
        ret

start:
        acall scan
        acall delay1            ;600mS
        mov c,tfr
        clr c
        mov cnt,c               ;stop counter
        mov ibuf,c              ;connect data and address bus

        mov a,#00001111b
        mov dptr,#8010h
        movx @dptr,a            ;write #0fh to @8010h(data latch)

        mov r4,#00
        mov r3,#15
        mov a,#10011010b
run:    mov dpl,r4              ;dptr=8000h
        movx @dptr,a            ;ram @8000=#01h
        inc r4
        djnz r3,run

        setb c
        mov ibuf,c              ;disconnect cpu-ram 2 bus
        acall swobuf1           ;switch obuf
        setb c
        mov cnt,c               ;start counter1
        acall disp
        acall onlat
        acall fresh
        setb c
        mov p3.7,c              ;hook on(wang)
        clr c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov p3.7,c          ;hook off(yok)
        acall delay2
        setb c
        mov p3.7,c          ;hook on(wang)
        acall delay2
        acall offlat
        setb c
        mov p3.7,c          ;hook on(wang)
        acall delay1
        clr c
        mov p3.7,c          ;hook off(yok),ans=1
        acall delay1
        acall scan          ;latch=1,impulse "yes"
        mov c,p3.6
        jnc node1           ;if "yes"=0 then blink
        acall blink
        acall fresh
        setb c
        mov p3.7,c
        acall delay2
        acall fresh
node1:  acall scan          ;clear latch
        acall fresh
        acall delay2
        acall offlat
        setb c
        mov p3.7,c
        setb c
        mov swr,c
        clr c
        mov swr,c
        setb c
        mov swr,c
        clr c
        mov cnt,c           ;stop counter
        mov ibuf,c          ;connect data and address bus
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mov a,#00001111b
mov dptr,#8010h
movx @dptr,a          ;write #0fh to @8010h(data latch)

inc r4
mov dpl,r4
rl a
acall swrtog          ;swr toggle to ram1
clr c
mov cnt,c             ;stop counter
mov ibuf,c            ;connect data and address bus
mov a,#10101111b
mov dptr,#8010h
movx @dptr,a          ;write #0fh to @8010h(data latch)

mov r4,#00
mov dpl,r4            ;dptr=8000h

clr a
movx @dptr,a          ;ram @8000=#00h

inc r4
mov dpl,r4
setb acc.0
movx @dptr,a          ;ram @8001=#01h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a          ;ram @8002=#02h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a          ;ram @8003=#04h

inc r4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @8004=#08h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @8005=#10h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @8006=#20h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @8007=#40h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @8008=#80h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @8009=#01h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @800a=#02h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
movx @dptr,a            ;ram @800b=#04h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @800c=#08h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @800d=#10h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @800e=#01h

inc r4
mov dpl,r4
rl a
movx @dptr,a            ;ram @800f=#02h

setb c
mov ibuf,c              ;disconnect cpu-ram 2 bus

acall _cobuf            ;switch obuf

setb c
mov cnt,c               ;start counter1
mov th0,#0ffh
mov tmod,#01100001b
setb et0
setb ea
setb tr0
mov p1,#0
acall delay
mov p1,#0ffh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        acall delay
        mov p1,#0
        sjmp $

;;;;;;;;;t_on;;;;;;;;;;
t_on:   mov p1,#01010101b
        acall delay
        mov p1,#0
        ajmp return
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

update:
        mov c,p3.0          ;rxd
        jc t_on
        mov c,p3.1          ;txd
        jc t_on
        mov c,p3.2          ;int0
        jc t_on
        mov c,p3.3          ;int1
        jc t_on
        mov c,p3.4          ;t0
        jc t_on
        mov c,p3.5          ;t1
        jc t_on

return: pop psw
        reti
        acall fresh
        acall Rback         ;turn "Rback" on
        acall delay2
        acall Rback         ;turn "Rback" off
        acall Busy          ;turn "Busy" on
        acall delay2
        acall Busy          ;turn "Busy" off
        acall Ready         ;turn "Ready" on
        acall delay2
        acall Ready         ;turn "Ready" off
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        acall clear
        acall swrtog            ;swr toggle to ram1
        clr c
        mov cnt,c               ;stop counter
        mov ibuf,c              ;connect data and address bus
        mov a,#10101010b
        ;mov dptr,#8000h
        mov dptr,#8010h
        mov r5,#5
tw1:    mov r7,#0
tw2:    mov r6,#0
tw3:    movx @dptr,a            ;write #0fh to @8010h(data latch)
        djnz r6,tw3
        djnz r7,tw2
        djnz r5,tw1
        acall swrtog
        acall fresh
        acall offlat
        acall scan
        sjmp $
        end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับเกียรติจากอาจารย์สุรสิทธิ์ สุวรรณไกรโรจน์ในฐานะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งผู้จัดทำได้รับคำปรึกษารวมถึงการอำนวยความสะดวกและได้รับการดูแลเอาใจใส่ ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณ รุ่นพี่ปริญญาโท และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ช่วยสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1 ธวัชชัย เฉื่อนฉวี , "เทคโนโลยีโทรศัพท์" , ห้างหุ้นส่วนภาพพิมพ์จำกัด , บางกอกน้อย กรุงเทพ

2. บรรณาธิการ , "ลึกอีกนิดกับโทรศัพท์ ตอน 1-5" , เซมิคอนดักเตอร์อิเลคทรอนิคส์ , ซีเอ็ดยูเคชัน , ฉบับที่ 120-124 กันยายน 2534-กุมภาพันธ์ 2535

3. บรรณาธิการ , "เทคนิคการออกแบบวงจรดิจิตอล" , เซมิคอนดัคเตอร์อิเลคทรอนิคส์ , ซีเอ็ดยูเคชั่น , ฉบับที่ 124-125 มกราคม 2535

4. Kenneth J. Ayala , "The 8051 Microcontroller" , West Publishing Company , 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้