เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ

VOICE RECORDER FROM TELEPHONE LINE AND AUTOMATIC CALLING FOR PAGER

โดย

นาย ดิชวัฒน์ จันทร์อี่

นาย ธนศักดิ์ วิษณุรังสรรค์

นาย ธวัช ชาระภู

วัน เดือน ปี 19 ม.ค. ๒๕๓๙

เลขทะเบียน ๐๓๔๘๗๕

เลขเรียกหนังสือ T ๓๗๑๗๕

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขา เทคโนโลยีโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034875

เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ

VOICE RECORDER FROM TELEPHONE LINE AND AUTOMATIC CALLING FOR PAGER

โดย

นาย ดิชวัฒน์ จันทร์อี่ รหัส 35.103138

นาย ธนศักดิ์ วิษณุรังสรรค์ รหัส 35.103142

นาย ธวัช ชาระภู รหัส 35.103143

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. กฤดากร กล่อมการ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง

เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติฯ

VOICE RECORDER FROM TELEPHONE LINE AND AUTOMATIC CALLING FOR PAGER

โดย

นาย ดิชวัฒน์ จันทร์อี่ รหัส 35.103138

นาย ธนศักดิ์ วิษณุรังสรรค์ รหัส 35.103142

นาย ธวัช ชาระภู รหัส 35.103143

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. กฤดากร กล่อมการ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

______________________________ประธานกรรมการ

(______________________________)

______________________________กรรมการ

(______________________________)

______________________________กรรมการ

(______________________________)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ เป็นเครื่องที่ใช้ต่อร่วมกับตัวโทรศัพท์ ที่ติดตั้งภายในบ้านของเจ้าของเครื่อง สำหรับติดต่อสื่อสารกับเจ้าของในกรณีที่ไม่มีใครอยู่บ้านเลย การจัดทำเครื่องในครั้งนี้ เป็นเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นมา ให้สามารถทำงานได้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม จากเดิมที่เคยมีการตอบโต้และเก็บข้อความข่าวสาร ที่ผู้เรียกเข้าฝากไว้เท่านั้น ในส่วนนี้ก็ได้พัฒนาให้มีการนำ ไอซี ที่มีความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นมาใช้งาน นอกจากนี้ยังได้พัฒนาให้เครื่องมีความสามารถในการส่งข่าวสารข้อมูลต่าง ๆ ให้ติดต่อกับเจ้าของเครื่องโดยผ่านทางวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเทคโนโลยี ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ จะเห็นได้ว่าเป็นเครื่องที่อำนวยความสะดวก สบาย ให้เป็นอย่างดียิ่ง พร้อมกันยังทำให้การติดต่อสื่อสาร เป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่ทำให้เกิดผลเสียหายต่อธุรกิจ หรือการดำเนินกิจการต่าง ๆ เพราะในโลกปัจจุบันนี้ การทำงานจะต้องแข่งกับเวลา มีความต่อเนื่อง แม่นยำ และรวดเร็ว นอกจากนี้เครื่องยังสามารถที่จะเป็นอุปกรณ์สำหรับดูแลความเรียบร้อยภายบ้าน ในลักษณะของการป้องกันการโจรกรรม เพราะเครื่องจะเป็นตัวรับสัญญาณจากอุปกรณ์ ที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ภายในบ้าน ให้รู้ถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้น

เนื้อเรื่องในปริญญานิพนธ์ โดยสรุปจะกล่าวถึง ระบบโทรศัพท์ที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่อง ระบบการทำงานของวิทยุติดตามตัว และหลักการทำงานของเครื่อง พร้อมทั้งวงจรภายในซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องด้วย

คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ อาจารย์ กฤดากร กล่อมการ เป็นอย่างสูง ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำแนวทางปฏิบัติต่าง ๆ ทั้งในส่วนของตัวเครื่องและการทำปริญญานิพนธ์ และท่านยังเป็นอาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญาเล่มนี้ คงเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้นำไปศึกษาบ้าง เพื่อแนวทางในการพัฒนาทางเทคโนโลยี เพื่อสร้างก้าวหน้าให้กับสถาบันของเราและประเทศชาติสือต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์	เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ
ชื่อผู้จัดทำ	นาย ดิชวัฒน์ จันทร์อี่ (35.103138)
	นาย ธนศักดิ์ วิษณุรังสรรค์ (35.103142)
	นาย ธวัช ชาระภู (35.103143)
ชื่อปริญญา	อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม
ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	อาจารย์ กฤดากร กล่อมการ
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นเครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ ที่ใช้ต่อพ่วงกับโทรศัพท์ พร้อมระบบเตือนภัยโดยใช้สัญญาณอินเตอร์รัพ การทำงานของเครื่องใช้ ซีพียู ตระกูล Z 80 เป็นไมโครเซสเซอร์ ควบคุมการทำงานทั้งหมด ส่วนวงจรย่อยภายในเครื่องประกอบไปด้วย วงจรนับสัญญาณกระดิ่ง วงจรตรวจสอบสัญญาณเสียง วงจรเปลี่ยนอิมพีแดนซ์ วงจรตรวจสอบสัญญาณความถี่ 400 เฮิร์ทซ์ วงจรถอดรหัส ดีทีเอ็มเอฟ วงจรบันทึกเสียงแบบดิจิตอล และวงจรส่งรหัสดีทีเอ็มเอฟ ซึ่งข้อมูลและสัญญาณต่าง ๆ จะได้รับมาจากคู่สายโทรศัพท์

เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์ ฯ นี้ เป็นการแก้ปัญหาในการติดต่อกับเจ้าของเครื่อง เวลาที่ไม่มีใครอยู่บ้านโดยเครื่องสามารถที่จะตอบรับโทรศัพท์ , บันทึกข้อความจากผู้เรียกเข้าได้ และสามารถเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติได้ นอกจากนี้ ยังเป็นตัวรับสัญญาณอินเตอร์รัพ แจ้งเหตุ ป้องกันการขโมย หรือส่งสัญญาณอะลาร์มต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project name	Voice recorder from teltphone line and automatic calling for pager
Student name	Mr. Dichawat Jan - ei (35.103138)
	Mr. Thanasak Wissanurangson (35.103142)
	Mr. Thawat Sarapu (35.103143)
Bachelor Degree in	Industrial Techonology (Telecommunication)
Advisor	Mr. Kridakron Klomkran
Year	1994

ABSTRACT

This research project is voice recorder from telephone line link and automatic calling for pager, It connect with telephone and security system by interrupting signal. It use microprocessor Z 80 series - controlled system. Internal circuits consist of ringing detection circuit, impedance change circuit, tone detection circuit, DTMF decorder circuit, digital signal recorder circuit, and DTMF encorder circuit. Data & signal received form telephone line and interrupting signal.

This project rectify problem in contact with telephone when Onobody absent in your house. It can answer and recording message form telephone line and automatic caling for pager. In addition to,it use - interrupting signal for protect thievishness or sent alarm signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์ และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ ต้องขอบคุณ ท่านอาจารย์ กฤดากร กล่อมการ ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทาง และหลักการต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่การจัดทำเครื่องตอบรับทางโทรศัพท์ ฯ พร้อมกันนี้ยังเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และควบคุมในการทำปริญญานิพนธ์ ในครั้งนี้ด้วย พร้อมทั้งขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทดลองการทำงานของเครื่อง เพื่อให้การทดลองและการทำงานของวงจรต่าง ๆ บรรลุวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายที่ได้วางไว้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	3
1.4 BLOCK DIAGRAM AND FLOW CHART	4
บทที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ และวิทยุติดตามตัวระบบดิจิตอล	
2.1 ระบบโทรศัพท์ และสัญญาณพื้นฐาน	8
2.2 ระบบโทรศัพท์เบื้องต้น	14
2.3 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข	15
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่	17
2.5 การส่งรหัสหมายเลขโดยการใช้ไอซีสำเร็จรูป	28
2.6 วงจรในส่วนของการป้องกัน	43
2.7 วงจรถอดรหัสหมายเลข	56
2.8 ระบบครอสพอยต์สวิตช์ชิ่ง	62
2.9 วิทยุติดตามตัวระบบดิจิตอล	67
2.10 การใช้งานวทยุติดตามตัวระบบดิจิตอล	76
บทที่ 3 ทฤษฎีการทำงานของวงจร	
หลักการทำงานของเครื่อง	78
3.1 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์	80
3.2 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง...วนลิขสิทธิ์...การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง...อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรตรวจสอบสัญญาณความถี่ 400 เฮิรทซ์ 92

3.4 วงจร DTMF Decoder 93

3.5 MT8870 DTMF Decoder 94

3.6 Digital Voice recoder 100

3.7 DTMF Encoder 109

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง 111

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และวิจารณ์ 113

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

Data sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากปัจจุบันสภาพสังคมมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความเจริญเติบโตอย่างมากในด้านเศรษฐกิจ ในสภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วถูกต้อง และประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งในปัจจุบันการติดต่อสื่อสาร ก็ได้พัฒนาไปอย่างมากเช่นกัน โดยเป็นไปในหลายรูปแบบ เช่น ระบบไปรษณีย์ ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบโทรทัศน์ ซึ่งประเภทหลังนี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในสังคมเมือง และกำลังขยายตัวออกสู่ชนบท จนกลายเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวัน และการติดต่อสื่อสารในด้านธุรกิจต่าง ๆ

ระบบโทรศัพท์ได้มีการพัฒนาไปมาก ในด้านของเทคโนโลยี เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ วิทยุติดตามตัว แต่ราคาต่อหน่วยก็ยังค่อนข้างสูง สถานประกอบการต่าง ๆ ที่มีเงินทุนไม่มากนัก จึงไม่สามารถซื้อให้ครบตามความต้องการได้ โดยเฉพาะธุรกิจขนาดเล็ก หรือบ้านพักอาศัย ยกตัวอย่างเช่น ในบริษัทแห่งหนึ่งมีพนักงานขาย 10 คน ผู้ช่วยผู้จัดการ 3 คน และผู้จัดการ 1 คน ทุกคนต้องการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน วิธีที่สะดวกและรวดเร็ว ได้ข้อมูลถูกต้องที่สุด ก็คือโทรศัพท์ แต่ในบางกรณีบางคนหรือหลายคนต้องออกไปนอกสำนักงาน โทรศัพท์ที่ใช้ก็ต้องเป็นชนิดพกพาไปในที่ต่าง ๆ ได้ ซึ่งก็มีราคาค่อนข้างสูง การที่จะจัดซื้อให้ครบทุกคน ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งอาจไม่คุ้มค่าในการลงทุน แต่ความจำเป็นในการสื่อสารในลักษณะดังกล่าว ก็ยังคงมีอยู่ ด้วยปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวความคิดที่จะสร้างระบบของเครื่องที่ทำงานในลักษณะเป็นศูนย์แลกเปลี่ยนข้อมูล ในรูปแบบของการบันทึกเสียงพูด มีการบันทึก หรือฝากข้อความไว้ได้ หรือสามารถโต้ตอบให้ผู้ที่โทรศัพท์เข้ามาได้ โดยจะมีการบันทึกข้อมูลเอาไว้ในหน่วยความจำ นอกจากนี้ยังสามารถให้เครื่องนี้ ติดต่อหรือเรียกเข้าสู่ศูนย์กลางของระบบวิทยุติดตามตัว ทำให้เราสามารถติดต่อกับผู้ที่โทรศัพท์มาหาเราได้โดยทันที ซึ่งเทคโนโลยีแบบนี้ ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสะดวกสบายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เป็นการหาหนทางใช้ระบบโทรศัพท์ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. สร้างศูนย์แลกเปลี่ยนข่าวสาร Voice massage ในราคาถูก โดยอาศัยคู่สายขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยที่มีอยู่

3. เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกเสียงทางโทรศัพท์ โดยดัดแปลงให้สามารถแยกบันทึกได้

4. เป็นการเพิ่มความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับระบบโทรศัพท์

5. ฝึกทักษะในการนำ Microprocessor มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโทรศัพท์ทั้งทางด้าน Software และ Hardware

6. พัฒนาเครื่องบันทึกเสียงทางโทรศัพท์ที่มีอยู่ ให้มีประสิทธิภาพและดียิ่งขึ้น กล่าวคือนอกจากจะสามารถบันทึกข้อความได้แล้ว ยังสามารถโต้ตอบ และส่งรหัสติดต่อกับ วิทยุติดตามตัวได้ด้วย ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว และไม่เกิดความผิดพลาด

1.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานต่อเนื่อง คือ Project I และ Project II จึงแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรก (project I) ดำเนินงานทางด้านการออกแบบ Hardware เป็นส่วนใหญ่ ส่วนในระยะที่ 2 (Project II) จะเป็นการดำเนินงานทางด้าน Hardware ในบางส่วนที่เหลือ นอกจากนั้นก็เป็นการดำเนินงานทางด้าน การออกแบบ Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงานในระยะแรก (Project I)

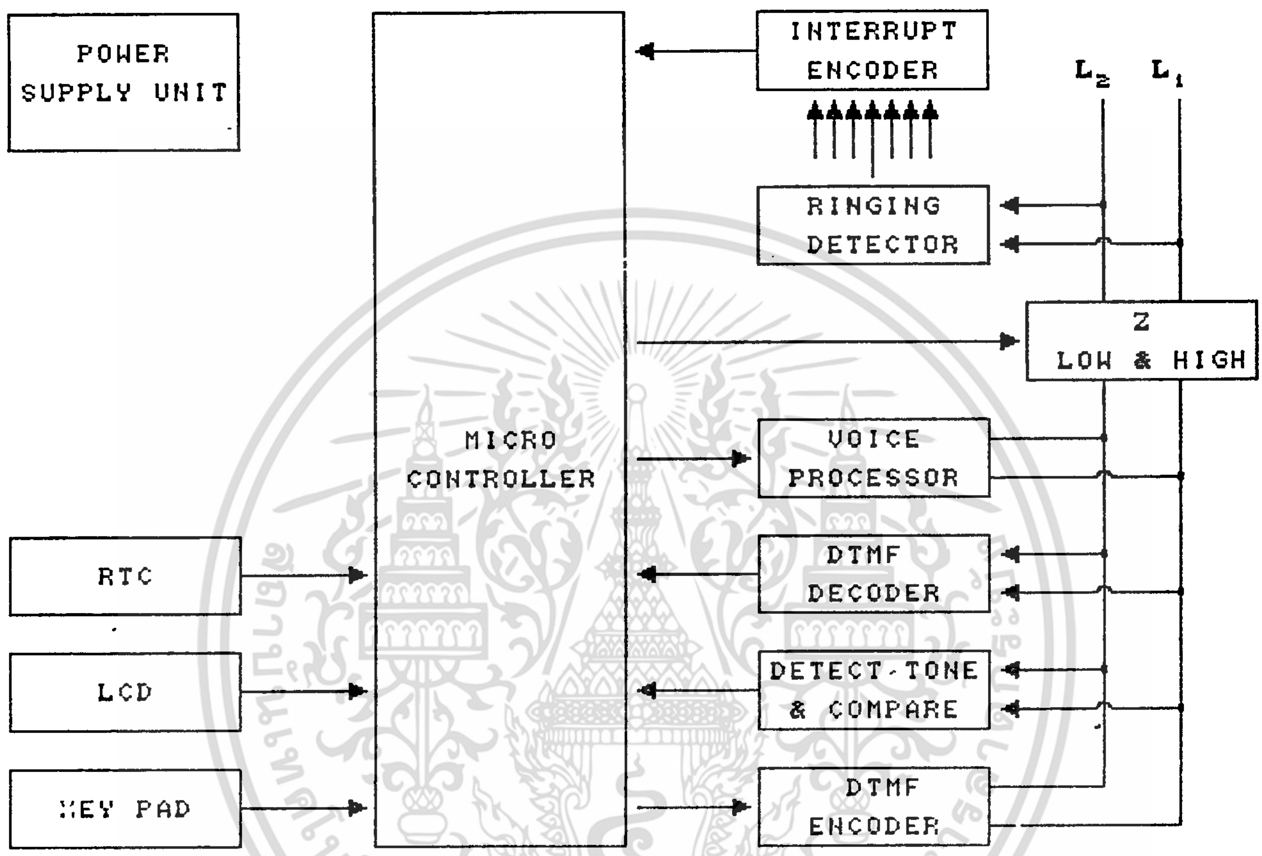
1. การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน
   - ระบบโทรศัพท์
   - ระบบไมโครโปรเซสเซอร์
   - ระบบวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ
   - กำหนดฟังก์ชันการทำงานของเครื่อง (Block didgram)
2. เลือกอุปกรณ์และวงจรที่ต้องการใช้งาน
3. ออกแบบวงจรใช้งานแต่ละภาค
4. ทดลองวงจรแต่ละภาค และปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนในการดำเนินงานระยะที่ 2 (Project II)

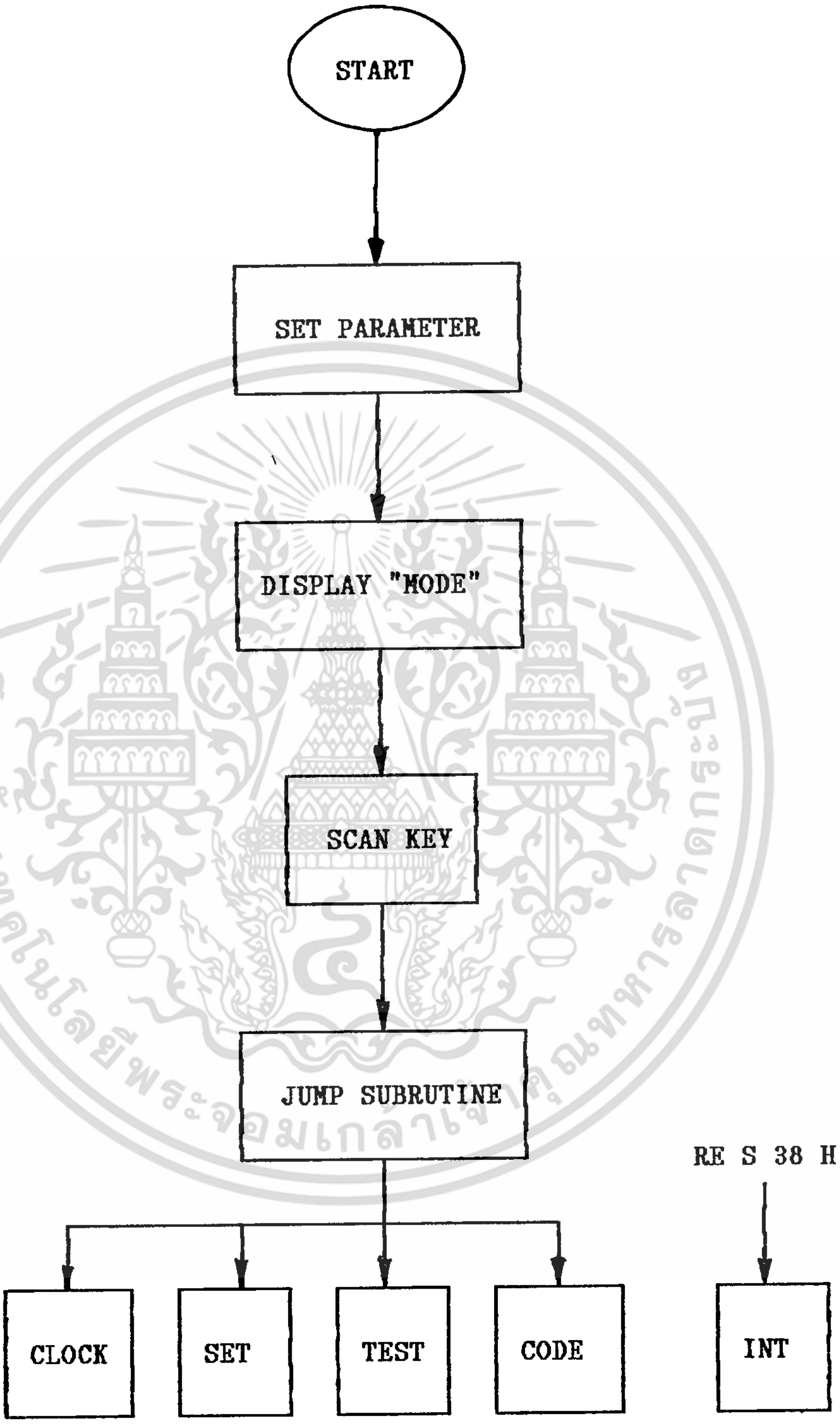
1. นำวงจรในแต่ละภาคมาต่อร่วมกัน และทดลองการทำงานร่วมกันของวงจรต่าง ๆ
2. ออกแบบลายวงจร และประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์
3. ดำเนินงานในส่วนของ Software
4. ทดลองการทำงานของ Program และปรับปรุงแก้ไขจนเสร็จสมบูรณ์
5. ประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกัน และทดลองการทำงานร่วมกับ Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

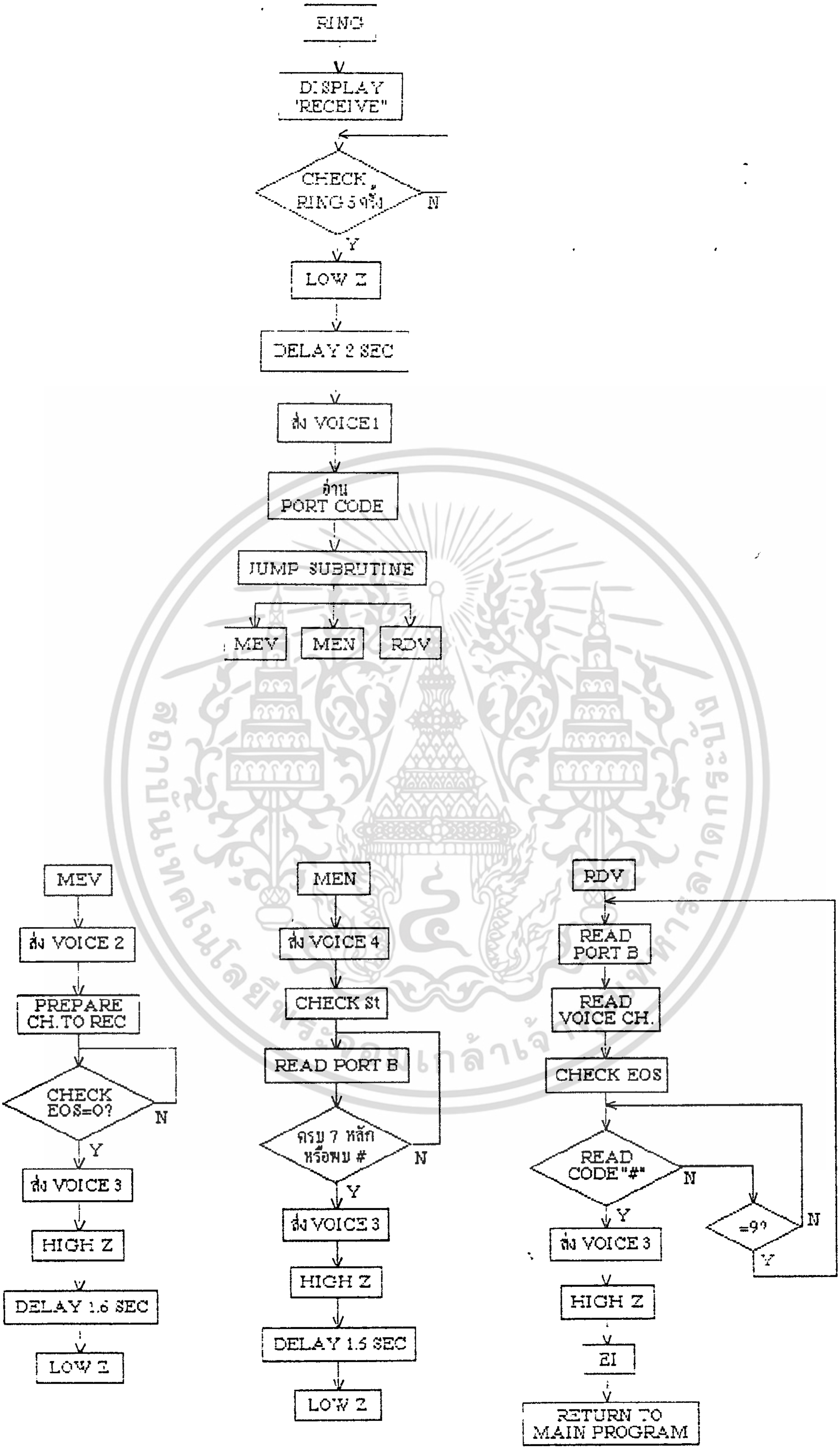
BLOCK DIAGRAM



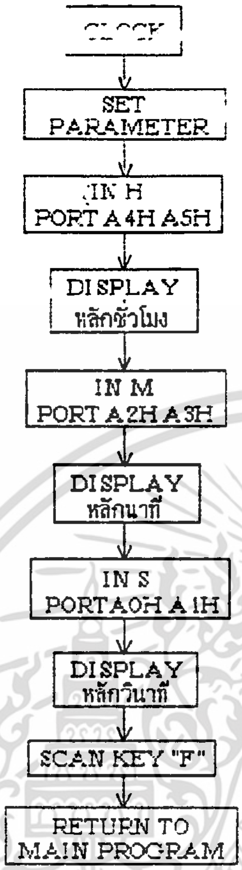
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

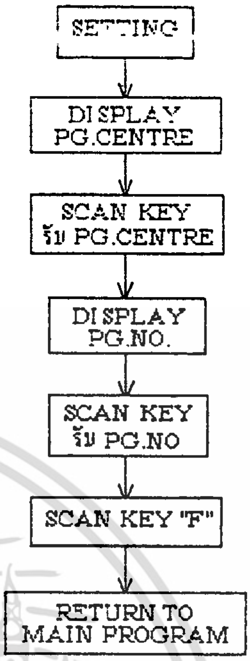


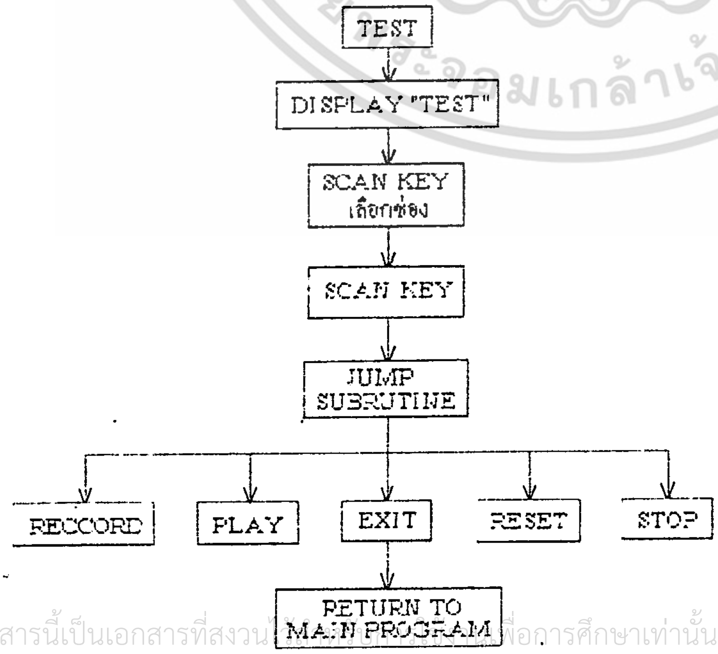
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

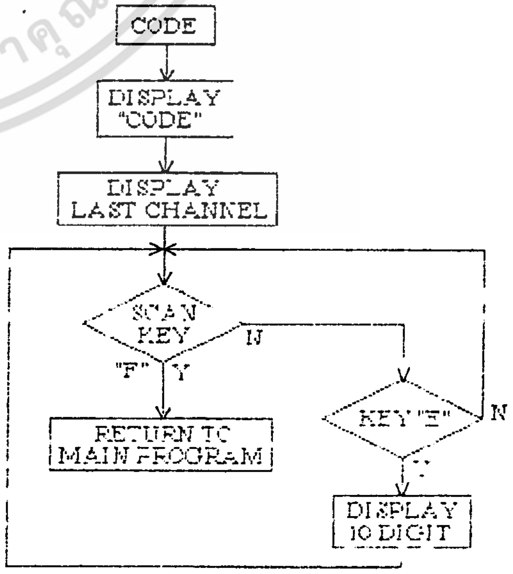


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

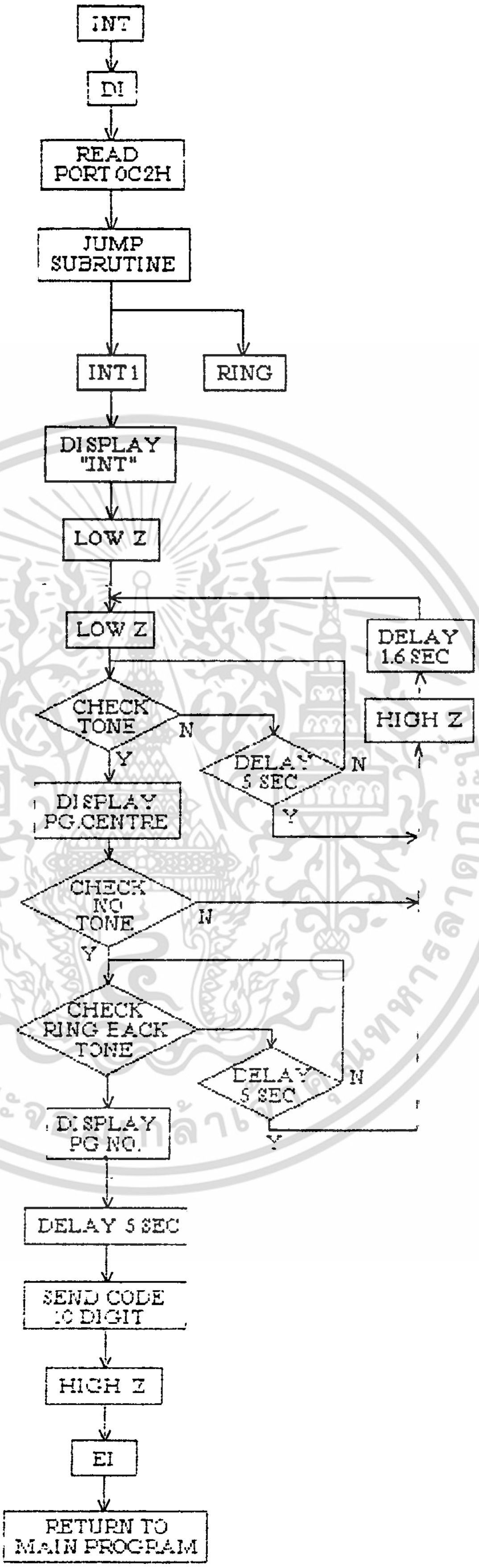








เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOICE 1 ขณะนี้คุณ....ไม่อยู่ กรุณาฝากข้อความ

หรือฝากหมายเลขโทรกลับ กรุณากดปุ่ม *

VOICE 2 ขอบคุณที่ใช้บริการ เราจะติดต่อคุณ....โดยด่วนที่สุด สวัสดีค่ะ

VOICE 3 กรุณากดหมายเลขโทรกลับ และกด # เมื่อจบรายการ

VOICE 4 VOICE ที่ได้จากการบันทึกช่องที่ XX

รูปแบบรหัส 10 ตัว

1.กรณีแจ้งเบอร์โทรกลับ

9-XXXXXXX

2.กรณีฝากข้อความ

9-99XXTTTT

XX บอกช่องที่เครื่องทำการบันทึก

TTTT บอกเวลาที่ทำการบันทึก (ชั่วโมงและนาที)

3.กรณีมีสัญญาณ Interrupt

9-000XTTTT

X บอกรหัส Interrupt (1 ถึง 7)

TTTT บอกเวลาที่เกิด Interrupt (ชั่วโมงและนาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้เกี่ยวกับระบบโทรศัพท์และวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติระบบดิจิตอล

2.1 ระบบโทรศัพท์และสัญญาณพื้นฐาน

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายสมาชิก ให้สามารถเรียกสลับคู่สนทนาธุระต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นลงได้

การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephone call) คือการเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รับ

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone set) คือ อุปกรณ์สำหรับสมาชิกใช้พูดและฟังในการสนทนาระยะไกลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ เมื่อต้องการเรียกก็หมุนหรือกดหมายเลขผู้รับบนหน้าปัทม์

ผู้เรียก (Calling subscriber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือผู้เริ่มต้นการเรียก จะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ผู้รับ (Called subscriber) หรือสมาชิกผู้ถูกเรียก คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing signal)

คู่สายสมาชิก (Subscriber line) คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากผู้พูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ (บริการ) ท้องถิ่นไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ (อัตโนมัติ) (Automatic teltphone switching)คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกกับผู้รับโดยอัตโนมัติ เครื่องชุมสายโทรศัพท์มีการพัฒนาแล้ว

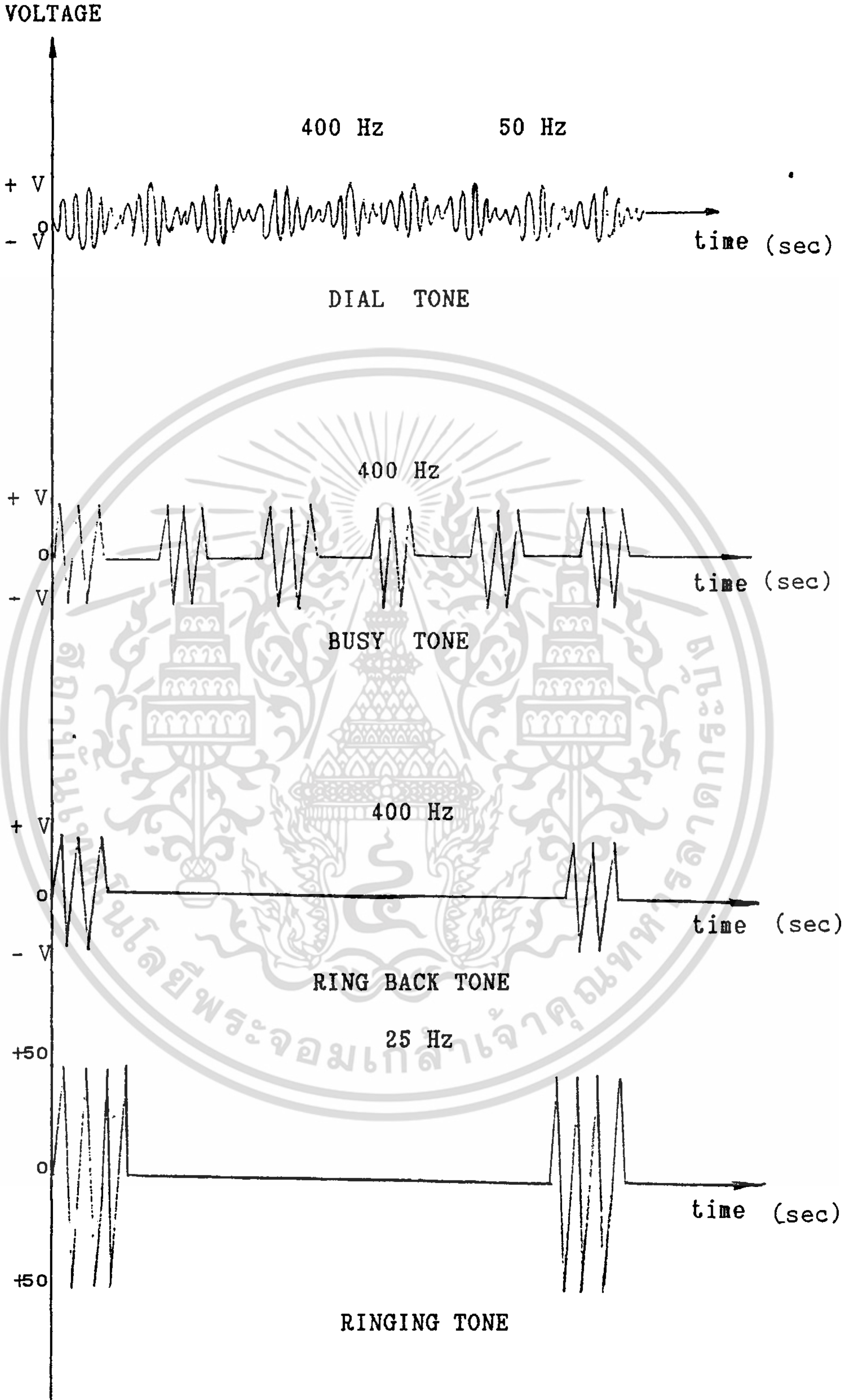
2.1.1 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณพื้นฐาน คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสภาวะต่างๆ ว่าควรทำอย่างไรซึ่งประกอบด้วย

1. สัญญาณให้หมุน (Dial tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกผู้เรียก ให้หมุนหมายเลขผู้รับมาได้ เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง 400 เฮริทซ์

2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) ใช้เพื่อเตือนสมาชิกผู้เรียกว่า ผู้รับไม่ว่างควรวางหูก่อนระยะหนึ่งแล้วจึงเริ่มต่อใหม่ เป็นสัญญาณ 400 เฮริทซ์60 ครั้งต่อ นาที ดัง 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 สัญญาณพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
034875

3. สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing tone (signal)) ใช้เพื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียก มายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่งเรียก ผู้รับมาตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 16 เฮิรทซ์ กร้ำกับ 400 เฮิรทซ์ แบบ AM ส่ง 0.67 - 1.5 วินาที เงียบ 2-4 วินาที

4. สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone) ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอน ตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ ดำเนินการต่อสำเร็จ แจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าการเรียกสำเร็จเป็นสัญญาณ 16 เฮิรทซ์ กร้ำกับ 600 เฮิรทซ์ แบบ AM ช่วงเวลาส่งและเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณกริ่งเรียก

2.1.2 สัญญาณในการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

เครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาคร่อมสายโทรศัพท์ เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลท์

- เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือ 8 โวลท์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุน ซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับ 250 มิลลิโวลท์ ความถี่ 400 เฮิรทซ์ กร้ำ ความถี่ประมาณ 50 เฮิรทซ์ ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่แล้ว สัญญาณให้หมุนนี้จะหายไป

- กดรหัส (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลัก รหัสความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสม 2 ความถี่ เป็นความถี่สูงต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่คู่หนึ่ง

- ขณะที่รอการรับสาย จะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ สัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณสายไม่ว่างตามลำดับ

- เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ 8 โวลท์ โดยมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง, ความดังของเสียงพูดตามสาย

- เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดศักดาจะกลับไปอยู่ที่ 48 โวลท์ ดังเดิม

เครื่องรับ

- ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสตรงคร่อมสายอยู่ 48 โวลท์

- เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 โวลท์ จังหวะ 1 วินาที หยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาภาระแสตรงจะเหลือ 8 โวลท์และมีการกระเพื่อมจากขนาดและความถี่ของเสียงพูด

- เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาก็จะกลับไปที่ 48 โวลท์

2.1.3 เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม (Push-Button Dial Telephone Set)

1 ระบบหน้าปัทม์แบบกดปุ่ม

ในระบบสวิทช์ s x s หรือ x B ที่ได้กล่าวมาแล้วสัญญาณเรียกของผู้เช่า (Subscriber address signal) เป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับ จำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัทม์เพื่อให้แผงสวิทช์ทำงาน

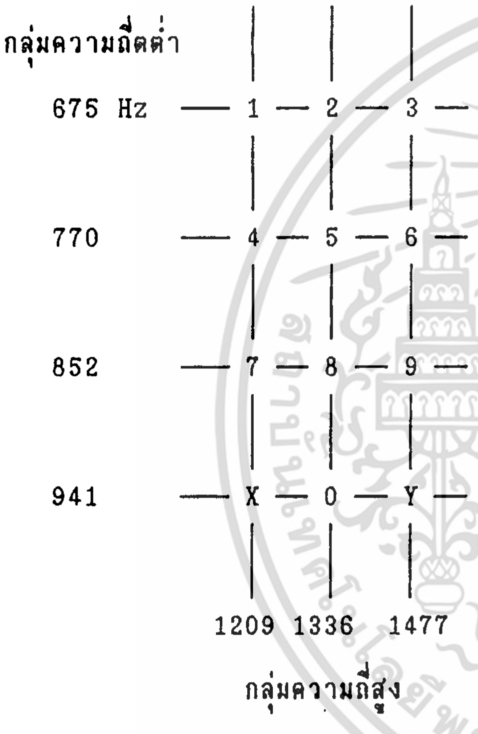
จากการพัฒนาด้านแผงสวิทช์อิเลคทรอนิคส์ เราจึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ (Multi-frequency signal system) ขึ้น ระบบนี้มีลักษณะดังนี้

1. เวลาของการหมุนหมายเลขได้ลดลงมาก
2. การหมุนหมายเลขง่ายกว่า
3. สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นได้ด้วย
4. เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียงๆ (Voice frequency signal) ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง

2. ระบบสัญญาณ

ระบบนี้เรียกว่าระบบ 4 x 3 ในระบบนี้สัญญาณประกอบด้วย การรวมความถี่ 2 ค่า ที่เลือกมาจากความถี่ 2 กลุ่ม (กลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำ) โดยจะมีตัวเลขและโค้ด ดังแสดงในรูปที่ ในระบบนี้ตำแหน่ง # , * สามารถใช้เป็นโค้ดอื่นที่ไม่ใช่ตัวเลข สำหรับงานอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



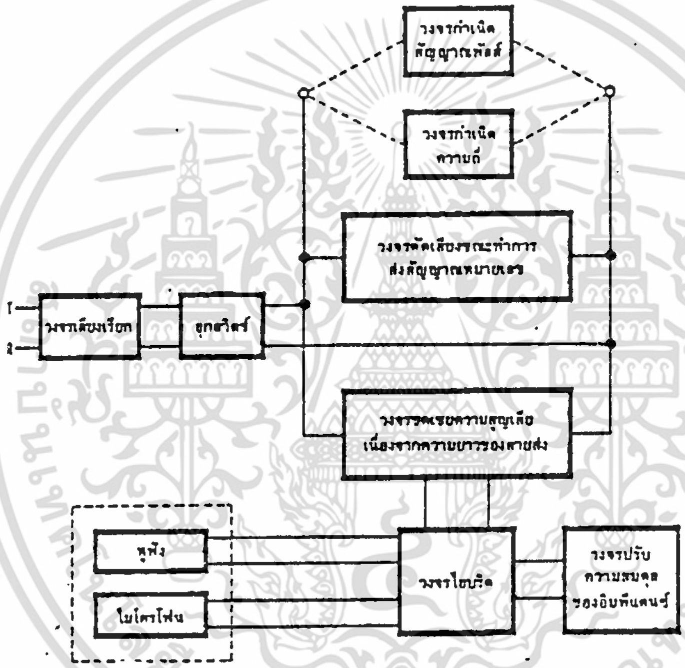
ความถี่		กลุ่มความถี่สูง		
		Hz 1209 (11.15)	Hz 1336 (11.14)	Hz 1477 (11.13)
กลุ่มความถี่ต่ำ (Hz)	L_1 679 (1.5)	1	2	3
	L_2 770 (1.4)	4	5	6
	L_3 852 (1.3)	7	8	9
	L_4 941 (1.2)		0	

รูปที่ 4 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ ตารางส่วนประกอบของสัญญาณและระบบปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบโทรศัพท์เบื้องต้น

ในตอนนี้จะเป็นรายละเอียดของวงจรหมุนหมายเลขทั้งแบบปุ่มกดและแบบแป้นหมุน โดยจะกล่าวถึงทั้งวงจรพื้นฐานและวงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้ว รวมทั้งการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการส่งหมายเลขทั้ง 2 ระบบด้วย



รูปที่ 5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (tip) และสาย R (ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสายก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ ฮุกสวิทช์ (switch hook) จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังฮุกสวิทช์ได้ ดังนั้น ถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากฮุกสวิทช์ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฮุกสวิทช์ S_1 และ S_2 ในรูปที่ ก็จะเปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้ก็จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ก็จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน (dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ถูกส่งมาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

การส่งหมายเลขโทรศัพท์สามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ที่แสดงถึงค่าของหมายเลขต่างๆ กัน และอีกวิธีหนึ่งก็เป็นการส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆกัน โดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ความถี่ที่มอดดูเลตกัน คราวนี้จะลองมาเปรียบเทียบถึงลักษณะการใช้งานของแต่ละแบบกัน

2.3 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข (Rotating-type)

ในรูปที่ 6(ก) จะเป็นวงจรที่ใช้การส่งหมายเลขโทรศัพท์ ในแบบหมุนจะเห็นว่าสวิทช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิทช์ S_3 ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมือนว่าเป็นการขัดจังหวะ (interruption) การไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่สวิทช์ S_3 ถูกเปิดออกขึ้นกับระยะห่างของแป้นหมุน (dialer) ที่ถูกหมุนไปกับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิทช์ S_3 ก็จะถูกทำให้เปิดออก 4 ครั้ง หรือว่าหมุนหมายเลข 7 สวิทช์ S_3 ก็จะถูกเปิดออก 7 ครั้ง ซึ่งสวิทช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๖(ข) จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากรูปนี้จะเห็นว่าในตอนแรก โทรศัพท์อยู่ในสภาวะออนฮุก (on hook) คือ หูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่บนที่วางหูโทรศัพท์ตามปกติ ไม่มีกระแสจากชุมสายเข้าสู่โทรศัพท์ เพราะขณะนี้วงจรถูกเปิดออกโดยฮุกสวิทช์ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นโทรศัพท์จะอยู่ในสถาวะออฟฮุก (off hook) ฮุกสวิทช์จะถูกปิดวงจรลงทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลขโดยในรูปจะเป็นการหมุนหมายเลข 4 ก็จะทำให้วงจรถูกเปิดออก ด้วยสวิทช์ S_3 เป็นจำนวน 4 ครั้งก็จะได้รูปสัญญาณอย่างที่เห็น

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลส์นี้จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 10 pps (pulse per second) และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงควรที่จะทราบความหมายของคำต่อไปนี้

- คาบของสัญญาณพัลส์ (pulse period)=ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิด (break duration) + ช่วงเวลาที่วงจรถูกปิด (make duration) ซึ่งคาบของสัญญาณพัลส์จะถูกออกแบบให้มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที
- อัตราการส่งสัญญาณพัลส์ (pulse rate) = จำนวนพัลส์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที = 1000 / คาบเวลาของสัญญาณพัลส์
- เปอร์เซนต์ของการเปิดวงจร (percent break) = 100 x อัตราส่วนการเปิดวงจร (break ratio) = 100 x ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิด/คาบของสัญญาณพัลส์
- ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (interdigit interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

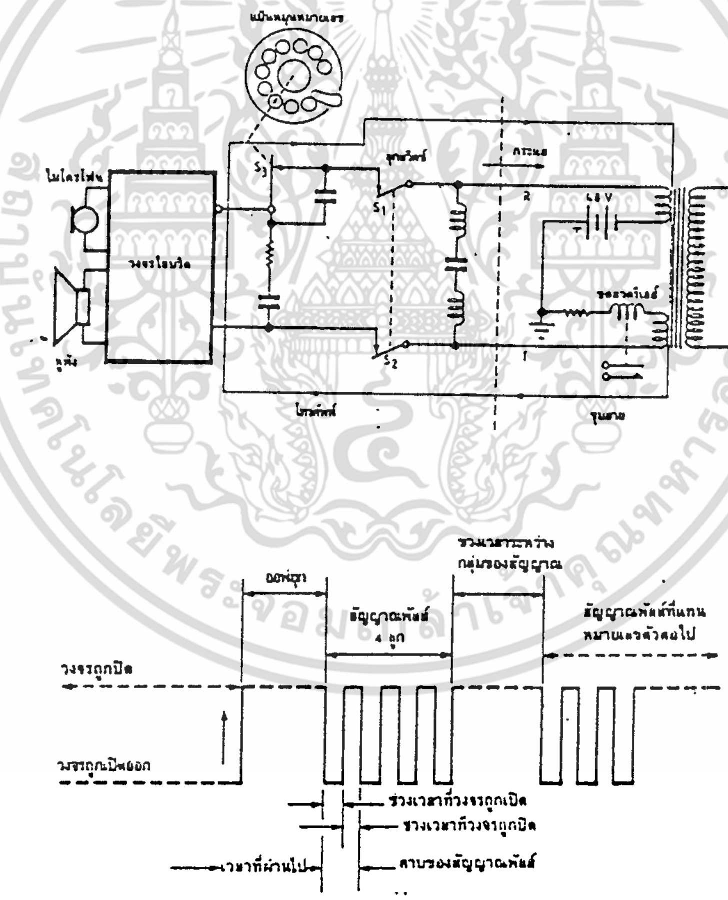
2.3.1 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง

ตามปกติในสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์ จะมีค่าความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำแฝงอยู่ โดยเฉลี่ยแล้วทุกระยะทาง 1 ไมล์ ที่เพิ่มขึ้นของสายส่ง มีค่าประมาณ 0.07 ไมโครฟารัด และมีควาต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกันอยู่ โดยจะมีค่าประมาณ 42 โอห์ม และ 1 มิลลิเฮนรี่ ตามลำดับซึ่งอุปกรณ์แฝงพวกนี้จะมีผลทำให้สัญญาณ pulse ที่ถูกส่งไปตามสายส่งไปตามสายส่งเกิดความผิดเพี้ยนทั้งขนาด (amplitude) และคาบเวลา (period) ดังนั้นชุมสาย จึงจำเป็นที่สามารถจะรับรู้สัญญาณที่ผิดเพี้ยนเหล่านี้ไว้ และไม่ทำให้เกิดการผิดพลาดในการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

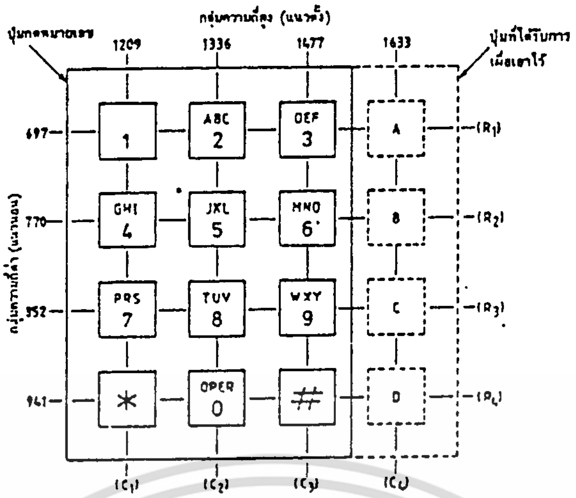
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual tone multifrequency type)

เป็นการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้เรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านของความถี่เสียงที่พูด (0-4 กิโลเฮิรทซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ในแนวตั้งซึ่งค่าต่างๆจะแสดงไว้ในรูปที่ 7 ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิรทซ์ และ 1336 เฮิรทซ์มอดดูเลตกันออกมา



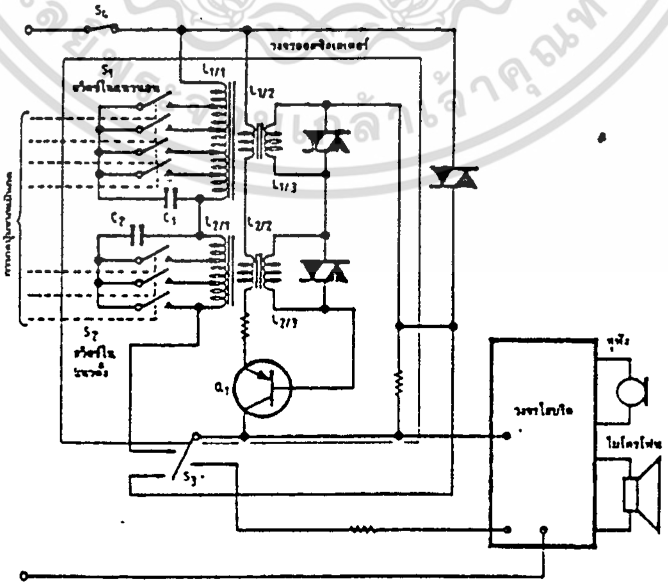
รูปที่ ๑ (ก)แสดงถึงวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์อย่างง่าย (ข) แสดงไดอะแกรมของเวลาคร่าว ๆ ของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข "4"

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ

สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์ ที่สร้างความถี่เหล่านี้ขึ้นมาก็คือ วงจรในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นวงจรที่อุปกรณ์ต่างๆ มาต่อรวมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานมากกว่า แต่บทความนี้ต้องการให้ผู้อ่านเข้าใจถึงหลักการของระบบ จึงหาเอาวงจรพื้นฐานมาประกอบคำอธิบาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

รูปที่ 8 วงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF

การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจากสวิทช์ S_1 (สวิทช์ในแนวนอน) S_2 (สวิทช์ในแนวตั้ง) และ S_3 จะถูกเปิดวงจรอยู่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น กระแสจากชุมสายจะผ่าน RV_1, L_{1A} และ l_{2A} ทรานซิเตอร์ Q_1 จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลข สวิทช์ S_1 S_2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C_1 C_2 จะถูกต่อเข้ากับ L_{1A} L_{2A} ตามลำดับ เกิดเป็นวงจรขึ้นโดย L_{1A} และ C_1 จะเป็นออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่เกิดจาก L_{2A} และ C_2 และขณะที่ S_3 จะถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองเข้าด้วยกันและส่งไปยังชุมสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟนจะถูกต่อขนานกัน จึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วย สำหรับทางชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับเอาสัญญาณไปประมวลผลต่อไป และยังมีวงจรกรองความถี่แปลกปลอมอื่นๆ เข้าไปในชุมสายด้วย

2.4.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบทั้งสอง

คราวนี้มาลองเปรียบเทียบระหว่างระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบว่าแบบไหนจะมีประสิทธิภาพมากกว่า ในตอนต้นทราบแล้วว่าในการส่งสัญญาณแบบพัลส์ 1 ลูก ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (60 มิลลิวินาทีสำหรับช่วงการเปิดวงจร และ 40 มิลลิวินาที สำหรับช่วงการปิดวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที และยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยมีค่ามาก และยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นหมายเลข 555-5555 จะใช้เวลาในการส่ง = 5 (พัลส์/มิลลิวินาที) X 100 (มิลลิวินาที) X 7 (หมายเลข) = 3.5 วินาที

และระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ = 700 มิลลิวินาที X 6 = 4.2 วินาที จะใช้เวลาในการส่งทั้งหมด = 3.5+4.2 = 7.7 วินาที

แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งในระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ .7 X 100 มิลลิวินาที = 0.7 มิลลิวินาทีเท่านั้น

ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนประการหนึ่งระบบ DTMF จะสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังชุมสายได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายสามารถใช้อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

- ระดับแรงดันและกระแสลูปจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของการส่งสัญญาณ
- ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ
- วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สมบรูณ์ (matching) กับสายส่งสัญญาณ

ซึ่งจากข้อสรุปข้างบน ถ้าจะแยกรายละเอียดของแต่ละหัวข้อก็จะมีพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงดังต่อไปนี้

2.4.3 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้

- สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB
- สำหรับสัญญาณที่ถูกส่งเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ต้องมีค่าไม่มากกว่า -33 dBm ในช่วง 300 ถึง 3400 เฮิรทซ์
2. ที่ความที่สูงกว่า 3400 เฮิรทซ์ สัญญาณแทรกสอดจะต้องลดลง 12 dB ต่อออกเตฟไปจนถึงความถี่ 50 กิโลเฮิรทซ์
3. ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า -80 dB ที่ความถี่สูงกว่า 50 กิโลเฮิรทซ์

โดยที่ความผิดเพี้ยนที่ถูกกำหนดในรูปของเดซิเบล คือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \ldots V_n^2}}{\sqrt{V_L^2 + V_H^2}}$$

โดยที่ V_1 ถึง V_N คือ ระดับของสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามา

V_L คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ต่ำกว่า

V_H คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ไดนามิกซ์อิมพีแดนซ์

วงจรกำเนิดความถี่สำหรับระบบ DTMF จะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และจะต้องมีอิมพีแดนซ์ต่ำที่สุด ขณะที่ไม่มีการผลิตสัญญาณ

2.4.5 ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Return loss)

ก็เป็นพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุม โดยกำหนดค่าความสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณหรือ RL ด้วยสมการ

$$RL = 20 \text{ Log } [Z_L + Z_s \,/\, Z_L + Z_s]$$

โดยที่ Z_L คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

Z_s คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับ R_L จะต้องมากกว่า 14 dB ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 ถึง 3400 เฮิรทซ์ และมากกว่า 10 dB ในช่วงความถี่ 50 ถึง 300 เฮิรทซ์และ 3400ถึง 20000 เฮิรทซ์

2.4.6 ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์ โซลิดสเตดได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัด และสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสาย
- สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.7 วงจรที่ได้รับการพัฒนาขึ้น

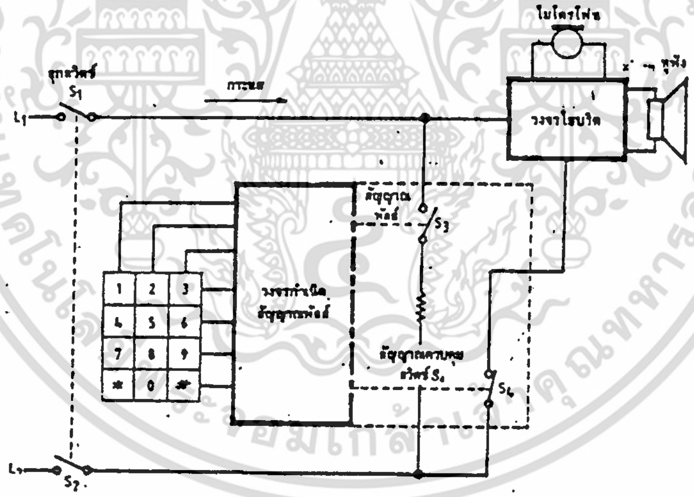
จากรูปที่ ๖(ก)ยังคงเป็นวงจรพื้นฐานในโทรศัพท์แบบหมุนอยู่ ลองมาดูวงจรที่ได้รับการพัฒนาจากวงจรพื้นฐานกัน วงจรนี้จะประกอบด้วยไอซีเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำให้มีฟังก์ชั่น ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้มากขึ้น เป็นต้นว่าการเรียกซ้ำหรือมีหน่วยความจำสำหรับเก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการได้เป็นต้น

ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8 วงจรของระบบที่ใช้การสื่อสารสัญญาณแบบพัลส์

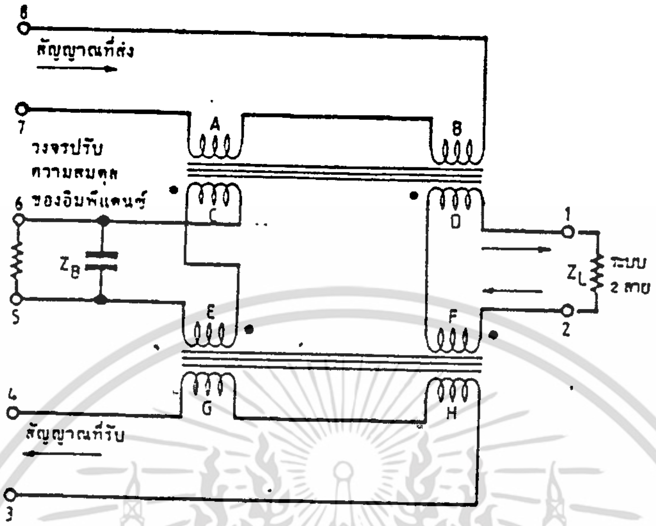
การส่งรหัสแบบพัลส์ คือ การขัดจังหวะการไหลของกระแสนั่นเอง ดังนั้นวงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้วก็ยังคงใช้หลักการเดียวกันอยู่ เพียงแต่ใช้อุปกรณ์ที่เป็น ไอซี แทนอุปกรณ์ทางกล โดยวงจรที่กล่าวถึงนี้ขอเรียกว่า วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse dialer) ซึ่งยังคงสามารถสร้างสัญญาณพัลส์ด้วยความเร็ว 10 พัลส์ต่อวินาที และต้องมีวงจรที่ทำหน้าป้องกันไม่ให้เกิดเสียงเล็ดลอด เข้าไปสู่หูฟัง เนื่องจากการส่งสัญญาณพัลส์ จากวงจรที่ได้รับการออกแบบใหม่นี้จะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน

แบบแรกจะเป็นวงจรที่ออกแบบให้วงจรหมุนหมายเลข (Dial circuit) ต่อขนานกับวงจรไฮบริด (Hybrid) หรือวงจรเสียงพูด (Speech network) ดังแสดงในรูปที่ ๙



รูปที่ ๙ วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบขนานกับวงจรไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

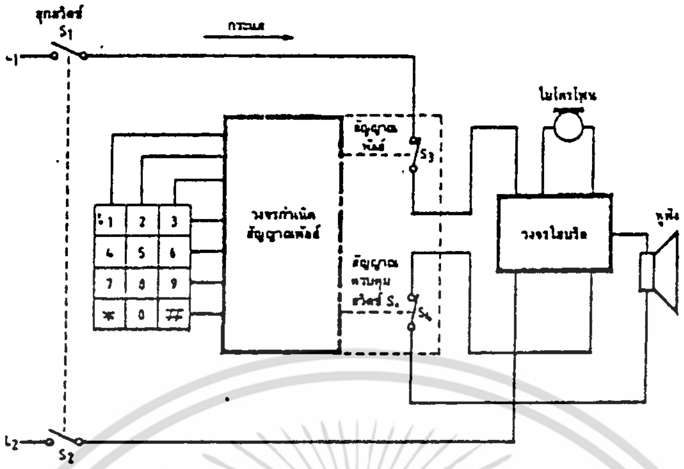


รูปที่ 10 วงจรไฮบริด

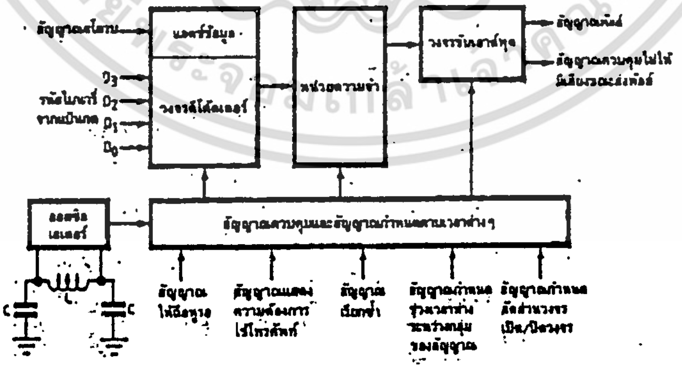
สำหรับวงจรไฮบริดหรือ วงจรเสียงพูดก็คือ วงจรที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างระบบ 4 สายเข้ากับระบบ 2 สาย โดยเมื่อเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน แล้วทำให้โทรศัพท์สามารถสื่อสารแบบ (Duplex) ได้ หรือติดต่อแบบสวนทางกันได้ในเวลาเดียวกันนั่นเอง แสดงไว้ในรูปที่ 10

วงจรในเครื่องโทรศัพท์จะใช้ระบบ 4 สายคือ ใช้ 2 สายสำหรับส่วนสัญญาณ เสียงพูด และอีก 2 สาย สำหรับนำสัญญาณเข้าสู่หูฟัง แต่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายระดับท้องถิ่น จะเป็นการต่อโดยผ่านสาย T และ R เพียง 2 สายเท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีวงจรไฮบริดที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อทั้งระบบ 2 สาย และ 4 สาย ให้สามารถติดต่อกันได้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบอนุกรมกับวงจรไฮบริด



รูปที่ 12 บล็อกไดอะแกรมของไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่[illegible]ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากวงจรเครื่องภายในโทรศัพท์ จะมีขดลวดเหนี่ยวนำต่อเป็นวงจรไฮบริดแล้ว การติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นด้วยกัน ก็จำเป็นต้องมีวงจรไฮบริดด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นในส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ปรับความสมดุลอิมพีแดนซ์ ของระบบที่ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อให้สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันมีประสิทธิภาพที่สุด

เมื่อทราบถึงหน้าที่ของวงจรไฮบริดแล้ว ก็ย้อนกลับมาดูวงจรหมุนหมายเลขกันต่อ ในรูปที่ 9 สวิทช์ S_3 จะทำหน้าที่ขัดจังหวะการไหลของกระแส ทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้น ในรูปจะเห็นว่าสวิทช์ S_3 จะขนานกับวงจรไฮบริด สวิทช์ S_4 จะเป็นตัวควบคุมไม่ให้เราได้ยินเสียงของสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้น ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากตอนที่ยกหูโทรศัพท์ขึ้น สวิทช์ S_4 จะปิดวงจร ส่วนสวิทช์ S_3 จะเปิดวงจรออก กระแสจะไหลผ่านวงจรไฮบริด (ซึ่งเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ) ทำให้ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถได้ยินสัญญาณหมุน เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์เริ่มกดหมายเลข วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะส่งสัญญาณควบคุมให้สวิทช์ S_3 ปิดวงจรและ S_4 เปิดวงจร ดังนั้นจึงทำให้กระแสไหลผ่านวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ แต่จะไม่ไหลผ่านวงจรไฮบริด จึงเสมือนว่าส่วนของหูฟังถูกตัดออกจากวงจร ผู้ใช้โทรศัพท์จึงไม่ได้ยินเสียงที่เกิดจากการส่งสัญญาณพัลส์ในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณอยู่ สวิทช์ S_3 จะถูกปิดลงเป็นจำนวนครั้งตามหมายเลขที่กด เมื่อสิ้นสุดการกดหมายเลขแล้ว สวิทช์ S_3 จะอยู่ในตำแหน่งเปิดวงจร ส่วนสวิทช์ S_4 จะปิดวงจรตามเดิม

สำหรับวงจรอีกแบบหนึ่ง จะเป็นวงจรที่ถูกออกแบบให้วงจรหมุนหมายเลข โดยต่ออนุกรมกับวงจรไฮบริด ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 11

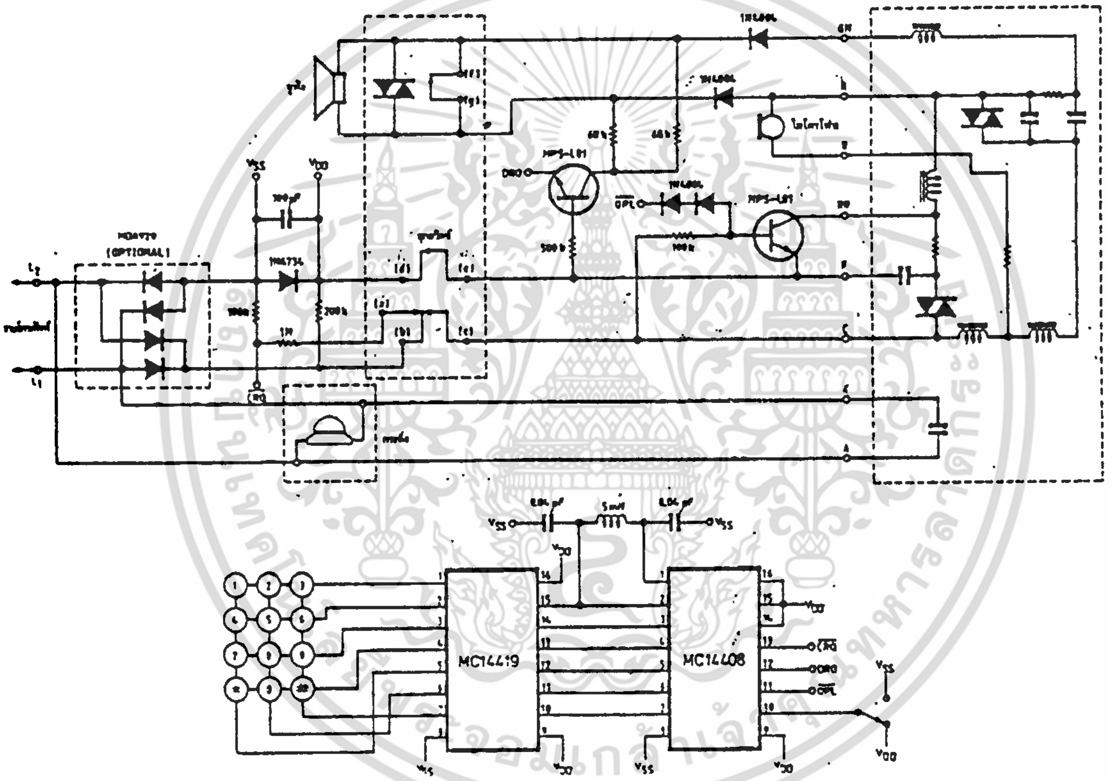
ตามวงจรที่แสดงในรูปที่ 11 จะเห็นว่าสวิทช์ S_3 จะถูกต่ออนุกรมกับวงจรไฮบริดอยู่ โทรศัพท์ระบบนี้จะใช้สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์มาควบคุมสวิทช์ S_3 ให้เปิดปิดวงจรเพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้น ซึ่งเหมือนกับระบบแรกที่ได้กล่าวมาแล้ว ขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณควบคุมให้สวิทช์ S_4 เปิดวงจรเพื่อไม่ให้สัญญาณออกทางหูฟังขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่ จะเห็นว่าการทำงานของทั้ง 2 ระบบจะเหมือนๆ กัน จะแตกกันก็ตรงลักษณะการเชื่อมต่อวงจรเท่านั้นเอง

ในรูปที่ 12 ได้แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซีตัวนี้ จะเห็นว่าเอาท์พุตของไอซีจะเป็นสัญญาณพัลส์และสัญญาณควบคุมที่จำเป็นต้องใช้ ส่วนสัญญาณอินพุตจะเป็นรหัสไบนารี ซึ่งใช้เป็นหมายเลขโทรศัพท์ สัญญาณให้ถือหูรอ สัญญาณหมุนซ้ำ เป็นต้น วงจรออสซิลเลเตอร์จะถูกใช้เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรภายในไอซี สำหรับภาคขับสัญญาณเอาท์พุท จำเป็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่ทนแรงดันสูงๆ ได้ดี

สัญญาณลอจิกที่ควบคุมช่วงเวลาในการส่งสัญญาณที่มีความจำเป็นก็คือ สัญญาณออนฮุก/ออฟฮุก สัญญาณบอกช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณพัลส์ และสัญญาณกำหนดอัตราส่วนการปิด-เปิดวงจร สำหรับสัญญาณจากวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นจะไม่สามารถผลิตความถี่ออกมาได้ ถ้าวางหูโทรศัพท์ไว้ตำแหน่งปกติ

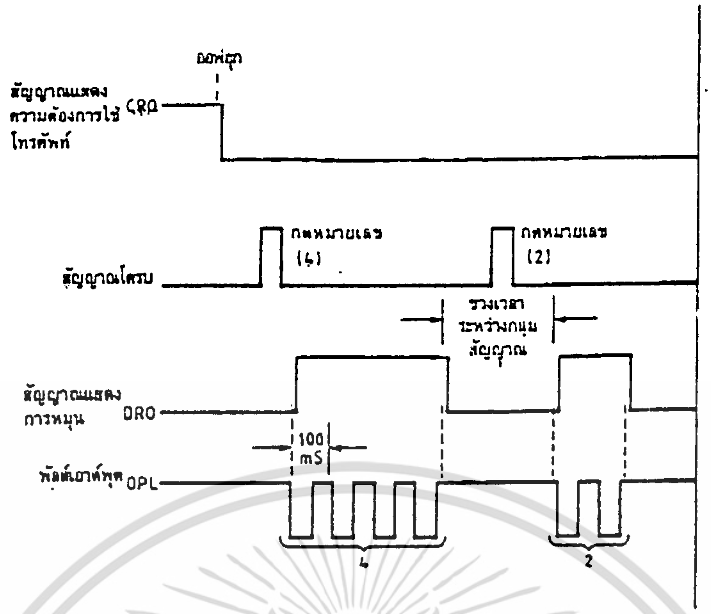
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่กำหนดช่วงห่างระหว่างกลุ่มของสัญญาณพัลส์ หรือสัญญาณ IDT จะกำหนดช่วงห่างของเวลาได้ระหว่าง 200 ถึง 1000 มิลลิวินาที เมื่ออัตราในการส่งสัญญาณพัลส์อยู่ที่ 10 พัลส์ต่อวินาที



รูปที่ 13 วงจรสมบูรณ์ของระบบที่ใช้ในการส่งสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 ไดอะแกรมเวลาของสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการส่งสัญญาณพัลส์ของวงจรรูปที่ 13

และอยู่ระหว่าง 100 ถึง 500 มิลลิวินาที ถ้าส่งสัญญาณพัลส์ในอัตรา 20 พัลส์ต่อวินาที ส่วนค่าของอัตราส่วนการปิด/เปิดวงจรจะมีค่าประมาณ 67 % (เป็นลอจิก "0" 67 % ใน 1 คาบสัญญาณ) หรืออาจจะใช้ค่า 61 % ก็ได้

ในปัจจุบันไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ก็มีเบอร์ MC 14408 ซึ่งเป็นของ Motorolla โครงสร้างภายในเป็นแบบ CMOS และเนื่องจากการใช้งานต้องการสัญญาณอินพุทเป็นรหัสไบนารี จึงจำเป็นต้องมีตัวเข้ารหัส (Encoder) เบอร์ MC 14419 มาอินเตอร์เฟสเข้ากับแป้นกดหมายเลขด้วย ดังแสดงในรูปที่ 13 ซึ่งเป็นวงจรที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถนำมาใช้งานได้ สามารถอธิบายได้ด้วยไดอะแกรมของเวลา (Timing diagram) ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งจะทำให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สัญญาณแสดงความต้องการจะใช้โทรศัพท์(Call request:CRQ) จะเป็นลอจิก "0" ก็เท่ากับเป็นการรีเซตให้ MC 14408 เริ่มต้นที่จะรับหมายเลขใหม่เข้ามาหรืออาจจะให้ส่งสัญญาณพัลส์ของหมายเลขชุดเก่า เมื่อมีการใช้ฟังก์ชันหมุนซ้ำ หลังจากนั้นสัญญาณสโตรบและสัญญาณแสดงการหมุน (Dial rotating output:DRO) ซึ่งเป็นลอจิก "1" จะถูกส่งออกไป สัญญาณ DRO นี้เองจะถูกนำไปใช้ในการตัดเสียงที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการส่งสัญญาณพัลส์ออกไป โดยการทำให้ทรานซิสเตอร์ MPS-L10 ไม่นำกระแสตลอดเวลาที่ส่งสัญญาณ CRO ยังคงเป็นลอจิกอยู่ "1" อยู่สำหรับสัญญาณ (Output pulse:OPL)จะถูกนำไปเป็นอินพุทให้กับไดโอด และทรานซิสเตอร์เพื่อส่งสัญญารพัลส์ออกไปอีกทีหนึ่ง หลังจากนั้นก็จะเป็นหน้าที่ของชุมสายที่จะรับข้อมูลไป และติดต่อกับหมายเลขที่ถูกเรียกให้กับผู้ใช้ได้ถูกต้อง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

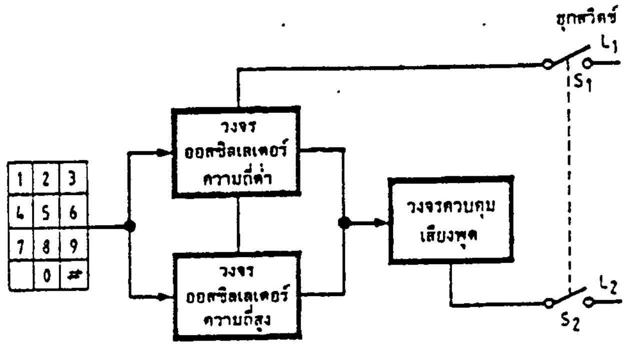
การส่งสัญญาณแบบ DTMF ด้วยการใช้ไอซีสำเร็จรูปในปัจจุบันดูจะเหมาะสมมากกว่าการนำอุปกรณ์มาต่อกันในการผลิตสัญญาณที่มีความถี่ต่าง ๆ เพื่อแทนรหัสหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย หลักการทำงานของไอซีพวกนี้ย่อม ต้องมีหลักการเช่นเดียวกันนั่นก็คือ การนำความถี่ที่มีความแตกต่างกัน 2 ความถี่ ซึ่งเกิดจากการดีโค้ดปุ่มกดหมายเลขให้เป็นสัญญาณความถี่ ที่เกิดจากการถอดรหัส ได้ในแนวแถวและแนวคอลัมน์ จากนั้นก็นำสัญญาณทั้ง 2 มามอดดูเลตกัน และจึงจะส่งไปยังชุมสายต่อไป

2.5 การส่งรหัสหมายเลขโดยการใช้ไอซีสำเร็จรูป

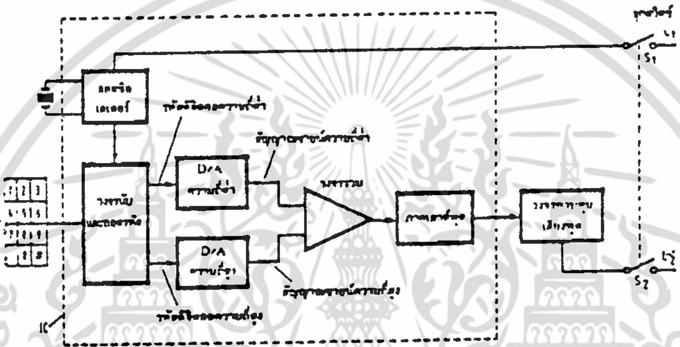
ในรูปที่ 15 (ก) เป็นบล็อกไดอะแกรมของการส่งสัญญาณแบบ DTMF ซึ่งในระบบนี้ยังคงต้องใช้อุปกรณ์จำพวกพาสซีฟ (passive elements) ในการนำมาสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งแน่นอนปัญหาที่จะพบสำหรับวงจรที่จะใช้อุปกรณ์เหล่านี้ จะมีความคลาดเคลื่อน เมื่อมีสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปและความถี่ใช้งาน ซึ่งผลสุดท้ายก็จะทำให้ชุมสายเกิดการทำงานผิดพลาด ในการติดต่อกับผู้เรียก ดังนั้นการสร้างไอซีสำเร็จรูปแทนอุปกรณ์พาสซีฟ ย่อมที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ในระดับหนึ่ง ในรูปที่ 15 (ข) เป็นบล็อกไดอะแกรมที่นำมาใช้ทำสัญญาณในระบบ DTMF ซึ่งวงจรภายในจะประกอบด้วยวงจรนับ และวงจรถอดรหัส (counter and decoder) ซึ่งวงจรถอดรหัสก็จะแยกแยะว่า การกดหมายเลขแต่ละครั้งจะตรงกับตำแหน่งใดบ้างในแนวแถวและแนวคอลัมน์ เมื่อทำการถอดรหัสจากการกดได้แล้วก็ จะนำค่าในแนวแถวและแนวคอลัมน์ ไปหารจากค่าความถี่หลัก สัญญาณที่ออกจากวงจรนับและถอดรหัสก็จะได้สัญญาณดิจิตอล 2 สัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกัน จากนั้นก็นำทั้งสองสัญญาณไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณ จากดิจิตอลไปเป็นอะนาลอก (D/A converter) และนำมารวมกันโดย การนำไปผ่านวงจรรวม และขยายสัญญาณ (summing amp) แล้วจะถูกส่งผ่านไปยังวงจรควบคุมเสียงพูด (speech network) และผ่านต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์ในที่สุด

ไอซีอาจจะถูกออกแบบมาให้ใช้ร่วมกับแป้นปุ่มหมายเลข (key pad) ชนิด DPST (dual-pole single throw) ซึ่งจะมีหน้าสัมผัส 2 หน้า หรืออาจจะเป็นชนิด SPST (single-pole single throw) ก็ได้ในรูปที่ เป็นแผนภาพและรูปของสัญญาณ เมื่อมีการกดปุ่มหมายเลขใด ๆ จะสังเกตว่าในการดีโค้ดของแนวแถวจะแอกทีฟที่ลอจิก "0" แต่ในแนวคอลัมน์นี้จะแอกทีฟที่ลอจิก "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

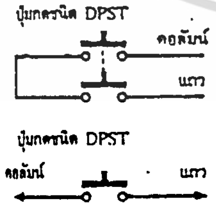


(ก) วงจรแบบแรกๆ

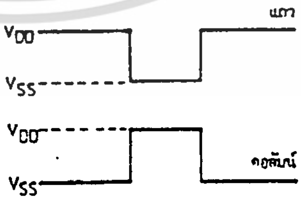


(ข) วงจรที่ถูกพัฒนาในรูปของ IC สำเร็จรูป

รูปที่ 15 บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF



(ก) แผนภาพ



(ข) รูปสัญญาณ

รูปที่ 16 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.วงจรภายในและขั้นตอนการส่งสัญญาณ

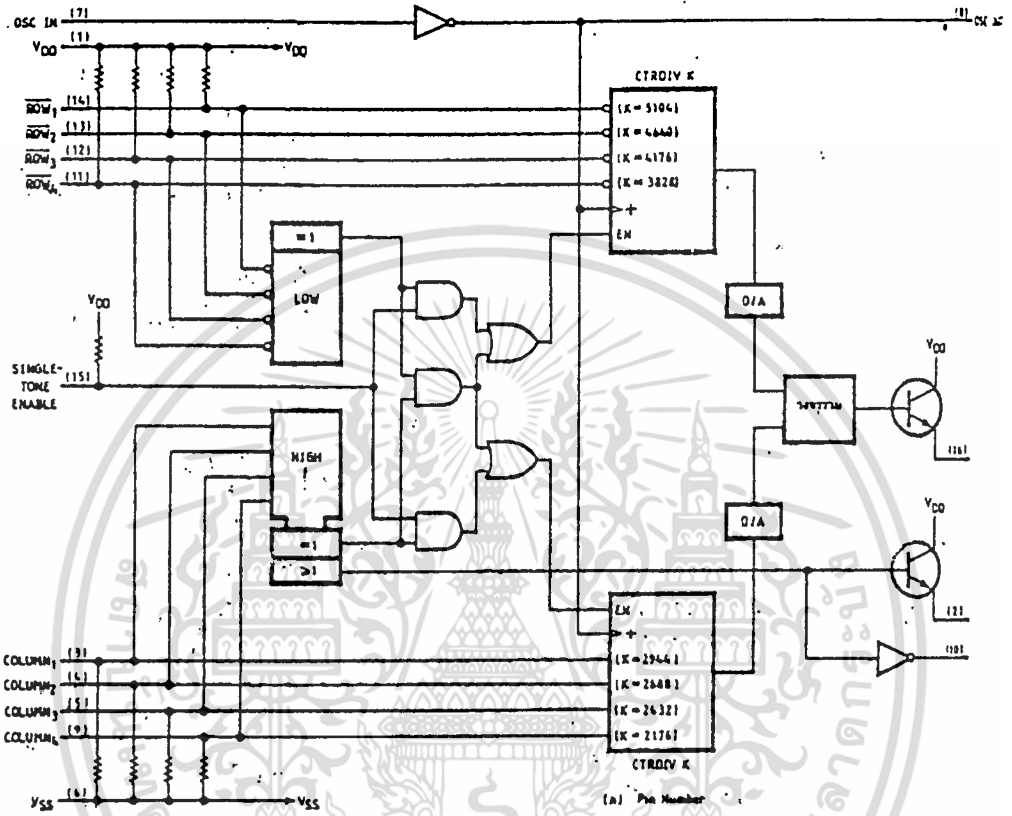
ในรูปที่ 17 เป็นบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในของไอซีเบอร์ TCM5087 (MK5087) จะเห็นว่าวงจรภายในประกอบไปด้วย วงจรถอดรหัสลอจิกเกต วงจรหารความถี่ (วงจรนับ) หรือ CTRDIV K ขั้นตอนการทำงานเมื่อมีการกดหมายเลขโทรศัพท์ จะทำให้มีสัญญาณโรว์และคอลัมน์เกิดขึ้น และขาสัญญาณ single tone enable จะต้องถูกทำให้แอกทีฟ สัญญาณโรว์และคอลัมน์จะถูกนำไปเลือกค่า K ในวงจร CTRDIV K เพื่อนำไปเป็นตัวหารสัญญาณจากวงจรออสซิลเลเตอร์หลัก ซึ่งจะเลือกใช้ค่าความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ให้มีค่า 3.579545 MHz ซึ่งจะต้องนำไปหารด้วยค่า K จากวงจร CTRDIV K ทั้ง 2 วงจร สำหรับลอจิกเกตนั้นถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าการกดปุ่มหมายเลขแต่ละครั้งเป็นการกดปุ่มเดียวจริง ๆ เมื่อตรวจได้ว่าไม่มีการกดปุ่มในเวลาเดียวกันมากกว่าหนึ่งปุ่ม จึงค่อยเอาสัญญาณลอจิกจากส่วนนี้ไปเป็นสัญญาณอีเนเบิล (enable) ให้แก่วงจร CTRDIV K ทั้ง 2 วงจร

ในส่วนของลอจิกที่ออกมาจากบล็อก >1 หมายความว่า เมื่อใดก็ตามที่มีการกดปุ่มหมายเลขใด ๆ จะเป็นการส่งสัญญาณไปยังขา 10 (mute out) ซึ่งจะควบคุมให้มีสัญญาณจากวงจรบวก และขยายสัญญาณผ่านเข้าสู่หูฟังในระดับที่เหมาะสม ส่วนสัญญาณที่ขา 2 (trans SW) จะถูกนำไปควบคุมไม่ให้วงจรของการส่งสัญญาณเสียงพูดทำงานเมื่อมีการส่งหมายเลขอยู่ เพื่อป้องกันการผิดพลาดในขณะส่งรหัสหมายเลขอยู่นั่นเอง

วงจร CTRDIV K ทั้ง 2 จะถูกนำไปเข้าวงจร D/A เพื่อแปลงเป็นสัญญาณรูปคลื่นซายน์และนำมามอดดูเลตโดยใช้วงจรบวกและขยายสัญญาณ ก็จะแทนหมายเลขที่ถูกกดนั้นเอง

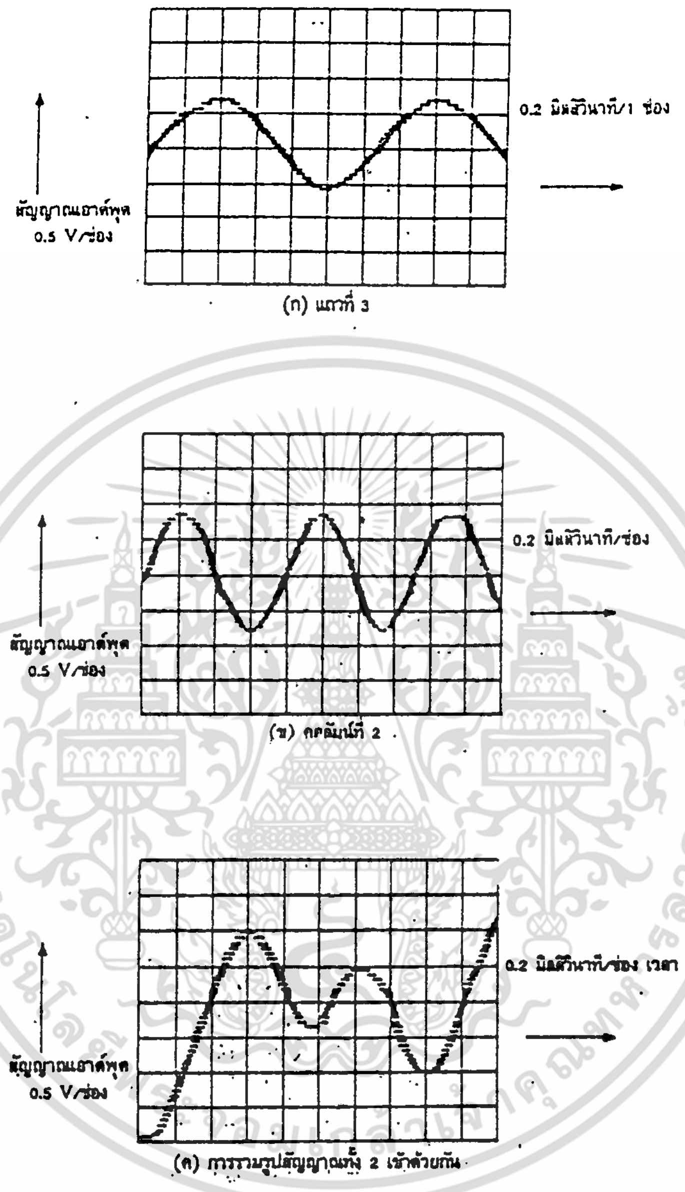
ในรูปที่ เป็นรูปสัญญาณที่เกิดขึ้นในการกดหมายเลข 8 ซึ่งวงจรถอดรหัสจะให้ตำแหน่งในแนวแถวที่ 3 และคอลัมน์ที่ 2 สัญญาณที่ออกมาจากวงจร D/A ก็จะเป็นไปตามรูป 18 (ก)และ 18 (ข) ในรูป 18 (ค) เป็นการรวมสัญญาณทั้งสองเข้าด้วยกัน จะสังเกตเห็นว่าสัญญาณจะไม่เป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องที่ได้จากวงจร D/A นั่นเอง จึงทำให้เป็นสัญญาณที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได แต่ก็ไม่มีผลต่อการส่งสัญญาณไปยังชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในไอซีเบอร์ TCM 5087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

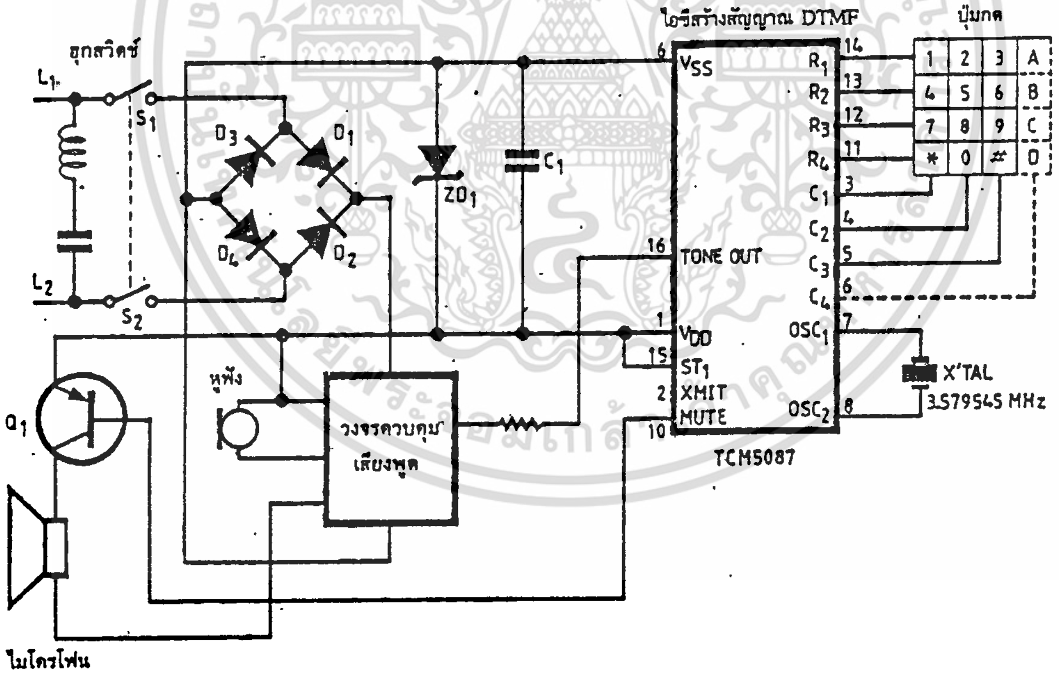


รูปที่ 18 รูปสัญญาณของระบบ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การนำไปประยุกต์ในวงจรใช้งานจริง

ในวงจรรูปที่ 19 เป็นการนำเอาไอซีเบอร์ MK5087 มาเป็นตัวส่งสัญญาณระบบ DTMF จะเห็นว่าขา tone out ถูกนำไปใช้ในวงจรควบคุมสัญญาณเสียงพูด และส่งผ่านไปสู่สายสัญญาณที่ต่อไปยังวงจร ZD_1 ทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณทรานเซียนต์ (transient) ที่อาจจะเข้ามาในระบบได้ C_1 ทำหน้าที่กรองสัญญาณต่าง ๆ ให้เรียบมากขึ้น ขาสัญญาณ mute ถูกนำไปต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 เพื่อควบคุมไม่ให้มีเสียงผ่านเข้ามาทางไมโครโฟนในระหว่างการกดหมายเลขอยู่ , ขาสัญญาณ ST_1 (หรือสัญญาณ single tone enable) จะถูกทำให้แอกทีฟอยู่ตลอดเวลา สำหรับการทำงานของวงจรควบคุมเสียงจะนำมาอธิบายในภายหลัง



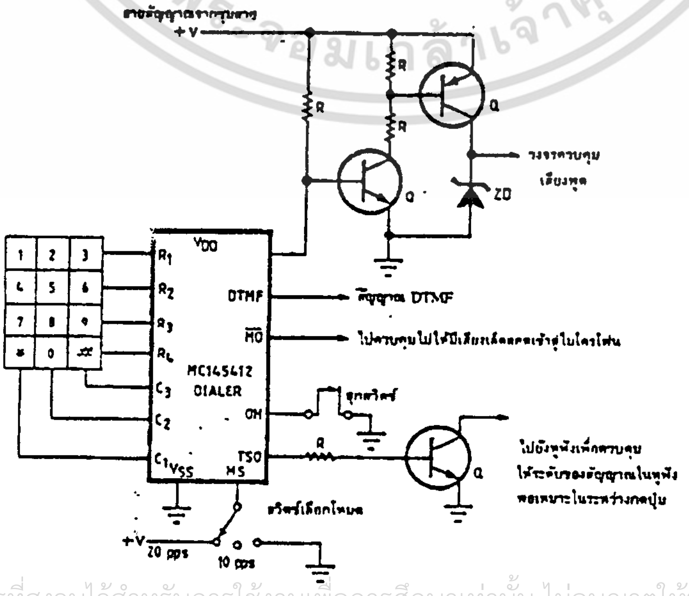
รูปที่ 19 แสดงการนำ TCM 5087 ไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3การรวมระบบพัลส์และ DTMF ภายในไอซีตัวเดียวกัน

ไอซีที่สามารถทำงานได้ทั้ง 2 โหมดที่มีใช้งานกันอยู่ เช่น เบอร์ MC145142, MC145143 or MC145512 เป็นต้น ในรูปที่ 20 เป็นการนำ MC145142 มาทำหน้าที่ในการส่งหมายเลข โดยการอินเตอร์เฟสกับปุ่มกด 3 X 4 ตามรูปไอซีเบอร์นี้ยังคงใช้ความถี่ 3.58 MHz เป็นความถี่หลักในการทำงานอยู่ การเลือกให้ไอซีทำงานในโหมดการส่งสัญญาณแบบพัลส์ สามารถเลือกอัตราการส่งได้ 10 pps หรือ 20 pps (pps : pulse per second) ถ้าไอซีทำงานในพัลส์โหมด ขาสัญญาณ DTMF ก็จะเป็น High impedance แต่ถ้ากำหนดให้ทำงานในโหมด DTMF ขา OPL (pulse output) ก็จะเป็น High impedance แทนขาสัญญาณ MO (Mute signal) ก็จะนำไปใช้ควบคุมไม่ให้มีสัญญาณเสียง สามารถผ่านเข้าสู่ไมโครโฟนได้ สำหรับสัดส่วนการปิด/เปิดวงจร (make/break ratio) จะถูกออกแบบมาแน่นอนแล้วจากผู้ผลิต เป็นต้นว่า MC145412/13 จะมีสัดส่วนการปิด/เปิดวงจรเป็น 40/60 , MC145512 จะมีสัดส่วนเป็น 32/68 ข้อได้เปรียบอีก 2 ประการของไอซีตระกูลนี้คือ การมีหน่วยความจำสำหรับเก็บหมายเลขที่ต้องการ และยังมีฟังก์ชันเรียกหมายเลขซ้ำด้วย

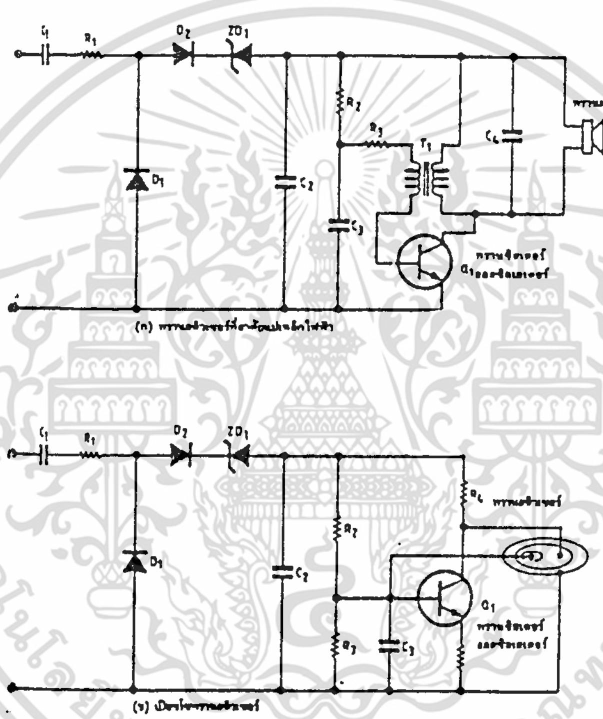
วงจรในรูปที่ 20 เป็นวงจรที่มีหลักการและมีฟังก์ชันการส่งสัญญาณต่าง ๆ ครบถ้วน เมื่อพิจารณาวงจรโทรศัพท์โดยทั่ว ๆ ไป มาถึงจุดนี้อยากจะให้ผู้อ่านทราบถึง หลักการในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณเรียก (ringer) ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณแจ้งให้ที่ถูกติดต่อด้วย ทราบว่ามีการติดต่อมาจากผู้เรียก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 20 วงจรที่สามารถทำงานได้ทั้งโหมดการทำงานแบบพัลส์และ DTMF

สำหรับ C_2 มีหน้าที่กรองสัญญาณที่ผ่าน D_2 มาให้เรียบ และป้องกันสัญญาณทรานเชียนต์ที่จะเข้าไปยังวงจรส่วนหลังได้ ซีเนอร์ไดโอด ZD_1 จะเป็นตัวกำหนดระดับของสัญญาณ ที่จะสามารถผ่านไปยังวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ (threshold voltage)

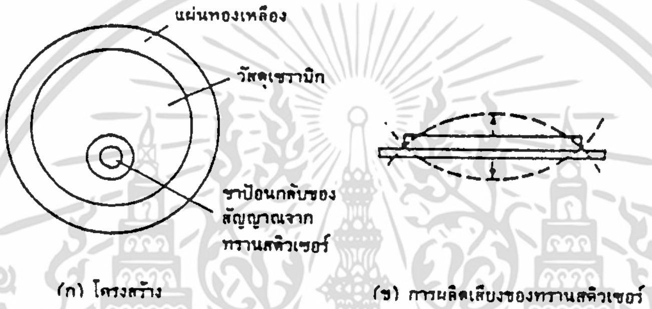


รูปที่ 21 วงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 22 เป็นโครงสร้างของเปียซโซทรานสดิวเซอร์ จะเห็นว่าโครงสร้างประกอบไปด้วยฐานรองที่มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลม และมีเปียซโซเซรามิกวางอยู่บนฐานรอง และยึดติดกันด้วยสารอีพ็อกซี่ ด้านบนของเปียซโซเซรามิกจะถูกเจาะไว้ สำหรับการป้อนกลับของสัญญาณไปสู่ทรานสดิวเซอร์ Q_1 เพื่อให้เกิดเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์

เมื่อมีการออสซิลเลตของสัญญาณ ก็จะทำให้เปียซโซทรานสดิวเซอร์เกิดการสั่นตามรูปที่ 22 (ข) ทำให้เกิดเป็นเสียงดังของโทรศัพท์ เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น



รูปที่ 22 เปียซโซทรานสดิวเซอร์

2.5.6 ข้อบกพร่องของวงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว

วงจรลักษณะนี้ถึงแม้จะนำไปใช้งานได้ง่าย เพราะใช้อุปกรณ์จำนวนน้อย แต่ความถี่ของสัญญาเอาต์พุต ที่เหมาะสมจะถูกจำกัดให้อยู่ในช่วง 2 - 3 กิโลเฮิรต์ ซึ่งความถี่ในช่วงนี้จะเกิดปัญหากับสภาพการได้ยินของมนุษย์ดังนี้

- เมื่อคนมีอายุมากขึ้น สภาพการับรู้ต่อความถี่ของเสียงในช่วง 2 - 3 กิโลเฮิรต์ จะมีประสิทธิภาพด้อยลงมาก

- ความสามารถที่จะระบุตำแหน่งที่แน่นอน ของแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่ในช่วงนี้จะด้อยประสิทธิภาพ

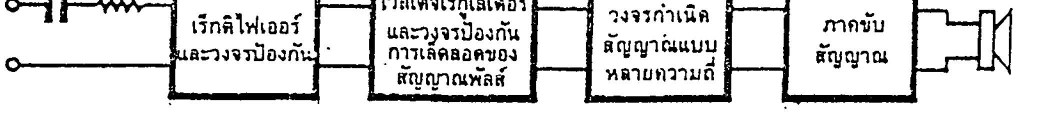
จากปัญหาข้างบนก็ทำให้เกิดปัญาหาที่ตามมากับหน่วยงาน ที่มีการจัดวางโทรศัพท์ ไว้ในบริเวณที่ใกล้ ๆ กัน เช่นภายในสำนักงาน ที่มีการใช้โทรศัพท์ติดต่อกันตลอดเวลา ดังนั้นจึงได้มีการส่งสัญญาณเรียกอีกระบบหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ นั่นคือ การใช้สัญญาณหลายความถี่ ในการส่งสัญญาณเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 วงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่

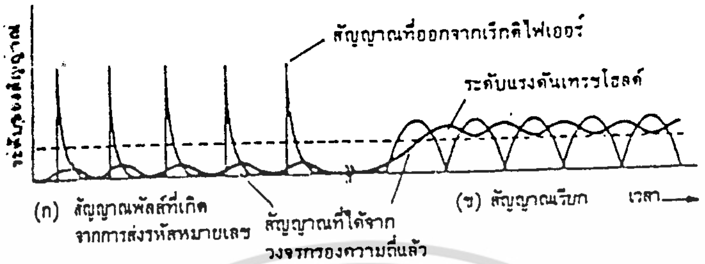
การผลิตความถี่ของวงจรแบบนี้ สามารถให้ความถี่ออกมาได้มากกว่า 2 ความถี่ หรืออาจจะมากกว่านั้น โดยอัตราการเปลี่ยนจากความถี่หนึ่งไปเป็นอีกความถี่หนึ่ง จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณ ac ช่วงที่มีสัญญาณเรียกนั่นเอง ในรูปที่ 23 เป็นบล็อกไดอะแกรมของระบบสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่ จะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณ ac เข้ามา ก็จะมีการเร็กติไฟร์และเรกูเรต เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณไฟตรง นำไปจ่ายให้กับวงจรภาคข้างหลังวงจรเรกูเรเตอร์จะมีความสำคัญในวงจรนี้ เพราะระดับของสัญญาณ ac ที่เข้ามาจะขึ้นกับระยะทางของสายส่งสัญญาณด้วย ในระบบนี้วงจรเรกูเรเตอร์ถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ในช่วง 10 - 90 V_{rms} ของสัญญาณ ac ที่เข้ามา

ปัญหาประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ ถ้าจะมีการนำระบบสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่ ไปใช้ในการส่งรหัสหมายเลข โดยใช้สัญญาณพัลส์ นั่นคือจะต้องไม่ให้มีสัญญาณพัลส์เล็ดลอดไปยังทรานสดิวเซอร์ได้ ในขณะที่สัญญาณพัลส์กำลังถูกส่งออกไป ถ้าผู้อ่านยังจำได้ว่าวงจรสร้างสัญญาณเรียกนี้จะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายกับวงจรของเครื่องโทรศัพท์ทั้งหมด แน่นอนว่าเมื่อมีสัญญาณพัลส์ถูกส่งออกไปสัญญาณพัลส์เหล่านั้นย่อมมีสิทธิ์ที่จะเข้ามากวนวงจรสร้างสัญญาณเรียกได้ วิธีการแก้ปัญหานี้มี 2 วิธีด้วยกันคือ วิธีแรกกรองความถี่ซึ่งจะยอมให้เฉพาะความถี่เรียกผ่านไปได้เท่านั้น ส่วนสัญญาณแคบ ๆ จะถูกกำจัดออกไป แต่วงจรในลักษณะนี้อุปกรณ์ที่จะใส่ในวงจรจะทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ ความไม่สะดวกตามมาอีก ดังนั้นแก้ปัญหาที่นิยมใช้กันคือ นำเอาสัญญาณพัลส์ที่อาจจะเล็ดลอดเข้าไปได้ไปผ่านวงจรเรกติไฟเออร์ และวงจรกรองความถี่ผ่าน และจะต้องมีส่วนที่สร้างระดับแรงดันเทรชโฮลด์ (threshold voltage) ค่าหนึ่ง ซึ่งระดับของแรงดันเทรชโฮลด์ ต้องสูงกว่าระดับของสัญญาณพัลส์ที่มาจากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้องแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้ จะทำให้สัญญาณจากการหมุนหมายเลขไม่เข้าไปรบกวนวงจรสร้างสัญญาณเรียกได้ ในรูปที่ 24 แสดงให้เห็นถึงการแยกแยะสัญญาณสองชนิด โดยใช้วิธีที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 23 บล็อกไดอะแกรมของวงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่



รูปที่ 24 แสดงให้เห็นถึงการป้องกันไม่ให้สัญญาณพัลส์เข้าไปรบกวนวงจรสร้างสัญญาณเรียก

2.5.8วงจรกำเนิด สัญญาณภายใน

ในระบบที่ใช้สัญญาณหลายความถี่สร้างสัญญาณเรียก ย่อมที่จะต้องการสัญญาณไปขับทรานสดิวเซอร์อย่างน้อยความถี่ ในรูป 25 (ก) เป็นบล๊อกไดอะแกรมของวิธีการเบื้องต้น ในระบบนั่นเองออสซิลเลเตอร์อยู่ 2 ชุด ในการนำสัญญาณออกมา วิธีการนี้จะทำให้สิ้นเปลือง และไม่สะดวกในแง่ที่ต้องใช้อุปกรณ์การสร้างออสซิลเลเตอร์ถึง 2 ชุด

รูปที่ 25 (ข) จึงเป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาวงจรขึ้นมาใหม่ หลักการของวิธีนี้จะใช้วงจรหาความถี่หรือวงจรนับนั่นเอง โดยการหาสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์หลักมาจากวงจรหารความถี่ตัวแรก ซึ่งวงจรหารตัวแรกนี้จะสามารถเปลี่ยนตัวหารได้ (Switchable divider) ดังนั้นสัญญาณที่ออกมาจากวงจรนี้ก็จะเหลือความถี่เท่ากับ f/x หรือ f/y ตามรูป แล้วจึงนำไปผ่านวงจรอีกวงจรหนึ่ง สัญญาณที่ออก มาจากวงจรหารตัวที่สอง ก็จะนำไปทริกให้วงจรตัวแรกเปลี่ยนค่าตัวหารสลับไปสลับมาระหว่าง x และ y ไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.9 วงจรขับสัญญาณสู่ทรานสดิวเซอร์

การที่จะทำให้สัญญาณที่จะออกไปสู่ทรานสดิวเซอร์มีประสิทธิภาพสูงสุด ก็จะต้องจัดสมดุลของอิมพีแดนซ์ระหว่างทรานสดิวเซอร์กับวงจรขยายสัญญาณลักษณะของวงจรที่ใช้มีอยู่ 2 รูปแบบตามรูปที่ 26 โดยในรูป 26 (ก) เป็นลักษณะที่พบเห็นโดยทั่วไป วงจรลักษณะอย่างนี้เรียกว่า ซิงเกิลเอนด์เอาต์พุต (single-ended output) แต่ในรูป 26(ข) เป็นวงจรในลักษณะที่เรียกว่า ดับเบิลเอนด์เอาต์พุต (double-ended output) หรือวงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential) วงจรลักษณะนี้จะร่วมกันทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุต ในลักษณะที่วงจรขยายแต่ละตัวจะขยายสัญญาณอินพุตที่มีเฟสตรงกันข้ามกันกับของอีกตัวหนึ่ง หรือทำงานในลักษณะการพุชพูล (push-pull) นั่นเอง

ซึ่งวงจรในลักษณะหลังนี้ เหมาะสำหรับนำไปขับเปียซโซทรานสดิวเซอร์มากกว่าแบบแรก เพราะวงจรนี้ จะให้แรงดันสูงกว่าวงจรลักษณะแรก 2 เท่า ถ้าอัตราขยายของวงจรขยายเท่ากันทุก ๆ ตัว

สำหรับไอซีที่มีฟังก์ชันการทำงานแทนวงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่ ก็เป็นต้นว่าเบอร์ TCM 1506 ของ Texas Intrument ซึ่งจะสามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ 2 ความถี่ในรูปที่ 27 เป็นบล็อกไดอะแกรมของไอซีตัวนี้ จะเห็นว่าจะมีวงจรออสซิลเลเตอร์หลักซึ่งผลิตความถี่ 48 กิโลเฮิรตซ์ออกมา แล้วนำไปเข้าวงจรหารความถี่ที่สามารถสลับค่าของตัวหารได้ระหว่าง 28 และ 32 ดังนั้นสัญญาณ ที่ออกมาจากวงจรหารวงจรแรกเท่ากับ 1714 หรือ 1500 เฮิรตซ์ สำหรับอัตราการเปลี่ยนความถี่ (switch-ing rate :SR) จะได้มาจากวงจรหารตัวที่ 2 นั่นเอง

สำหรับการคำนวณค่าของ SR จะใช้สมการ

$$SR = \frac{1}{\frac{DSR}{f_1} + \frac{DSR}{f_2}}$$

โดย DSR คือ ค่าของตัวหารในวงจรหารที่ 2

F_1 คือค่าความถี่ที่สูงกว่าของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรหารที่ 1

F_2 คือค่าความถี่ที่ต่ำกว่าของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรหารที่ 1

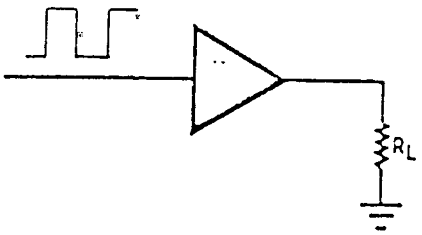
แทนค่า DSR = 128

$F_1 = 1714\ H_z$

$F_2 = 1500\ H_z$

$SR = 6.25\ H_z$

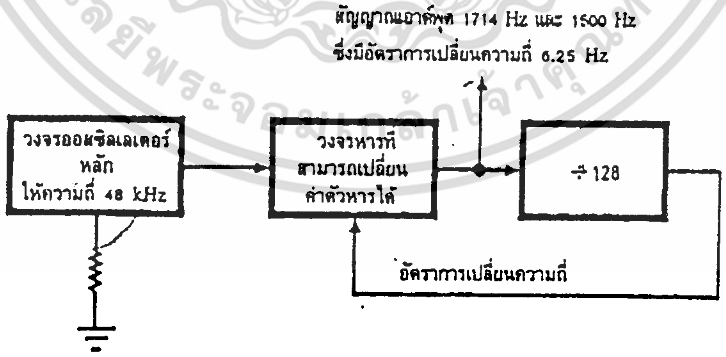
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ซิงเกิลเอนด์เอาต์พุต

(ข) ดับเบิลเอนด์ (ดิฟเฟอเรนเชียล) เอาต์พุต

รูปที่ 26 แสดงภาคขับสัญญาณทั้ง 2 แบบ

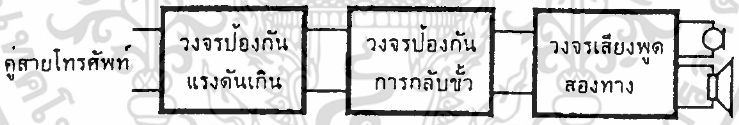


รูปที่ 27 บล็อกไดอะแกรมของ TCM 1506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมเสียงพูดแบบสองทิศทาง (two way speech circuit) เป็นอีกส่วนหนึ่งภายในโทรศัพท์ที่จัดว่ามีความสำคัญต่อการทำงานของโทรศัพท์ เพราะเป็นส่วนที่จะต้องทำงานเกี่ยวกับสัญญาณเสียงพูดที่เราจะพูดผ่านไปทางไมโครโฟน หรือสัญญาณเสียงที่จะได้ยินจากคู่สนทนา ซึ่งล้วนแต่เป็นหน้าที่ของวงจรส่วนนี้โดยตรง ที่สำคัญในการออกแบบวงจรที่มีหน้าที่ควบคุมสัญญาณเสียงนี้ก็คือการแมตชิ่ง (matthing) อิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณจากชุมสายกับอิมพีแดนซ์ของวงจร ซึ่งจะต้องพยายามทำให้มีความสมดุลย์กัน เพื่อให้การส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั่นเอง ในบทความตอนนี้จะอธิบายถึงหน้าที่หลัก ๆของวงจรควบคุมเสียงพูด แต่คงจะไม่ลงไปลึกถึงรายละเอียดของการออกแบบวงจรนัก

เริ่มกันจากบล๊อกไดอะแกรมของวงจรในรูปที่ 28 ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรป้องกันแรงดันสูง วงจรป้องกันการกลับขั้วของแรงดัน และวงจรในส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมเสียงพูดจริง ๆ โดยในวงจรส่วนหลังสุดนี้ จะต้องทำงานในลักษณะที่สามารถรับ และส่งสัญญาณเสียงพูดในเวลาเดียวกัน (duplex communication) มาลองดูการทำงานของแต่ละส่วนกันเลย



รูปที่ 28 บล๊อกไดอะแกรมของวงจรเสียงพูด

2.6 **วงจรในส่วนการป้องกัน (protection circuits)**

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่ว ๆ ไป สัญญาณทรานเชียนต์ (transient) ที่มีระดับแรงดันสูง ๆ จะสามารถทำลายอุปกรณ์จำพวกทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณระดับต่ำ ๆ (small signal transistor) และอุปกรณ์จำพวกไอซีต่าง ๆ ได้ สำหรับสาเหตุการเกิดสัญญาณทรานเชียนต์มีได้หลายสาเหตุด้วยกัน เป็นต้นว่า อาจเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ ฟ้าผ่า จากการสวิตช์ของอุปกรณ์สวิตชิ่ง หรือผลอันเนื่องจากขดลวดเหนี่ยวนำที่แฝงอยู่ในสายส่งสัญญาณ ดังนั้นวงจรป้องกันสัญญาณ

ทรานเซียนต์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในวงจรโทรศัพท์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อใช้งาน เพราะเทคโนโลยีในการสร้างไอซีในปัจจุบัน ยังไม่สามารถผลิตไอซีที่มีแรงดันพังทลาย (voltage breakdown) ที่มีค่าสูง ๆ ได้ ทางป้องกันทางหนึ่งก็คือเลือกใช้อุปกรณ์จำพวกซีเนอร์ไดโอดมาช่วยในส่วนการป้องกันสัญญาณทรานเซียนต์ระดับสูง ๆ ได้ เมื่อระดับแรงดันอินพุตทรานเซียนต์ ที่มีค่าสูงกว่าแรงดันพังทลายของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดก็จะนำกระแสจะคงระดับแรงดันปลอดภัยที่ตกคร่อมตัวมันให้คงที่ ดังนั้นจึงใช้คุณสมบัติตรงนี้ให้เป็นประโยชน์ได้ สำหรับวงจรใดที่มีการกลับขั้วของสัญญาณอินพุตก็จะใช้ซีเนอร์ไดโอด 2 ตัวมาต่อแบบหลังชน (back to back) ซึ่งในรูปที่ 29 ก็ได้แสดงถึงการใช้งานซีเนอร์ไดโอดทั้งในวงจรป้องกันแรงดันสูงและการกลับขั้ว

ในการทำงานของวงจรโทรศัพท์โดยทั่วไปแล้ว ถ้ามีการกลับขั้วของสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณไฟตรง ซึ่งจะมาใช้เป็นไฟเลี้ยงให้แก่วงจรภายในแล้ว จะทำให้เกิดความผิดพลาดของการทำงานได้ ดังนั้นจึงมีการใช้วงจรไดโอดบริดจ์เร็กติไฟร์เข้ามาช่วย ซึ่งจะทำให้สัญญาณไฟตรงมีขั้วเดิมตลอดถึงแม้สัญญาณอินพุตจะมีการกลับขั้วก็ตาม

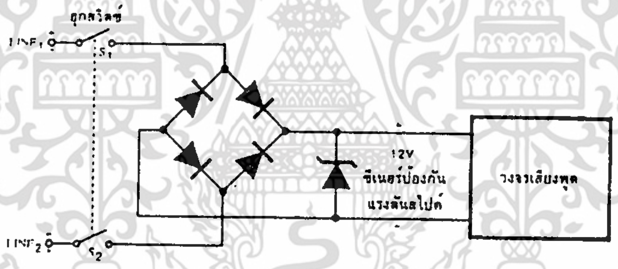
วงจรบริดจ์เร็กติไฟร์นั้นสามารถสร้างได้โดยการใช้ไดโอด 4 ตัวต่อกันตามรูป 29 (ก) เนื่องจากซิลิกอนไดโอดสามารถทนต่อแรงดันสูง ๆ ได้ดีในวงจรจึงใช้ซีเนอร์ไดโอดในการป้องกันเฉพาะวงจรควบคุมเสียงพูดเท่านั้นโดยต่อคร่อมจากเอาต์พุตของวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์อีกทีหนึ่ง

ในวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์ที่ใช้ซิลิกอนไดโอดนั้น จะมีแรงดันฟอร์เวิร์ดไบแอสตกคร่อมประมาณ 1.5 โวลต์ ซึ่งก็หมายความว่าซิลิกอนไดโอดแต่ละตัวมีแรงดันฟอร์เวิร์ดไบแอสประมาณ 0.75 โวลต์ ระดับแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดนี้มีความสำคัญมาก เพราะหมายถึงว่า ไฟเลี้ยงของวงจรจะต้องลดลงไปนั่นเอง สำหรับในวงจรควบคุมเสียงพูดนั้น ได้ถูกออกแบบให้ทำงานที่ไฟเลี้ยงอย่างต่ำ 3.5 โวลต์ ซึ่งก็หมายความว่าแรงดันไฟเลี้ยงที่ต่ำที่สุดที่เข้าสู่วงจรบริดจ์เร็กติไฟร์จะต้องมีค่าอย่างต่ำ 5 โวลต์ จึงจะสามารถทำให้วงจรควบคุมเสียงพูดทำงานได้ จุดนี้จึงอาจจะเป็นปัญหาสำหรับจุดที่มีระยะทางไกลกับชุมสายมาก ๆ ซึ่งระดับแรงดันจะมีโอกาสที่จะลดลงไปได้เนื่องจากความยาวของสายส่งสัญญาณนั่นเอง จึงได้มีการแก้ไขปัญหา โดยการใช้ทรานซิสเตอร์แทนซิลิกอนไดโอด ซึ่งวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์แทนนี้เราเรียกว่าวงจรเร็กติไฟร์แรงดันต่ำ (low voltage rectifier) ซึ่งแสดงไว้ในรูป 29(ข) วงจรนี้จะทำให้แรงดันไฟเลี้ยงลดลงไปประมาณ 0.5 โวลต์ ซึ่งแรงดันส่วนที่ลดไปนี้ก็คือแรงดันที่ตกคร่อมขา คอลเล็กเตอร์-อีมิตเตอร์ (C-E) ของทรานซิสเตอร์นั่นเอ โดยเมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส และอยู่ในสภาวะอิ่มตัว (saturation) แรงดันที่ตกคร่อม C-E ของทรานซิสเตอร์ก็คือ V_{CE} (SAT) นั่นเอง เมื่อแรงดันที่จุด a สูงกว่า b ทรานซิสเตอร์ Q_3 Q_4 จะนำกระแสแต่ถ้าแรงดันที่จุด b สูงกว่า a ทรานซิสเตอร์ Q_1 Q_2 ก็จะนำกระแส ดังนั้นในวงจรตามรูป 29 (ข) นอกจาก

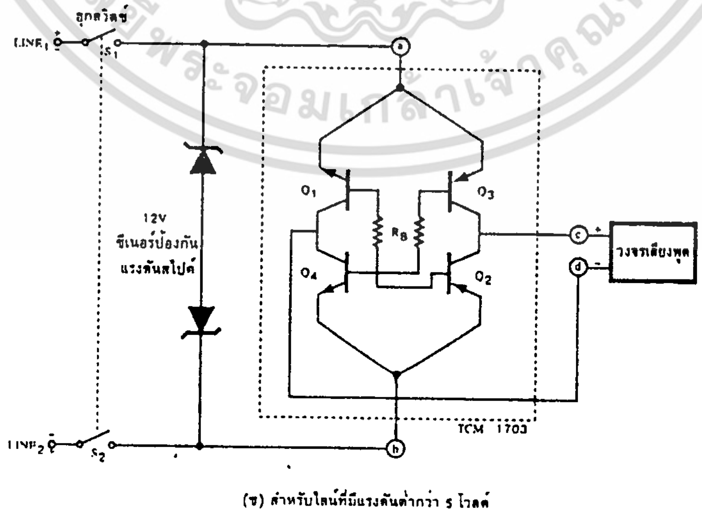
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะป้องกันการกลับขั้วของแรงดันอินพุตแล้ว ยังทำให้แรงดันที่ตกคร่อมวงจรเร็กติไฟร์มีค่าต่ำกว่าแบบที่ใช้ไดโอดด้วย ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมนั้นจะเท่ากับ V_{CE} (SAT) ของทรานซิสเตอร์ 2 ตัว นั่นเอง

การใช้งานวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์แบบแรงดันต่ำนี้ จะไม่มีผลต่อย่านความถี่ของสัญญาณเสียงแต่ประการใด และยังสามารถใช้กับแรงดันอินพุตสูงสุดประมาณ 14 โวลต์ แต่จะมีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณทรานเซียนต์สูง ๆ จึงได้มีการป้องกันในส่วนนี้ คือการใส่ซีเนอร์ไดโอดไว้ที่อินพุตของวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์แรงดันต่ำเลย และจะต้องใช้ซีเนอร์ 2 ตัว เพื่อเป็นการป้องกันไว้กรณีที่แรงดันอินพุตมีการกลับขั้ว



(ก) สำหรับไลน์ที่มีแรงดัน 5 โวลต์หรือมากกว่า



(ข) สำหรับไลน์ที่มีแรงดันต่ำกว่า 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ ๒๙ วงจรป้องกันแรงดันสูงและการกลับขั้ว

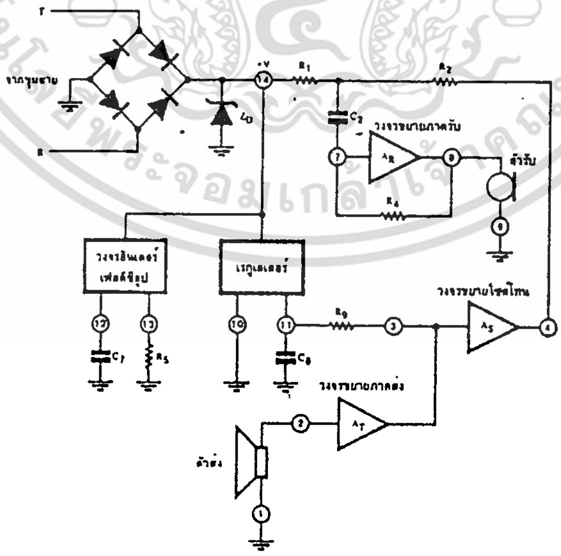
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.วงจรควบคุมเสียงพูด (Speech circuit)

ในรูปที่ 30 เป็นบล๊อกไดอะแกรมของวงจรควบคุมเสียงพูด ซึ่งได้ถูกนำไปพัฒนาเป็นไอซีของบริษัท Motorola เบอร์ MC34014 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ๆ คือ วงจรรับสัญญาณ วงจรส่งสัญญาณ วงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเอง (side tone amplifier) วงจรเชื่อมต่อกับไฟกระแสตรง (DC loop interface) และวงจรเรกูเลเตอร์

วงจรควบคุมเสียงพูดที่เชื่อมต่อกับสายส่งสัญญาณจากวงจรบริดจ์เร็กติไฟร์ จะมีอุปกรณ์จำพวกความต้านทานภายนอก เพื่อปรับอัตราขยายของวงจรรับส่งสัญญาณและวงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเอง ตลอดจนการปรับผลตอบสนองความถี่ด้วย

วงจรเชื่อมต่อกับไฟกระแสตรงจะถูกปรับค่าแรงดันได้ด้วย R_5 เพื่อชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณนั่นเอง ส่วนความดังของเสียง พูดที่ผู้พูดจะได้ยินเสียงตัวเอง จะถูกปรับค่าได้ด้วยการปรับค่า R_2 ไอซีเบอร์ MC34014 นี้ สามารถทำงานที่ระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ต่ำสุดเท่ากัน 1.5 โวลต์ จุดนี้เองที่ทำให้วงจรมีความยืดหยุ่นมากในการนำไปใช้งาน จากนี้จะขออธิบายในแต่ละส่วนของ MC34014 กัน



รูปที่ 30 บล็อกไดอะแกรมของ MC 34014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

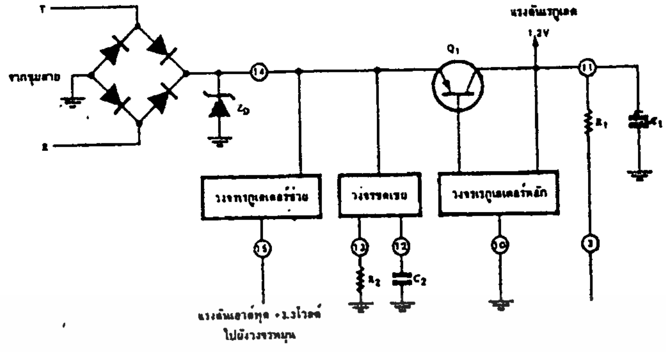
2.6.2 วงจรเชื่อมต่อกับไฟตรง (DC line interface)

วงจรนี้จะควบคุมแรงดัน และกระแสสำหรับวงจรควบคุมเสียงพูดทั้งหมด วงจรเรกูเลเตอร์ถูกนำมาใช้สร้างไฟเลี้ยงให้แก่วงจรควบคุมเสียงพูด และยังต้องมีวงจรเรกูเลเตอร์อีกส่วนหนึ่งเพื่อสร้างไฟเลี้ยงให้แก่วงจรส่งรหัสหมายเลข (dialer circuit) อีกด้วย ในส่วนของวงจรชดเชยผลอันเนื่องจากความยาวของสายส่งสัญญาณนี้จะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานของวงจรส่วนนี้ด้วย ในรูปที่ 31 เป็นบล็อกไดอะแกรมของวงจรเชื่อมต่อกับไฟตรง สำหรับส่วนต่าง ๆ ของบล็อกไดอะแกรมตามรูปที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

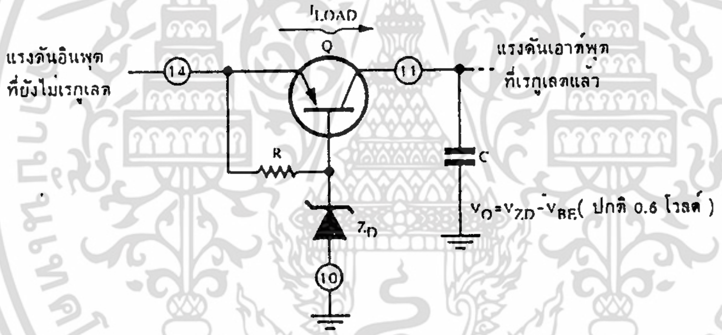
วงจรชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณ (loop compensation circuit) วงจรนี้ใช้สำหรับกำหนดค่าของความต้านทานของวงจรโทรศัพท์ ซึ่งจะปรับค่าได้จาก R_2 ซึ่งความต้านทานตัวนี้จะช่วยแบ่งเบาภาระทางความร้อนที่เกิดขึ้นที่มีผลต่อไอซีโดยตรง โดยความร้อนส่วนใหญ่จะมาเกิดที่ความต้านทานตัวนี้แทน สำหรับตัวเก็บประจุ C_2 ถูกใช้เพื่อเป็นกรองความถี่ต่ำ (low pass filter) ซึ่งจะลดทอนสัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณให้หมุน (tone dialing signal) ไม่ให้ตกคร่อมที่ R_2 อีก

วงจรเรกูเลเตอร์ (regulator) สำหรับวงจรเรกูเลเตอร์หลัก (main regulator) จะทำหน้าที่สร้างไฟเลี้ยงให้แก่วงจรทุกๆ ส่วนของวงจรควบคุมเสียงพูดและยังต้องมีเรกูเลเตอร์อีกชุดหนึ่งสำหรับสร้างแรงดัน 1.2 โวลต์ ในการไบแอสไมโครโฟนด้วย วงจรเรกูเลเตอร์มีการใช้งานอยู่หลายรูปแบบ ในรูปที่ 32 เป็นวงจรเรกูเลเตอร์แบบอนุกรม (series regulator) วงจรนี้ใช้ PNP ทรานซิสเตอร์ ต่ออนุกรมกับโหลดที่เอาต์พุต สำหรับซีเนอร์ไดโอดถูกใช้เพื่อสร้างแรงดันอ้างอิง แรงดันเอาต์พุตของวงจรนี้ = V_{ZD} V_{BE} (0.6 V) กระแสโหลดก็คือกระแสคอลเล็กเตอร์นั่นเอง นอกจากวงจรเรกูเลเตอร์หลักแล้ว MC34014 ยังต้องมีวงจรเรกูเลเตอร์ภาคหลังต่อขนานกับโหลดหรือเรียกว่าเรกูเลเตอร์ขนาน (shunt regulator) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 33 โดยจะให้แรงดันเอาต์พุต = $V_{ZD} + V_{BE}$ วงจรนี้จะมีคุณสมบัติคือ เมื่อกระแส I_{LOAD} ลดลง กระแส I_R จะลดลงด้วย เพราะฉะนั้นกระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ก็จะลดลง ซึ่งอาจจะทำให้ V_{BE} ลดลงด้วยแต่ในทางกลับกันถ้ากระแส I_{LOAD} มากขึ้น ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งหมดหมดก็คือในส่วนของวงจรที่เชื่อมต่อกับไฟตรง

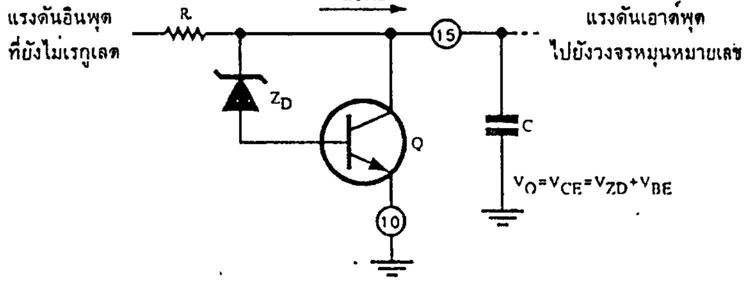
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเชื่อมต่อกับไฟตรง



รูปที่ 32 วงจรเรกูเลเตอร์แบบอนุกรมอย่างง่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

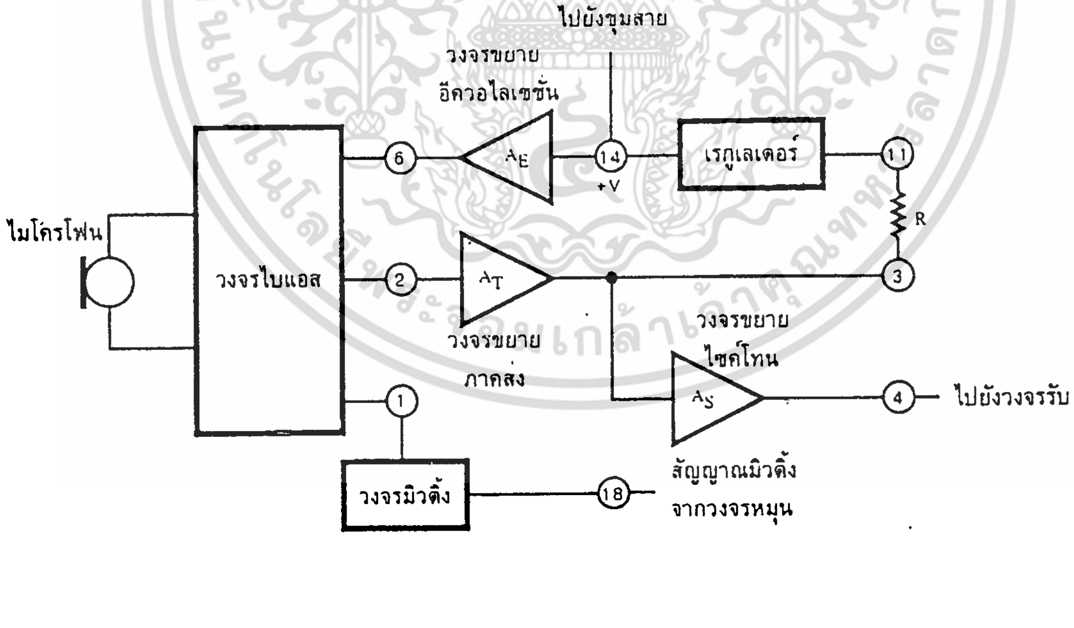
รูปที่ 33 วงจรเรกูเลเตอร์แบบขนานอย่างง่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 วงจรส่งสัญญาณเสียงพูด (Transmitter section)

ในรูปที่ 34 เป็นบล็อกไดอะแกรมของวงจรส่งสัญญาณเสียงพูด จากวงจรจะต้องมีการสร้างแรงดันไบแอสให้แก่ไมโครโฟน และเมื่อมีการไบแอสที่ถูกต้องแล้วสัญญาณเสียงพูด ก็จะถูกขยายโดยวงจรขยายสัญญาณ ซึ่งใช้ออปแอมป์ที่มีอัตราขยายเป็น A_r การใช้งานจะต่อวงจรในลักษณะการขยายสัญญาณแบบกลับเฟส ซึ่งจะมีจุดที่ได้เปรียบหลายประการเช่น อัตราขยายของวงจรจะคงที่ซึ่งขึ้นกับค่าของอุปกรณ์ที่เลือกใช้โดยไม่ขึ้นกับค่าของกระแสที่ไหลในวงจรเลย สำหรับ MC34014 จะมีอัตราขยายสัญญาณ (A_r) ประมาณ 20 (26 d) ในรูปที่ 35 แสดงให้เห็นวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส

อัตราขยาย (A_r) = $-(R_F/R_1)$



รูปที่ 34 บล็อกไดอะแกรมของวงจรส่งสัญญาณเสียงพูด

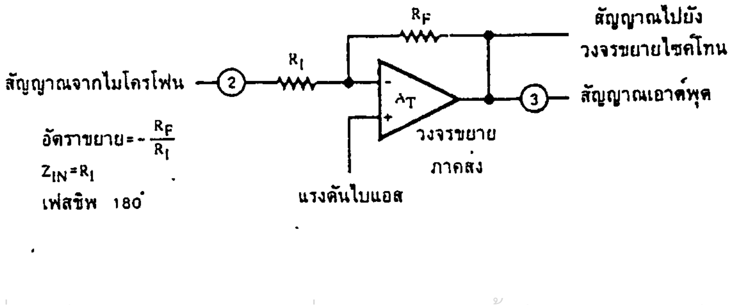
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และข้อได้เปรียบของวงจรนี้อีกประการก็คือ เราสามารถเลือกค่าอินพุตอินพีแดนซ์ของวงจรได้ เพราะวงจรนี้จะให้อินพุตอิมพีแดนซ์เท่ากับ R_1 = 10 กิโลโอห์ม แรงดันเอาต์พุตจะถูกแปลงเป็นกระแสด้วยความต้านทาน R_1 ในรูปที่ 36 แล้วจึงถูกมอดูเลตไปกับกระแสลูปแล้วจึงถูกส่งออกไปทางสายส่งสัญญาณต่อไป และสัญญาณอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปเข้าวงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเองด้วย อัตราขยายของวงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเองจะมีค่าเท่ากับ A_s ซึ่งเอาต์พุตของวงจรนี้จะถูกนำเข้าหูฟังด้วยเพื่อให้ผู้พูดได้ยินเสียงพูดของตัวเองในระดับที่เหมาะสม ในรูปที่ 38 แสดงถึงวงจรนี้ R_1 และ R_2 จะทำหน้าที่ลดทอนขนาดของสัญญาณอินพุตให้มีค่าลดลง C_1 ทำให้เกิดการเลื่อนเฟสของสัญญาณ เพื่อแก้ไขเฟสของสัญญาณที่ถูกเลื่อนไป เนื่องจากสายสั่งสัญญาณนั่นเอง จุดที่แตกต่างกับวงจรขยายสัญญาณ ก็คือ อัตราขยายของวงจรนี้จะขึ้นกับกระแสลูปซึ่งกรณีที่กระแสลูปมีค่าต่ำ A_s จะมีค่าระมาณ 0.17 (-15 dB) แต่ถ้ากระแสลูปมีค่าสูง อัตราขยายก็จะเหลือประมาณ 0.09 (-21 dB) จะสังเกตว่าอัตราขยาย ของวงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูด จะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

นอกจากวงจรขยายสัญญาณที่ได้กล่าวมาแล้ว 2 วงจร ยังมีวงจรขยายสัญญาณแบบอีควอไลเซชั่น (equalization amplifier) ซึ่งกำหนดให้มีอัตราขยายเป็น A_E วงจรนี้จะใช้สำหรับการรับค่าแรงดันไบแอสของไมโครโฟน อัตราขยายของวงจร

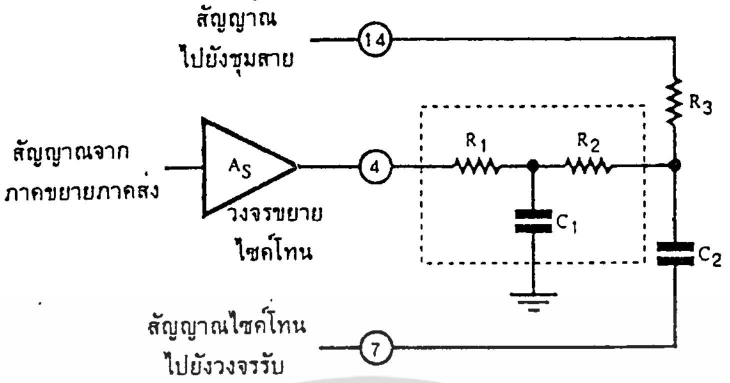
ขยายแบบอีควอไลเซชั่น ก็ขึ้นกับค่าของกระแสลูปเช่นกัน ในกรณีที่ระยะทางของสายส่งไกล ๆ เราก็จะปรับให้ A_E มีค่าต่ำลง โดย A_E สามารถปรับค่าได้ในช่วง 0.75-0.25

ในรูปที่ 37 เป็นบล็อกไดอะแกรมของวงจรนี้ ทั้งหมดก็คือวงจรส่วนที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณเสียงพูดที่ผู้พูด พูดผ่านทางไมโครโฟน คราวนี้มาดูวงจรส่วนที่รับสัญญาณเสียงพูด แล้วถูกส่งไปทางหูฟังกันบ้าง

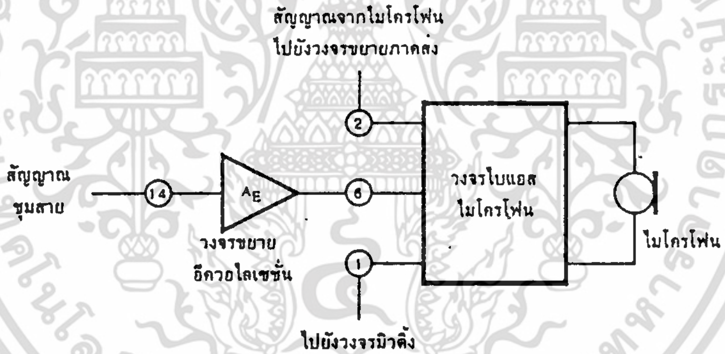


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

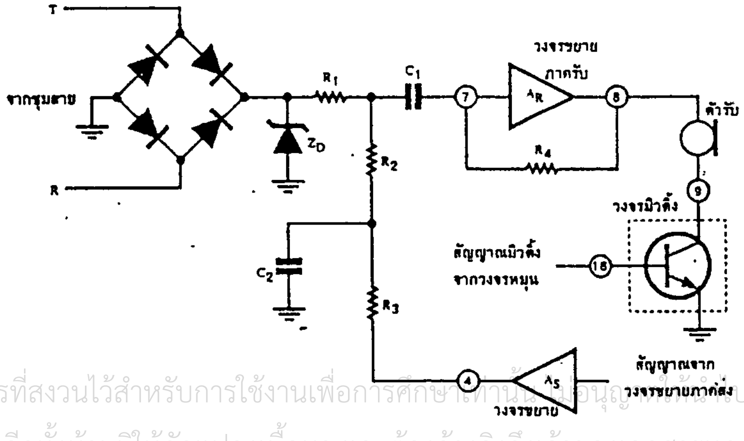
รูปที่ 35 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส



รูปที่ 36 วงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเอง



รูปที่ 37 วงจรขยายแบบอีควอไลเซชั่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

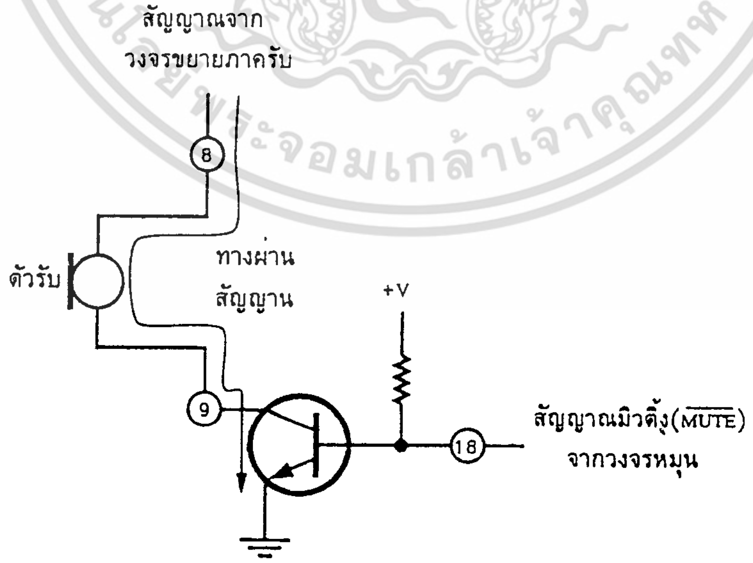
รูปที่ 38 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรับสัญญาณเสียงพูด

2.6.4 วงจรรับสัญญาณเสียงพูด (Receiver section)

ในรูปที่ 38 เป็นส่วนที่แสดงถึงการรับสัญญาณเสียงพูดจากสายส่งสัญญาณเข้ามา ซึ่งจะประกอบไปด้วยวงจรขยายสัญญาณภาครับ วงจรตัดเสียงพูด (mutecircuit) และวงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเอง มาพิจารณากันแต่ละส่วนกันเลย

วงจรขยายสัญญาณภาครับ (receiver amplifier) สัญญาณอินพุตจะเข้าสู่วงจรขยายทางขา 7 และถูกขยายด้วยอัตราขยาย A_R สัญญาณอินพุตของภาครับนี้นำมาจากทั้งสายส่งสัญญาณและเอาต์พุตของวงจรควบคุมระดับความดังของเสียงพูดตัวเอง

วงจรตัดเสียง (mute circuit) หน้าที่ของวงจรนี้ก็เพื่อไม่ให้มีเสียงเล็ดลอดออกไปสู่หูฟังขณะที่ทำการส่งรหัสหมายเลขอยู่ สำหรับสัญญาณที่จะมาควบคุมทรานซิสเตอร์ในรูปที่ 39 จะนำมาจากส่วนของวงจรส่งรหัสหมายเลข ในการทำงานตามปกตินั้นสัญญาณควบคุมจะมีลอจิก "1" ซึ่งทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้เกิดทางผ่านของสัญญาณเสียงพูดผ่านไปยังกราวด์ได้ ตามรูปที่ ซึ่งก็จะได้ยินเสียงตามปกติ แต่ในขณะที่มีการหมุนรหัสหมายเลขอยู่ สัญญาณควบคุมก็จะเป็นลอจิก "0" ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน คือมีสภาพที่มีอิมพีแดนซ์ที่สูง จึงเสมือนเป็นการเปิดวงจรออกสัญญาณก็จะไม่ครบวงจรทำให้ไม่มีเสียงจากหูฟังในขณะนี้

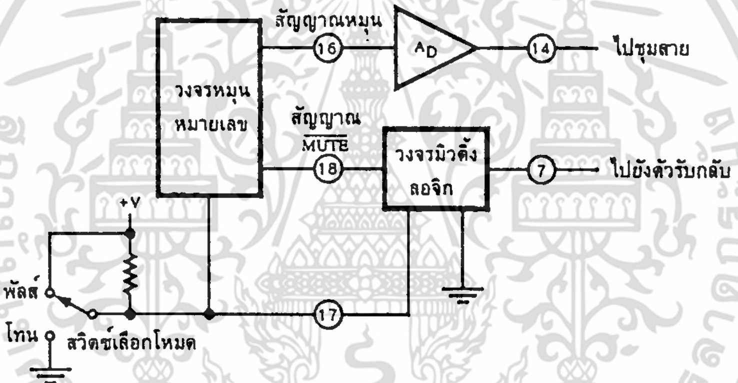


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 39 วงจรตัดเสียงพูดอย่างง่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเชื่อมต่อกับวงจรส่งรหัสหมายเลข (dial interface) MC34014 ได้อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับวงจรส่งรหัสหมายเลข ในรูปที่ 40 แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันในรูปจะเห็นว่ารหัสหมายเลข พร้อมทั้งสัญญาณควบคุมจะถูกขยายด้วยวงจรขยายภายใน MC34014 โดยมีอัตราขยายเท่ากับ A_D ขา 17 มีไว้สำหรบเป็นการเลือกโหมดการทำงานว่าขณะนี้มีการส่งรหัสหมายเลขในพัลส์โหมดหรือ DTMF โหมด ส่วนสัญญาณควบคุมการตัดเสียง MUTE จะต่อเข้ากับขา 18 ของ MC34014 ได้โดยตรงเลย



รูปที่ 40 การเชื่อมต่อกับวงจรส่งรหัสหมายเลข

ที่กล่าวมาถึงตอนนี้ทั้งหมดก็คือ ฟังก์ชันการทำงาน สำหรับการรับสัญญาณทางไมโครโฟน การส่งสัญญาณออกไปทางหูฟัง การเชื่อมต่อกับสายส่งสัญญาณการส่งรหัสหมายเลข ซึ่งก็คงพอที่จะทำให้ผู้อ่านมองเห็นหลักการภายในเครื่องโทรศัพท์กันบ้าง สำหรับสิ่งที่สำคัญและต้องคำนึงถึงเสมอในการออกแบบวงจรโทรศัพท์ก็คืออิมพีแดนซ์ของเน็ตเวอร์กวงจร (network impedance) เพราะว่าในหลักการทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นการรับและส่งสัญญาณจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด ก็จะต้องทำให้อิมพีแดนซ์ของวงจรนั้น ๆ เท่ากับอิมพีแดนซ์ของวงจรที่เชื่อมต่อด้วยหรือสายส่งสัญญาณในกรณีของโทรศัพท์ ในแต่ละจุดของสายส่งสัญญาณอิมพีแดนซ์ย่อมจะไม่เท่ากันอย่างแน่นอน ดังนั้น MC34014 จึงได้กำหนดให้มีวงจรขยายแบบอีควอไลเซชันซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.75 เพื่อใช้ในการปรับอิมพีแดนซ์ของวงจรควบคุมเสียงพูดอีกทีให้แมตช์กับอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 41 เป็นวงจรสมมูล ของ MC34014 ซึ่งสามารถคำนวนหาอิมพีแดนซ์ของวงจรนี้ได้จากสมการที่ 1

$$Z_{net} = \frac{(1 + R_2 / R_1)(R_3)}{20 A_E (R_2 / R_1)} \quad \ldots\ldots (1)$$

จะเห็นว่า ค่า A_{net} สามารถปรับได้โดยการปรับค่า A_E นั่นเอง สำหรับ MC34014 สามารถปรับค่าของ A_{net} ได้ระหว่าง 280 โอห์ม ถึง 840 โอห์ม เมื่อ A_E มีค่าสูงสุด (0.75) และต่ำสุด (0.25) ตามลำดับโดยแทนในสมการที่ 1

$$Z_{net} = \frac{(1+ 500/1000) * 200}{20 * 0.75 * (500/1000)}$$

$$= 840$$

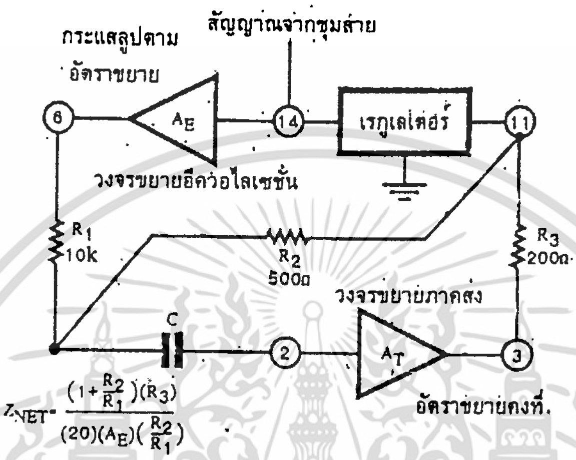
แต่ถ้าปรับให้ A_E มีค่าสูงสุด จะได้ Z_{net} ต่ำที่สุด

$$Z_{net} = \frac{(1 + 500/1000) * 200}{20 * 0.75 * (500/1000)}$$

$$= 280$$

จากจุดนี้สามารถปรับค่า Z ให้มีความเหมาะสมกับอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณได้ตามความเหมาะสม ซึ่งก็จะก่อให้เกิดประสิทธภาพที่สูงที่สุดในการรับส่งสัญญาณตามมานั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 41 วงจรสมมูลของ MC 34014

2.6.5 ส่วนถอดรหัสหมายเลข DTMF และส่วนสวิตซิ่งในชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์ทำหน้าที่ถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ และควบคุมระบบสวิตซิ่งให้ต่อวงจรไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่ถอดรหัสได้

ในบทความตอนที่แล้ว ได้ทราบถึงวิธีการรับหมายเลขโทรศัพท์ที่ถูกส่งมาในรูปของสัญญาณพัลส์ ซึ่งวิธีการของการรับข้อมูลที่เข้ามาก็จะให้รีเลย์ที่อุปกรณ์คอยตรวจสอบจับสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะเป็นหน้าที่ของระบบสวิตซิ่งในการที่จะต่อวงจรไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่ถูกส่งรหัสมา ในตอนนี้มาดูหลักการของการถอดรหัสหมายเลขที่ถูกส่งมาเป็นแบบ DTMF ซึ่งเป็นวงจรที่มีการใช้งานกันมากกว่าในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 วงจรถอดรหัส หมายเลข DTMF

วงจรที่ทำหน้าที่ถอดรหัสหมายเลขที่ส่งมาแบบ DTMF (DTMF receiver) ในช่วงแรก ๆ จะใช้วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย เมื่อมีการขยายการใช้งานโทรศัพท์กันมากขึ้น ชุมสายก็มีขนาดใหญ่ขึ้น ภายในชุมสายจะมีคู่สายภายใต้การควบคุมเป็นจำนวนมาก การใช้งานของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF จึงเปลี่ยนมาเป็นลักษณะของการใช้งานร่วมกันระหว่างหลาย ๆ คู่สาย ดังนั้นจึงเกิดความซับซ้อนในการสร้างวงจรในลักษณะเช่นนี้ แต่ในปัจจุบันมีวงจรถอดรหัสที่อยู่ในรูปไอซีสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาถูก และง่ายต่อการใช้งาน จึงไม่เป็นการลงทุนที่สูงจนเกินไปในการที่จะหันกลับมาใช้ วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย ถ้าผู้อ่านได้ติดตามบทความนี้มาโดยตลอด คงพอที่จะนึกภาพของการสร้างสัญญาณ DTMF ซึ่งจะประกอบไปด้วยสัญญาณที่มีความถี่ต่างกัน 2 สัญญาณตามตำแหน่งคอลัมน์และแถวของปุ่มกดหมายเลข และทำการมอดูเลตเข้าด้วยกันก่อนที่จะทำการส่งออกไป อย่างไรก็ตามมาทบทวนกันอีกสักครั้งเมื่อกดปุ่มหมายเลขใด ๆ ไปแล้วจะมีสัญญาณความถี่ค่าเท่าไรบ้างที่ถูกผลิตออกมา ในรูปที่ 42 (ก) จะเป็นค่าที่กำหนดไว้เป็นค่ามาตรฐานของระบบการเข้ารหัสแบบ DTMF อยู่แล้วส่วนในรูปที่ 42 (ข) จะเป็นกราฟที่เป็นผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่ ที่ภายในวงจรถอดรหัสซึ่งที่ชุมสายหลังจากที่รับสัญญาณ DTMF มาแล้วก็จะนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ที่มีผลตอบสนองตามรูปนี้ เมื่อสัญญาณ DTMF ผ่านวงจรกรองความถี่มาแล้ว ก็จะได้สัญญาณความถี่ 2 ค่า ซึ่งก็เป็นความถี่เดียวกับความถี่มาตรฐานก่อนที่จะทำการมอดูเลตนั่นเอง

ก่อนที่จะเข้าไปถึงรายละเอียดของวงจรถอดรหัสแบบ DTMF มาดูถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ที่จำเป็น เพื่อที่จะไม่ทำให้การถอดรหัสสัญญาณ DTMF เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วงจรจะยังคงสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน +2 % และจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมากกว่า +3 % จากค่ามาตรฐาน ผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

2. วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

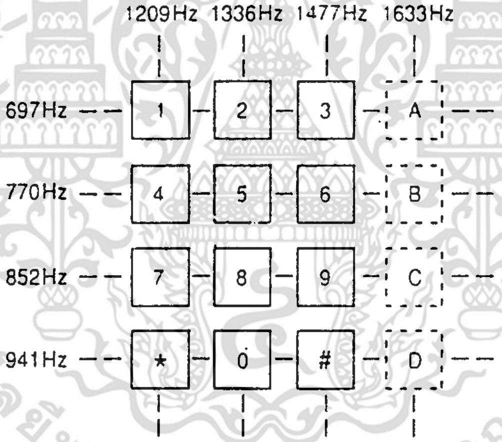
3. วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้ เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

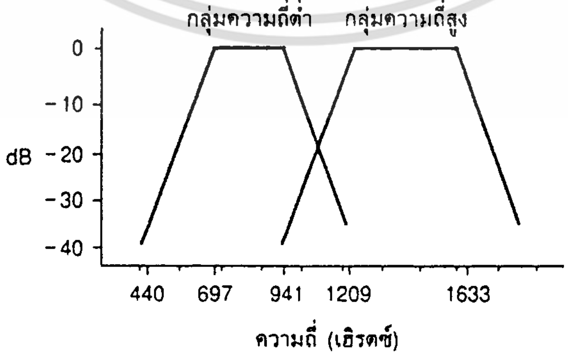
4. วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 dB ได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง 2 ความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF ก็แอมปลิจูดแตกต่างกันมากกว่า 6 dB

5. วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลา ไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดหรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรถอดรหัส ก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

ทั้งหมดก็คือ ข้อกำหนดของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบวงจรจะต้องคำนึงถึงเสมอ ก่อนที่จะทำการสร้างวงจรสำหรับการนำไปใช้งานในระบบโทรศัพท์จริง ๆ ต่อไปมาดูหลักการของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF โดยพิจารณาจากบล็อกไดอะแกรม ซึ่งนำไปสร้างวงจรที่ใช้งานกันจริง ๆ



(ก)



(ข)

รูปที่ 42 ความถี่ของระบบ DTMF และผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 วงจรกรองความถี่ และวงจรตรวจจับ (Filtering and detector)

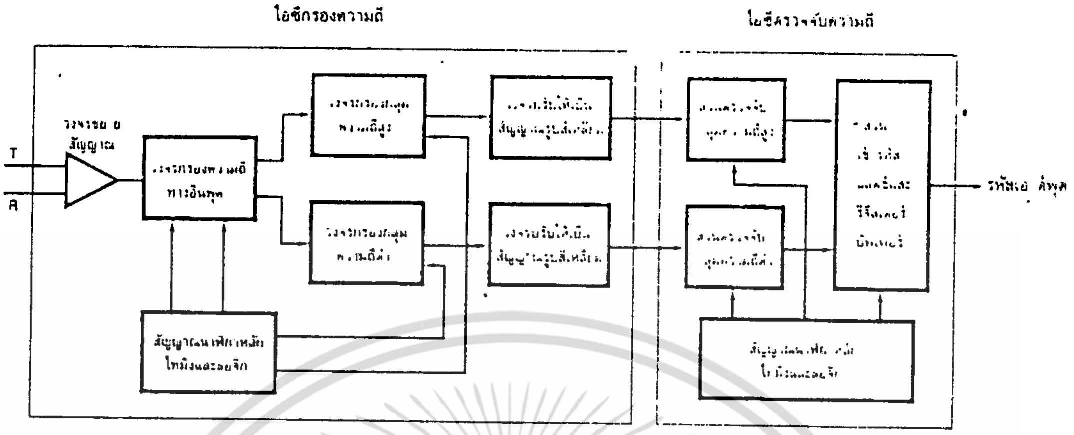
ในรูปที่ 42 (ข) จะเห็นว่าวงจรกรองความถี่เป็นส่วนสำคัญของวงจรถอดรหัสจากรูปกราฟที่แสดงผลตอบสนองความถี่วงจรกรองความถี่ชนิดที่ใช้สำหรับการทำงานให้ได้ผลตอบสนองรูป 42 (ข)จะต้องใช้เวลากรองความถี่ชนิดแยกย่านความถี่ (bandsplit filter) ดังนั้นสัญญาณ DTMF ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ออกมาแล้วก็จะแยกได้เป็นกลุ่มความถี่ที่สูง (highgroup) กับกลุ่มความถี่ต่ำ (low group) ส่วนสัญญาณความถี่ที่อยู่นอกเหนือย่านนี้ ซึ่งไม่ตรงกับความถี่มาตรฐานหรือมีค่าเบี่ยงเบนเกิน 2% ก็จะไม่สามารถผ่านวงจรกรองความถี่นี้ไปได้

จากนั้นสัญญาณความถี่ที่ผ่านออกมาก็จะถูกนำไปผ่านวงจรตรวจจับ (detector) เพื่อที่จะทำการประมวลต่อไปในรูปที่ 43 เป็นบล๊อกไดอะแกรมของวงจรกรองความถี่และวงจรตรวจจับ ซึ่งในปัจจุบันทั้ง 2 วงจรได้ถูกผลิตไว้ให้อยู่ในรูปไอซีเพียงตัวเดียว อันได้แก่ เบอร์ 75T201 ของ Silicon System, Inc

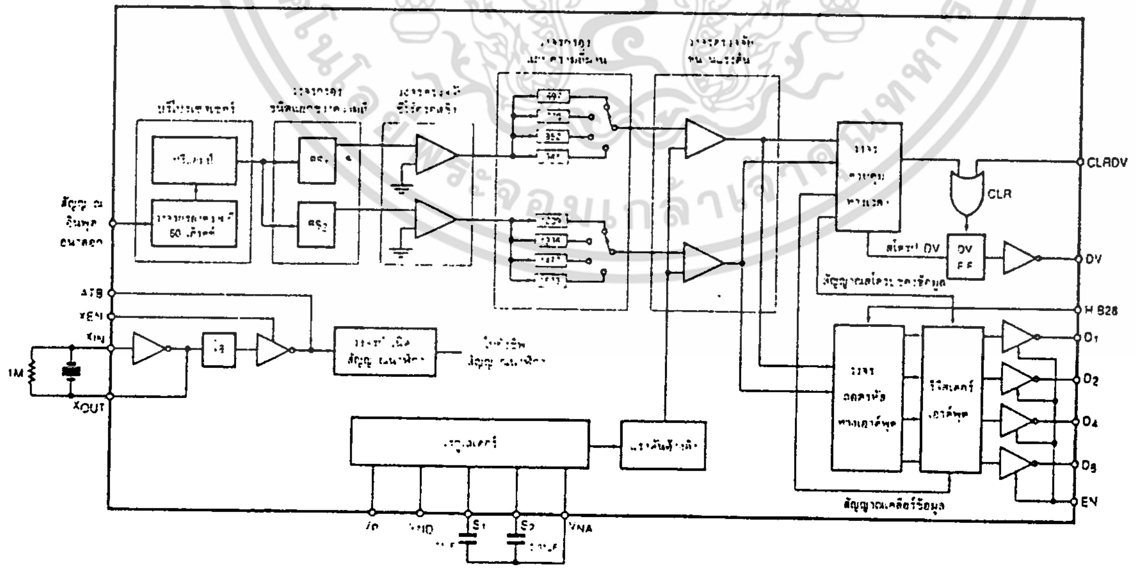
สำหรับการทำงานของวงจรตรวจจับความถี่ตามรูปที่ 43 นั้น เมื่อสัญญาณความถี่ทั้ง 2 ย่านที่ผ่านมาจากวงจรกรองความถี่แล้ว ก็จะถูกนำไปผ่านวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (squaring circuits) เพื่อทำให้เป็นสัญญาณในระบบดิจิตอลเสียก่อน จากนั้นวงจรตรวจจับก็จะทำการประมวลผลสัญญาณ ซึ่งก็จะใช้วิธีการนับจำนวนพัลส์ ซึ่งมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์หลัก โดยจะทำการนับจำนวนพัลส์ภายใน 1 คาบสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมนั่นเอง วิธีการเช่นนี้จะทำให้วงจรตรวจจับความถี่สามารถหาค่าความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาได้ ซึ่งก็จะทำให้ทราบ ถึงค่าของความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF ได้ และทำการถอดรหัสออกมาเป็นหมายเลขโทรศัพท์ได้ในที่สุด

แต่ปัญหาประการสำคัญของผู้ออกแบบวงจรก็คือ การที่มีเสียงพูดเข้ามาในวงจร ซึ่งไม่ใช่ความถี่ DTMF ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการถอดรหัสหมายเลขได้ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดระยะเวลาในการประมวลผลแต่ละครั้งไว้ประมาณ 10 มิลลิวินาที ซึ่งถ้าเวลาในการประมวลผลน้อยกว่านี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการถอดรหัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 43 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF



รูปที่ 44 บล็อกไดอะแกรมของไอซี SSI 75T201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ไอซีวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF

ในรูปที่ 44 เป็นบล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ 75T201 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Silicon System, Incorporated (SSI) ไอซี 75T201 นี้ ได้ถูกออกแบบให้ทำการถอดรหัสจากปุ่มกดหมายเลขชนิด 3X4 หรือ 4X4 โดยมีวงจรเพิ่มเติมจากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 43 อีก เช่น วงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายระดับของสัญญาณให้สูงขึ้นในระดับที่ต้องการ วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (bandpass filter) และวงจรเรกูเลเตอร์สำหรับอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องต่อเพิ่มเติมออกมาภายนอกก็คือ คริสตอล 3.58 เมกกะเฮิรตซ์ และตัวเก็บประจุ สำหรับการบายพาส (bypass) สัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากวงจรเรกูเลเตอร์อีก 2 ตัว

ขั้นตอนการทำงานของวงจรภายในของ 75T201 เริ่มจากรับสัญญาณ DTMF จากผู้ที่ทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ ซึ่งการทำงานในส่วนแรกจะเป็นหน้าที่ของวงจรปรีโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่กำจัดสัญญาณ 60 เฮิรตซ์ ซึ่งมาจากสายส่งกำลังสูง เมื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการทิ้งไปแล้ว จะส่งเข้าวงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายขนาดของสัญญาณให้ได้ระดับที่เหมาะสมเพื่อทำการประมวลผลต่อไป

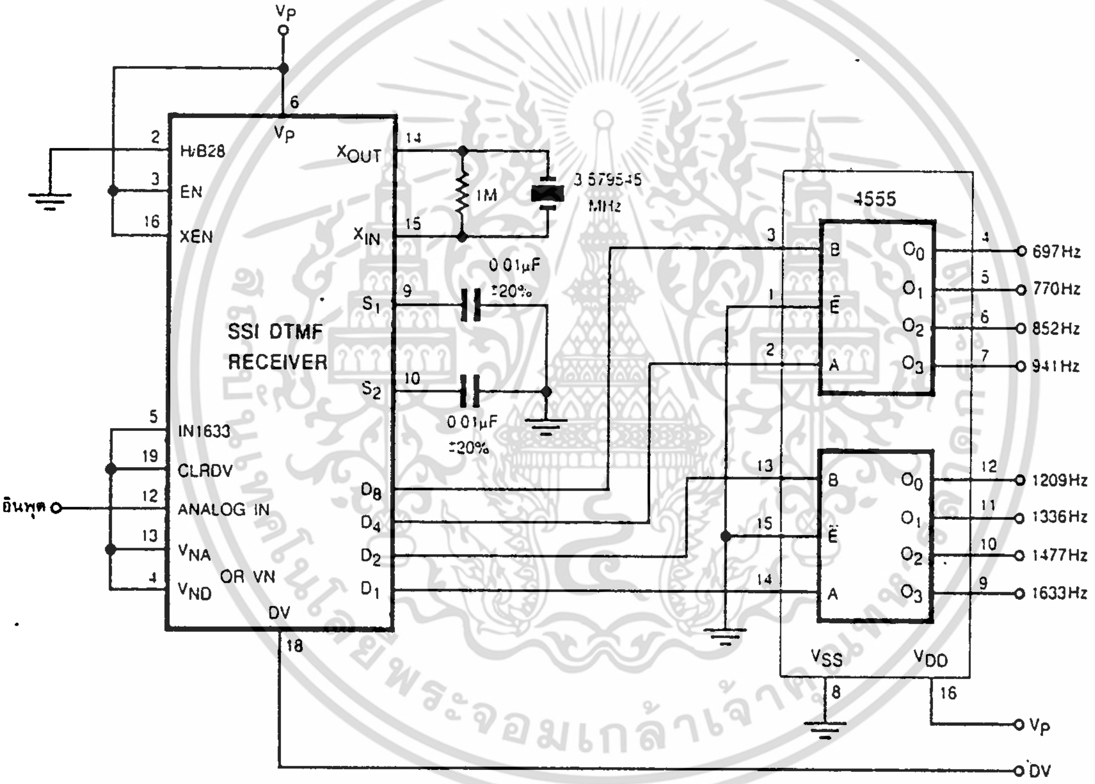
จากนั้นวงจรแยกช่วงความถี่จะแยกสัญญาณออกเป็น 2 ย่านความถี่ ได้แก่ย่าน BS_2 และ BS_1 และ BS_2 ก็คือ กลุ่มความถี่ต่ำและสูง ตามลำดับ จากนั้นวงจร zerocrossing จะทำการแปลงสัญญาณทั้ง 2 ย่านความถี่ให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม หลังจากนั้นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมก็จะถูกส่งต่อไปยังวงจรกรองช่วงความถี่ผ่าน ถ้าสัญญาณที่เข้าเป็นสัญญาณ DTMF จริง ๆ สัญญาณค่าความถี่มาตรฐานก็จะผ่านวงจรกรองความถี่ในส่วนที่ออกมาได้

จากนั้นใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ทำการเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองช่วงความถี่มากับค่าแรงดันอ้างอิงที่กำหนดขึ้นมา ถ้าขนาดของสัญญาณที่ผ่านออกมา มีค่ามากกว่าระดับแรงดันอ้างอิง วงจรกำหนดช่วงเวลา (timing circuit) ก็จะสร้างสัญญาณขึ้นมาเพื่อทำการแลตช์สัญญาณที่ทำการตรวจสอบได้แล้ว

วงจรถอดรหัสที่ภาคเอาต์พุต (out put decoder) จะทำการถอดรหัสจากสัญญาณความถี่มาตรฐานให้เป็นข้อมูลจำนวน 4 บิต คือ D_8 D_4 D_2 D_1 นั่นเอง ซึ่งข้อมูล 4 บิตนี้ก็จะนำไปผ่านวงจรตามรูปที่ เพื่อที่จะทำการแปลงรหัส 4 บิต ให้ออกมาเป็นเอาต์พุตสถานะต่าง ๆ ซึ่งแต่ละสถานะก็จะแสดงถึงค่าความถี่แต่ละค่านั่นเอง ต่อจากนั้นก็จะถูกประมวลผลต่อโดยวงจรของระบบสวิตชิ่งเพื่อทำการต่อวงจรภายในระบบสวิตชิ่ง ไปยังผู้ถูกเรียกซึ่งมีหมายเลขตรงตามที่ได้ทำการถอดรหัสได้ในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 44 ขาสัญญาณ DV จะเป็นสัญญาณที่ใช้บ่งบอกว่าการถอดรหัสเป็นไปอย่างถูกต้อง และข้อมูลจะยังคงสถานะเดิมที่ขาเอาต์พุตอยู่ตลอดเวลา จนกระทั่งการหยุดกดหมายเลขหรือขาสัญญาณ DLRDV (clear line) เป็นลอจิกหนึ่ง ซึ่งไอซีที่มีการทำงานตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 45 นี้ สามารถผลิตให้มีราคาถูกลง แต่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น



รูปที่ 45 วงจรของการถอดรหัสแบบ DTMF ที่สมบูรณ์

มาถึงตอนนี้เมื่อชุมสายได้รับข้อมูลหรือรหัสหมายเลขจากผู้เรียกแล้ว อุปกรณ์สวิตชิ่งก็จะต่อวงจรไปยังผู้ถูกเรียก ซึ่งหน้าที่ในส่วนนี้อาจจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมระบบสวิตชิ่งในการต่อวงจรดังนั้นส่วนที่สำคัญที่สุดอีกส่วนหนึ่งภายในชุมสายโทรศัพท์ คือ อุปกรณ์จำพวกสวิตชิ่ง อันเป็นเสมือนทางเชื่อมต่อของสายสัญญาณที่ต่อจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.8 ระบบครอสพอยต์สวิตชิ่ง (Electronic crosspoint switching)

ในยุคแรก ๆ อุปกรณ์จำพวกแม่เหล็กไฟฟ้า รีดรีเลย์ ได้ถูกนำมาใช้เป็นครอสพอยต์สวิตช์ ซึ่งในปัจจุบันนี้รีดรีเลย์ยังคงมีการใช้งานอยู่บ้าง แต่โครงข่ายระบบโทรศัพท์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้หันมาใช้อุปกรณ์จำพวกสารกึ่งตัวนำมาทำเป็นครอสพอยต์สวิตช์กันเกือบหมดแล้ว โดยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์ที่เป็นรอยต่อ PNPN ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 46 โดยในรูปที่ 46 (ก) เป็นรูปที่แสดงให้เห็นสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ชนิดนี้ และในรูปที่ 46(ข) เป็นวงจรสมมูลย์ของอุปกรณ์ชนิดนี้ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ NPN 1 ตัว PNP 1 ตัว และไดโอดอีก 1 ตัว

โครงสร้างของอุปกรณ์นี้จะคล้ายกับ SCR (Silicon Controlled Rectifier) โดยการทำงานของครอสพอยต์สวิตชิ่นี้จะขึ้นกับแรงดันที่ตกคร่อมขั้วแอโนดและแคโทด ถ้าหากแรงดันที่ตกคร่อมขั้นแอโนดเป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโทด แต่ยังไม่สูงถึงค่าแรงดันเบรกดาวน์ (breakdown voltage) ความต้านทานของอุปกรณ์จะยังคงสูงอยู่ จึงไม่มีกระแสไหลจากแอโนดมายังคาโทด แต่เมื่อแรงดันที่ตกคร่อมขั้วแอโนดและแคโทดสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงค่าแรงดันเบรกดาวน์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตัวนำกระแส เกิดกระแสไหลจากแอโนดมายังแคโทดได้ค่าความต้านทานของอุปกรณ์จะต่ำมาก จึงเปรียบเสมือนเป็นไดโอดที่อยู่ในสภาวะการไบอัสตรง และจะยังคงอยู่ในสภาวะที่นำกระแสนี้ไปเรื่อย ๆ

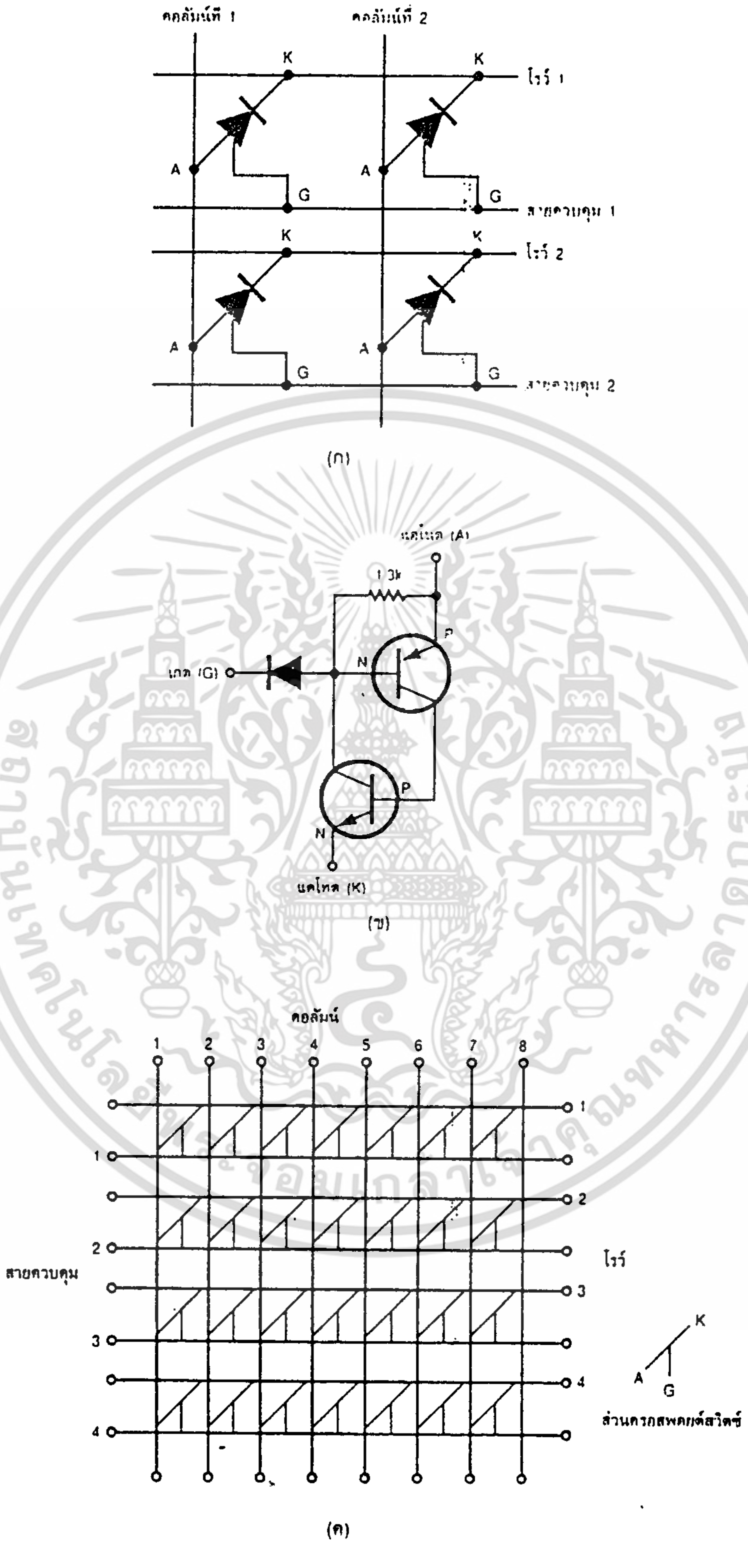
แต่ถ้าเมื่อใดก็ตามที่กระแสที่ไหลจากแอโนดมายังแคโทดมีค่าต่ำกว่าค่ากระแสต่ำสุด ที่ยังคงทำให้อุปกรณ์อยู่ในสภาวะนำกระแส (holding current Ih) ก็จะทำให้ค่าความต้านทานของอุปกรณ์สูงมากขึ้นอีก เปรียบเสมือนไดโอดที่อยู่ในสภาวะไบอัสกลับนั่นเอง

นอกจากวิธีการนี้แล้ว ยังมีอีกวิธีการที่จะทำให้ครอสพอยต์สวิตชิ่ง สามารถนำกระแสได้ก็คือ การป้อนแรงดันซึ่งไม่ต้องสูงถึงค่าแรงดันเบรกดาวน์ แต่จะใช้แรงดันป้อนที่ขาเกตของอุปกรณ์ ทำให้ไดโอดเกิดนำกระแส และจะทำให้ทรานซิสเตอร์ NPN นำกระแสด้วยเช่นกันกระแสคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ PNP ทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวล่างนำกระแสด้วยเช่นกัน จึงเสมือนว่ากระแสสามารถไหลจากขั้นแอโนดมายังแคโทดได้ แม้ว่าจะหยุดจ่ายแรงดันที่ขาเกตแล้วก็ตามกระแสก็ยังคงไหลอยู่เพราะมีการป้อนกลับแบบบวกของกระแสอยู่ตลอดเวลา

ดังนั้นครอสพอยต์สวิตช์จึงยังคงสามารถนำกระแสอยู่ได้ ตลอดเวลาที่ยังคงป้อนแรงดันที่ขั้วแอโนดเป็นบวกเมื่อเทียบกับขั้วแคโทด

สำหรับรูปที่ 46 (ค) แสดงให้เห็นอุปกรณ์ครอสพอยต์สวิตช์ ที่อยู่ในรูปสวิตช์แอร์เรย์ ซึ่งในรูปจะเห็นว่ามีครอสพอยต์สวิตช์ 32 จุด โดยโครงสร้างจะเป็นสวิตช์ 8 คอลัมน์ กับ 4 โร่ว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

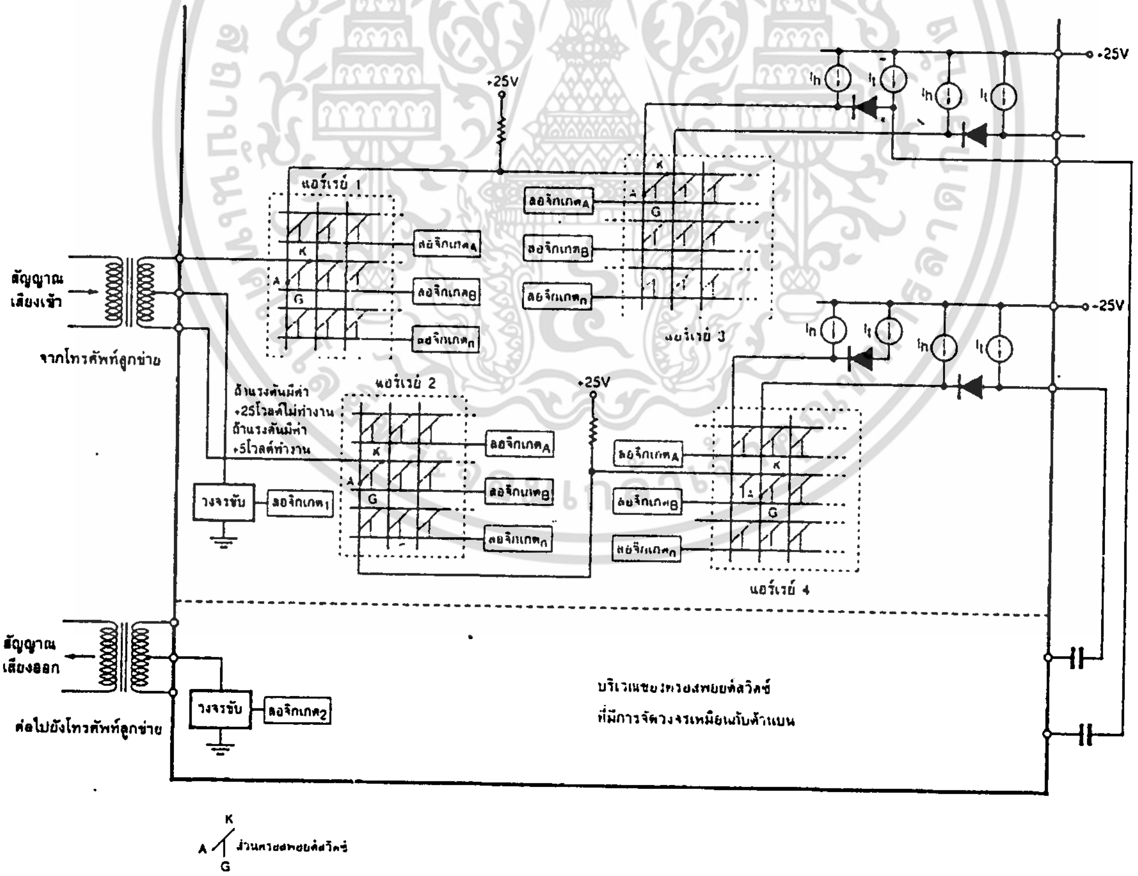


รูปที่ 46 แสดงโครงสร้างและลักษณะของครอสพอยต์สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒.๘.๑ กลไกการเชื่อมต่อสวิตช์

สำหรับการนำอุปกรณ์ครอสพอยต์สวิตช์ไปใช้งานจริงนั้น ส่วนมากจะอยู่ในรูปสวิตช์แอร์เรย์ ตามรูปที่ 47 โดยในรูปที่ 47 เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์ 2 เครื่อง โดยผ่านทางอุปกรณ์ครอสพอยต์แอร์เรย์หลาย ๆ ชุด สำหรับกลไกการเชื่อมต่อของครอสพอยต์สวิตช์จะเป็นไปดังนี้คือ ในขั้นแรกครอสพอยต์สวิตช์ทุก ๆ จุด ไม่นำกระแส (inactive) และแหล่งจ่ายกระแส (current source) คือ Ih และ It (talking current) ก็ไม่ได้จ่ายกระแสใด ๆ ออกมา



รูปที่ 47 การต่อวงจรภายในชุมสายโดยใช้ครอสพอยต์สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแหล่งจ่ายกระแส Ih ถูกกระตุ้นให้ทำงาน ทำให้มีกระแส Ihไหลเมื่อมีสัญญาณควบคุมสวิตช์คือ สัญญาณลอจิเกต $_A$ ลอจิเกต $_B$ หรือ ลอจิเกต $_C$ ก็จะทำให้ครอสพอยต์สวิตช์ในแถวที่ตรงกับสัญญาณควบคุมทำงาน นั่นก็คือ ครอสพอยต์สวิตช์ตำแหน่งนั้นสามารถนำกระแสได้นั่นเอง สำหรับสัญญาณควบคุม ลอจิเกต$_1$ ใช้สำหรับควบคุมวงจรไดรเวอร์สำหรับเป็นทางผ่านของกระแส Ih ให้ไหลครบวงจรโดยผ่านลงกราวด์ของหม้อแปลง

จากนั้นสัญญาณควบคุมสวิตช์ก็ถูกควบคุมให้หยุดทำงาน แต่ครอสพอยต์สวิตช์ก็ยังคงนำกระแสอยู่ตลอดเวลา สำหรับกลไกการเชื่อมต่อระหว่างครอสพอยต์สวิตช์ของวงจรในส่วนล่าง ก็จะมีขั้นตอนเหมือนกับวงจรในส่วนบน สัญญาณเสียงพูดจากผู้เรียกถูกส่งผ่านระบบสวิตชิ่งผ่านตัวเก็บประจุ 2 ตัว ตามรูปที่ 45 ดังนั้นไฟกระแสตรงจะถูกกำจัดออกไปโดยตัวเก็บประจุทั้ง 2 ตัวนี้นั่นเอง สัญญาณเสียงก็จะผ่านระบบสวิตชิ่งของวงจรส่วนล่างไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกในที่สุด สำหรับแหล่งจ่ายกระแส It จะช่วยจ่ายกระแสให้มีค่าสูงพอในขณะที่ทำการสนทนากันอยู่

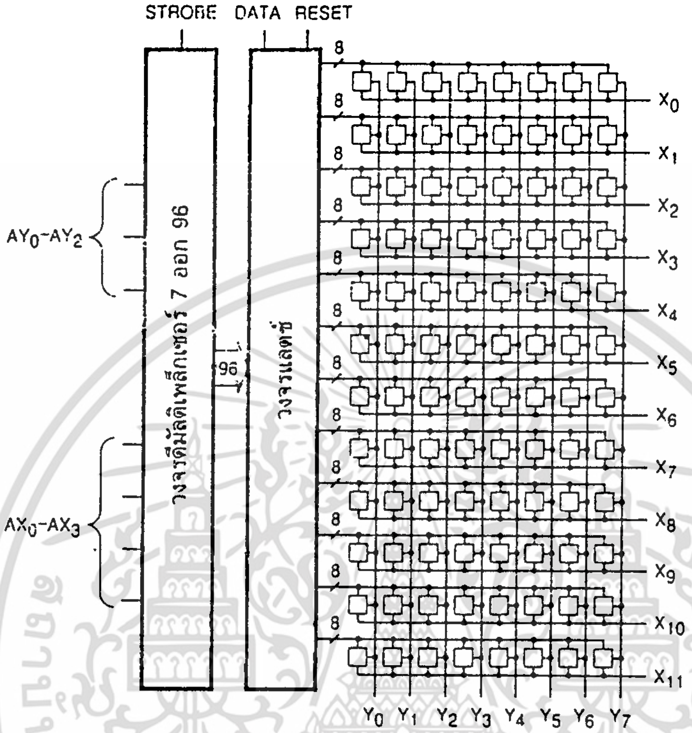
เมื่อการสนทนาสิ้นสุดลง ครอสพอยต์สวิตช์จะถูกทำให้หยุดนำกระแสซึ่งสามารถทำได้ โดยการควบคุมให้วงจรไดรเวอร์หยุดทำงานก็จะทำให้กระแส In ไม่สามารถไหลครบลูปลงกราวด์ได้ ต่อจากนั้นก็ควบคุมให้แหล่งจ่ายกระแสหยุดจ่ายกระแส ครอสพอยต์สวิตช์ทุก ๆ จุดที่นำกระแสอยู่ก็จะมีความต้านทานสูงขึ้นทันทีก็เสมือนเป็นการเปิดวงจรไม่ให้สัญญาณสามารถผ่านไปได้นั่นเอง

สำหรับในรูปที่ 48 แสดงให้เห็นไอซี ที่ทำหน้าที่เป็นครอสพอยต์สวิตช์ขนาด 12X8 หรือขนาด 96 จุดนั่นเอง สัญญาณควบคุมจะใช้สัญญาณ 7 เส้นคือ AX_0-AX_3 โดยจะแทนรหัสของแอดเดรสในแนวคอลัมน์ ส่วน AY_0-AY_2 จะแทนรหัสของแอดเดรสในแนวโรว์ จากนั้นจะใช้วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ทำการดีมัลติเพล็กซ์ให้เป็นสัญญาณควบคุมจำนวน 96 สัญญาณ สำหรับควบคุมครอนพอยต์สวิตช์ตำแหน่งต่าง ๆ นั่นเอง โดยสัญญาณควบคุมจะถูกแลตช์ไว้ เมื่อมีสัญญาณพัลส์ที่เป็นบวกเกิดขึ้นที่ขา Strobe ของวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์

ข้อดีของการใช้ครอสพอยต์สวิตช์ที่อยู่ในรูปไอซีก็คือ ใช้พลังงานต่ำ โดยไอซี 1 ตัว จะใช้พลังงานเพียง 1(X) มิลลิวัตต์เท่านั้น และยังสามารถลดปัญหาของการกวนกันของเสียงพูด (crosstalk)มีความต้านทานต่ำมากในขณะที่นำกระแส (ประมาณ 28 โอห์ม) และประการสุดท้ายก็คือลดความผิดเพี้ยนของสัญญาณได้ดี

มาถึงตอนนี้คงพอที่จะทำให้ผู้อ่านมีความเข้าใจขั้นตอนการควบคุมระบบสวิตชิ่ง เพื่อที่จะจำการต่อวงจรจากผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก และคงพอที่จะทำให้ผู้ที่ติดตามบทความนี้มาโดยตลอด พอที่จะเข้าใจระบบโทรศัพท์ที่มีความสำคัญ ๆ ทุก ๆ ส่วนเป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 48 ครอสพอยต์สวิตช์ในรูปไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 วิทยุติดตามตัวระบบดิจิตอล

วิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์(pager) จัดเป็นเครื่องมือสื่อสารชนิดเคลื่อนที่แบบหนึ่งที่เป็นที่นิยมในหมู่นักธุรกิจ นายแพทย์ เซลแมน วิศวกร หรือช่างที่ให้บริการนอกสถานที่ และผู้ที่มีภาระหน้าที่ไม่ค่อยประจำที่ แต่จำเป็นต้องมีการติดต่อได้ตลอดเวลา เช่นเดียวกับพวกวิทยุโทรศัพท์ วิทยุโทรศัพท์แบบรวงผึ้ง แต่มีลักษณะการสื่อสารในทิศทางเดียวจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ข้อเด่นของเพจเจอร์คือขนาดเล็กกะทัดรัดสามารถพกติดตัวได้ตลอดเวลา

การติดต่อระหว่างผู้ส่งกับผู้รับอาจเป็นการแจ้งให้ผู้รับหาทางติดต่อกลับไปยังผู้ส่ง หรืออาจเป็นการส่งข่าวสารที่ต้องการไปยังผู้รับโดยตรงก็ได้ เพจเจอร์ที่ใช้แบ่งได้เป็น 5 แบบคือ

1. Voice pager ส่งข่าวสารเป็นเสียงพูดไปยังผู้รับ

2. Digital display pager ส่งข่าวสารเป็นตัวเลข ซึ่งตัวเลขนี้จะแทนข่าวสารที่ต้องการ อาจเป็นเบอร์โทรศัพท์ หรือรหัสที่มีความหมายเป็นที่เข้าใจระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ

3. alpha numerlic pager เป็นการส่งที่จะเป็นตัวเลขอย่างเดียว ก็สามารถส่งเป็นตัวอักษรได้ด้วย ช่วยให้ส่งข่าวสารได้ระเอียดขึ้น แต่จำเป็นต้องใช้รหัสที่พิเศษออกไป จึงยังไม่ค่อยแพร่หลาย

4. Tone-alert pager เป็นการส่งสัญญาณเสียงให้ผู้รับติดต่อไปยังศูนย์เพื่อรับข่าวสารอีกทอดหนึ่ง

5. Dual address pager เป็นลักษณะ Tone-alert pager เพียงแต่ให้สัญญาณลักษณะเพื่อให้ผู้รับทราบว่าจะติดต่อไปยังที่ใด

เวลาที่ใช้ในการส่งข่าวสารออกไปนั้นแตกต่างกันในแต่ละแบบ เป็นนาทีลงมาสำหรับเพจเจอร์ที่เป็นเสียงพูด จนถึงเป็นมิลลิวินาทีแบบที่ไม่ใช้เสียงพูด ความพิเศษของเพจเจอร์ก็คือความสามารถติดต่อข่ายหรือผู้รับได้กว่า 100000 ความถี่ ในขณะที่ระบบวิทยุโทรศัพท์ใช้ได้เพียง 100 รายความถี่เท่านั้น

ระบบที่ไม่ใช้เสียงพูด สามารถติดต่อครอบคลุมพื้นที่ได้กว่าแบบที่ใช้เสียงพูด ทั้งนี้เพราะใช้กำลังส่งน้อยกว่า จึงส่งข่าวสารทำให้เครื่องรับทำงาน และเครื่องรับก็มีความไวสูงมากเป็นพิเศษ ต่อสัญญาณช่วงสั้นๆ ที่เป็นมิลลิวินาที สัญญาณระบบหนึ่งๆ ของวิทยุติดตามตัว สามารถใช้เพจเจอร์ร่วมกัน 5 แบบดังที่กล่าวมาแล้ว แต่นิยมที่จะแยกใช้งานสำหรับเพจเจอร์แต่ระบบเพื่อให้ได้คุณภาพของสัญญาณที่ดี

ข้อดีของเพจเจอร์เมื่อเปรียบเทียบกับระบบสื่อสารเครื่องที่ชนิด 2 ทิศทาง(ตอบโต้กันได้)คือ

1. สามารถพกติดตัวได้สะดวกมาก เนื่องจากขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และไม่ต้องการไฟฟ้าจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าใช้จ่ายในการเช่าใช้ ถูกกว่ามาก

3. มีจำนวนผู้เช่าใช้ได้มากกว่าต่อหนึ่งความถี่

4. เครื่องรับสามารถใช้ร่วมกันได้โดยส่วนใหญ่ จากหลายๆ ยี่ห้อ

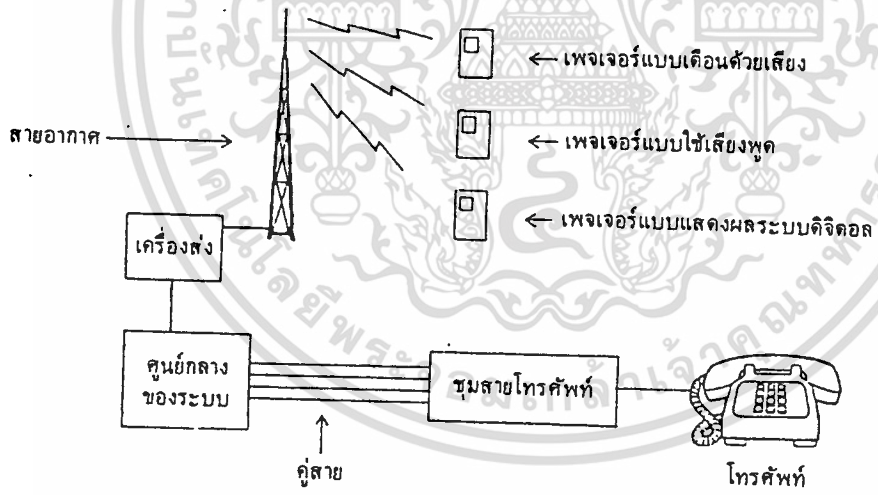
5. แทบไม่ต้องมีการบำรุงรักษาเลยที่ตัวเพจเจอร์

6. ไม่ต้องมีการติดตั้งใดๆ ในส่วนของผู้เช่าใช้

7. เครื่องส่วนใหญ่สามารถบันทึกข่าวสารไว้ในตัวได้

2.9.1 โครงสร้างของระบบเพจเจอร์

เพจเจอร์ที่ใช้ในการสื่อสารด้วยความถี่วิทยุ 49 เช่นเดียวกันกับระบบวิทยุโทรศัพท์ดังนั้น โครงสร้างของระบบจึงไม่แตกต่างกันนัก ดังแสดงในรูปที่ อันประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 49 โครงสร้างเบื้องต้นของระบบวิทยุติดตามตัว

ศูนย์กลางของระบบ (Paging terminal) เป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสาร มีคอมพิวเตอร์เป็นผู้จัดการทุกอย่างเกี่ยวกับการให้บริการ การรับส่งข่าวสารจากผู้ส่งไปยังผู้รับ เรียกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

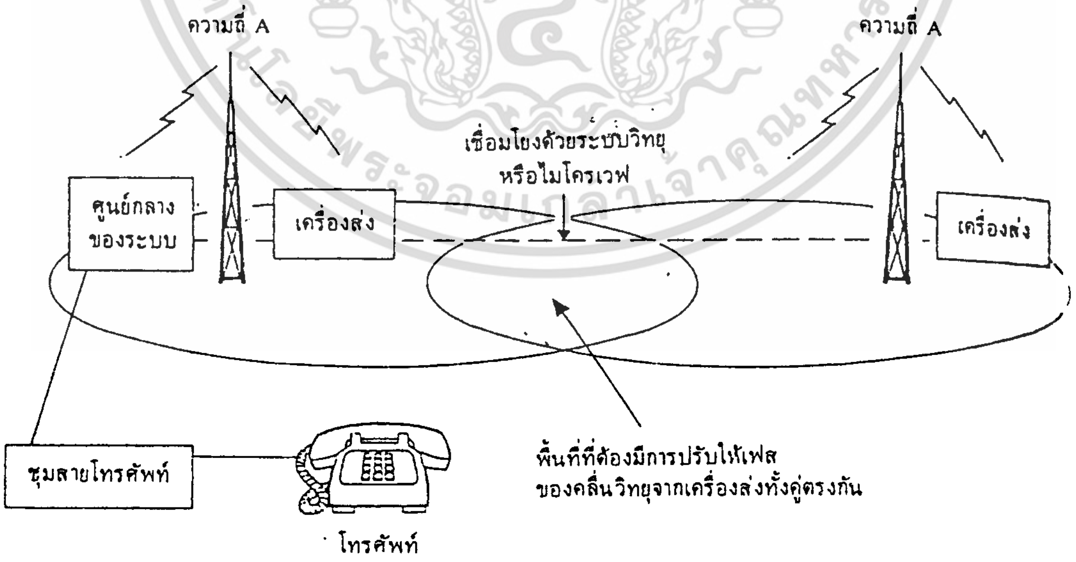
ว่าเป็นหัวใจและมันสมองของระบบเลยทีเดียว และยังทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ ที่จำเป็นด้วย เช่นการบันทึกการใช้ การออกบิลเก็บเงิน การส่งสัญญาณลักษณะพิเศษ เป็นต้น

เครื่องส่ง ทำหน้าที่ส่งข่าวสารในรูปของคลื่นวิทยุผ่านสายอากาศออกไปยังเครื่องรับ หรือเพจเจอ์นั่นเอง เครื่องส่งนี้อาจอยู่ที่ศูนย์หรือตั้งอยู่ที่อื่นก็ได้

ระบบโทรศัพท์ เป็นส่วนที่ผู้ส่งสามารถส่งข่าวสาร ผ่านทางระบบโทรศัพท์ไปยังศูนย์ เพื่อส่งต่อไปยังผู้รับที่ต้องการ ซึ่งในเมืองไทยก็คือระบบเครือข่ายขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยนั่นเอง

2.9.2 การขยายพื้นที่ของระบบ

เพื่อให้พื้นที่ในการให้บริการแก่ผู้ใช้กว้างออกไป จำเป็นต้องเพิ่มสถานีส่งกระจายออกไปตามจุดต่างๆ ให้ครอบคลุมอาณาบริเวณที่ต้องการ โดยความถี่ที่ออกอากาศในแต่ละเครื่องส่ง ยังคงเป็นความถี่เดิม ส่วนข่าวสารที่มีการติดต่อ (Link) ถึงกันด้วยคลื่นวิทยุอีกความถี่หนึ่งหรือใช้ระบบไมโครเวฟ ปัญหาในการรบกวนของเครื่องส่งที่ออกอากาศความถี่เดียวกัน ในพื้นที่ที่เหลื่อมกันนั้น ใช้วิธีปรับเฟสของคลื่นที่จะออกกาากาศให้มีเฟสตรงกัน เมื่อคลื่นมาถึงพื้นที่ดังกล่าว ลักษณะการขยายระบบเป็นดังรูปที่ 50



รูปที่ 50 การส่งคลื่นพร้อมกันหลายจุดเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่กว้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.๑.3 ข่ายระบบของเพจเจอร์ (แพคลิ้งค์)

ข่ายของระบบแพคลิ้งค์ ซึ่งเป็นวิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์แบบดิจิตอลดิสเพลย์ แสดงข่าวสารเป็นรหัสตัวเลขที่ จะเปิดบริการให้ในประเทศไทย ซึ่งทำการประมูลรับช่วงการให้บริการมาจากการสื่อสารแห่งประเทศไทย โครงสร้างของระบบแสดงดังรูปที่ 51 มีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

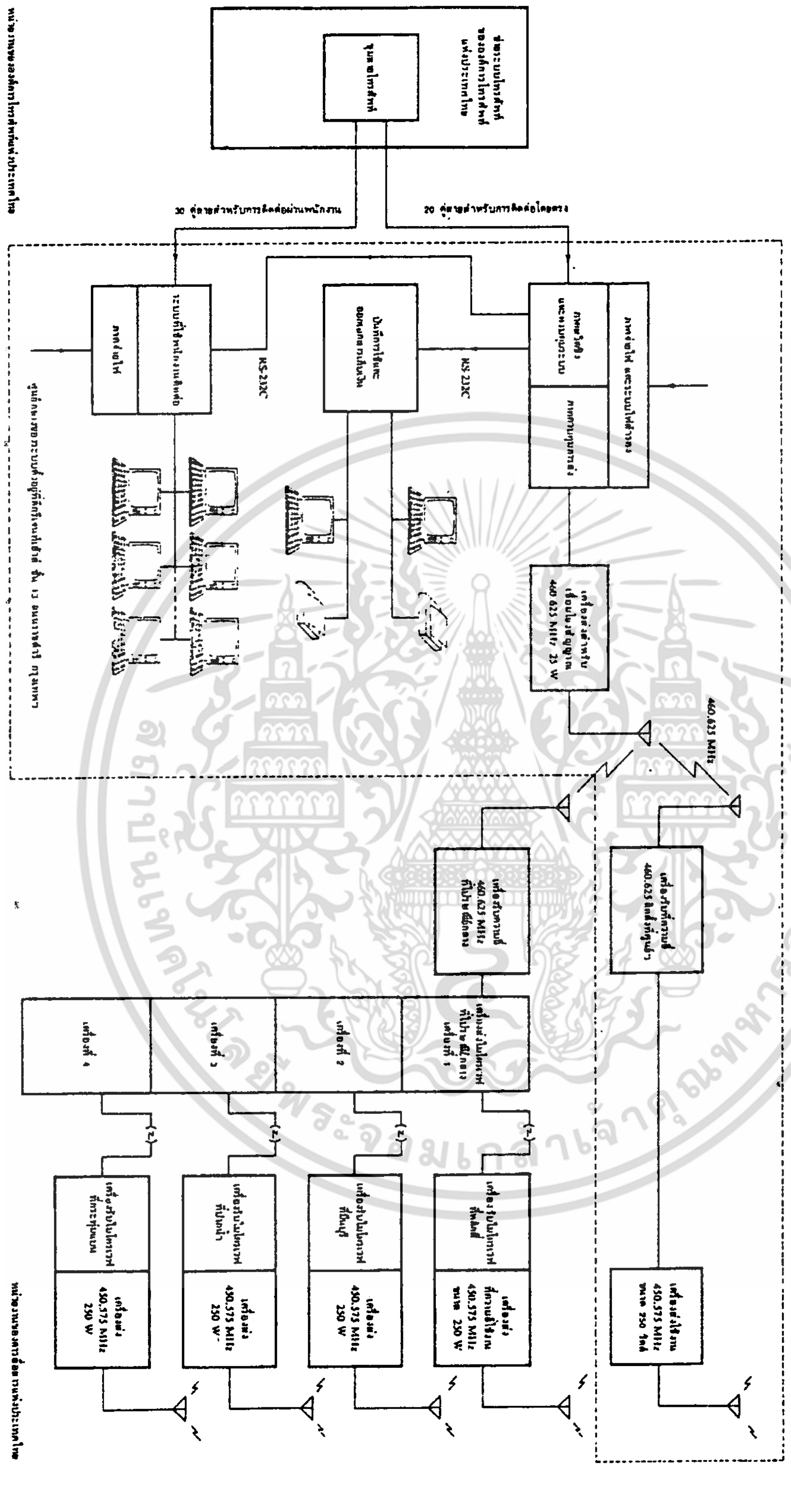
ส่วนแรกสุดคือ ระบบเครือข่ายขององค์การโทรศัพท์ที่จะให้ผู้ติดต่อส่งข่าวสารมายังศูนย์ฯ หรือ Paging terminal คู่สายที่เข้ามายังศูนย์เป็นระบบ DTMF หรือกดปุ่ม (Dual tone multi-Frequency or Touch-Tone) 20 คู่สายซึ่งผู้เรียกสามารถส่งข่าวสารผ่านปุ่มกดที่ตัวเครื่องไปยังผู้รับได้โดยตรง และคู่สายระบบเดิมคือ แบบหมุน อีก 30 คู่สาย โดยใช้พนักงานเป็นผู้รับข่าวสารจากผู้ส่งแล้วส่งต่อไปยังผู้รับอีกที

ในส่วนของศูนย์การรับ-ส่ง ข่าวสารจึงแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ แบบอัตโนมัติและใช้พนักงาน โดยมีระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวรับช่วงในการจัดการเกี่ยวกับระบบสวิตชิ่ง และสัญญาณข่าวสาร นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ตัวนี้ยังจัดการด้านการบันทึกการใช้ และการทำเอกสารเรียกเก็บเงินที่ศูนย์นี้ทำคลื่นส่งอยู่ 1 ชุด เพื่อคลุมพื้นที่บริเวณด้านในกรุงเทพ และอาศัยเครือข่าวคลื่นไมโครเวฟของการสื่อสารแห่งประเทศไทย เพื่อส่งข่าวสารไปออกอากาศตามจุดต่างๆ รอบกรุงเทพและปริมณฑลใกล้เคียงอีกทอดหนึ่ง

คลื่นที่ส่งไปยังไปรษณีย์กลางบางรักใช้ความถี่ 460.625 MHz จากไปรษณีย์กลาง บางรักก็มีการส่งคลื่นด้วยไมโครเวฟไปยังสถานีต่างๆ ของการสื่อสารฯ คือ หลักสี่ มีนบุรี และกระทุ่มแบนครอบคลุมพื้นที่หลายตารางกิโลเมตร จากกรุงเทพ ถึง นครปฐม และชลบุรี สำหรับที่ศูนย์ก็ใช้รับสัญญาณ 460 MHz นี้กลับมา แล้วจึงส่งออกอากาศไปใช้งาน

ความถี่ใช้งานที่ส่งไปยังเครือข่ายคือ 450.575 MHz ด้วยกำลังส่งสูงสุด 250 วัตต์ รวม 5 เครื่อง การติดต่อนั้น ผู้ส่งก็เพียงโทรศัพท์เรียกเข้าไปยังศูนย์ สัญญาณเสียง "ปิ๊บ" เป็นการบอกความพร้อม ก็กดหมายเลขของผู้รับ ซึ่งก็คือหมายเลขรหัสประจำเครื่องของแพคลิ้งค์ ถึงตอนนี้แพคลิ้งค์จะรับคลื่นได้ทันที จากนั้นผู้ส่งก็เพียงแต่กดตัวเลขที่ต้องการส่งตามไป แพคลิ้งค์จะทำการบันทึกไว้และส่งเสียงเตือนให้รู้ว่ามีข่าวสารส่งมาแล้ว ผู้รับสามารถดูข่าวสารได้ทันที หรือกดปุ่มเพื่อดูที่หลังก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



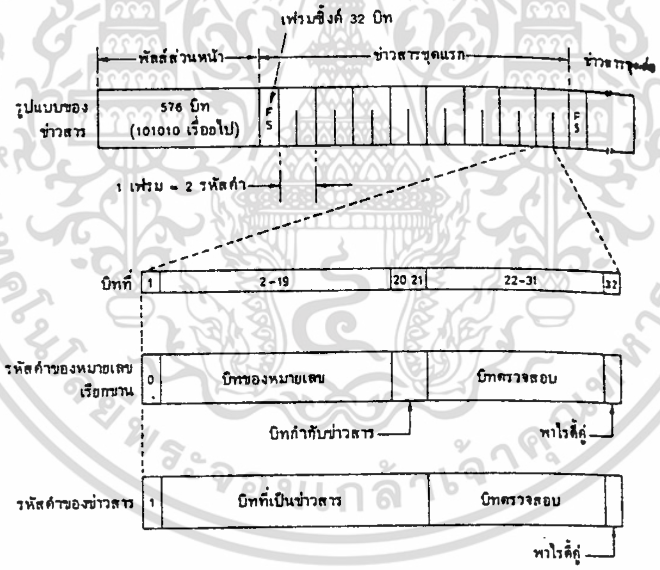
รูปที่ 51 ข่ายระบบของวิทยุติดตามตัว (แพคลิ้งท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 สัญญาณข่าวสาร

สัญญาณข่าวสารที่จะส่งไปยังผู้รับนั้น เป็นสัญญาณรหัสข้อมูลเลขฐานสองเรียงต่อเนื่องกัน รหัสข้อมูลที่ใช้เป็นรหัสของ POCSAG (Post Office Code Standardization Advisory Group) ซึ่งเป็นรูปแบบหรือฟอร์แมตแบบหนึ่งของระบบ (Synchronous paping) ที่สามารถส่งข่าวสารเป็นชุดออกไปได้ด้วยวิธีการไม่ซับซ้อน

รูปแบบของรหัส POCSAG แสดงไว้ในรูปที่ 52 ประกอบด้วยพัลส์ส่วนหน้า 576 บิท ตามด้วยรหัสคำอีกตั้งแต่หนึ่งชุดขึ้นไป แต่ละชุดประกอบด้วยรหัสตั้งต้น หรือ Frame synchronization ขนาด 32 บิท ตามด้วยกอบหรือเฟรมของรหัสคำ 8 เฟรม เฟรมละ 64 บิท ซึ่งใน 1 เฟรมนี้ประกอบด้วย 2 รหัสคำ (Codewords)



รูปที่ 52 รูปแบบของสัญญาณข่าวสาร

รหัสคำซึ่งมี 32 บิท แบ่งเป็น 3 พวก คือ

1. รหัสของหมายเลขเรียกขานเป็นตัวระบุว่าข่าวสารนี้สำหรับเพจเจอร์เครื่องใด มีบิทเป็นศูนย์ (0) เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

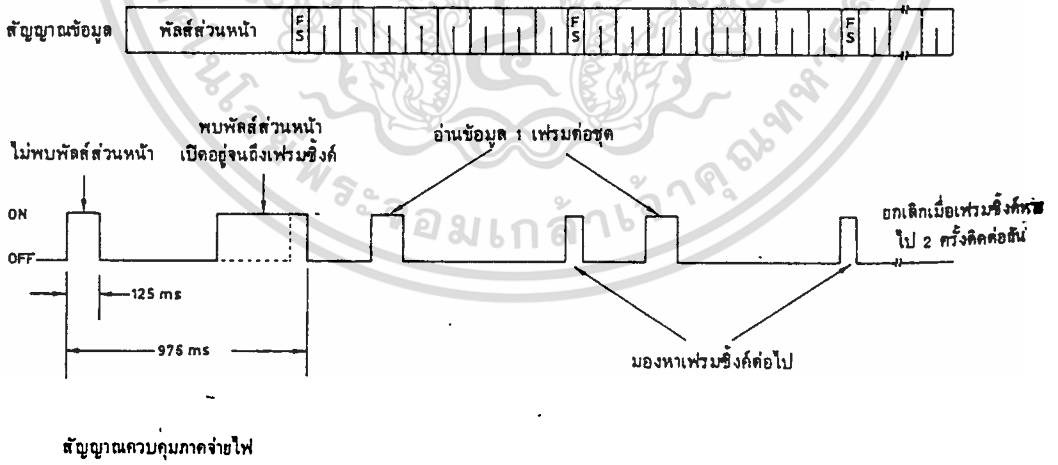
2. รหัสคำของข่าวสารส่งข่าวสารที่ต้องการอยู่ต่อจากรหัสเรียกขาน มีบิทแรกเป็น "1"

3. รหัสคำเทียมใช้สำหรับใส่เข้าไปในเฟรมให้ครบ 64 บิท

สัญญาณพัลส์ส่วนหน้าสำหรับบอกให้เครื่องรับทราบรหัส POCSAG และใช้ในการไนส์กับข้อมูลที่ส่งมา

การรับสัญญาณของแพคลิ้งมีการทำงานเป็นช่วงเฉพาะเมื่อมีสัญญาณพัลส์ส่วนหน้าแล้ว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เมื่อเปิดเครื่องรับ ตัววงจรควบคุมจะเริ่มรับสัญญาณเข้ามาทุกๆ ครั้งที่มีการจ่ายไฟไปยังภาครับให้ทำงาน เป็นการประหยัดไฟ ที่ภาคถอดรหัสจะทำการตรวจดูสัญญาณที่รับเข้ามา เป็นสัญญาณพัลส์ที่ถูกต้องของสัญญาณข่าวสารที่ส่งมาถ้าใช่ก็ทำงานต่อ ตัวแพคลิ้งค์นี้จะถูกโปรแกรมให้มีหมายเลขไว้อันหนึ่ง และถูกโปรแกรมให้รับสัญญาณข้อมูลจากสัญญาณข่าวสารจากเฟรมใดเฟรมหนึ่งใน 8 เฟรมเมื่อรับสัญญาณส่วนหน้าแล้ว วงจรรับสัญญาณ หรือเฟรมซิ้ง แล้วจึงไปอ่านข้อมูลเอาจากเฟรมที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 53



รูปที่ 53 แสดงสัญญาณควบคุมการทำงานเป็นช่วง ๆ ของแพคลิ้งท์เพื่อประหยัดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในเฟรมที่อ่านเข้ามานั้นเป็นหมายเลขเรียกขานของแพคลิ้งค์ที่ข่าวสารต้องการส่งมาถึง วงจรจะทำการอ่านไปจนกว่าจะพบหมายเลขของตน ซึ่งจะมีข่าวสารตามมาอีก 4 เฟรม ในชุดต่อ ๆ ไป เครื่องก็ทำการถอดรหัสแล้วบันทึกเก็บไว้แล้ว ส่งสัญญาณให้รู้ว่ามีข่าวสารเข้ามาแล้ว แต่ถ้าไม่พบวงจรจะหยุดทำงานเมื่อเฟรมซิ้งค์หายไป 2 ครั้งติดต่อกัน

2.9.5 การทำงานของเครื่องรับ

ตัวแพคลิ้งค์ อันเป็นชื่อทางการค้าของเพจเจอร์แบบ Binary Digital Display ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ภาคความถี่วิทยุ และภาคถอดรหัสควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับส่วนประกอบของสัญญาณข่าวสาร ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณส่วนหน้า (Preamble) สัญญาณตั้งต้น (Frame sync) และรหัสหมายเลขเรียกขานตามด้วยข้อมูลอีก 4 ชุดที่เป็นข่าวสาร

ภาคความถี่วิทยุทำหน้าที่แปลงความถี่วิทยุที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่กลาง, ทำการดีเทคมอดูเลชั่น และจัดระดับลอจิก ภาคดีโคดเดอร์หรือภาคถอดรหัส จะนำรหัสจากภาคความถี่วิทยุมาประมวลผลต่อ เพื่อสัญญาณเตือนและแสดงข่าวสาร

การทำงานแต่ละส่วนแสดงได้เป็นแผนผังการทำงานในรูปที่ 54

** ภาครับ **

ภาครับทำงานแบบดูอัลคอนเวอร์ชั่น (Dual conversion) มีการเปลี่ยนแปลงความถี่เป็นความถี่กลาง 2 ครั้ง ครั้งแรก 17.9 MHz และครั้งที่ 2 ลงมาเป็น 35 MHz

คามถี่วิทยุที่รับเข้ามาได้รับการขยาย และถูกเปลี่ยนความถี่ครั้งแรกโดย IC U_1 ซึ่งเป็นมิกซ์เซอร์ด้านความถี่สูง ความถี่กลางหรือความถี่ ไอเอฟ 17.9 MHz ที่ได้ถูกกรองเพื่อให้ได้ความถี่ที่แน่นอนโดยคริสตอลฟิลเตอร์ Y_2 และ Y_3 ให้ IC U_2 ทำการแปลงความถี่ครั้งที่ 2 และขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ความถี่ ไอเอฟ ช่วงที่ 2 คือ 35 kHz นี้จะถูกมอดดูเลตแล้วกรองอีกครั้งเป็นความถี่ไอเอฟ จากนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลรหัสโดยวงจรลิมิตเตอร์ ส่งต่อไปยังวงจรถอดรหัสที่อยู่ในไอซี เบอร์ 5 ซึ่งเป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**** ภาคถอดรหัส ****

ภาคถอดรหัสระกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

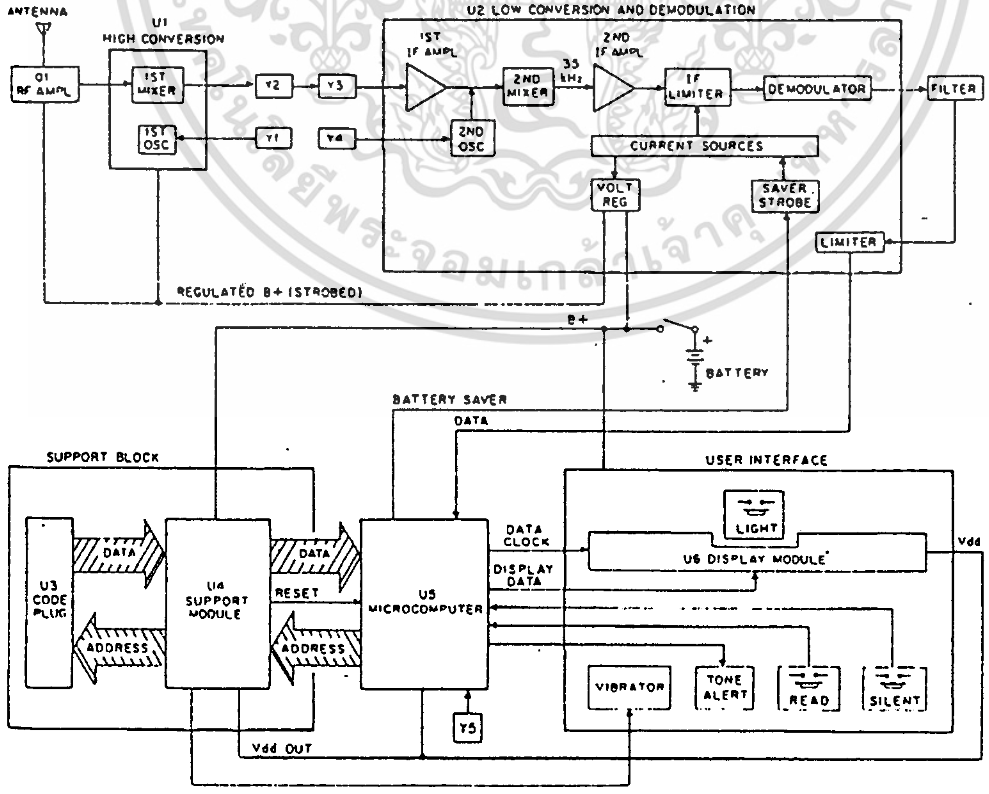
1. ส่วนประกอบภายนอกอันได้แก่ โค้ดปลั๊ก (Code plug) ที่เป็นตัวกำหนดรหัสของตัวเครื่องแพคลิ้งค์ คือ U_3 และตัวสนับสนุน คือ U_4 สำหรับติดต่อกับคอมพิวเตอร์ U_5

2. ส่วนของไมโครคอมพิวเตอร์ คือ U_5

3. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ อันมีจอแสดงผล คือ U_6, ปุ่มสวิตช์สำหรับการอ่าน, หยุดเสียงและเปิดไฟและหน่วยส่งสัญญาณเตือนด้วยการเขย่า

ส่วนของไมโครคอมพิวเตอร์หรือ U_5 นั้น เป็นตัวหลักในการควบคุมการทำงานของภาคถอดรหัส ทุกครั้งที่เปิดเครื่องให้ทำงาน U_5 จะทำการอ่านข้อมูลจากโค้ดปลั๊ก และส่งสัญญาณเตือนพร้อมทั้งแสดงผลที่จอ

ระบบของไมโครคอมพิวเตอร์รุ่นนี้ ประกอบด้วยไมโครเซสเซอร์ และหน่วยความจำที่เป็น ROM เป็นตัวสั่งให้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวถอดรหัสจากข้อมูลที่ได้รับมา ทำการเก็บข้อมูลข่าวสาร จัดการแสดงผล เปิด-ปิดภาคจ่ายไฟไปยังภาครับ กำเนิดสัญญาณเตือน และทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางสัญญาณควบคุมต่าง ๆ



รูปที่ 54 แผนผังแสดงหน้าที่และการทำงานของแต่ละส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.6 การใช้งานของวิทยุติดตามตัวระบบดิจิตอล

ในการใช้งานนั้นเมื่อเปิดเครื่องวงจรจะทำการตรวจสอบ แล้วส่งสัญญาณให้ทราบว่าเครื่องพร้อมที่จะใช้งานได้ แต่ถ้าเงียบสนิทแสดงว่าถ่านหมด หรือไม่ได้ใส่ถ่านเอาไว้ ซึ่งเครื่องรุ่นนี้ใช้ถ่านไฟฉายธรรมดาก้อนเล็กเพียง 1 ก้อน พร้อมกันนั้นบนจอแสดงผลจะปรากฏตัวเลข "8" เต็มจดและสัญลักษณ์ที่มีดังในรูปที่ 55 ก.สักครู่จะกลายเป็นขีดดังรูปที่ 55 ข.

เมื่อมีการส่งข่าวสารมายังเครื่อง ๆ จะส่งเสียงเตือนและบนจอก็จะปรากฏดังรูปที่ 55 ค. เพื่อบอกให้ทราบอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะมีประโยชน์ในกรณีที่เราปิดสวิทช์เสียงเตือน สำหรับเสียงเตือนนี้เป็นเวลา 8 วินาที แล้วหยุดเอง ถ้าต้องการให้หยุดก่อนก็กดปุ่ม READ และเมื่อกดอีกครั้งตัวเลขที่เป็นข่าวสารจะปรากฏขึ้นบนจอ

สัญลักษณ์ในกรอบสี่เหลี่ยมที่มุมซ้ายเป็นตัวบอกให้เราทราบว่า เราใช้งานในโหมดที่ให้มีเสียงเตือน หรือให้มีข่าวสารเข้ามา ส่วนตัวเลข 1 และ 2 เป็นตัวบอกว่าเป็นข่าวสารชุดใดจากหน่วยความจำที่มี 2 ชุด

หน่วยความจำของเครื่องเก็บข่าวสารได้ 2 ชุด ชุดละ 2 ตัว โดยแต่ละชุดจะมีตัวเลขบนจอ บอกให้ทราบว่าเป็นข่าวสารจากหน่วยความจำชุดใด เมื่อมีข่าวสารเข้ามา ข่าวสารล่าสุดอันนี้จะถูกบันทึกบนหน่วยความจำที่กำลังใช้แสดงผลบนจอ สำหรับข่าวสารเดิมในหน่วยความจำตัวนี้ ก็จะถูกย้ายไปยังหน่วยความจำอีกตัวที่เหลือแทน ส่วนข่าวสารที่เหลือในหน่วยความจำนี้ จะถูกลบทิ้งไป ข่าวสารที่ได้รับใหม่จะปรากฏบนจอเป็นเวลา 12 วินาที แล้วจะกลับเป็นสภาวะเดิมดังรูปที่ 55 ข ซึ่งเรายังสามารถเรียกดูข่าวสารที่เก็บไว้ได้โดยการกดปุ่ม READ

ทุกครั้งที่มีข่าวสารใหม่ส่งเข้ามา ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ในตัวแพคลิ้งค์จะทำการตรวจสอบข้อมูลในข่าวสารนั้นก่อนว่าตรงกันกับข้อมูลในข่าวสารเดิมหรือไม่ ถ้าตรงกันข่าวสารใหม่นี้จะไม่ถูกบันทึกซ้ำ ช่วยให้ข่าวสารเดิมอีกชุดหนึ่งไม่ถูกลบทิ้งไป

บนจอแสดงผลนั้นแสดงผลได้เพียงครั้งละ 10 หลัก ถ้าข่าวสารมี 12 หลัก จะแสดงครั้งเดียวทั้ง 12 หลัก ดังนั้นถ้าข่าวสารมีมากกว่า 12 หลัก บนจอจะปรากฏตัวอักษร C ที่ด้านขวาสุดให้รู้เราสามารถเรียกดูได้โดยกดปุ่ม READ อันเดียวกันนั้น ถ้าไม่กดก็จะแสดงขึ้นมาเอง ภายใน 12 วินาทีเช่นกัน

ในขณะที่เปิดเครื่องทิ้งไว้รอรับสัญญาณ ถ้าแรงดันของถ่านที่ใช้ต่ำเกินไป เครื่องจะบอกให้ทราบโดยแสดงบนจอเป็นสัญลักษณ์ "LoLoLoLoLoLo" เพื่อให้เราจัดการเปลี่ยนถ่านได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8

(ก) เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรก

\- - - - - - - - - - - -

(ข) เครื่องพร้อม รอรับสัญญาณ

0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0

(ค) บอกให้ทราบว่ามีข่าวสารเข้ามา

3 0 5 - 5 5 5 - 6 3 1 0

(ง) ข่าวสารจากหน่วยความจำที่ 1

3 0 5 - 5 5 5 - 1 1 c

(จ) ยังมีข่าวสารข้อมูลอยู่อีก

\- - - - - - - - - - - -

(ฉ) รอรับสัญญาณโดยปิดเสียงเตือน

รูปที่ 55 ลักษณะที่ปรากฏบนจอแสดงผลในภาวะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการทำงานของเครื่อง

เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ ที่ด้านหน้าจะมี แป้นกด, ส่วนแสดงหมายเลข LCD , สวิตช์ปิด เปิด และขั้วเสียบสำหรับภาคจ่ายไฟ ก่อนที่จะให้เครื่องทำงานตามต้องการ ผู้ใช้งานจะต้องปรับเครื่องให้มีค่าถูกต้องดังต่อไปนี้

- นำขั้วเสียบไปต่อกับแหล่งจ่ายไฟ และเปิดเครื่อง
- ปรับรหัสติดต่อของ pager ให้ตรงกับตัว pager ที่เราใช้งานอยู่ เช่นรหัส 1501
- ปรับหมายเลขรหัสประจำเครื่อง pager เป็นรหัส 6 ตัว
- ต่อสาย Interrupt ไปใช้งาน ตามที่ต่าง ๆ (กับอุปกรณ์ sensor)

หลังจากนั้นเครื่องก็พร้อมที่จะทำงานแทนเจ้าของบ้าน ในขณะที่ไม่มีใครอยู่บ้านได้แล้ว

โหมดการใช้งานของเครื่อง

00 เป็นโหมดนาฬิกาบอกเวลา ถ้าไม่ได้ใช้งาน เครื่องจะอยู่ในโหมด 00 ตลอด

01 เป็นโหมดที่มีหน้าที่ไว้สำหรับ เรียกเสียงออกมาฟัง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้แล้ว

02 เป็นโหมดสำหรับดูเวลา ที่มีการส่งสัญญาณอินเตอร์รัพ

03 ปรับค่าต่าง ๆ ที่จะมีการเปลี่ยนแปลง (รหัสที่มีใช้ในการส่งสัญญาณ)

การทำงานของเครื่อง

ในสภาวะปกติที่มีคนรับสาย เครื่องจะไม่มีการทำงาน และแสดงเวลาที่หน้าปัดเพียงเดียว แต่เมื่อไม่มีคนรับสาย และมีสัญญาณเรียกเข้ามา วงจร Ring detect จะรับสัญญาณ Ring จะส่งสัญญาณไปให้ CPU โดยผ่านทาง Interrupter โดย CPU จะนับให้ครบ 5 ครั้ง จากนั้นจะส่งสัญญาณไปเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะติดต่อกับผู้ที่เรียกเข้ามา โดยจะส่ง Voice 1 ไปบอกผู้ที่เรียกเข้ามา (" ขณะนี้คุณ...........ไม่อยู่ กรุณาฝากข้อความ โดยกดปุ่ม * หรือ ฝากหมายเลขโทรกลับ โดยกดปุ่ม # ") CPU ก็จะไปชี้เลขช่องสำหรับรอการบันทึกข้อความลงใน Voice memory ซึ่งใช้ ไอซี เบอร์ MT8870 เป็นตัวบันทึกข้อความ แต่ถ้าผู้เรียกเข้ากดปุ่ม # IC -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MT8870 ก็จะส่งรหัส # ไปให้ CPU รับรู้ , CPU ก็จะรอรับ code ที่จะส่งมา โดยส่ง Voice 3 ออกมา ("กรุณากดหมายเลขโทรกลับ และกด # เมื่อจบรายการ") เครื่องจะทำการบันทึก code และต่อด้วย Voice 2 (" ขอขอบคุณที่ใช้บริการ ")

ในกรณีที่ฝากข้อความ เครื่องจะทำการบันทึกข้อความตามช่องต่าง ๆ เป็นเวลา 30 วินาที และเครื่องจะส่ง Voice 5 ออกมา เพื่อบอกกับผู้เรียกเข้า เมื่อการฝากข้อความจบสิ้นลงและมีการกด # เคื่องจะตอบ Voice 2 ออกมา แต่ถ้าไม่ได้กด # เครื่องจะรอจนครบ 30 วินาที ก็จะจบขั้นตอนการบันทึกข้อความโดยอัตโนมัติ

ในกรณีที่เจ้าของเครื่องเรียกเข้ามาเอง เครื่องจะส่ง Voice 1 ออกมา หลังจากนั้นเจ้าของเครื่องจะกดหมายเลข 9 ก่อน ตามด้วยหมายเลขช่อง " 9 XX " จากนั้นเครื่องจะส่งข้อความตามหมายเลขช่องที่ต้องการ ไปให้เจ้าของเครื่องฟังจนกระทั่งจบข้อความ จากนั้น CPU จะส่งสัญญาณไปควบคุม Relay ให้ไปอยู่ในตำแหน่ง High ตามเดิม

การส่งรหัสหมายเลขของ Pager โดยอัตโนมัติ

เครื่องจะเรียก Pager ออกโดยอัตโนมัติ หลังจากมีการฝากข้อความหรือ ฝากหมายเลขเรียบร้อยแล้ว โดยจะไปเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ ให้เป็น High แล้วจะหน่วงเวลาไว้ 1.6 วินาที ก็จะเปลี่ยนเป็น Low วงจร Tone detection ก็จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณ Dial tone 400 Hz เมื่อไดรับสัญญาณเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะส่งต่อไปยัง CPU , CPU จะเป็นตัวตัดสินใจว่าสัญญาณที่ได้รับนั้นเป็นสัญญาณ Dial tone แน่นอน จากนั้นเครื่องจะส่งรหัสหมายเลขตาม Pager ของแต่ละบริษัท เช่น 1501 Easy call , 151 Phone link , 161 Hutchison , 1143 Pick link. IC 567 ก็จะรอรับสัญญาณ Ring back tone หรือ Busy tone แล้วจะส่งสัญญาณไปยัง CPU เพื่อการตัดสินใจ โดยส่งเป็น High แล้วหน่วงเวลาไว้ 1.6 วินาที จึงจะเปลี่ยนมาเป็น Low แต่ถ้าไม่มีสัญญาณ Tone อะไรมาเลย ภายในเวลา 5 วินาที , CPU จะเริ่มต้นการทำงานใหม่ทั้งหมด ถ้ามีการตอบสัญญาณ tone กลับมา เครื่องก็จะส่ง Code รหัสของเครื่อง Pager (รหัสหมายเลข 6 ตัว) ไป

IC TCM5089 (DTMF Encoder) จะทำหน้าที่ในการส่งรหัส หลังจากนั้นก็จะหน่วงเวลาไว้ 8 วินาที ก็จะส่งสัญญาณ รหัส 10 ตัว + 1 # หลังจากส่งรหัสสัญญาณเรียบร้อยแล้ว เครื่องจะกลับไปที่ High impedance แล้วกลับไปสู่โหมดปกติ

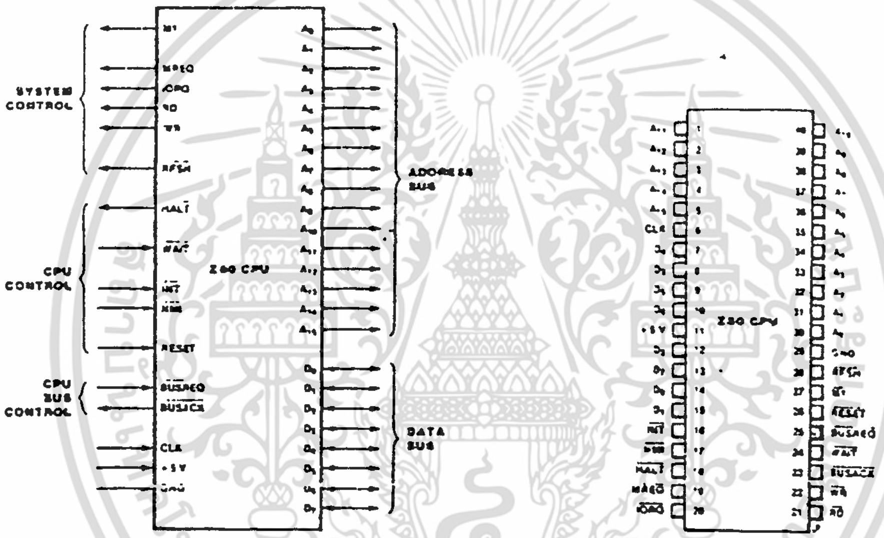
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิท โดยพัฒนามาจากไมโครโปรุเซสเซอร์เบอร์ 8080 ซึ่งได้ทำการแก้ไขข้อบกพร่องบางอย่างเช่น ทำให้มีคำสั่งมากขึ้น มีวิธีการอ้างถึงตำแหน่งข้อมูลใหม่ และมีระบบฮาร์ดแวร์ที่มีความสามารถ สะดวกในการใช้งานมากขึ้น

<u>โครงสร้างภายนอก</u>

โครงสร้างภายนอกมีลักษณะดังรูปที่ 56



รูปที่ 56 ขาสัญญาณต่าง ๆ ในการต่อร่วมของ Z-80

รายละเอียดของขาต่าง ๆ และหน้าที่ที่สำคัญมีดังนี้

A15-A0 เป็นสายสัญญาณกำหนดตำแหน่ง (Address bus) โดยที่ A0 เป็นบิททางด้านต่ำ (LSB) ขาเหล่านี้เป็นเอาท์พุทแบบสามสถานะ (Tri-State)และจะแอคทีฟที่ลอจิก 1 บัสนี้มีทั้งหมด 16 สาย จึงสามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ถึง 2^{16} = 65536 ตำแหน่ง (64 kbyte) นอกจากนั้นยังสามารถใช้ในการกำหนดตำแหน่งของพอร์ท อินพุท/เอาท์พุท เมื่อใช้คำสั่งกลุ่มอินพุท/เอาท์พุทได้โดยใช้ 8 บิทด้านต่ำ (A7-A0) เพื่อแสดงตำแหน่งของพอร์ท ดังนั้นจึงสามารถกำหนดเป็นอินพุท หรือเอาท์พุทได้ 256 พอร์ท

D7-D0 เป็นสายสัญญาณข้อมูล (Data Bus) D0 เป็นบิททางด้านต่ำลักษณะเป็นบัสสองทิศทาง แบบสามสถานะขนาด 8 บิท และแอคทีฟที่ลอจิก 1 ใช้เพื่อเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง ไมโครโปรเซสเซอร์กับหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุทต่าง ๆ

M1 (Machine Cycle One) เป็นขาเอาท์พุทและแอคทีฟที่ลอจิก 0 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าขณะนี้กำลังอยู่ในสภาวะของการเฟทช์คำสั่งนอกจากนี้สัญญาณ M1 นี้จะใช้ร่วมกับ IORQ เพื่อสร้างสัญญาณ ตอบรับการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Acknowledge)

MREQ (Memory Request) เป็นเอาท์พุทแบบสามสถานะและแอคทีฟที่ลอจิก 0 เมื่อสายสัญญาณนี้แอคทีฟ แสดงว่าขณะนี้ไมโครโปรเซสเซอร์ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูล โดยที่ตำแหน่งของหน่วยความจำจะปรากฏอยู่บนบัสตำแหน่งแล้ว

IORQ (Input/Output Request) เป็นเอาท์พุทแบบสามสถานะ และแอคทีฟที่ลอจิก 0 เมื่อสายสัญญาณนี้แอคทีฟแสดงว่า ขณะนี้ทางด้านไบท์ต่ำ (A7-A0) ของบัสตำแหน่งบรรจุตำแหน่งของพอร์ทที่จะส่งถ่ายข้อมูลระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท นอกจากนี้ยังใช้ร่วมกับสัญญาณ M1 เพื่อตอบรับการอินเตอร์รัพท์

RD (Memory Read) เป็นขาเอาท์พุทแบบสามสถานะ และแอคทีฟที่ลอจิก 0 สัญญาณนี้เพื่อชี้ว่า ขณะนี้ไมโครโปรเซสเซอร์ ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำหรือจากอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท

WR (Memory Write) เป็นขาเอาท์พุทแบบสามสถานะ และแอคทีฟที่ลอจิก 0 เมื่อสัญญาณนี้แอคทีฟชี้ว่าขณะนี้ไมโครโปรเซสเซอร์ ต้องการเขียนข้อมูลเข้าหน่วยความจำ หรือเข้าอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท

RFSH (Refesh) เป็นขาเอาท์พุทที่แอคทีฟที่ลอจิก 0 RFSH เป็นสัญญาณชี้ว่าขณะนี้บัสตำแหน่งทางด้านต่ำ 7 บิท (A6-A0) บรรจุตำแหน่งหน่วยความจำแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดนามิกแรมที่จะรีเฟรชและสัญญาณ MREQ ในช่วงนี้จะนำไปใช้เป็นสัญญาณสำหรับอ่านเพื่อรีเฟรช (Refresh Read) ไดนามิกแรมทั้งหมด

HALT (Halt State) เป็นขาเอาท์พุท แอคทีฟที่ลอจิก 0 เป็นสัญญาณเพื่อชี้ว่าขณะนี้ไมโครโปรเซสเซอร์ปฏิบัติคำสั่ง HALT ออกจากโปรแกรม และกำลังรอสัญญาณการอินเตอร์รัพท์ชนิด นอนมาสเคเบิลหรือมาสเคเบิล จากอุปกรณ์ภายนอกโดยขณะที่หยุดรอ (Halted) นี้ ซีพียูจะกระทำคำสั่ง NOP (No-Operation)เพื่อให้มีการเฟทช์คำสั่งซึ่งจะไม่ทำให้การรีเฟรชหยุดชะงักลง

WAIT (Wait) เป็นขาอินพุท แอคทีฟที่ลอจิก 0 เป็นสัญญาณเพื่อชี้ว่าการส่งถ่ายข้อมูลระหว่าง ไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท ยังไม่เรียบร้อย และให้หยุดรอ

INT (Interupt Request) เป็นขาอินพุทแอคทีฟที่ลอจิก 0 สัญญาณนี้สร้างมาจากอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท เพื่อต้องการอินเตอร์รัพท์การทำงานตามปกติของไมโครโปรเซสเซอร์ สัญญาณร้องขอนี้จะถูกตรวจสอบ เมื่อถึงสเตทสุดท้ายของคำสั่งและไมโครโปรเซสเซอร์จะจดจำไว้

NMI (Non Maskable Interrupt) เป็นขาอินพุทและแอคทีฟที่ขอบพัลส์ขาลง สัญญาณที่ขา NMI นี้มีลำดับความสำคัญสูงกว่าสัญญาณที่ขา INT ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการตรวจสอบขานี้ที่สเตทสุดท้ายของคำสั่ง สัญญาณ NMI นี้มีลำดับความสำคัญต่ำกว่าสัญญาณ BUSRQ

RESET เป็นอินพุท แอคทีฟที่ลอจิก 0 เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ได้รับสัญญาณ RESET จะทำให้ค่าในโปรแกรมเคาน์เตอร์เริ่มต้นที่ศูนย์ และตั้งต้นการทำงานใหม่โดยจัดอินเตอร์รัพท์ฟลิบฟลอบ (IFF) ให้อยู่ในสภาพที่ไม่ยอมรับ การอินเตอร์รัพท์แบบมาสเคเบิล (IFF1=IFF2=0) เซตรีจิสเตอร์ I = 00H เซตรีจิสเตอร์ R = 00H เซตให้เป็นการอินเตอร์รัพท์โหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUSRQ (Bus Request) เป็นขาอินพุทแอคทีฟที่ระดับ 0 สัญญาณนี้มีผลทำให้บัสตำแหน่ง บัสข้อมูล และสัญญาณควบคุมที่เป็นขาเอาท์พุทแบบสามสถานะ อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูง จากนั้นบัสต่าง ๆ จะถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ภายนอก ไมโครโปรเซสเซอร์จะตรวจสอบสัญญาณนี้ทุก ๆ สเตทสุดท้ายของแมชชีนไซเกิลของคำสั่ง และเมื่อพบการขอใช้บัส ซีพียูจะตอบสนองในไซเกิลถัดไป

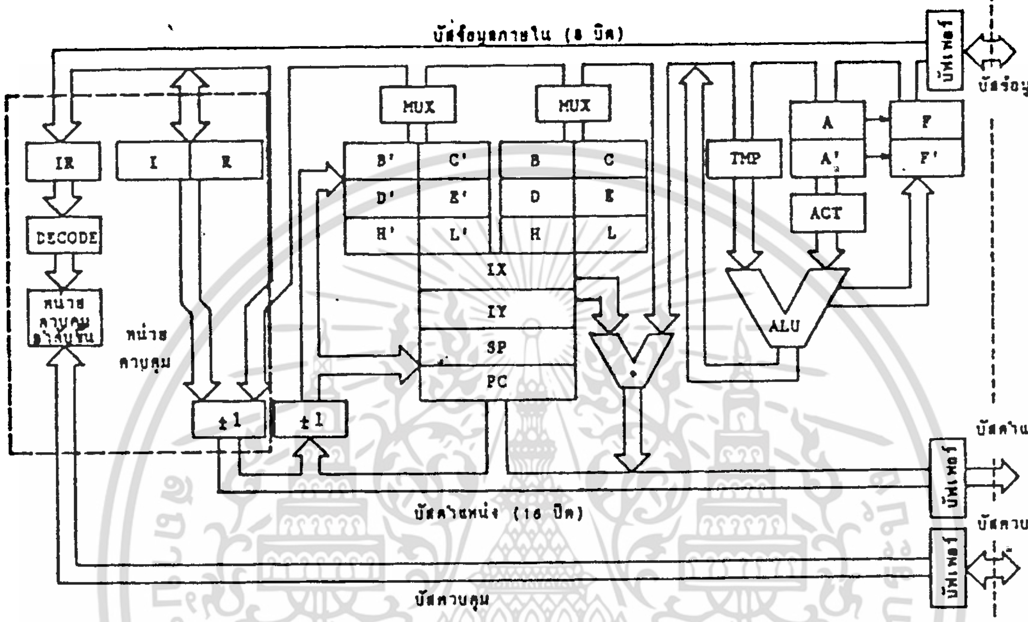
BUSAK (Bus Acknowledge) เป็นขาเอาท์พุท แอคทีฟที่ลอจิก 0 สัญญาณนี้ใช้สำหรับตอบรับการขอใช้บัส และแสดงว่าขณะนั้นบัสตำแหน่ง บัสข้อมูล และสัญญาณควบคุมที่เป็นเอาท์พุทแบบสามสถานะ อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแล้ว อุปกรณ์ควบคุมสามารถเข้ามาควบคุมบัสได้

ϕ เป็นขารับสัญญาณนาฬิกา ระดับสัญญาณแบบ TTL และต้องการตัวต้านทานเพื่อ Pull up ค่า 330 โอห์ม เพื่อต่อกับแหล่งจ่าย 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 โครงสร้างภายใน

จากรูปที่ 57 โครงสร้างภายในของ Z-80 ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 57 โครงสร้างภายในของซีพียู Z-80

1. บัสข้อมูล (Data Bus)

บัสข้อมูลเป็นบัสสองทิศทาง ทำหน้าที่ส่งข้อมูลระหว่างส่วนต่าง ๆ ของระบบ เช่น จากซีพียูไปยังหน่วยความจำ หรือจากหน่วยความจำไปยังซีพียู หรือจากซีพียูไปยังอินพุท/เอาท์พุท บัสข้อมูลภายในของซีพียู ทำหน้าที่เป็นเส้นทางส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก รีจิสเตอร์ และส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก ALU ด้วยขนาด 8 บิท

2. บัสตำแหน่ง (Address Bus)

ซีพียูจะส่งข้อมูลการเลือกตำแหน่งโดยผ่านบัสตำแหน่งนี้ โดยสามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 65536 ตำแหน่ง และยังกำหนดพอร์ทอินพุทหรือเอาท์พุทได้ 256 พอร์ท และในขณะช่วงเวลารีเฟรช (RFSH) บัสทางด้านต่ำ 7 บิท (A6-A0) จะใช้แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำแบบไดนามิกที่ได้รับการรีเฟรช

เอกสารนี้ได้รับการสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บัสควบคุม (Control Bus)

บัสควบคุมเป็นตัวนำสัญญาณ จากตัวควบคุมไปในส่วนต่าง ๆ ของระบบ เพื่อควบคุมการทำงานให้สอดคล้องกับคำสั่งที่ได้รับ หรือจากผลของการทำงานตามคำสั่งต่าง ๆ

4. ALU (Arithmatic and Logical Unit)

ALU เป็นส่วนสำคัญทำหน้าที่ประมวลผลหรือทำการคำนวณทางด้านตรรก หรือทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ การบวก(ADD) การลบ(subtract) การเปรียบเทียบ(compare) การเลื่อนบิททางซ้ายหรือขวา การเพิ่มค่า(increment) การลดค่า(decrement) การทดสอบบิท (test bit) การ SET บิท การ RESET บิท ตรรก AND ตรรก OR logic EX-OR

5. รีจิสเตอร์ภายในซีพียู

รีจิสเตอร์ภายในซีพียูแบ่งตามลักษณะการใช้งานดังนี้

5.1 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป

ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ A,F,B,C,D,E,H,L เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท และสามารถรวมกันเป็นคู่ของรีจิสเตอร์ (Register pair) คือ AF,BC,DE และ HL ทำให้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท การทำงานภายในซีพียูจะอาศัยเพียง 8 บิท หรือ 16 บิทก็ได้ โดยรีจิสเตอร์ A คือแอคคูมูเลเตอร์ และ F คือรีจิสเตอร์แฟลก ซึ่งใช้บอกสถานะของซีพียูที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ คำสั่งทางลอจิกหรือการกระทำคำสั่งอื่น ๆ ของ ซีพียู บิทต่าง ๆ ของแฟลกใช้แสดงสถานะที่แตกต่างกัน ดังนี้

S	Z	X	H	X	P/V	N	C

รูปที่ 58รูปแบบของแฟลก

C = carry flag N = negative flag P/V = parity/overflow flag

H = half carry flag Z = zero flag S = sign flag

5.2 รีจิสเตอร์สำรอง

ได้แก่ รีจิสเตอร์ A' F' B' C' D' E' H' L' ซึ่งเป็นตัวเก็บข้อมูลที่มาจาก รีจิสเตอร์หลักโดยอาศัยคำสั่งที่กำหนดไว้ และจะเก็บข้อมูลได้เพียงชั่วคราวเท่านั้น เพื่อให้รีจิส

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์หลักไปทำงานอื่นก่อน เช่น การอินเตอร์รัพท์ ดังนั้น รีจิสเตอร์พวกนี้จึงไม่สามารถทำการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และตรรกได้ และเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท เช่นกัน

5.3 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะอย่าง

1. โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter หรือ PC)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งของคำสั่งต่อไป ที่โปรเซสเซอร์จะต้องอ่านมาเพื่อปฏิบัติ

2. สแตคพอยท์เตอร์ (Stack Pointer หรือ SP)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท ทำหน้าที่ชี้ตำแหน่งของสแตคซึ่งเป็นความจำชนิด LIFO (Last In First Out) ในกรณีของ Z-80 สแตคที่ใช้เป็นสแตคแบบซอฟต์แวร์ เนื่องจากมีข้อดีที่สามารถเก็บแอดเดรสได้หลายค่า แต่มีข้อเสียที่ทำให้การส่งหรือรับข้อมูล ที่เป็นแอดเดรสทำได้ช้ากว่าสแตคฮาร์ดแวร์ ปกติ SP มีประโยชน์ในการทำโปรแกรมย่อย หรือโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ

3. อินเด็กซ์รีจิสเตอร์ (Index register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท มี 2 ตัวคือ IX และ IY ทำหน้าที่ในการเก็บฐานแอดเดรส (base address)ไว้ เพื่อใช้ชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการอ้างถึง หรือข้อมูลในอินเด็กรีจิสเตอร์อาจเป็นค่าตำแหน่งฐาน เพื่อนำไปบวกกับค่าระยะห่างที่กำหนดมากับคำสั่งก็ได้

4. เมมโมรีรีเฟรช รีจิสเตอร์ (Memory Refesh Register หรือ R)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท มีหน้าที่ในการรีเฟรชหน่วยความจำชนิดไดนามิก โดยค่าในรีจิสเตอร์ R จะเพิ่มขึ้นอีก 1 ทุกครั้งที่มีการอ่านคำสั่ง โดยข้อมูลในรีจิสเตอร์ R จะส่งออกไปยังบัสตำแหน่ง (address bus) ซึ่งเป็นจังหวะเดียวกันกับที่ซีพียูส่งสัญญาณ FRSH ออกมา

5. อินสตัคชั่น รีจิสเตอร์ (Instruction Register)

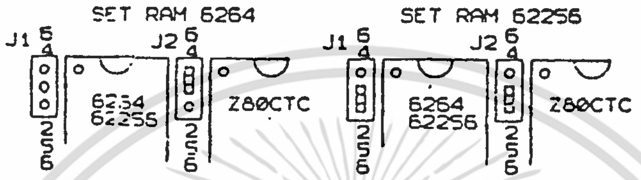
เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท มีหน้าที่ในการเก็บคำสั่งที่ส่งมาจากหน่วยความจำผ่านบัสข้อมูล และทำการแปลคำสั่งนั้นโดยใช้ตัวถอดรหัสในช่วงขณะการอ่านคำสั่ง และส่งสัญญาณออกไปควบคุมการทำงานภายใน ซีพียู

6. TEMP และ ACT

คือความจำบัฟเฟอร์ ในส่วนของอินพุทของ ALU เพื่อเก็บค่าที่ส่งมาจากบัสข้อมูลภายในไว้เพื่อมิให้ข้อมูลที่ส่งมาหายไปก่อนที่ ALU จะทำการ เพราะการถ่ายข้อมูลใช้เวลาไม่เท่ากัน โดย ACT จะเป็นบัฟเฟอร์สำหรับแอคคิวมูเลเตอร์และ TEMP จะเป็นบัฟเฟอร์สำหรับอินพุทของ ALU

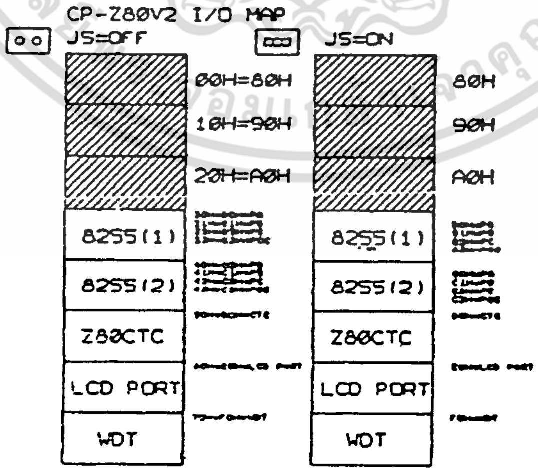
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM บอร์ด CP-Z80V2 จะต่อเลือกใช้หน่วยความจำ RAM ได้ 2 เบอร์ด้วยกันคือ เบอร์ 6264 ขนาด 8K byte หรือเบอร์ 62256 ขนาด 32K byte โดยการเลือก jumper J2 ดังรูป หน่วยความจำนี้จะ decode จากตำแหน่ง 8000H ถึง FFFFH ใน RAM นี้ยังสามารถต่อใช้เก็บข้อมูลได้ ในกรณีไฟดับโดยต่อ Battery ขนาดเล็ก 3 โวลท์ แบบตัวกลมใหญ่ไว้สำหรับ Back Up ข้อมูลใช้ J6 (BAT) ในการ ON/OFF Battery ดังรูปที่ 61



รูปที่ 61 แสดง jumper J2

PORT บอร์ด CP-Z80V2 จะมี IC PORT 8255 ให้ใช้งานได้ 2 ตัว หรือ 6 PORT ต่อใช้งาน โดยต่อออก PORT ทางขั้ว 34 PIN มาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีการต่อขั้ว 10 PIN จาก PORT C ของ 8255 ให้สามารถเลือกต่อ Key Board ขนาด 4x4 (16 KEY) ตำแหน่งการ decode กำหนดที่ J5 ดังรูปที่ 62

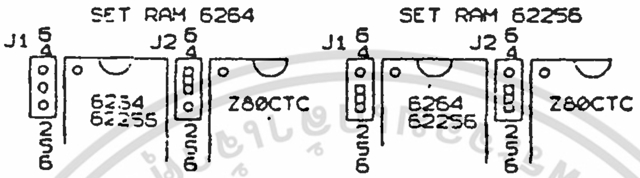


รูปที่ 62แสดงการ Decode ตำแหน่ง ตาม jumper J5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

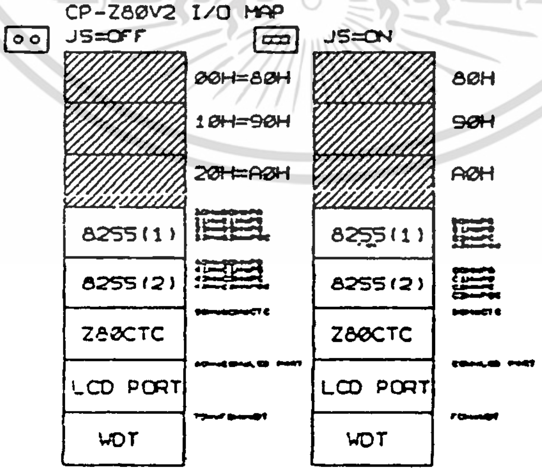
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM บอร์ด CP-Z80V2 จะต่อเลือกใช้หน่วยความจำ RAM ได้ 2 เบอร์ด้วยกันคือ เบอร์ 6264 ขนาด 8K byte หรือเบอร์ 62256 ขนาด 32K byte โดยการเลือก jumper J2 ดังรูป หน่วยความจำนี้จะ decode จากตำแหน่ง 8000H ถึง FFFFH ใน RAM นี้ยังสามารถต่อใช้เก็บข้อมูลได้ในกรณีไฟดับโดยต่อ Battery ขนาดเล็ก 3 โวลท์ แบบตัวกลมใหญ่ไว้สำหรับ Back Up ข้อมูลใช้ J6 (BAT) ในการ ON/OFF Battery ดังรูปที่ 61



รูปที่ 61 แสดง jumper J2

PORT บอร์ด CP-Z80V2 จะมี IC PORT 8255 ให้ใช้งานได้ 2 ตัว หรือ 6 PORT ต่อใช้งาน โดยต่อออก PORT ทางขั้ว 34 PIN มาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีการต่อขั้ว 10 PIN จาก PORT C ของ 8255 ให้สามารถเลือกต่อ Key Board ขนาด 4x4 (16 KEY) ตำแหน่งการ decode กำหนดที่ J5 ดังรูปที่ 62



รูปที่ 62 แสดงการ Decode ตำแหน่ง ตาม jumper J5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CTC จะใช้ไอซีของบริษัท Zilog เบอร์ Z84 30 เป็น CTC ประจำบอร์ด ซึ่งเป็น IC แบบ DIP 4 MHz บอร์ด CP-Z80V2 จะต่อขาใช้งานออกมาที่ CONNECTOR 10 PIN ดังรูป ส่วนขา INT ของ CTC นั้นจะต่อเข้ากับ INT ของ Z-80 โดยตรง

LCD PORT เป็น CONNECTOR ขนาด 20 PIN สามารถต่อ LCD ได้ 2 แบบ คือแบบ DOT MATRIX LCD หรือ GRAPHIC LCD ได้โดยตรงเพียงต่อสายจาก LCD มายังขั้วของ LCD PORT 20 PIN นี้โดยดูขาสัญญาณให้ถูกต้อง jumper J4 จะเป็นตัวเลือกว่าใช้ LCD แบบใด และ VR 10K จะเป็นตัวปรับความคมชัดของจอ LCD

WDT (Watch Dog Timer) เป็นวงจรที่จะคอยรีเซต CPU อยู่ตลอดเวลา ตามค่า เวลา ถ้าไม่มีการเรียกโปรแกรมที่จะมาทำการ disable watch dog ในวงจรนี้อยู่ที่ตำแหน่ง 70H หรือ F0H โดยการเปลี่ยนค่าเวลาของวงจร WDT ทำโดยการเปลี่ยนค่า R3,R4 และ C4 และถ้าไม่ต้องการใช้วงจร WDT สามารถตั้งที่ jumper J3 โดยถอด J3 ออกก็จะได้ค่าเวลาประมาณ 1 วินาที

40 PIN Z80 BUS สามารถต่อขยายบอร์ดได้ทาง 40 PIN Z80 BUS โดย 40 PIN Z80 BUS นี้จะมีขาต่อออกมาเช่นเดียวกับขาของ CPU Z80 ทุกประการ

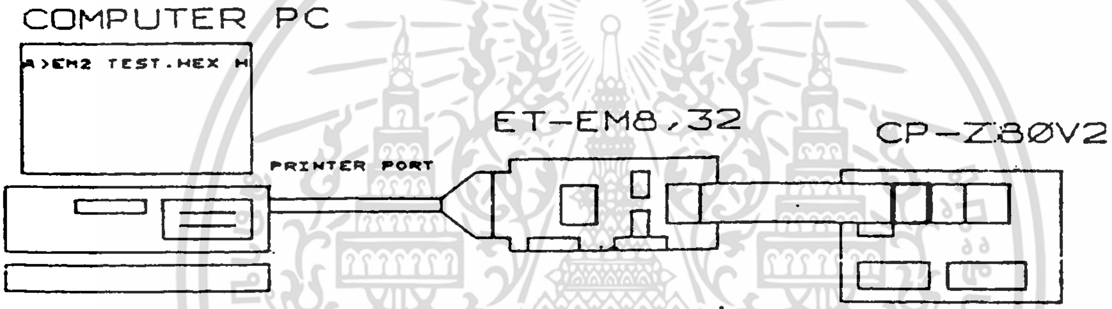
POWER SUPPLY บอร์ด CP-Z80V2 นี้ใช้ POWER SUPPLY +5V

การต่อพัฒนาเขียนโปรแกรม

บอร์ด CP-Z80V2 นี้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานขึ้นมาใช้เอง โดยการเขียนข้อมูลเข้า EPROM และนำ EPROM นั้น ๆ มาใส่ยัง SOCKET ROM บนบอร์ดเพื่อทดสอบโปรแกรม

นอกจากวิธีดังกล่าวแล้วปัจจุบันสามารถใช้ EPROM EMULATOR ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมได้โดยเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นภาษา ASSEMBLER Z80 บนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC แล้วเครื่องจะทำการแปลงเป็นภาษาเครื่อง จากนั้นใช้ ET-EM รับข้อมูลจากภาษาเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ส่งต่อมายังบอร์ด CP-Z80V2 เป็น MONITOR PROGRAM เพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรม หากโปรแกรมทำงานไม่ถูกต้องก็สามารถแก้ไขโปรแกรมที่เครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วถ่ายโปรแกรมลงสู่บอร์ด CP-Z80V2 เมื่อทดสอบจนโปรแกรมทำงานได้อย่างถูกต้องแล้ว จึงทำการ COPY โปรแกรมลงสู่ EPROM เพื่อใช้งานต่อไป ดังนั้นวิธีการนี้จึงช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็วดังรูปที่ 63

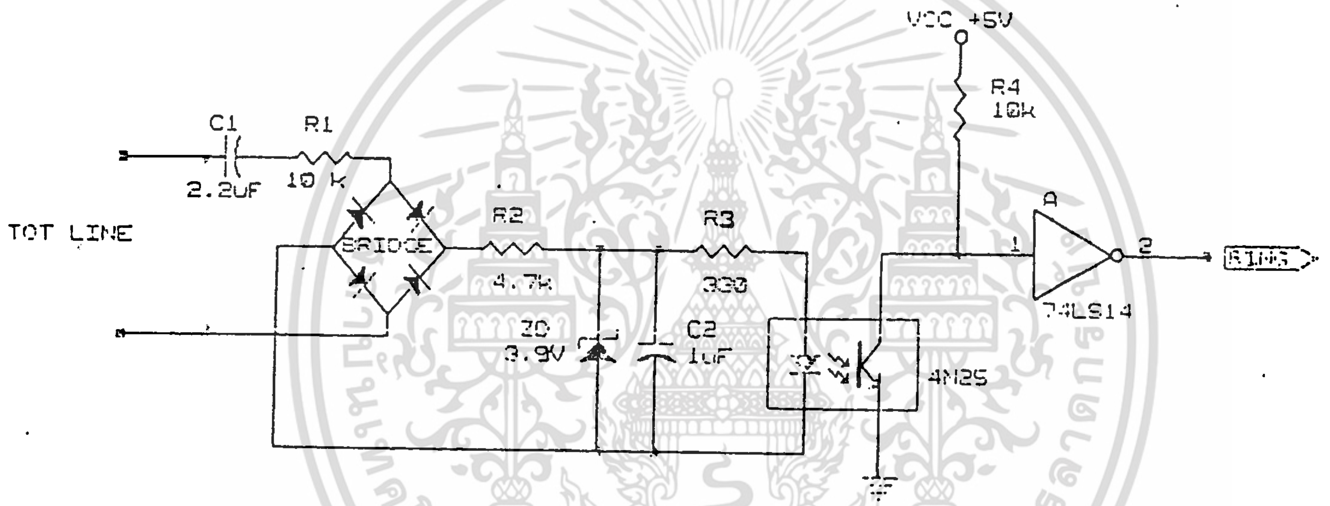
รูปที่ 63 แสดงการต่อ PC กับ EMPROM EMULATOR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Detection)

วงจรนี้จะทำการตรวจจับสัญญาณ ringing ซึ่งจะต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ จากวงจร C_1 จะทำหน้าที่กั้นแรงดันไฟ DC ที่มีอยู่ในคู่สายโทรศัพท์ จากนั้นจะเข้าชุด Rectified ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Ringing ซึ่งมีแรงดัน AC ประมาณ 100 โวลท์ ให้เป็นไฟ AC เมื่อมีสัญญาณ Ringing เข้ามาจะทำให้มีกระแสไหลผ่าน LED ประมาณ 10 mA โดยมี Zener ช่วยลดแรงดันที่ตกคร่อม LED



รูปที่ 64 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

เมื่อมีกระแสไหลผ่าน LED จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เป็นผลให้ได้ output "0" แล้วผ่าน NOT Gate จะได้เป็น Logic "1" เป็นสัญญาน Ringing ส่งไปให้ Input port ของชุด CPU เพื่อให้ CPU ทำการตรวจสอบและนับจำนวน Ringing เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓.๓ วงจรตรวจสอบสัญญาณความถี่ 400 เฮิรทซ์ (Tone Detection)

วงจรนี้จะทำการตรวจสอบสัญญาณ tone ต่าง ๆ เช่น Dial tone , Ringing tone , Ring back tone และ busy tone มีลักษณะเป็นวงจร Tone decoder หรือ Phase lock loop ซึ่งในวงจรนี้เราใช้ ไอซีเบอร์ LM 567 เป็นวงจรตรวจสอบ tone แสดงดังรูปที่ ๖๕

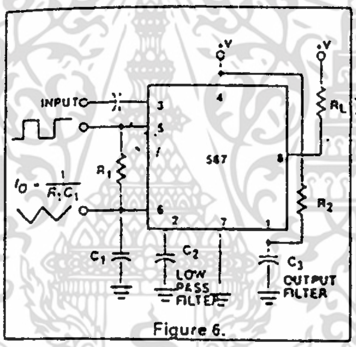


Figure 6.

รูปที่ ๖๕ วงจรตรวจสอบสัญญาณความถี่ 400 เฮิรทซ์ (Tone detection)

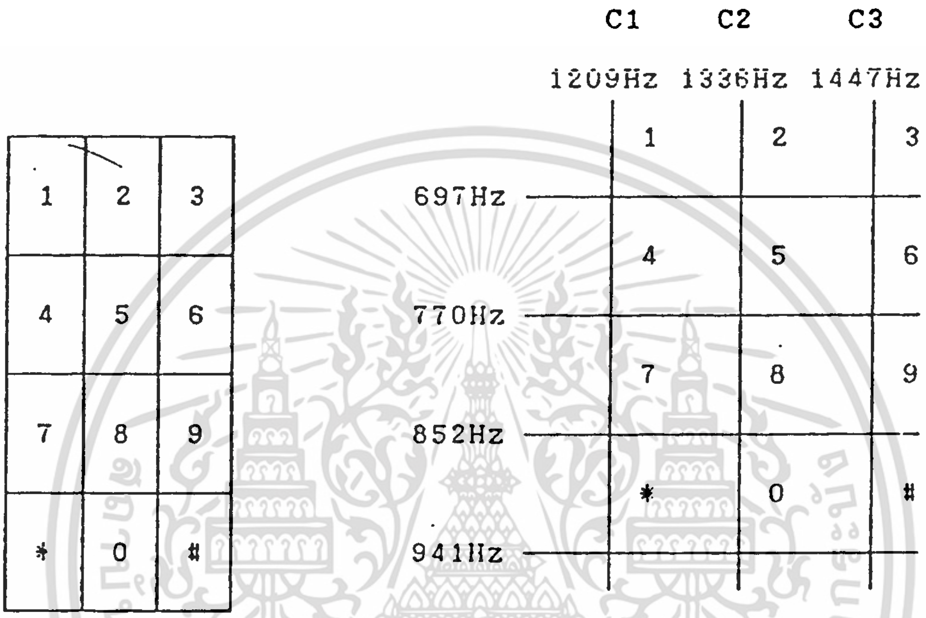
วงจรนี้ ใช้ไอซี LM 567 เป็นตัวตรวจสอบ สัญญาณความถี่ 400 Hz จากนั้นจะส่งต่อไปยัง CPU รับรู้, CPU จะทำหน้าที่ตัดสินใจว่า สัญญาณที่ได้รับเป็นสัญญาณใด ในการออกแบบวงจรเราจะใช้สูตร $C_2 = 130 / f_o$ (uF) และ $C_3 = 260 / f_o$ (uF) ในการหาค่า C_2 และ C_3 เพื่อที่จะต่อเข้ากับวงจร และใช้สูตร $f_o = 1 / R_1C_1$ เพื่อหาค่า R_1, C_1 ที่จะใช้ต่อในวงจร ซึ่ง R_1 จะต้องมีความต้านทานแบบเกือกม้า ช่วยในการปรับค่าความต้านทาน เพื่อหาค่าความถี่ที่แน่นอน

ค่าความต้านทาน R_1 C_1 จะสร้างสัญญาณ Oscilate ออกมา แล้วจะนำมาเปรียบเทียบสัญญาณความถี่กับขา 3 ซึ่งเป็น อินพุต ถ้าความถี่มีค่าตรงกัน ก็จะให้ค่าเอาท์พุต ที่ขา 8 เป็น Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 DTMF Decoder

โทรศัพท์กดปุ่มแบบ DTMF ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่ม มีการทำงานเป็นแบบ Dual Tone Muti Frequency แป้นกดแบ่งเป็น Row 4 แถว Column 4 แถว ประกอบกันในลักษณะ Matrix ใน แต่ละ Row และ Column จะมีค่าความถี่ประจำตำแหน่งอยู่ดังรูปที่ 66



รูปที่ 66 ค่าความถี่ประจำหมายเลขในระบบโทรศัพท์

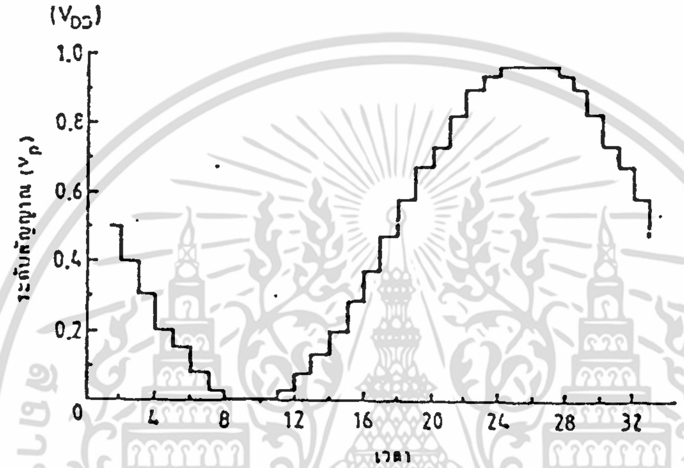
การทำงาน เมื่อกดปุ่มหมายเลขใด จะประกอบไปด้วย Tone เสียง 2 ความถี่ด้วยกันคือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ ซึ่งแต่ละหมายเลขจะให้ค่าความถี่คู่ต่างกัน จากปุ่มกดจะพบว่าหมายเลข 1,4,7 และ * อยู่ใน Column ที่ 1 โดยหมายเลขแต่ละตัวเป็นการพบกันของความถี่ทาง Row(ความถี่ต่ำ)และ Column(ความถี่สูง) เช่นกดปุ่มเลข 5 จะอยู่ใน Column ของ 1336 Hz และ Row 770 Hz ดังนั้น หากกดปุ่มเลข 5 จะได้สัญญาณ Output 2 ความถี่ออกมาซึ่งเรียกว่า DTMF

ดังนั้นในการสร้างวงจรถอดหรัส DTMF ก็เพื่อถอดรหัสค่าความถี่เหล่านี้นั่นเอง ปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้คือ IC เบอร์ MT8870 ของบริษัท INTEL ซึ่งรับสัญญาณ DTMF มาแปลงให้เป็นค่าตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิท

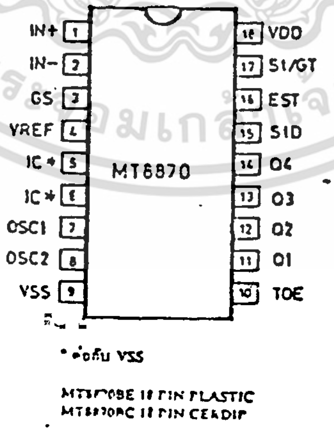
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 MT8870 DTMF Decoder

IC เบอร์นี้ทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณ Analog 2 ความถี่ แม้ว่าสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของโทรศัพท์แบบ Touch Tone จะมีลักษณะไม่เป็นคลื่น Sine ที่แท้จริงดังรูป IC เบอร์นี้ก็ยังสามารถยอมรับและถอดรหัสออกมาได้ ดังรูปที่ 67



รูปที่ 67 ลักษณะสัญญาณ DTMF ที่ได้จากโทรศัพท์



รูปที่ 68แสดงรายละเอียดขาของ MT8870

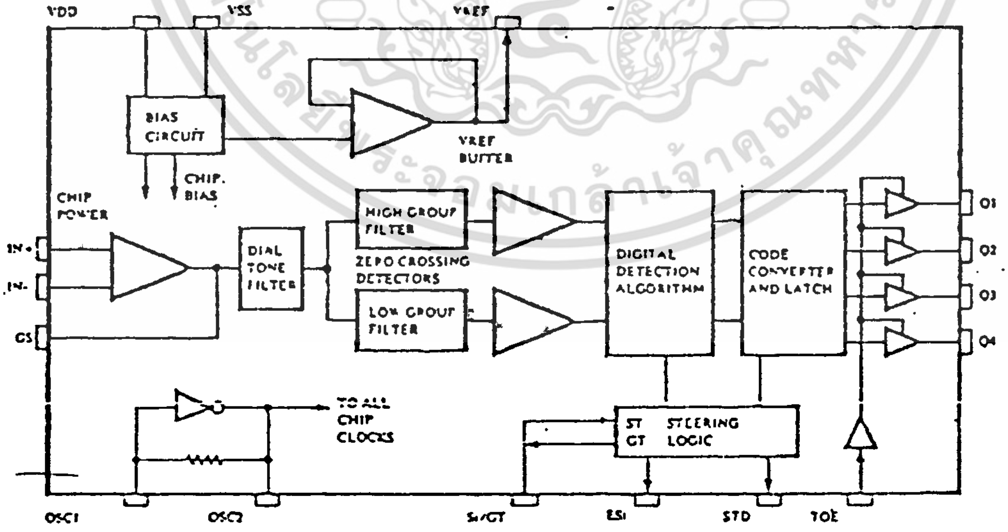
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ DTMF
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราการขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

3.5.2 โครงสร้างภายในของ MT8870

MT8870 ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล ในส่วนของวงจรความถี่ใช้เทคนิค Switch Capacitor Filter สำหรับกรองความถี่สูงและความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกมาเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท และตรวจสอบช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยอุปกรณ์ภายนอกต่อกับเอาท์พุทที่เป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ



รูปที่ 69 โครงสร้างภายในของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ฟังก์ชั่นการทำงานภายใน

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

2. ภาคถอดหรัส (Decoder section)

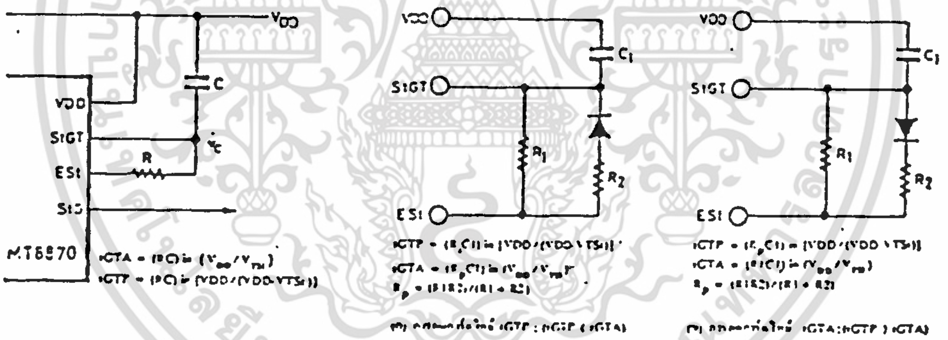
F_{LOW}	F_{HIGH}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0
697	1633	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

ตารางที่ 1
แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จาก
ความถี่ต่าง ๆ

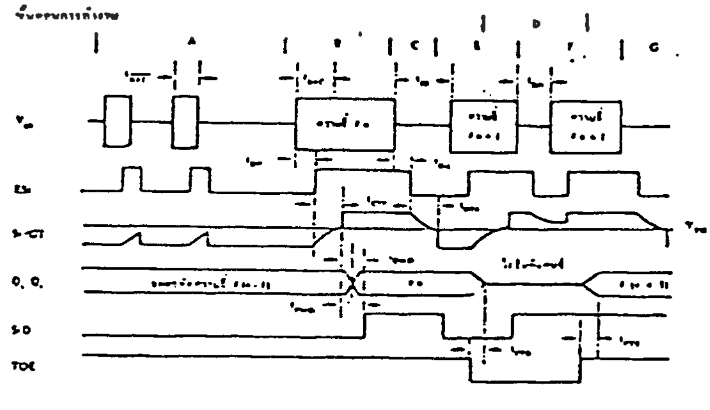
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่า เป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา ESt (early steering) จะแอคทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้นแสดงในตารางที่ 1

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลา ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตุจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา ESt จะเป็น "high" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาจากรูปที่ 70 เมื่อขา ESt เป็น "high" ทำให้ Vc สูงขึ้นตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัส ออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิท รายละเอียดการทำงานสามารถดูได้จาก Timing diagram ในรูปที่ 71



รูปที่ 70 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ และการกำหนดเวลาการ์ดไทม์



รูปที่ 71 แสดงแผนภูมิเวลา (Timing diagram) ของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A ตรวจพบความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาท์พุทไม่เปลี่ยน

B ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลทช์ไว้ที่เอาท์พุท

C จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลทช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D เอาท์พุทเปลี่ยนเป็น high impedance

E ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลทช์ไว้

F ความถี่ #n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลทช์อยู่

G จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลทช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

สัญลักษณ์

V_{in} สัญญาณความถี่ ที่เข้ามา

ESt Early steering output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/Gt Steering input/Guard time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q_1-Q_4 เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิท

StD Delayed Steering output ใช้แสดงค่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็น high impedance

t_{REC} คาบเวลานานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} เวลาที่ใช้ไปในการตรวจการหายไป ของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

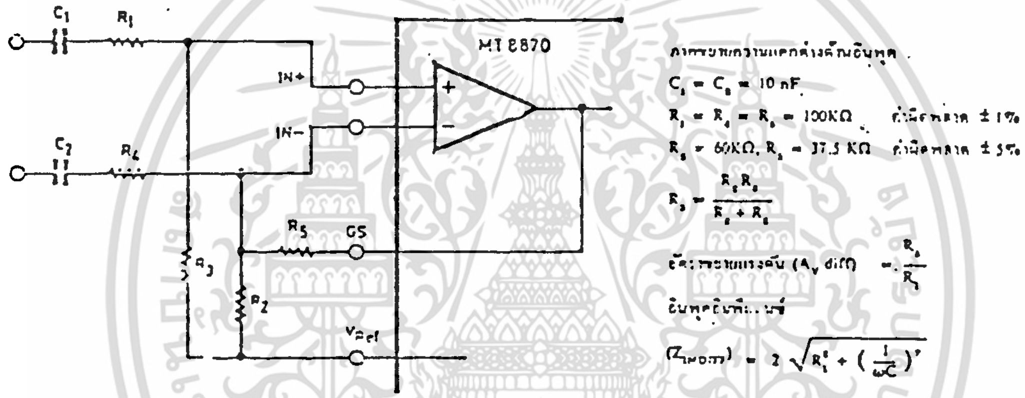
t_{GTP} การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (Guard Time) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่า ช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่า สัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่เราตั้งไว้ จึงสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 71

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input) วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปดังรูปที่ 72 ซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

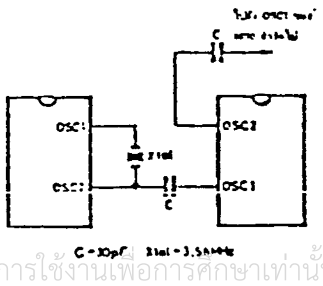


รูปที่ 72แสดงการต่อวงจรภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

อัตราการขยาย (A_v diff) = R_5/R_1

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

5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) ในภาคนี้ภายในไอซีมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงต่อ X-TAL ขนาด 3.57 MHz ก็สามารถใช้งานได้ ลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 73



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 73 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

๓.๘ Digital Voice Recorder

แนวความคิด

1. ต้องปราศจากกลไกต่าง ๆ ในการทำงาน
2. สามารถบันทึกได้ต่อเนื่องกันไม่ต่ำกว่า 2 นาที
3. สามารถเรียกข้อมูลกลับมาใช้ใหม่ได้ อย่างรวดเร็ว
4. สามารถกำหนดตำแหน่งในการบันทึกได้ และเรียกใช้ข้อมูลแต่ละตำแหน่งได้
5. สามารถใช้งานร่วมกับชุด CPU ได้

๓.๘.๑ วงจรใช้งาน

การบันเสียงสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ ใช้วิธีการทางดิจิตอล ทำให้ไม่ต้องการใช้กลไกเคลื่อนไหวใด ๆ ดังเช่นแบบเดิม แต่จะใช้อุปกรณ์หน่วยความจำเก็บข้อมูลแทนเส้นเทป หรือแผ่นเสียง เทคนิคการบันทึกเสียงด้วยระบบ Digital มีด้วยกันอยู่หลายวิธี แต่ในโครงงานนี้จะใช้ระบบ Digital Modulation

ในการบันทึกเสียงระบบดิจิตอล ไม่ว่าจะใช้วิธีการใดก็ตามจะประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ ส่วนแรกทำหน้าที่ แปลงสัญญาณเสียงที่เป็นอนาลอก ให้เป็นข้อมูลดิจิตอล แล้วจึงนำไปบันทึกลงในหน่วยความจำซึ่งเป็นส่วนที่สอง และส่วนสุดท้ายคือส่วนที่ทำหน้าที่ แปลงข้อมูลดิจิตอลจากหน่วยความจำออกมาเป็นสัญญาณอนาลอก

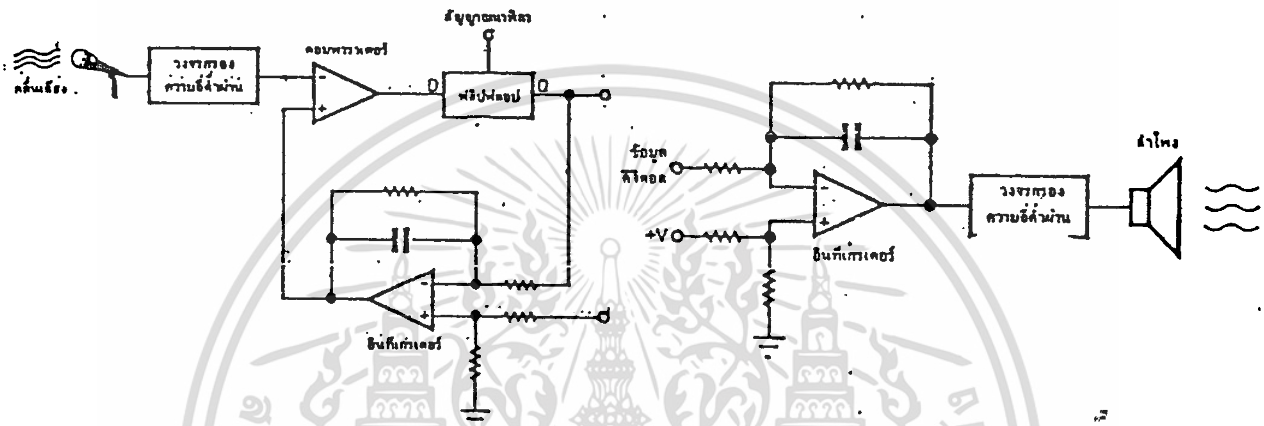
๓.๘.๒ Delta Modulation

เทคนิคของ Delta Modulation จะไม่ใช้การสุ่มสัญญาณหนึ่งจุดแล้วเป็นข้อมูลดิจิตอลหนึ่งเวิร์ด ที่มีความละเอียดเป็นจำนวนบิทที่ต้องการ แต่จะใช้วิธีเปรียบเทียบความสูง หรือการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเสียงแทน ข้อมูลที่ได้ก็คือ ทิศทางของการเปลี่ยนแปลงซึ่งก็มีเพียงขึ้นหรือลงเท่านั้น ดังนั้นความกว้างของข้อมูลดิจิตอล จึงใช้เพียงบิทเดียวก็เพียงพอ ข้อดีของวิธีการนี้ก็คือ ใช้หน่วยความจำน้อยกว่าแบบอื่น ๆ

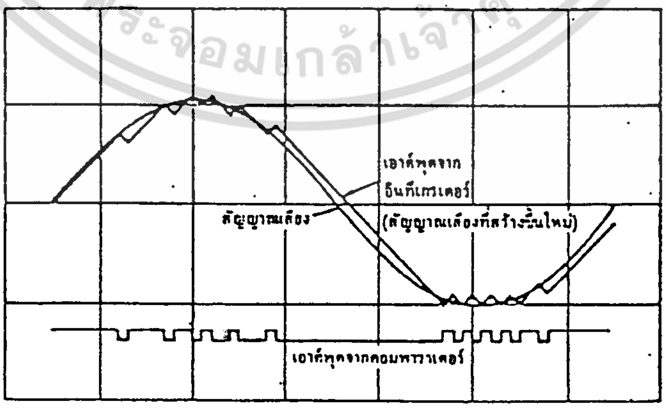
จากรูปที่ 74 เป็นวงจรเบื้องต้นของ Delta Modulation คอมพาราเตอร์จะทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทปัจจุบัน กับอินพุทก่อนหน้าซึ่งได้จากการป้อนกลับมายังอินติเกรเตอร์ เอาท์พุทจากการเปรียบเทียบ ถูกป้อนผ่านฟลิปฟลอป ที่ควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก็คือการกำหนดอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นเอง สัญญาณที่ได้จาก การเปรียบเทียบและจากการอินติเกรต เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุท แสดงในรูปที่ 75 ลักษณะเช่นนี้จะพบว่ายิ่งความถี่ของสัญญาณนาฬิกามีค่าสูง ก็ยิ่งสามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่แคบได้มากขึ้น ทำให้ได้คุณภาพเสียงที่ดีขึ้น แต่ก็สิ้นเปลืองหน่วยความจำมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 74 วงจรเบื้องต้นของ Delta Modulation



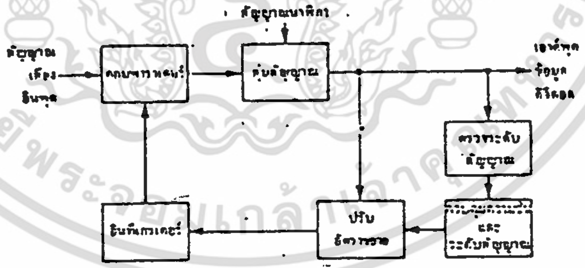
รูปที่ 75 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทกับสัญญาณอนาลอกที่ได้จากการอินติเกรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

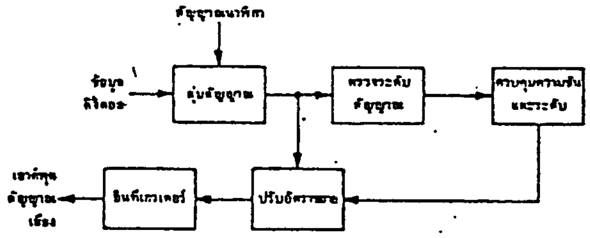
૩.๖.๓ CVSD

ข้อจำกัดของวิธีการ Delta Modulation ก็คือแถบกว้างความถี่ที่ใช้งาน ซึ่งถูกจำกัดโดยความถี่สัญญาณนาฬิกา และจะสูงกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุท มากกว่า 2 เท่าขึ้นไป อีกอย่างหนึ่งก็คือ ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงความสูงของสัญญาณ หรือ ไดนามิกเรนจ์ ระบบ Delta Modulation ธรรมดามีค่าไดนามิกเรนจ์ที่แคบ จำเป็นต้องมีส่วนเพิ่มเติม ทำหน้าที่ขยายไดนามิกเรนจ์ให้กว้างโดยควบคุมอัตราการขยายของอินติเกรเตอร์ เพื่อให้ตอบสนองต่อสัญญาณที่มีความชันมาก ๆ ได้ทัน ระบบนี้มีชื่อเรียกใหม่ว่า ระบบ Delta Modulation แบบเปลี่ยนแปลงความชันต่อเนื่อง หรือ CVSD (Continuous Variable Slop Delta modulation)

ระบบ CVSD ทั้งส่วนแปลงจากอนาลอกเป็นดิจิตอล และส่วนแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นอนาลอก แสดงในรูปที่ 76 และ 77 ตามลำดับ วิธีการของ CVSD ก็คือ มีการตรวจระดับสัญญาณ โดยอาจใช้วิธีการจัดให้มีรีจิสเตอร์ สำหรับเก็บข้อมูลดิจิตอลล่าสุดจำนวน 3 ถึง 4 บิท แล้วตรวจดูว่าเป็น "0" หมดหรือ "1" หมดหรือไม่ ถ้าใช่แสดงว่าอัตราขยายของอินติเกรตเตอร์ต่ำเกินไป ตอบสนองต่อความชันของสัญญาณไม่ทัน ก็จะทำการเพิ่มอัตราขยายให้สูงขึ้นในช่วงนั้น ในส่วนของการแปลงกลับก็ต้องมีการทำงาน ในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 76 แผนผังการทำงานของ CVSD ในส่วนของการแปลงสัญญาณเสียงเป็นดิจิตอล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

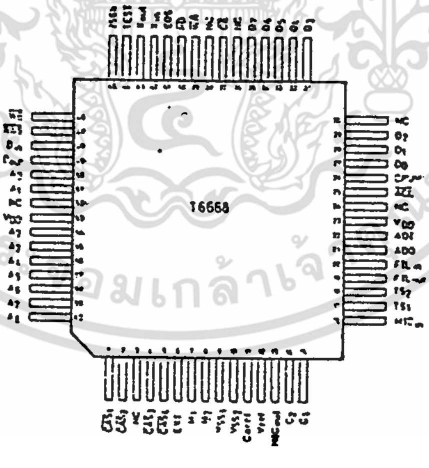
รูปที่ 77 แผนผังการทำงานของ CVSD ในส่วนแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นสัญญาณเสียง

๓.๖.๔ ไอซีบันทึกเสียงสำเร็จรูป T6668

ไอซีเบอร์ T6668 นี้เป็นของบริษัท โตชิบา มีฟังก์ชันการทำงานค่อนข้างสมบูรณ์ ประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวางและสะดวก มีรูปร่างภายนอกเป็นแบบติดตั้งบนผิวหรือ surface mount ขนาด 60 ขา ต่ออยู่กับหน่วยความจำชนิดไดนามิกขนาด 60 K x 1 bit ได้โดยตรง 4 ตัว ใช้คริสตอลควบคุมความถี่ของสัญญาณนาฬิกา เปลี่ยนบิตเรตโดยใช้ดิปสวิทช์ เลือกหน้าของหน่วยความจำแยกบันทึก/เล่นกลับได้ เมื่อหน่วยความจำ 256 k x 1 (41256) จำนวน 4 ตัว ที่บิตเรต 16 K จะบันทึกได้นาน 64 วินาที

T6668 นี้สมบูรณ์ในตัว ทางด้านอินพุทสามารถต่อไมโครโฟนเข้ากับไอซีได้เลย ด้านเอาท์ก็เพิ่มภาคขยายอีกส่วนเดียว วงจรที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 78

รายละเอียดขาใช้งานของ T6668



รูปที่ 78 แสดงตำแหน่งขาของ T6668

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_0 - A_8 : ขาแอดเดรสต่อกับแรม

D_{in} - D_{out} : ขาดาต้าต่อกับแรม

ARS, WE : สัญญาณควบคุมแรม

CAS_1 - CAS_4 : ขาเลือกแรมแต่ละตัว

M_1, M_2 : ใช้กำหนดจำนวนแรมที่ใช้

ตารางที่ 2 การกำหนดชนิดและจำนวนแรมที่ใช้

ชนิดและจำนวน	256 K (ขา145)	M_2	M_1
4164x1	0	0	0
4164x2	0	0	1
4164x3	0	1	0
4164x4	0	1	1
41256x1	1	0	0
41256x2	1	0	1
41256x3	1	1	0
41256x4	1	1	1

256 K : เลือกขนาดแรม ต่อกราวด์ใช้ 4164 ต่อ ไฟบวกใช้ 41256

EOS : เอาท์พุทเป็น High เมื่อจบข้อความที่บันทึก

MIC_{in} ,MIC_{out} : อินพุทและเอาท์พุตของภาคขยายส่วนหน้า

AD_1 ,AD_0 : อินพุทของสัญญาณอนาลอกที่จะนำไปแปลงเพื่อบันทึก และเอาท์พุท อนาลอกที่ได้จากการอ่าน

FIL_{in} ,FIL_{out} : วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

C_1 . C_2 : ต่อตัวเก็บประจุภายนอก

ACL : ขารีเซต แอคทีฟโลว์

X_{in} ,X_{out} : คริสตอลออสซิลเลเตอร์ ความถี่ 650 kHz

CPUM,CE : ขาสัญญาณควบคุมสำหรับอินเตอร์เฟสกับ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WR : ขาอินพุทสัญญาณควบคุมสำหรับเปลี่ยนไปโหมดการบันทึก

D_4 , D5 : เริ่มต้น และหยุดการนับของเคาน์เตอร์ภายในสำหรับการบันทึกและการเล่นกลับ

D_6 , D_7 : กำหนดบิตเรต

ตารางที่ 3 การกำหนดอัตราเร็วของข้อมูล

บิตเรต	D_7 (ขา 35)	D_6 (ขา 34)
8 K	0	0
11 K	0	1
16 K	1	0
32 K	1	1

D_0- D_3 : เลือกหน้าของหน่วยความจำ สำหรับการบันทึกแบ่งได้สูงสุด 16 หน้า ตามรหัสเลขฐาน 2 แต่ละหน้าไม่กำหนดความยาวแล้วแต่จะกด Stop (D_5) เมื่อใดก็จะมีการบันทึกเอาไว้ด้วยโดยอัตโนมัติ

V_{DD}, V_{SS} : ขาไฟเลี้ยง และกราวด์

3.6.5 วงจรการทำงาน

จากคุณสมบัติของไอซีเบอร์ T6668 นี้เมื่อนำมาประกอบเป็นวงจรการทำงานโดยสมบรูณ์จะได้ดังรูปที่ 50 ซึ่งมีการทำงานดังนี้

T6668 จะทำการรับสัญญาณเสียงพูดเข้ามาทำการขยาย แล้วเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นข้อมูลดิจิตอล แล้วไปเก็บไว้ที่ไดนามิกแรมโดย CPU ภายในจะทำการเลื่อนแอดเดรสที่จะนำเข้าไปเก็บเองโดยอัตโนมัติเมื่อทำการแปลงข้อมูลจาก D/A จะใช้อัตรา 10 bit D/A เพื่อเปลี่ยนเป็นเสียงเช่นเดิม การอัดเข้าไปเราสามารถเลือก Speed ได้ 4 Speed โดยการเลือกที่ D_6 , D_7 จากตารางที่ 1 สำหรับในโครงงานนี้จะใช้สัญญาณจากชุด CPU มาเป็นตัวกำหนด

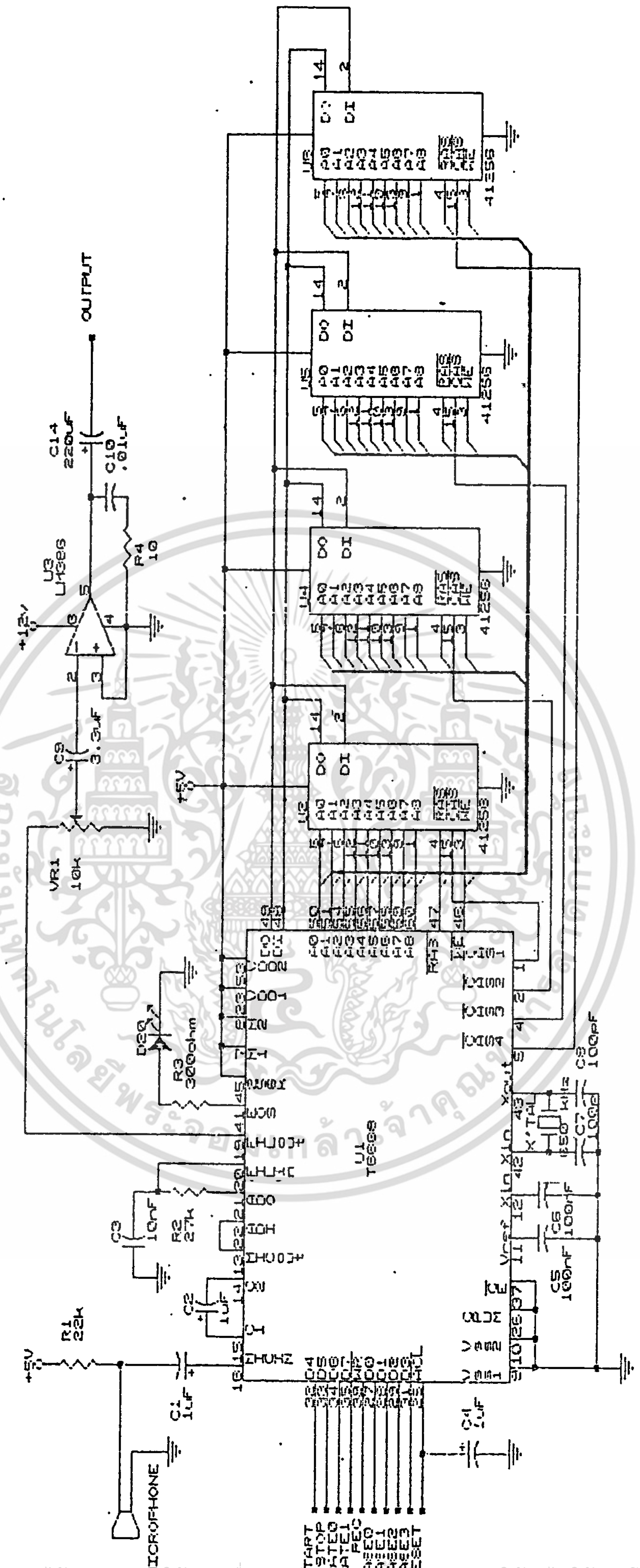
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเลือกให้ทำงานที่ 8 Kbps จะทำให้อัดหรือเล่นได้นาน 128 วินาที ถ้าเป็น 11 Kbps จะได้นาน 93 วินาที ถ้าเป็น 16 Kbps ก็จะได้นาน 64 วินาที และถ้าเลือกเป็น 32 Kbps ก็จะได้นาน 32 วินาที

การทดลองใช้ X-TAL 650 KHz เป็นฐานความถี่และต่อกับแรม 256 K จำนวน 4 ตัว ทำให้ความจุของ Memory เพิ่มขึ้นเป็น 1 Mbit การอัดเมื่อเราอัดที่ Speed ใด Speed หนึ่งเสร็จแล้วเราสามารถที่จะนำกลับมาเล่นที่ Speed อื่นได้ ทำให้เราสามารถเร่งหรือลดความเร็วของเสียงได้ตามต้องการ ถ้าเราต้องการอัดเสียงสูง ๆ ให้ได้ผลดีควรจะใช้ Speed สูง ๆ ในการอัดด้วยจึงจะทำให้เสียงที่อัดออกมาดี

T6668 สามารถเลือกใช้ Memory ได้ 2 ขนาด คือ 64 K และ 256 K โดยการเลือกขาที่ 45 ของไอซี และสามารถเลือกจำนวน Memory ได้ตั้งแต่ 1 ถึง 4 ตัว โดยการเลือกที่ขา 7 และขา 8 (M_1 และ M_2) ตามตารางที่ 2 สำหรับในโครงงานนี้ได้เลือกแรมชนิด 256 K จำนวน 4 ตัว จึงได้ต่อขาที่ 45,7 และ 8 เข้ากับ Vdd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 79 วงจรทำงานโดยสมบูรณ์ของ ไอซีเบอร์ T6668

3.6.6 การทดสอบวงจรใช้งาน

ในการทดสอบวงจรที่ออกแบบมานั้น จะใช้สวิทช์สั่งงานแทนการสั่งงานจาก CPU ลักษณะการทำงานจะเป็นดังนี้

1. เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง LED 1 จะติด

2. กดสวิทช์ไปที่ตำแหน่ง บันทึก ค้างไว้

3. เลือกช่องที่จะบันทึกโดยใช้สวิทช์ 4 ตัว ซึ่งจะไปกำหนดค่า D_0 - D_3 ในลักษณะ Binary code ดังตารางที่ 3

4. เลือกสวิทช์เพื่อตั้ง Speed ตามตารางที่ 2

5. กดปุ่มสวิทช์ Start แล้วไฟที่ LED จะดับ แสดงว่าเครื่องกำลังอัดคำพูดเข้าไปเก็บ เมื่อพูดจบแล้วจึงกดสวิทช์ Stop ไฟที่ LED จะสว่าง ในกรณีที่เราพูดนานกว่าเวลาที่กำหนดเมื่อครบกำหนดเวลาเครื่องจะหยุดบันทึกโดยอัตโนมัติ ไฟที่ LED จะสว่างขึ้นมาเพื่อบอกให้เรารู้ว่าเป็นการสิ้นสุดการบันทึกใน 1 ช่อง

6. ถ้าเราต้องการบันทึกในช่องอื่น ๆ อีก ก็ทำเช่นเดียวกัน แต่รวมเวลาของแต่ละช่องต้องไม่เกินเวลาที่กำหนดไว้

7. การอ่านทำโดยการยกเลิกสวิทช์ WR

8. เลือกช่องที่จะอ่านและ Speed

9. กดสวิทช์ Start เครื่องจะพูดตามที่อัดไว้ ถ้าเรากดสวิทช์ซ้ำกันหลายครั้งในระหว่างพูดเครื่องจะจำได้ว่ามีการกดสวิทช์ Start ขึ้นเพียงครั้งเดียวและจะพูดซ้ำอีกเมื่อพูดจบ

10. เมื่อต้องการให้เครื่องพูดติดต่อกัน ทำได้โดยการเลือกช่องแรกกด Start เสร็จแล้วกดสวิทช์ซ้ำอีกทีหนึ่ง เครื่องจะพูดซ้ำอีกตามต้องการได้

จากลักษณะการทำงานที่กล่าวมานี้ จึงทำให้สามารถกำหนดให้ เครื่องตัดต่อคำพูดได้ พูดซ้ำได้ เร่งหรือลด Speed คำพูดได้ ซึ่งการควบคุมการทำงานดังกล่าวนี้สามารถกำหนดได้จาก CPU โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การเลือกช่องสำหรับการบันทึก

D_0	D_1	D_2	D_3	ช่องที่
0	0	0	0	1
0	0	0	1	2
0	0	1	0	3
0	0	1	1	4
0	1	0	0	5
0	1	0	1	6
0	1	1	0	7
0	1	1	1	8
1	0	0	0	9
1	0	0	1	10
1	0	1	0	11
1	0	1	1	12
1	1	0	0	13
1	1	0	1	14
1	1	1	0	15
1	1	1	1	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 DTMF ENCODER

TCM 5089 เป็น tone encoder ที่ออกแบบมาเพื่อกำเนิดสัญญาณ dial tone ที่ใช้ในโทรศัพท์แบบ dual tone ซึ่งตัวมันจะใช้คริสตอลความถี่ 3.579545 MHz ในการกำเนิดความถี่ 8 ความถี่ที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน Dual Tone Muti Frequency (DTMF) โดยไม่ต้องมีการปรับแต่งความถี่ใด ๆ

การกำเนิดสัญญาณ dual tone จะกำเนิด tone ทาง column มา 1 ความถี่และทาง row มาอีก 1 ความถี่ แล้วรวมเข้าด้วยกันเป็นความถี่ output ซึ่งตารางจะแสดงค่าความถี่ที่ผลิตขึ้นโดย tone encoder ดังนี้

TONE	DTMF STANDARD (Hz)	ENCODER OUTPUT* (Hz)	ERROR FROM STANDARD* (%)
Row 1	697	701.3	+0.62
Row 2	770	771.4	+0.19
Row 3	852	857.2	-0.61
Row 4	941	935.1	-0.63
Column 1	1209	1215.9	+0.57
Column 2	1336	1331.7	-0.32
Column 3	1477	1471.9	-0.35
Column 4	1633	1645	+0.73

*Using an input signal from a 3.579545-MHz crystal.

ตารางที่ 5 แสดงค่าความถี่เอาท์พุทของ TCM 5089

<u>การทำงาน</u>

Keyboard และ Electronic inputs

tone ที่กำเนิดกำหนดจาก row และ column การกดปุ่มบน keyboard แบบ 2-of-8 จะส่งผลให้เกิดความถี่ตาม row และ column ผสมกัน

<u>Single Tone Enable Input</u>

หากขานี้เป็น "0" จะทำให้ TCM 5089 ไม่สามารถกำเนิด tone ได้

หากขานี้เป็น "1" จะทำให้ TCM 5089 สามารถกำเนิด tone ได้ตามปรกติ

<u>Tone Enable Input</u>

หากขานี้เป็น "0" จะทำให้ tone ไม่สามารถส่ง output ออกได้

<u>Key Board Active Output</u>

เป็น output เตรียมไว้เพื่อต่อกับภายนอกเช่น transmitter, receiver หรืออื่น ๆ โดย output นี้จะเป็น "0" เมื่อมีการกด key ใด ๆ และจะเป็น "1" เมื่อไม่มีการกด key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของวงจรบันทึกเสียงพูดนั้นปกติจะใช้เทปในการบันทึกเสียง ซึ่งมีข้อเสียอยู่ที่การเข้าถึงโดยบันทึกและค้นหาได้ช้า ดังนั้นในโครงงานนี้จึงนำเอาวิธีการบันทึกเสียงในระบบดิจิตอลมาใช้โดยใช้ไอซี T6668 ซึ่งเป็น VOICE PROCESSOR และเก็บข้อมูลลงใน DRAM แต่เนื่องด้วยความสามารถในการในการติดต่อกับ DRAM ของไอซี T6668 จำกัดได้เพียง 1 Mbite (256k*4) ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดเรื่องเวลาในการบันทึกและส่งผลกระทบต่อคุณภาพเสียงกล่าวคือ หากใช้ความเร็วในการบันทึกเสียงที่สูง เช่นที่ความเร็ว 32 kbps บันทึกได้32วินาทีจะได้คุณภาพเสียงที่ดีมาก หากใช้ความเร็วที่ 8 kbps จะบันทึกได้ 128 วินาที จะได้คุณภาพเสียงที่ไม่ดีนักจะเกิดปัญหาในการฟังได้ และยังมีปัญหาในเรื่องของช่องการบันทึกคือการบันทึกเสียงของแต่ละช่องจะต่อเนื่องกันและมีเวลาจำกัด เช่นใช้ความเร็วในการบันทึก 32 kbps หากบันทึกช่องแรกใช้เวลา 16 วินาที จะเหลือเวลาอีก 16 วินาทีในการบันทึกเสียงลงในช่องที่ 2 และจะไม่สามารถบันทึกลงในช่องที่ 3 ได้อีก

ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้ทำการแก้ไขปัญหา ในเรื่องระยะเวลาในการบันทึก และจำนวนช่องโดยการใช้ความสามารถของ ซีพียู ร่วมกับ ไอซี 74138 และ 7432 เพื่อขยายระยะเวลาและขยายช่องในการบันทึกให้พอเพียงกับความต้องการได้ และยังสามารถเลือกความเร็วในการบันทึกได้ ซึ่งในโครงงานนี้ได้จัดทำช่องบันทึกเสียงไว้ 4 ช่องสำหรับบันทึกคำพูดโต้ตอบ และอีก 8 ช่องสำหรับบันทึกเสียงในการฝากข้อความแต่ละช่องสามารถบันทึกเสียงได้นาน 32 วินาที ซึ่งเพียงพอในการใช้งาน

และเมื่อนำวงจร voice processor มาต่อร่วมกันจะเกิดสัญญาณรบกวนเป็นเสียงฮัม ซึ่งได้แก้ไขโดยต่อ capacitor คล่อมระหว่างไฟ +5V กับ GND ทำให้สัญญาณรบกวนหายไป

ในส่วนของวงจร Interrupt ส่วนนี้รับสัญญาณมาจาก switch และ sensor ต่างๆ ซึ่งจะต่อมาผ่าน opto-isolator เพื่อลดสัญญาณรบกวน และให้สามารถต่อสายไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ได้ไกลขึ้น สัญญาณจากเอาท์พุทของ opto-isolator จะต่อเข้ากับไอซี 74123 เพื่อสร้าง pulse เพียง 1 ลูก ส่งให้กับไอซี 74148 ทำการเข้ารหัสส่งต่อให้กับ ซีพียู รับทราบต่อไป การใช้ไอซี 74123 นี้เพื่อตัดการทำงานของ switch หรือ sensor ที่จะทำงานค้างตลอดเวลาทำให้โปรแกรม INT ทำงานวนลูปตลอดหมดปัญหา เพราะไอซี 74123 จะสร้าง pulse 1 ลูกออกมาเท่านั้นและการใช้ไอซี 74148 ทำการเข้ารหัสเพื่อประหยัดพอร์ทที่ติดต่อกับซีพียู แต่ในการทดลองวงจรนี้มีปัญหาเกิดสัญญาณรบกวนอยู่บ้าง ทำให้เกิดการ Interrupt ขึ้นเองเป็นบางครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจากโครงงานนี้ได้ใช้ KEYPADชนิด membrane ซึ่งจะเกิดปัญหาในการสแกน หากต่อสายของ KEYPAD ยาวเกินไปหรือใกล้สายสัญญาณอื่น การแก้ปัญหาต้องทำให้สายของ KEYPAD นี้สั้นที่สุด

สำหรับวงจรอื่นได้ทำการทดลองแล้วสามารถทำงานได้ปกติ

ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่ง ที่มิได้เกิดจากการทำงานของวงจรในโครงงานคือ ปัญหาที่การทำงานของบริษัทที่ให้บริการวิทยุติดตามตัวนี้กล่าวคือ บางบริษัทระบบเรียกอัตโนมัติใช้งานไม่ได้บ้าง และบางครั้งทำงานผิดพลาดบ้าง ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของ เครื่องตอบรับทางโทรศัพท์และเรียกวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานต่อเนื่อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ Project 1 และ Project 2 ในโครงงานระยะแรก (Project 1) นี้ ก็จะเป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทั้งหมด ในการทำโครงงานชิ้นนี้ ว่าจะต้องใช้อุปกรณ์ และรูปแบบของวงจรอย่างไรบ้าง เพื่อให้มีฟังก์ชั่นการรทำงานเป็นไปตามรูปแบบ และขอบเขตที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งอาจจะมีการปรับปรุงแก้ไข ทั้งในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้งานกับวงจรจริง คุณภาพของวงจร ข้อดีข้อเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งในส่วนที่กล่าวมานี้ จะเป็นรูปแบบโครงงานทางด้าน Hardware เสียเป็นส่วนใหญ่ ในส่วนของ Software ที่จะนำมาใช้กับวงจรการทำงานซึ่งใช้ Z - 80 เป็น CPU ควบคุมการทำงานนั้นใน Project 1 นั้น เป็นโปรแกรมที่ได้คิดทำขึ้นส่วนหนึ่ง เพื่อให้ใช้กับงานได้ในช่วงแรก ส่วนในโครงงานที่ 2 ตัวโปรแกรมจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในรายละเอียด เพื่อให้นำมาใช้งานได้กับวงจรจริง โดยมีฟังก์ชั่นการทำงานที่ถูกต้อง และเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

โครงงานใน Project ที่2 นี้ ได้มีการปรับปรุงแก้ไขในส่วนของ Hardware ให้มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยเฉพาะขีดความสามารถ ในเรื่องของหน่วยความจำ และคุณภาพของเสียงที่ทำการบันทึกไว้ ในส่วนของ Softtware จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขอยู่ตลอดเวลา เนื่องจาก การทำงานของเครื่องร่วมกับระบบโทรศัพท์นี้ และระบบวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ มีข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องของระบบอยู่ตลอดเวลา จึงต้องแก้ไขให้การทำงานเป็นไปอย่างถูกต้องที่สุด

ปัญหาโดยส่วนใหญ่จะเกิด จากการทำงานของระบบ ที่ให้บริการวิทยุติดตามตัวดังกล่าว การแก้ไขของโครงงาน คงจะแก้ที่ระบบไม่ได้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องแก้ไข Sofware และ Hardware ของโครงงานเอง ซึ่งต้องมีการดัดแปลงและแก้ไขอยู่ตลอดเวลา

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำโครงงานนี้ก็คือ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาตั้งระบบการทำงานที่เกี่ยวข้องดับโครงงาน เช่น ระบบโทรศัพท์และระบบวิทยุติดตามตัวอัตโนมัติ ในเรื่องของความถี่ที่ใช้งานจริง ๆ เวลาที่มีการติดต่อกลับ ทั้งในส่วนของเสียงพูดตอบรับและสัญญาณ ความถี่ตอบรับ นอกจากนี้ ยังต้องเตรียมตัวในเรื่องของการแก้ไขโปรแกรม สำหรับควบคุมการทำงาน ของ CPU และอุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนของ Hardware ทั้งนี้เพราะในการทดลองวงจรจะต้องมีการทำงานของเครื่องและโปรแกรมหลายครั้งติดต่อกัน ดังนั้น ในส่วนนี้อาจเกิดความเสียหายขึ้นได จึงจำเป็นต้องมีการ สำรองอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมเพรียงเสมอ เพื่อการทำงานที่ต่อเนื่องและไม่ขาดขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. พื้นฐาน วิศวกรรมไมโครโพรเซสเซอร์

ผศ.พิพัฒน์ เลาหสงคราม

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ไมโครโปรเซสเซอร์

วิบูลย์ ชื่นแขก ค.อ.บ. (ไฟฟ้า,วศม. อิเลคทรอนิคส์)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

3. ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534 ภาควิชาอิเลคทรอนิคส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์ผ

4. ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534 ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบันทึกเสียงทางโทรศัพท์ แบบแยกช่อง

5. ลึกอีกนิดกับระบบโทรศัพท์

เซมิคอนดัคเตอร์ เล่มที่ 121 ตุลาคม 2535

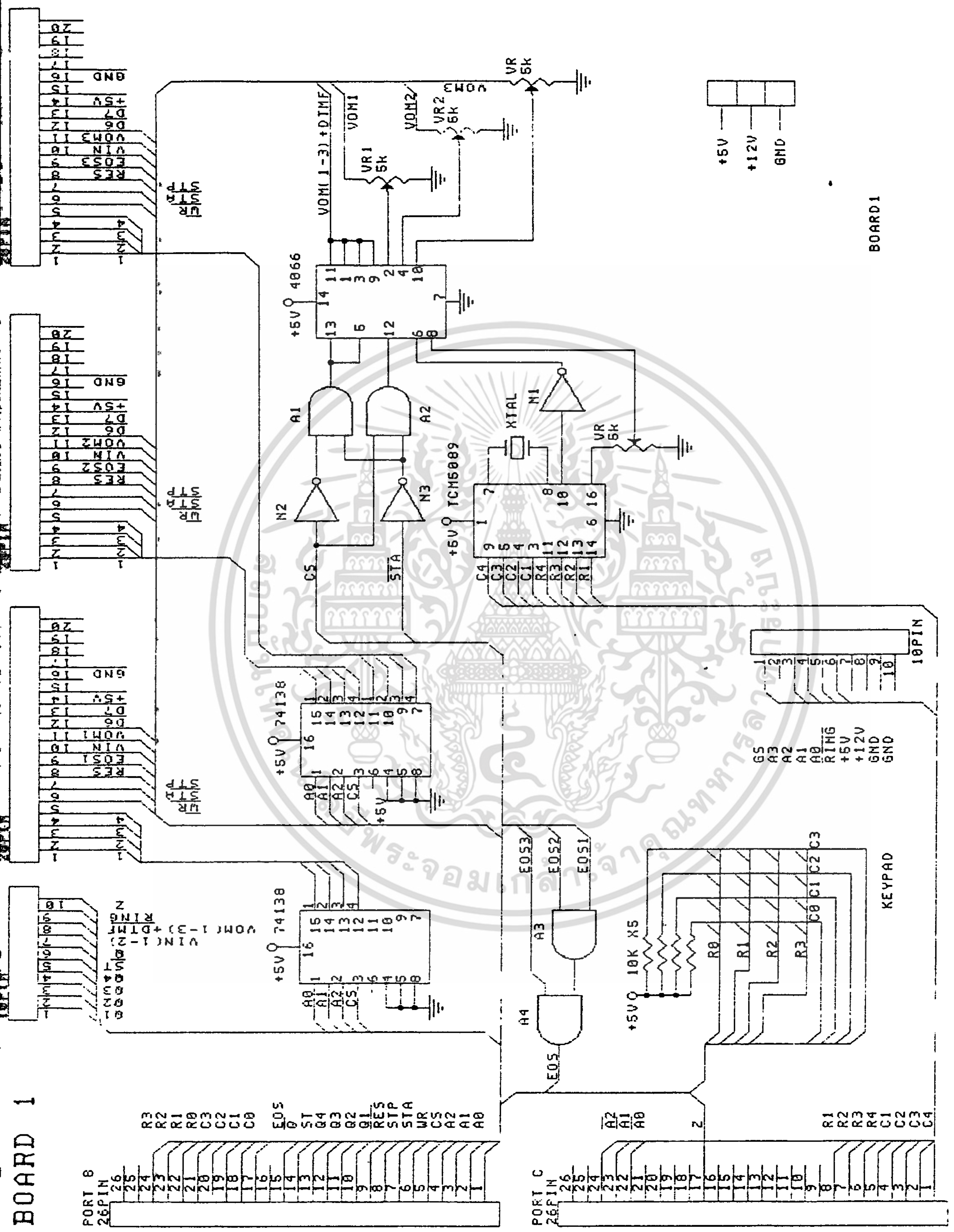
6. วิทยุติดตามตัวระบบดิจิตอล

เซมิคอนดัคเตอร์ เล่มที่ 73 ตุลาคม - พฤศจิกายน 2529

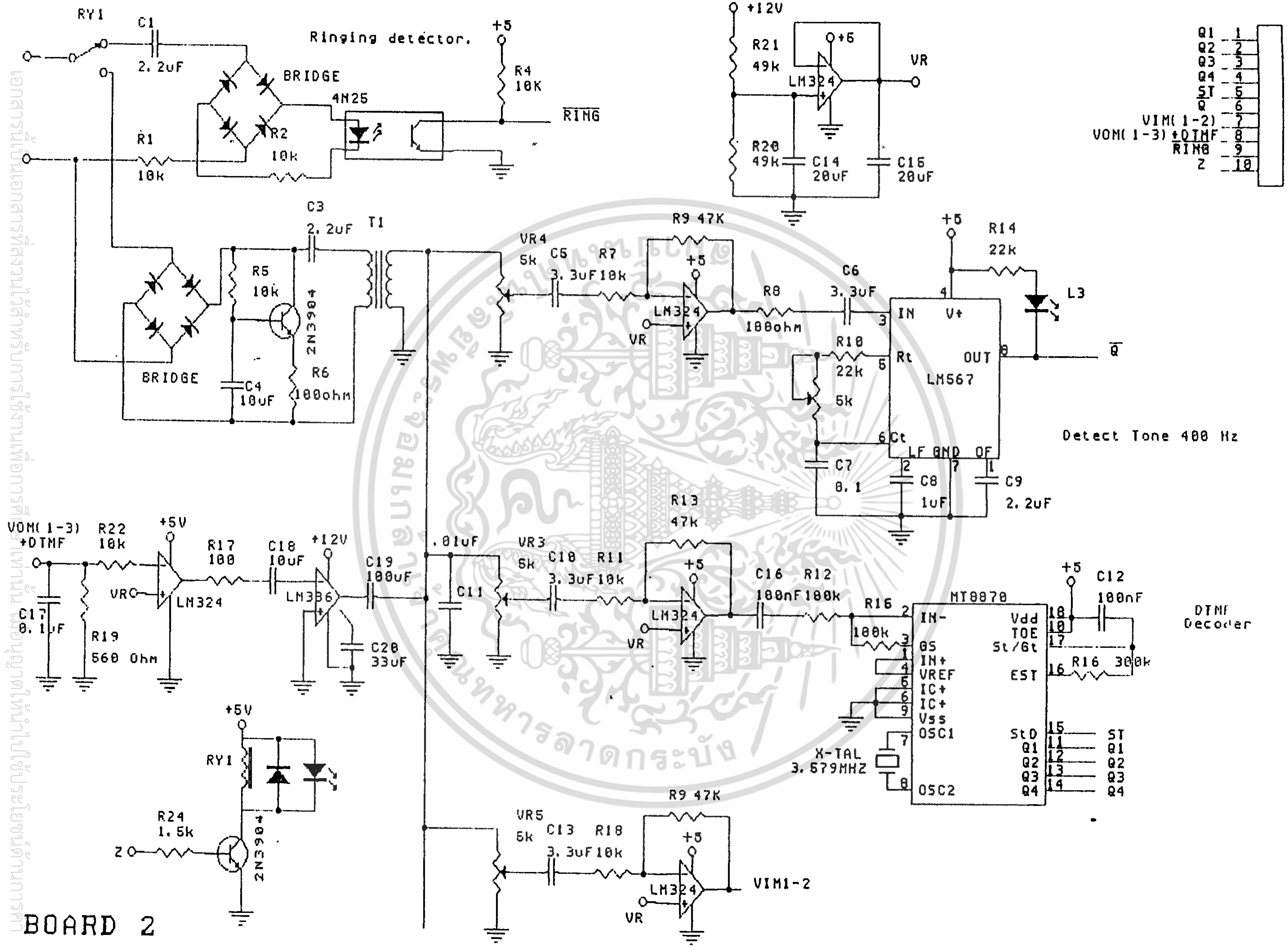
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภ า ค ผ น ว ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

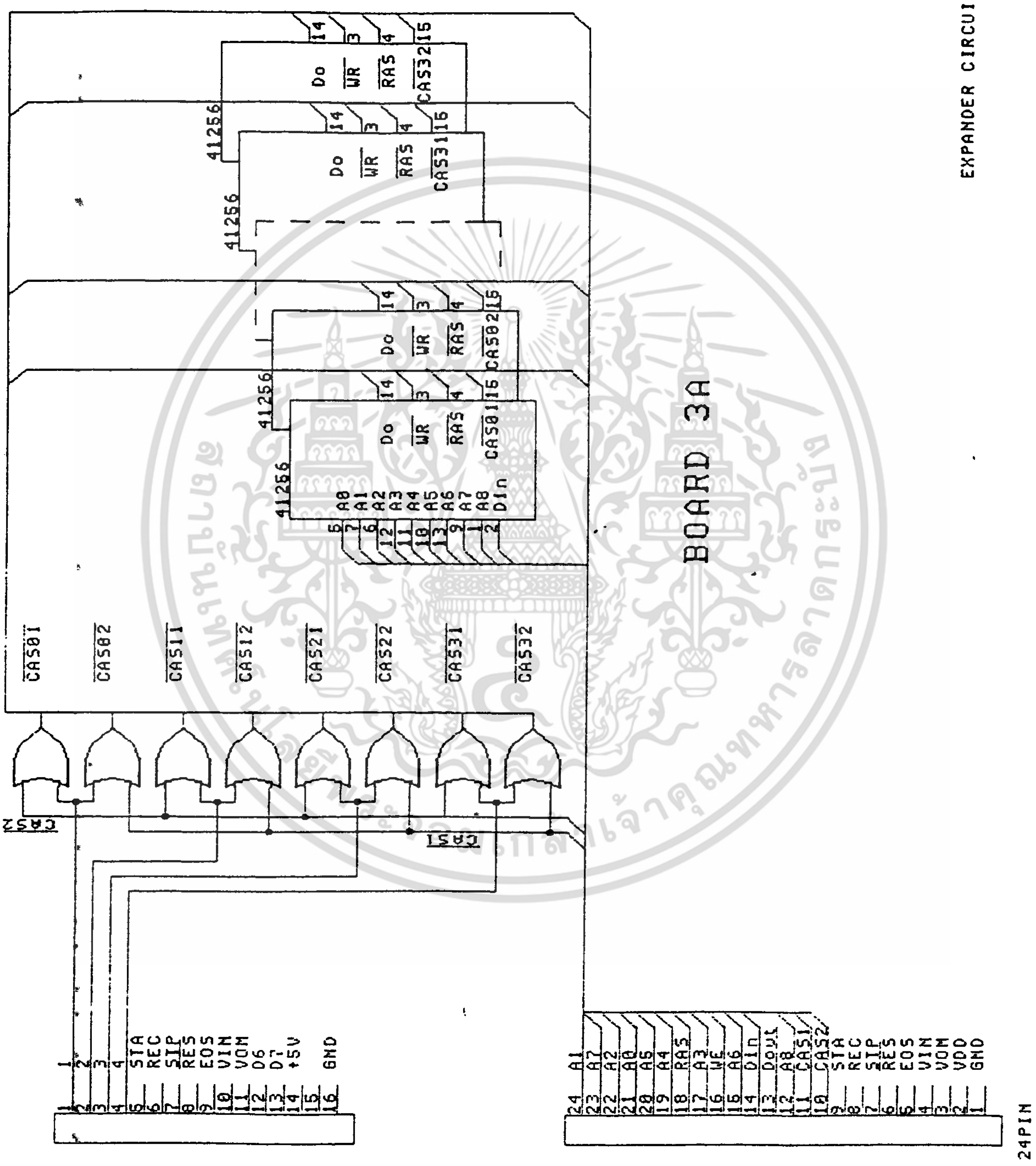


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



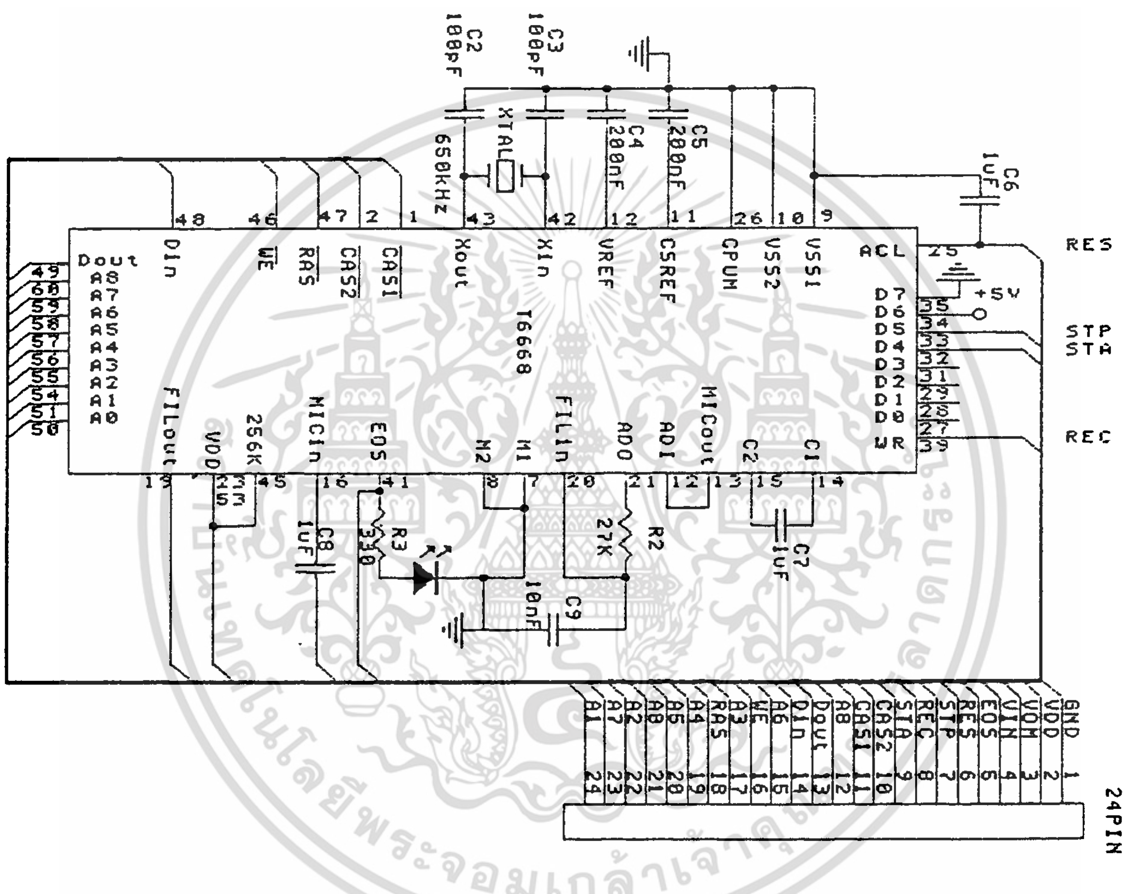
BOARD 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPANDER CIRCUIT

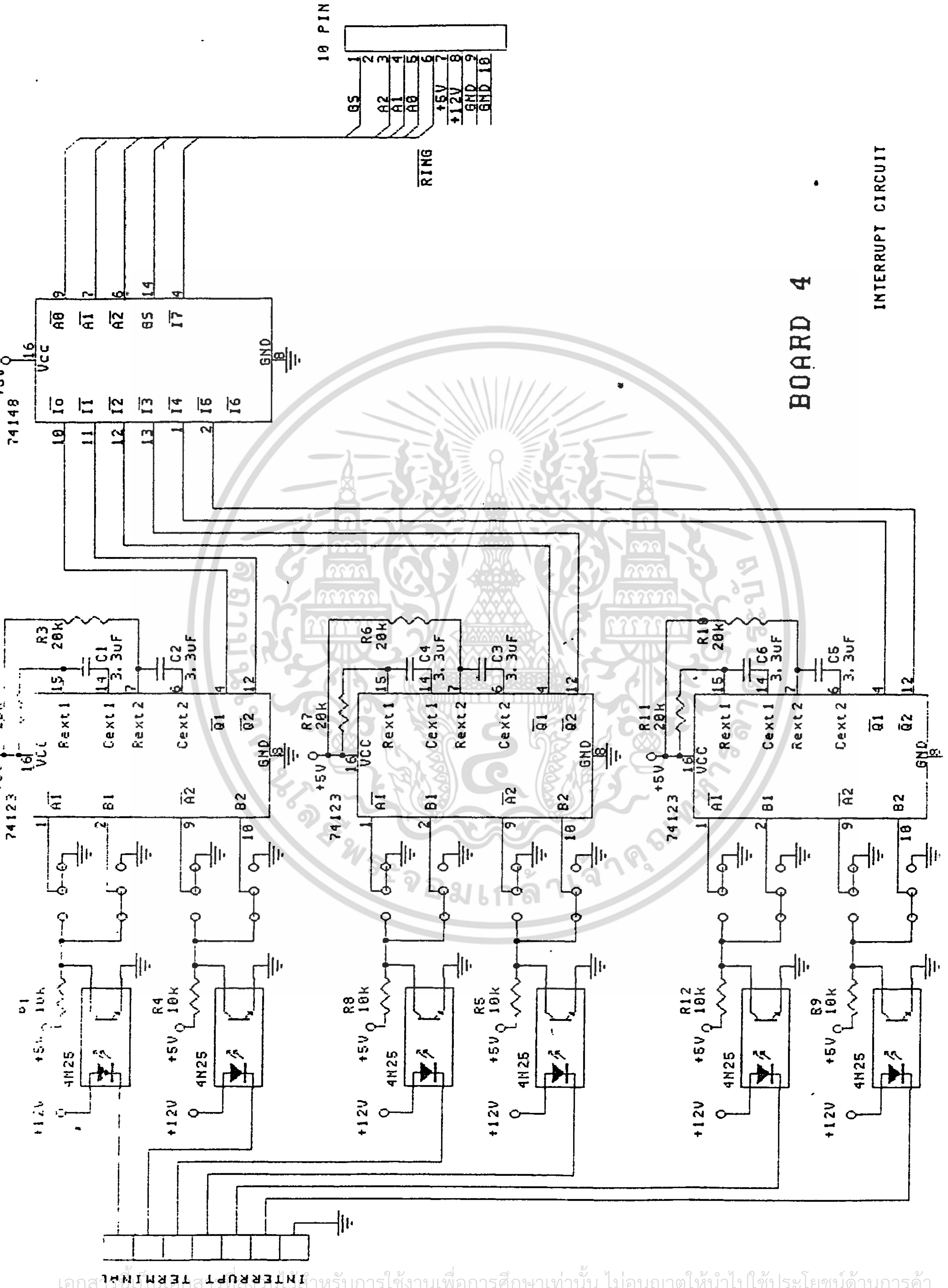
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



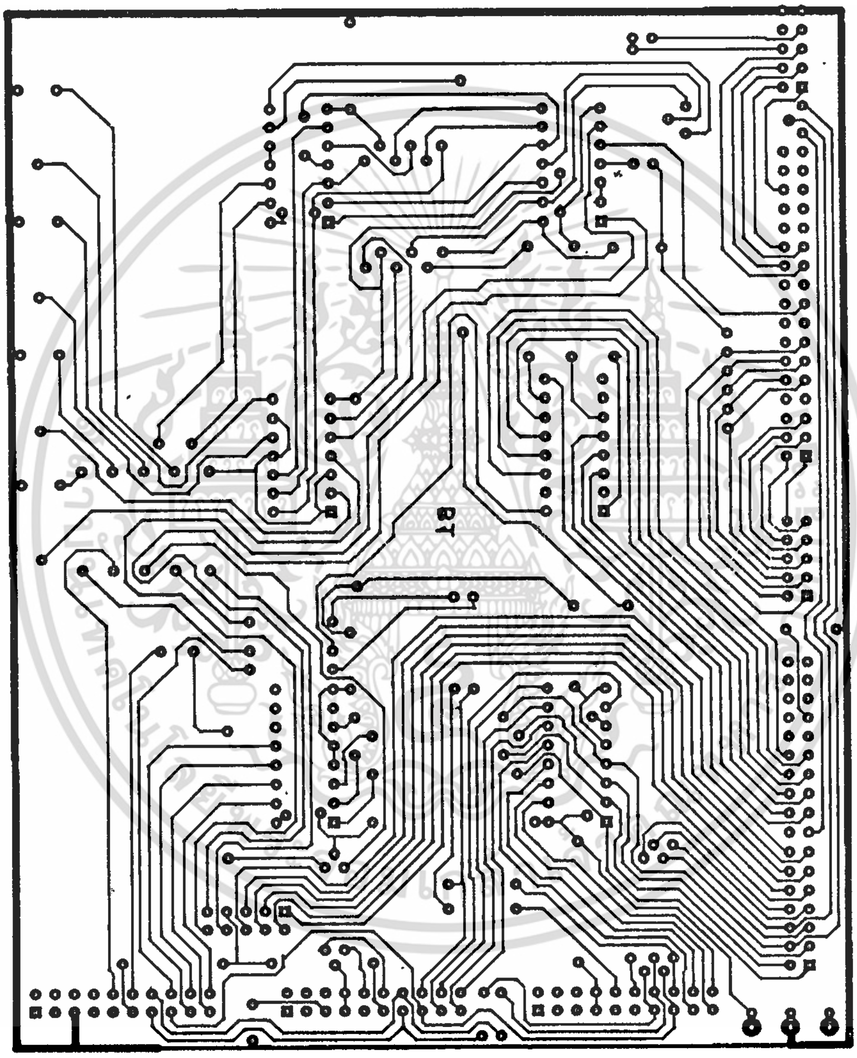
BOARD 3B

VOICE

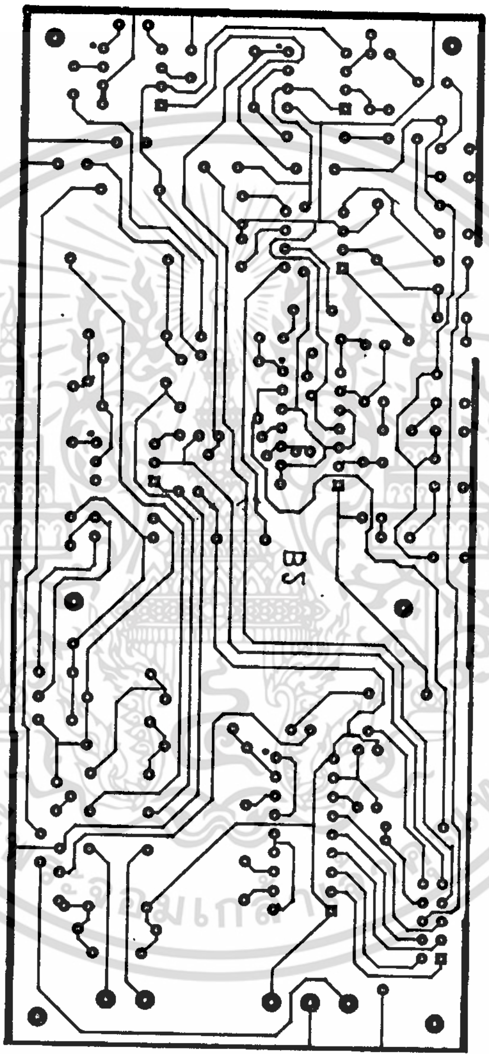
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



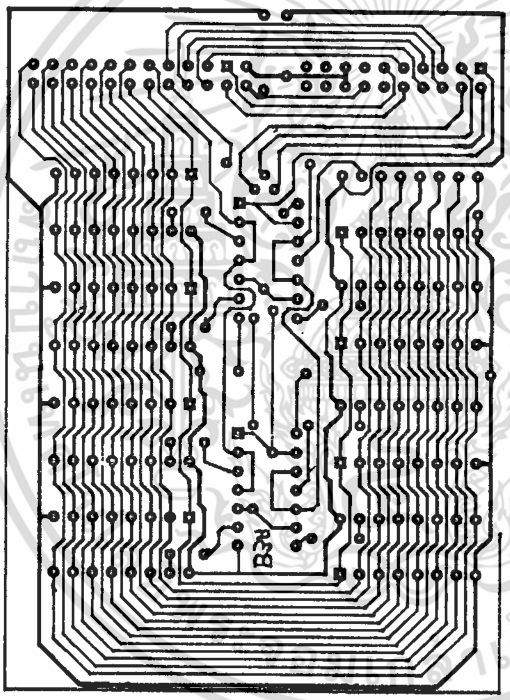
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



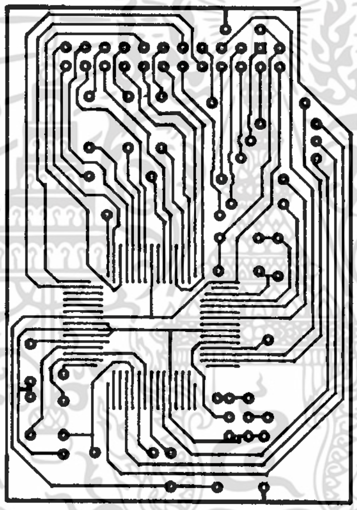
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



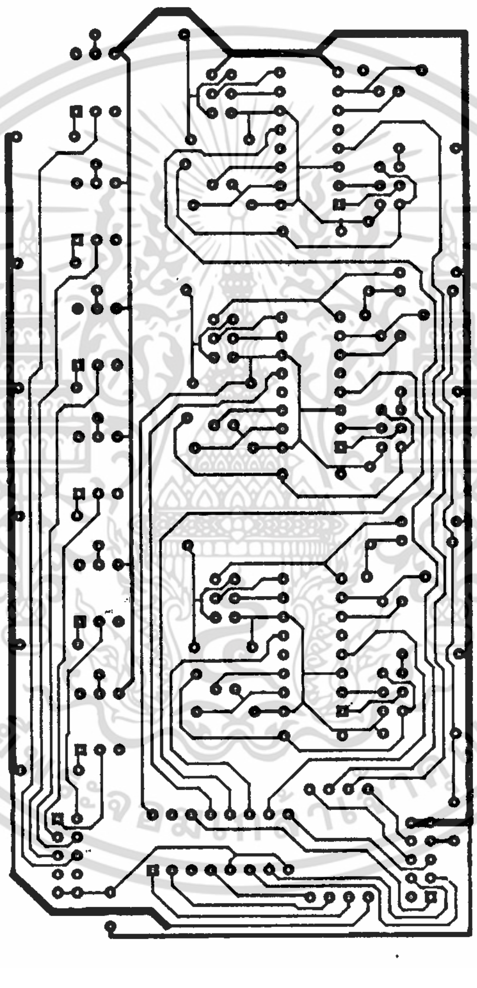
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



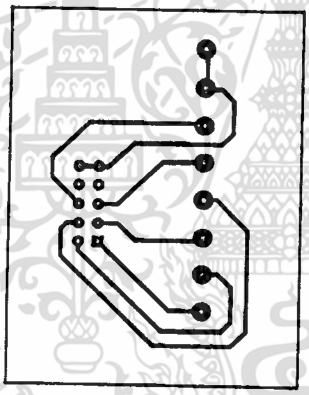
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;
                ;*************************************
                ;     SOFTWARE FOR PROJECT KMITL      *
                ;     PROGRAM VOICE RECODER &         *
                ;     AUTOMATIC  CALLING PAGER        *
                ;*************************************
                ;
0000                          CPU   "Z80.TBL"
0000                          HOF   "INT8"

0000                          ORG   0000H

00E0 =          WR_COMM:      EQU   0E0H          ;LCD command port write
00E4 =          RD_COMM:      EQU   0E4H          ;LCD command port read
00E2 =          WR_DAT:       EQU   0E2H          ;LCD data port write

0000 2100FF     POWON:        LD   HL,0FF00H      ; .4 SEC
0003 CD5405                   CALL DELAYS
0006 C30001                   JP   START

0038                          ORG 38H
0038 214904                   LD   HL,INT
003B E3                       EX   (SP),HL
003C C9                       RET

0100                          ORG 100H
0100 3E8A       START:        LD   A,8AH
0102 D3B3                     OUT  (0B3H),A       ;B0=B2L=OUT,B1=B2U=IN
0104 D3C3                     OUT  (0C3H),A       ;C0=C2L=OUT,C1=C2U=IN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0106 3E80                    LD  A,80H
0108 D3B0                    OUT (0B0H),A
010A 3EFF                    LD  A,0FFH
010C D3C0                    OUT (0C0H),A
010E 3E01                    LD  A,01H
0110 D3C2                    OUT (0C2H),A
0112 31008F                  LD   SP,8F00H       ;SET STACK
0115 3E38                    LD   A,00111000B  ;Function set
0117 CD8C01                  CALL LCD_COM
011A 3E0F                    LD   A,00001111B  ;Display on/off control
011C CD8C01                  CALL LCD_COM
011F 3E06                    LD   A,00000110B  ;Entrey mode set
0121 CD8C01                  CALL LCD_COM
0124 ED56                    IM   1
0126 FB                      EI

0127 21A901     START1:      LD   HL,TAB
012A 0605                    LD   B,5
012C CD8001                  CALL LCD
012F CDAE01                  CALL STSCAN
0132 CD9901                  CALL WR_LCD
0135 CDAE01                  CALL STSCAN
0138 7A                      LD   A,D
0139 328988                  LD   (8889H),A
013C CD9901                  CALL WR_LCD
013F CDAE01     CHEAK:       CALL STSCAN        ;CHEAK ENT
0142 7A                      LD   A,D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0180 3E01       LCD:        LD   A,1         ;Clear LCD
0182 CD8C01                 CALL LCD_COM

0185 CD9201     START3:     CALL WR_ASCII
0188 2C                     INC  L
0189 10FA                   DJNZ START3
018B C9                     RET

018C CDA001     LCD_COM:    CALL BUSY
018F D3E0                   OUT  (WR_COMM),A
0191 C9                     RET

0192 CDA001     WR_ASCII:   CALL BUSY
0195 7E                     LD   A,(HL)
0196 D3E2                   OUT  (WR_DAT),A
0198 C9                     RET

0199 CDA001     WR_LCD:     CALL BUSY
019C 7A                     LD   A,D
019D D3E2                   OUT  (WR_DAT),A
019F C9                     RET

01A0 F5         BUSY:       PUSH AF
01A1 DBE4       BUSY1:      IN   A,(RD_COMM)
01A3 CB7F                   BIT  7,A         ;Bit is busy
01A5 20FA                   JR   NZ,BUSY1    ;not busy loop
01A7 F1                     POP  AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01A8 C9                     RET                ;yes busy

01A9 4D4F444520TAB:         DFB   4DH,4FH,44H,45H,20H

00B2 =          RD_KEY:     EQU   0B2H
00B2 =          P_SCAN:     EQU   0B2H
8888 =          K_PRESS:    EQU   8888H


01AE CDB301     STSCAN:    CALL SCANK           ;get key
01B1 57                    LD   D,A             ;key code
01B2 C9                    RET

01B3 CDC301     SCANK:     CALL SCAN            ;Key press
01B6 FEFF                  CP   0FFH
01B8 28F9                  JR   Z,SCANK         ;not key press goto scank
01BA CDE101                CALL KEY_NEW         ;key relese
01BD 38F4                  JR   C,SCANK         ;no goto scank
01BF CDEC01                CALL KEY_CODE        ;key code ok
01C2 C9                    RET

01C3 0604       SCAN:      LD   B,4             ;counter 4 column
01C5 0E01                  LD   C,01            ;start column 0

01C7 79         SCAN_LP:   LD   A,C
01C8 2F                    CPLA
01C9 D3B2                  OUT  (P_SCAN),A      ;out column
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01CB DBB2               IN   A,(RD_KEY)      ;read row for high nibble
01CD 57                 LD   D,A
01CE E6F0               AND  0F0H
01D0 FEF0               CP   0F0H
01D2 200C               JR   NZ,SCAN_L1      ;high nibble not high key is p
                ;
01D4 79                 LD   A,C             ;no key press
01D5 07                 RLCA
01D6 4F                 LD   C,A             ;next column
01D7 10EE               DJNZ SCAN_LP         ;column not equ 5 goto SCAN_LP
01D9 218888             LD   HL,K_PRESS      ;END column = 5
01DC CB86               RES  0,(HL)          ;Reset flag for key new
01DE 3EFF               LD   A,0FFH          ;no key press
01E0 C9         SCAN_L1: RET

01E1 218888     KEY_NEW: LD  HL,K_PRESS      ;address buffer for check key
01E4 CB46               BIT  0,(HL)
01E6 37                 SCF                  ;Carry flag set for key not rel
01E7 C0                 RET  NZ              ;key not relrase exit
01E8 CBC6               SETT 0,(HL)          ;yes key release
01EA 3F                 CCF                  ;Clear flag carry for key code
01EB C9                 RET                  ;key ok

01EC 7A         KEY_CODE: LD A,D
01ED 21FA01             LD   HL,KEYTAB       ;change code for sequency
01F0 0630               LD   B,30H           ;sequenc of key board
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01F2 04         K_CODE1:  INC  B              ;effect zero flag
01F3 BE                   CP   (HL)           ;key code compare key table
01F4 23                   INC  HL
01F5 20FB                 JR   NZ,K_CODE1
01F7 05                   DEC  B              ;key match
01F8 78                   LD   A,B
01F9 C9                   RET

01FA            KEYTAB:
01FA EEEDEBE7             DFB   0EEH,0EDH,0EBH,0E7H        ;KEY 0,1,2,3
01FE DEDDDBD7             DFB   0DEH,0DDH,0DBH,0D7H        ;    4,5,6,7
0202 BEBDBBB7             DFB   0BEH,0BDH,0BBH,0B7H        ;    8,9,A,B
0206 7E7D7B77             DFB   07EH,07DH,07BH,077H        ;    C,D,E,F
020A 3E01       CLOK:     LD   A,1
020C CD8C01               CALL LCD_COM
020F 3E01                 LD   A,1
0211 D3AF                 OUT  (0AFH),A
0213 3E04                 LD   A,4
0215 D3AF                 OUT  (0AFH),A
0217 D3AE                 OUT  (0AEH),A
0219 AF                   XOR  A
021A D3AD                 OUT  (0ADH),A
021C DBA5                 IN   A,(0A5H)
021E CD4F02               CALL TIME
0221 DBA4                 IN   A,(0A4H)
0223 CD4F02               CALL TIME
0226 1620                 LD   D,20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0228 CD9901              CALL WR_LCD
022B DBA3                IN   A,(0A3H)
022D CD4F02              CALL TIME
0230 DBA2                IN   A,(0A2H)
0232 CD4F02              CALL TIME
0235 1620                LD   D,20H
0237 CD9901              CALL WR_LCD
023A DBA1                IN   A,(0A1H)
023C CD4F02              CALL TIME
023F DBA0                IN   A,(0A0H)
0241 CD4F02              CALL TIME
0244 CDAE01    LOOP1:    CALL STSCAN
0247 7A                  LD   A,D
0248 FE3F                CP   3FH
024A 20F8                JR   NZ,LOOP1
024C C32701              JP   START1
024F 0630      TIME:     LD   B,30H
0251 E60F                AND  0FH
0253 B0                  OR   B
0254 57                  LD   D,A
0255 CD9901              CALL WR_LCD
0258 C9                  RET
               ;
               ;         **DTMF**
               ;
0259 218B02    DTMF:     LD   HL,DTTAB
025C 0608                LD   B,8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
025E CD8001              CALL LCD
0261 CDAE01    DTMF0:    CALL STSCAN
0264 CD8202              CALL CHEAK1
0267 E60F                AND  0FH
0269 47                  LD   B,A
026A 219302              LD   HL,DTTAB1
026D 5E        DTMF1:    LD   E,(HL)
026E 23                  INC  HL
026F 10FC                DJNZ DTMF1
0271 7B                  LD   A,E
0272 D3C0                OUT  (0C0H),A          ;DTGEN
0274 CDC301    DTMF2:    CALL SCAN
0277 FEFF                CP   0FFH
0279 20F9                JR   NZ,DTMF2
027B 3EFF                LD   A,0FFH
027D D3C0                OUT  (0C0H),A          ;DTGEN
027F C36102              JP   DTMF0
0282 7A        CHEAK1:   LD   A,D
0283 FE3F                CP   3FH               ;KEY ENT
0285 2801                JR   Z,GOTO
0287 C9                  RET
0288 C32701    GOTO:     JP   START1

028B 4B455920  DTTAB:    DFB  4BH,45H,59H,20H
028F 44544D46            DFB  44H,54H,4DH,46H
0293 777B7D    DTTAB1:   DFB  077H,07BH,07DH
0296 B7BBBDD7            DFB  0B7H,0BBH,0BDH,0D7H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
029A DBDDEBED            DFB  0DBH,0DDH,0EBH,0EDH
                ;
                ;        **MEMV**
                ;
029E 21AC02     MEMV:    LD   HL,MVTAB
02A1 0608                LD   B,8
02A3 CD8001              CALL LCD
02A6 CD4402              CALL LOOP1
02A9 C32701              JP   START1

02AC 43482056   MVTAB:   DFB  43H,48H,20H,56H
02B0 4F494345            DFB  4FH,49H,43H,45H
                ;
                ;        **REDV**
                ;
02B4 21C202     REDV:    LD   HL,RVTAB
02B7 0608                LD   B,8
02B9 CD8001              CALL LCD
02BC CD4402              CALL LOOP1
02BF C32701              JP   START1

02C2 52452056   RVTAB:   DFB  52H,45H,20H,56H
02C6 4F494345            DFB  4FH,49H,43H,45H
                ;
                ;        **CODE**
                ;
02CA 21FC02     CODE:    LD   HL,COTAB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
02CD 0608                   LD   B,8
02CF CD8001                 CALL LCD
02D2 1683                   LD   D,83H
02D4 3AA083                 LD   A,(83A0H)
02D7 07                     RLCA
02D8 07                     RLCA
02D9 07                     RLCA
02DA 07                     RLCA
02DB E670                   AND  070H
02DD 5F                     LD   E,A
02DE CDAE01     COINT:      CALL STSCAN
02E1 FE3E                   CP   3EH
02E3 280A                   JR   Z,COINT2
02E5 FE3F                   CP   3FH
02E7 2803                   JR   Z,COINT1
02E9 C3DE02                 JP   COINT
02EC C32701     COINT1:     JP   START1
02EF 62         COINT2:     LD   H,D
02F0 6B                     LD   L,E
02F1 060A                   LD   B,0AH
02F3 D5                     PUSH DE
02F4 CD8001                 CALL LCD
02F7 D1                     POP  DE
02F8 1D                     DEC  E
02F9 C3DE02                 JP   COINT

02FC 31302044   COTAB:      DFB  31H,30H,20H,44H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0300 49474954            DFB  49H,47H,49H,54H
                 ;
                 ;       **TEST**
                 ;
0304 213A03     TEST:    LD   HL,TSTAB
0307 0605                LD   B,5
0309 CD8001              CALL LCD
030C CDAE01     TEST1:   CALL STSCAN
030F 7A                  LD   A,D
0310 FE3A                CP   3AH
0312 282B                JR   Z,SPZ
0314 CD9901              CALL WR_LCD
0317 CDAE01              CALL STSCAN
031A 7A                  LD   A,D
031B 328A88              LD   (888AH),A
031E CD9901              CALL WR_LCD
0321 CDAE01     TEST2:   CALL STSCAN
0324 CD8202              CALL CHEAK1
0327 FE3B                CP   3BH
0329 2820                JR   Z,FOREC
032B FE3C                CP   3CH
032D 2849                JR   Z,F1STA
032F FE3D                CP   3DH
0331 285D                JR   Z,F2STP
0333 FE3E                CP   3EH
0335 2866                JR   Z,F3RES
0337 C32103              JP   TEST2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
033A 5445535420TSTAB:   DFB  54H,45H,53H,54H,20H       ;TEST

033F 3A8B88     SPZ:    LD   A,(888BH)
0342 3C                 INC  A
0343 328B88             LD   (888BH),A
0346 D3C2               OUT  (0C2H),A
0348 C30C03             JP   TEST1
034B 0600       FOREC:  LD   B,00H            ;RESET
034D CD6703             CALL AAA
0350 0680               LD   B,80H            ;NORMAL
0352 CD6703             CALL AAA
0355 0690               LD   B,90H            ;REC
0357 CD6703             CALL AAA
035A 06B0               LD   B,0B0H           ;REC+STA
035C CD6703             CALL AAA
035F 0680               LD   B,80H
0361 CD6703             CALL AAA              ;NORMAL
0364 C32103             JP   TEST2

0367 3A8A88     AAA:    LD   A,(888AH)
036A E60F               AND  0FH
036C B0                 OR   B
036D D3B0               OUT  (0B0H),A
036F 210010             LD   HL,1000H
0372 2B         DELAYF: DEC  HL
0373 7C                 LD   A,H
0374 B5                 OR   L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0375 20FB                JR   NZ,DELAYF
0377 C9                  RET

0378 06A0      F1STA:    LD   B,0A0H
037A CD6703              CALL AAA
037D 3E03                LD   A,03H            ;SPEAKER MONITOR ON
037F D3C2                OUT  (0C2H),A
0381 0680                LD   B,80H
0383 CD6703              CALL AAA
0386 CD1F07              CALL EOS
0389 3E01                LD   A,01H            ;SPEAKER MONITOR OFF
038B D3C2                OUT  (0C2H),A
038D C32103              JP   TEST2

0390 06C0      F2STP:    LD   B,0C0H
0392 CD6703              CALL AAA
0395 0680                LD   B,80H
0397 CD6703              CALL AAA
039A C32103              JP   TEST2

039D 0600      F3RES:    LD   B,00H
039F CD6703              CALL AAA
03A2 0680                LD   B,80H
03A4 CD6703              CALL AAA
03A7 C32103              JP   TEST2
               ;
               ;         **SET**
               ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03AA 214304    SET:    LD   HL,SETAB1
03AD 0604              LD   B,4           ;PGNO
03AF CD8001            CALL LCD
03B2 3A0682            LD   A,(8206H)
03B5 47                LD   B,A           ;OLD DATA
03B6 211082            LD   HL,8210H
03B9 CD3B04            CALL SETA
03BC CD1904            CALL SET2
03BF 3E01              LD   A,1           ;CLEAR LCD
03C1 CD8C01            CALL LCD_COM
03C4 0604              LD   B,4
03C6 1E00              LD   E,0H
03C8 211082            LD   HL,8210H      ;NEW DATA
03CB CD0504            CALL SETT
03CE 7B                LD   A,E
03CF 320682            LD   (8206H),A     ;NUMB PGNO
03D2 78                LD   A,B
03D3 FE00              CP   00H
03D5 2003              JR   NZ,SN1
03D7 CD1904            CALL SET2
03DA 214704    SN1:    LD   HL,SETAB2
03DD 0602              LD   B,2           ;SN
03DF CD8001            CALL LCD
03E2 0606              LD   B,6           ;OLD DATA
03E4 212082            LD   HL,8220H
03E7 CD3B04            CALL SETA
03EA CD1904            CALL SET2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03ED 3E01               LD   A,1          ;CLEAR LCD
03EF CD8C01             CALL LCD_COM
03F2 0606               LD   B,6H         ;NEW DATA
03F4 212082             LD   HL,8220H
03F7 CD0504             CALL SETT
03FA 78                 LD   A,B
03FB FE00               CP   00H
03FD 2003               JR   NZ,BOT
03FF CD1904             CALL SET2
0402 C32701    BOT:     JP   START1

0405 C5        SETT:    PUSH BC
0406 E5                 PUSH HL
0407 CD2204             CALL SET1
040A E1                 POP  HL
040B C1                 POP  BC
040C FE3F               CP   3FH
040E 2808               JR   Z,SETT1
0410 77                 LD   (HL),A
0411 CD2904             CALL SET3
0414 23                 INC  HL
0415 1C                 INC  E
0416 10ED               DJNZ SETT
0418 C9        SETT1:   RET
0419 CDAE01    SET2:    CALL STSCAN
041C 7A                 LD   A,D
041D FE3F               CP   3FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
041F 20F8                JR   NZ,SET2
0421 C9                  RET

0422 CDAE01    SET1:     CALL STSCAN
0425 CD9901              CALL WR_LCD
0428 C9                  RET

0429 C5        SET3:     PUSH BC
042A E5                  PUSH HL
042B E60F                AND  0FH
042D 47                  LD   B,A
042E 219302              LD   HL,DTTAB1
0431 4E        SET31:    LD   C,(HL)
0432 23                  INC  HL
0433 10FC                DJNZ SET31
0435 E1                  POP  HL
0436 25                  DEC  H
0437 71                  LD   (HL),C
0438 24                  INC  H
0439 C1                  POP  BC
043A C9                  RET
043B 56        SETA:     LD   D,(HL)
043C CD9901              CALL WR_LCD
043F 23                  INC  HL
0440 10F9                DJNZ SETA
0442 C9                  RET
0443 504E4F14  SETAB1:   DFB  50H,4EH,4FH,20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0447 4E4F       SETAB2:   DFB  4EH,4FH

                ;
                ;         *SUB INTERUPT*
                ;
0449 F3         INT:      DI
044A DBC2                 IN   A,(0C2H)
044C 0F                   RRCA
044D 0F                   RRCA
044E 0F                   RRCA
044F 0F                   RRCA
0450 2F                   CPL  A
0451 E607                 AND  07H
0453 F630                 OR   30H
0455 320581               LD   (8105H),A
0458 FE37                 CP   37H
045A 2803                 JR   Z,RING
045C C36204               JP   INT1
045F C39D05     RING:     JP   RECIVE
0462 0604       INT1:     LD   B,4
0464 213705               LD   HL,INTTAB
0467 CD8001               CALL LCD
046A 3A0581               LD   A,(8105H)
046D 57                   LD   D,A
046E CD9901               CALL WR_LCD
0471 CD5A05               CALL MEMINT           ;SAVE MEMORY INTERUPT 8130H-81
0474 3E00       LOWZ:     LD   A,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0476 D3C2                OUT  (0C2H),A        ;LOW Z
0478 0605                LD   B,5             ;DELAY 5 SEC
047A 2100FF   YTONE2:    LD   HL,0FF00H       ;
047D 2B       YTONE:     DEC  HL
047E 7C                  LD   A,H
047F B5                  OR   L
0480 2013                JR   NZ,YTONEA
0482 10F6                DJNZ YTONE2
0484 3E01     RTN:       LD   A,01H            ;Z HIGH
0486 D3C2                OUT  (0C2H),A
0488 0604                LD   B,4H
048A 2100F0   DLY22:     LD   HL,0F000H
048D CD5405              CALL DELAYS
0490 10F8                DJNZ DLY22
0492 C37404              JP   LOWZ
0495 DBB1     YTONEA:    IN   A,(0B1H)
0497 E620                AND  20H
0499 FE00                CP   00H
049B 20E0                JR   NZ,YTONE
049D 0604                LD   B,4H            ;DELAY 1.6 SEC
049F 2100F0   DLY21:     LD   HL,0F000H       ;
04A2 CD5405              CALL DELAYS
04A5 10F8                DJNZ DLY21
04A7 0604                LD   B,4H            ;CODE 4 DIGIT
04A9 211081              LD   HL,8110H
04AC CD3B05              CALL SENT
04AF DBB1                IN   A,(0B1H)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
04B1 E620               AND   20H
04B3 FE00               CP    00H
04B5 2803               JR    Z,STN1
04B7 C3BD04             JP    BBB
04BA C38404   STN1:     JP    RTN
04BD 1600     BBB:      LD    D,0H
04BF 0605               LD    B,5H
04C1 2100FF   YTONE1:   LD    HL,0FF00H
04C4 2B       YTONE33:  DEC   HL
04C5 7C                 LD    A,H
04C6 B5                 OR    L
04C7 2013               JR    NZ,YTONEAA
04C9 10F6               DJNZ  YTONE1
04CB 3E01               LD    A,01H                 ;Z HIGH
04CD D3C2               OUT   (0C2H),A
04CF 0604               LD    B,4H
04D1 2100F0   DLYA2:    LD    HL,0F000H
04D4 CD5405             CALL  DELAYS
04D7 10F8               DJNZ  DLYA2
04D9 C37404             JP    LOWZ
04DC DBB1     YTONEAA:  IN    A,(0B1H)
04DE E620               AND   20H
04E0 FE00               CP    00H
04E2 20E0               JR    NZ,YTONE33
04E4 7A                 LD    A,D
04E5 FE05               CP    5H
04E7 2803               JR    Z,RTN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
04E9 C3EF04              JP    STPTN
04EC C38404   RTN1:      JP    RTN
04EF DBB1     STPTN:     IN    A,(0B1H)
04F1 E620                AND   20H
04F3 FE00                CP    00H
04F5 28F8                JR    Z,STPTN
04F7 0602                LD    B,02H
04F9 2100FF   NTONE2:    LD    HL,0FF00H           ;DELAY 2 SEC ***
04FC 2B       NTONE:     DEC   HL
04FD 7C                  LD    A,H
04FE B5                  OR    L
04FF 2803                JR    Z,NT1
0501 C30905              JP    NTONE1
0504 10F3     NT1:       DJNZ  NTONE2
0506 C31505              JP    CCC
0509 DBB1     NTONE1:    IN    A,(0B1H)
050B E620                AND   20H
050D FE00                CP    00H
050F 20EB                JR    NZ,NTONE
0511 14                  INC   D
0512 C3C104              JP    YTONE1
0515 0606     CCC:       LD    B,6H                ;CODE 6 DIGIT
0517 212081              LD    HL,8120H
051A CD3B05              CALL  SENT
051D 060A                LD    B,0AH               ;DELAY 5 SEC
051F 2100F0   DLY51:     LD    HL,0F000H
0522 CD5405              CALL  DELAYS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0525 10F8                  DJNZ DLY51
0527 060B                  LD   B,0BH           ;CODE 10+# DIGIT
0529 213081                LD   HL,8130H
052C CD3B05                CALL SENT
052F 3E01                  LD   A,01H           ;Z HIGH
0531 D3C2                  OUT  (0C2H),A
0533 FB                    EI
0534 C32701                JP   START1

0537 494E5420  INTTAB:     DFB  49H,4EH,54H,20H



053B 7E        SENT:       LD   A,(HL)
053C D3C0                  OUT  (0C0H),A
053E E5                    PUSH HL
053F 2100F0                LD   HL,0F000H
0542 CD5405                CALL DELAYS
0545 3EFF                  LD   A,0FFH
0547 D3C0                  OUT  (0C0H),A
0549 210080                LD   HL,8000H
054C CD5405                CALL DELAYS
054F E1                    POP  HL
0550 23                    INC  HL
0551 10E8                  DJNZ SENT
0553 C9                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0554 2B         DELAYS:   DEC  HL
0555 7C                   LD   A,H
0556 B5                   OR   L
0557 20FB                 JR   NZ,DELAYS
0559 C9                   RET

055A 0605       MEMINT:   LD   B,5H
055C 218C05               LD   HL,MINTAB
055F 113081               LD   DE,8130H
0562 CD9605               CALL MEMINT1          ;SAVE MEMORY 8130H-8139H
0565 3AA083               LD   A,(83A0H)
0568 07                   RLCA
0569 07                   RLCA
056A 07                   RLCA
056B 07                   RLCA
056C E670                 AND  70H
056E 5F                   LD   E,A
056F 1683                 LD   D,83H
0571 219105               LD   HL,MINTAB1
0574 0605                 LD   B,5H
0576 CD9605               CALL MEMINT1          ;SAVE MEMORY 83X0H-83X9H
0579 3A0581               LD   A,(8105H)
057C 12                   LD   (DE),A           ;SAVE MEMORY 83X5H
057D E60F                 AND  0FH
057F 47                   LD   B,A
0580 219302               LD   HL,DTTAB1
0583 4E         MEMINT2:  LD   C,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0584 23                  INC  HL
0585 10FC                DJNZ MEMINT2
0587 79                  LD   A,C
0588 323581              LD   (8135H),A        ;"          " 8135H
058B C9                  RET
058C DDE7EBEBEBMINTAB:   DFB  0DDH,0E7H,0EBH,0EBH,0EBH
0591 39B0303030MINTAB1:  DFB  39H,0B0H,30H,30H,30H
0596 7E        MEMINT1:  LD   A,(HL)
0597 12                  LD   (DE),A
0598 23                  INC  HL
0599 13                  INC  DE
059A 10FA                DJNZ MEMINT1
059C C9                  RET
               ;
               ;         **RECIVE**
               ;
059D 21DF05    RECIVE:   LD   HL,RECTAB
05A0 0606                LD   B,6H                     ;RECIVE
05A2 CD8001              CALL LCD
05A5 0605                LD   B,5H
05A7 50        RECV:     LD   D,B
05A8 CDF006              CALL REC1
05AB 0605                LD   B,5H                     ;**
05AD 2100FF    RECA:     LD   HL,0FF00H                ;**
05B0 CDFA06              CALL REC2
05B3 42                  LD   B,D                      ;RING=5
05B4 10F1                DJNZ RECV                     ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
05B6 3E00                LD   A,0H
05B8 D3C2                OUT  (0C2H),A            ;LZ
05BA 0605                LD   B,5H                ; 2 SEC
05BC 21000F              LD   HL,0F00H
05BF CD5405              CALL DELAYS
05C2 1608                LD   D,8H                ;VOICE1
05C4 CD0F07              CALL VOICEA
05C7 CD2807              CALL CODE1
05CA FE0B                CP   0BH                 ;* **
05CC 2808                JR   Z,MEMVOI
05CE FE0C                CP   0CH                 ;# **
05D0 2807                JR   Z,MEMNO
05D2 FE09                CP   9H                  ;9
05D4 2806                JR   Z,READV
05D6 C3E505    MEMVOI:   JP   MEV
05D9 C37906    MEMNO:    JP   MEN
05DC C3BA06    READV:    JP   RDV

05DF 5245434956RECTAB:   DFB  52H,45H,43H,49H,56H,45H
               ;
               ;         **MEV**
               ;
05E5 1609      MEV:      LD   D,9H
05E7 CD0F07              CALL VOICEA              ;VOICE2
05EA 3A0781              LD   A,(8107H)
05ED E60F                AND  0FH
05EE 57                  LD   D,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
05F0 F600              OR   0H             ;RES
05F2 D3B0              OUT  (0B0H),A
05F4 210010            LD   HL,1000H
05F7 CD5405            CALL DELAYS
05FA 7A                LD   A,D
05FB F680              OR   80H            ;NORMAL
05FD D3B0              OUT  (0B0H),A
05FF 7A                LD   A,D
0600 F690              OR   90H
0602 D3B0              OUT  (0B0H),A       ;REC
0604 210010            LD   HL,1000H
0607 CD5405            CALL DELAYS
060A 7A                LD   A,D
060B F6B0              OR   0B0H
060D D3B0              OUT  (0B0H),A       ;REC+STA
060F 210010            LD   HL,1000H
0612 CD5405            CALL DELAYS
0615 7A                LD   A,D
0616 F680              OR   80H
0618 D3B0              OUT  (0B0H),A       ;NORMAL
061A 210010            LD   HL,1000H
061D CD5405            CALL DELAYS
0620 DBB0      MEV1:   IN   A,(0B0H)
0622 E650              AND  50H
0624 FE10              CP   10H
0626 2807              JR   Z,MEV2
0628 FE40              CP   40H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
062A 20F4              JR   NZ,MEV1
062C C33706            JP   VOI31
062F DBB0      MEV2:   IN   A,(0B0H)
0631 E60F              AND  0FH
0633 FE0C              CP   0CH                  ;# **
0635 20E9              JR   NZ,MEV1
0637 3A0781    VOI31:  LD   A,(8107H)
063A 3C                INC  A
063B 320781            LD   (8107H),A
063E 160A              LD   D,0AH
0640 CD0F07            CALL VOICEA
0643 0605              LD   B,5H
0645 217406            LD   HL,MEVTAB
0648 113081            LD   DE,8130H
064B 7E        MEV3:   LD   A,(HL)
064C 12                LD   (DE),A
064D 23                INC  HL
064E 13                INC  DE
064F 10FA              DJNZ MEV3
0651 3A0781            LD   A,(8107H)
0654 3D                DEC  A
0655 E60F              AND  0FH
0657 47                LD   B,A
0658 219302            LD   HL,DTTAB1
065B 5E        MEV31:  LD   E,(HL)
065C 23                INC  HL
065D 10FC              DJNZ MEV31
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
065F 7B                 LD   A,E
0660 323581             LD   (8135H),A
0663 3E01      SPAGE:   LD   A,01H
0665 D3C2               OUT  (0C2H),A              ;HZ
0667 0604               LD   B,4H
0669 21000F    DLYAM:   LD   HL,0F00H              ;1.6SEC
066C CD5405             CALL DELAYS
066F 10F8               DJNZ DLYAM
0671 C37404             JP   LOWZ
0674 DDE7DDDDEBMEVTAB:  DFB  0DDH,0E7H,0DDH,0DDH,0EBH ;9-990
               ;
               ;        **MEN**
               ;
0679 160B      MEN:     LD   D,0BH
067B CD0F07             CALL VOICEA
067E 214081             LD   HL,8140H
0681 1600               LD   D,0H
0683 0607               LD   B,7H
0685 CD2807    MEN1:    CALL CODE1
0688 77                 LD   (HL),A
0689 FE0C               CP   0CH                   ;# **
068B 2807               JR   Z,MEN2
068D CD4907             CALL NOCD
0690 23                 INC HL
0691 14                 INC D
0692 10F1               DJNZ MEN1
0694 7A        MEN2:    LD   A,D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0695 320881             LD   (8108H),A
0698 160A               LD   D,0AH
069A CD0F07             CALL VOICEA
069D 3EDD               LD   A,0DDH
069F 323081             LD   (8130H),A
06A2 3EE7               LD   A,0E7H
06A4 323181             LD   (8131H),A
06A7 3A0881             LD   A,(8108H)
06AA 47                 LD   B,A
06AB 213281             LD   HL,8132H
06AE 114081             LD   DE,8140H
06B1 1A         MEN3:   LD   A,(DE)
06B2 77                 LD   (HL),A
06B3 23                 INC  HL
06B4 13                 INC  DE
06B5 10FA               DJNZ MEN3
06B7 C36306             JP   SPAGE
                ;
                ;       **RDV**
                ;
06BA CD2807     RDV:    CALL CODE1
06BD 57                 LD   D,A
06BE F6A0               OR   0A0H
06C0 D3B0               OUT  (0B0H),A            ;CHNO IS SENT
06C2 210010             LD   HL,1000H
06C5 CD5405             CALL DELAYS
06C8 7A                 LD   A,D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
06C9 F680               OR    80H
06CB D3B0               OUT   (0B0H),A          ;NORMAL
06CD DBB1      RDV1:    IN    A,(0B1H)
06CF E640               AND   40H
06D1 FE40               CP    40H
06D3 20F8               JR    NZ,RDV1
06D5 CD2807    RDV2:    CALL  CODE1
06D8 FE0C               CP    0CH               ;# **
06DA 2807               JR    Z,RDV3
06DC FE09               CP    9H                ;9
06DE 28DA               JR    Z,RDV
06E0 C3D506             JP    RDV2
06E3 160A      RDV3:    LD    D,0AH             ;VOICE3
06E5 CD0F07             CALL  VOICEA
06E8 3E01      RDV4:    LD    A,01H
06EA D3C2               OUT   (0C2H),A          ;HZ
06EC FB                 EI
06ED C32701             JP    START1

06F0 DBC2      REC1:    IN    A,(0C2H)
06F2 2F                 CPL   A
06F3 E670               AND   70H
06F5 FE70               CP    70H
06F7 28F7               JR    Z,REC1
06F9 C9                 RET

06FA 2B        REC2:    DEC   HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
06FB 7C                    LD    A,H
06FC B5                    OR    L
06FD 2006                  JR    NZ,REC22
06FF 1000                  DJNZ  REC23
0701 E1         REC23:     POP   HL
0702 C3AD05                JP    RECA
0705 DBC2       REC22:     IN    A,(0C2H)
0707 2F                    CPL   A
0708 E670                  AND   70H
070A FE70                  CP    70H
070C 20EC                  JR    NZ,REC2
070E C9                    RET

070F 7A         VOICEA:    LD    A,D
0710 F6A0                  OR    0A0H
0712 D3B0                  OUT   (0B0H),A
0714 210010                LD    HL,1000H
0717 CD5405                CALL  DELAYS
071A 7A                    LD    A,D
071B F680                  OR    80H
071D D3B0                  OUT   (0B0H),A
071F DBB1       EOS:       IN    A,(0B1H)
0721 E640                  AND   40H
0723 FE40                  CP    40H
0725 20F8                  JR    NZ,EOS
0727 C9                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0728 0610      CODE1:  LD   B,10H
072A 2100FF    CODE2:  LD   HL,0FF00H
072D 2B        CODE3:  DEC  HL
072E 7C                LD   A,H
072F B5                OR   L
0730 2006              JR   NZ,CODE4
0732 10F6              DJNZ CODE2
0734 E1                POP  HL
0735 C3E806            JP   RDV4
0738 DBB1      CODE4:  IN   A,(0B1H)
073A 320681            LD   (8106H),A
073D E610              AND  10H
073F FE10              CP   10H
0741 20EA              JR   NZ,CODE3
0743 3A0681            LD   A,(8106H)
0746 E60F              AND  0FH
0748 C9                RET

0749 DBB1      NOCD:   IN   A,(0B1H)
074B E610              AND  10H
074D FE10              CP   10H
074F 28F8              JR   Z,NOCD
0751 C9                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0000 END

0007	A	0367	AAA	0000	B
04BD	BBB	0402	BOT	01A0	BUSY
01A1	BUSY1	0001	C	0515	CCC
013F	CHEAK	0282	CHEAK1	016B	CL
020A	CLOK	02CA	CODE	0728	CODE1
072A	CODE2	072D	CODE3	0738	CODE4
02DE	COINT	02EC	COINT1	02EF	COINT2
02FC	COTAB	0002	D	0372	DELAYF
0554	DELAYS	049F	DLY21	048A	DLY22
051F	DLY51	04D1	DLYA2	0669	DLYAM
016E	DT	0259	DTMF	0261	DTMF0
026D	DTMF1	0274	DTMF2	028B	DTTAB
0293	DTTAB1	0003	E	071F	EOS
034B	FOREC	0378	F1STA	0390	F2STP
039D	F3RES	0288	GOTO	0004	H
0177	IN	0449	INT	0462	INT1
0537	INTTAB	01FA	KEYTAB	01EC	KEY_CODE
01E1	KEY_NEW	01F2	K_CODE1	8888	K_PRESS
0005	L	0180	LCD	016C	LCD_COM
0244	LOOP1	0474	LOWZ	055A	MEMINT
0596	MEMINT1	0583	MEMINT2	05D9	MEMNO
029E	MEMV	05D6	MEMVOI	0679	MEN
0685	MEN1	0694	MEN2	06B1	MEN3
05E5	MEV	0620	MEV1	062F	MEV2
064B	MEV3	065B	MEV31	0674	MEVTAB
058C	MINTAB	0591	MINTAB1	0171	MV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02AC	MVTAB	0749	NOCD	0504	NT1
04FC	NTONE	0509	NTONE1	04F9	NTONE2
0000	POWON	00B2	P_SCAN	06BA	RDV
06CD	RDV1	06D5	RDV2	06E3	RDV3
06E8	RDV4	00E4	RD_COMM	00B2	RD_KEY
05DC	READV	06F0	REC1	06FA	REC2
0705	REC22	0701	REC23	05AD	RECA
059D	RECIVE	05DF	RECTAB	05A7	RECV
02B4	REDV	045F	RING	0484	RTN
04EC	RTN1	0174	RV	02C2	RVTAB
01C3	SCAN	01B3	SCANK	01E0	SCAN_L1
01C7	SCAN_LP	017D	SE	053B	SENT
03AA	SET	0422	SET1	0419	SET2
0429	SET3	0431	SET31	043B	SETA
0443	SETAB1	0447	SETAB2	0405	SETT
0418	SETT1	03DA	SN1	0663	SPAGE
033F	SPZ	0100	START	0127	START1
0185	START3	04BA	STN1	04EF	STPTN
01AE	STSCAN	01A9	TAB	0304	TEST
030C	TEST1	0321	TEST2	024F	TIME
017A	TS	033A	TSTAB	0637	VOI31
070F	VOICEA	0192	WR_ASCII	00E0	WR_COMM
00E2	WR_DAT	0199	WR_LCD	047D	YTONE
04C1	YTONE1	047A	YTONE2	04C4	YTONE33
0495	YTONEA	04DC	YTONEAA		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Products

7408, LS08, S08
Gates

Quad Two-Input AND Gate
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7408	15ns	16mA
74LS08	9ns	3.4mA
74S08	5ns	25mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N7408N, N74LS08N, N74S08N
Plastic SO	N74LS08N, N74S08N

NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

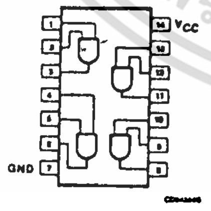
H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

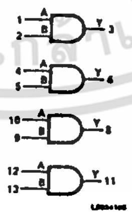
PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A, B	Inputs	1ul	1Sul	1LSul
Y	Output	10ul	10Sul	10LSul

NOTE:
Where a 74 unit load (ul) is understood to be 40μA I_{IH} and −1.6mA I_{IL}, a 74S unit load (Sul) is 50μA I_{IH} and −2.0mA I_{IL}, and 74LS unit load (LSul) is 20μA I_{IH} and −0.4mA I_{IL}.

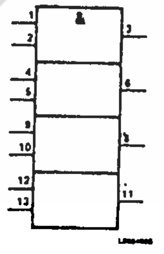
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7432, LS32, S32
Gates

Quad Two-Input OR Gate
Product Specification

Logic Products

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7432	12ns	19mA
74LS32	14ns	4.0mA
74S32	4ns	28mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0°C$ to $+70°C$
Plastic DIP	N7432N, N74LS32N, N74S32N
Plastic SO-14	N74LS32D, N74S32D

NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

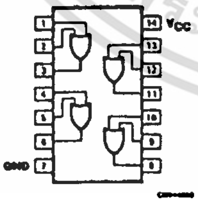
H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

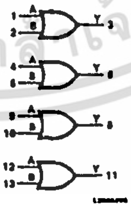
PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A, B	Inputs	1ul	1Sul	1LSul
Y	Output	10ul	10Sul	10LSul

NOTE:
Where a 74 unit load (ul) is understood to be 40μA I_{IH} and −1.6mA I_{IL}, and a 74S unit load (Sul) is 50μA I_{IH} and −2.0mA I_{IL}, and a 74LS unit load (LSul) is 20μA I_{IH} and −0.4mA I_{IL}.

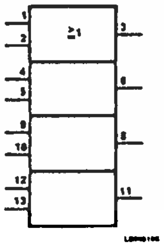
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74123
Multivibrator

Dual Retriggerable Monostable Multivibrator
Product Specification

Logic Products

FEATURES
- DC triggered from active HIGH or active LOW inputs
- Retriggerable for very long pulses — up to 100% duty cycle
- Direct reset terminates output pulse
- Compensated for V_{CC} and temperature variations

DESCRIPTION
The '123 is a dual retriggerable monostable multivibrator with output pulse width control by three methods. The basic pulse time is programmed by selection of external resistance (R_{ext}) and capacitance (C_{ext}) values. Once triggered, the basic pulse width may be extended by retriggering the gated active LOW going edge input ($\overline{A}$) or the active HIGH going edge input (B), or be reduced by use of the overriding active LOW reset.

The basic output pulse width is essentially determined by the values of external capacitance and timing resistance.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74123	24ns	46mA

NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N74123N
Plastic SO	N74123D

For pulse widths when $C_{ext} \leq 1000pF$, see Figure A.

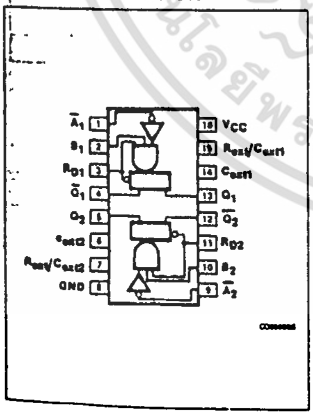
When $C_{ext} > 1000pF$, the output pulse width is defined as:

$$t_W = 0.28\ R_{ext} \cdot C_{ext}\ (1 + \frac{0.7}{R_{ext}})$$

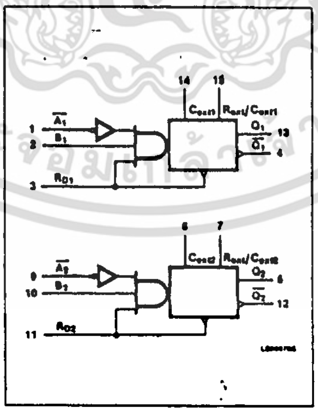
The external resistance and capacitance are normally connected as shown in Figure B. If an electrolytic capacitor is to be used with an inverse voltage rating of less than 1V then Figure C should be used. (Inverse voltage rating of an electrolytic is normally specified at 5% of the forward voltage rating.) If the inverse voltage rating is 1V or more (this includes a 100% safety margin) then Figure B can be used. Note that if Figure C is used the timing equations change as follows:

$$t_W \cong 0.25\ R_{ext} \cdot C_{ext}\ (1 + \frac{0.7}{R_{ext}})$$

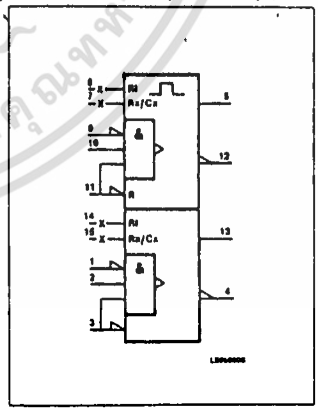
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multivibrator 74123

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

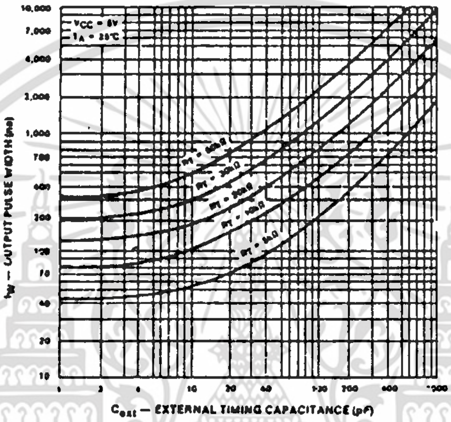


Figure A

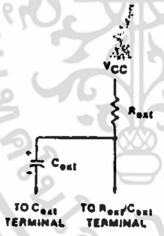


Figure B

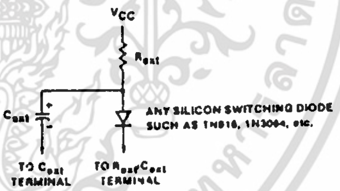


Figure C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signetics Logic Products

74LS138, S138
Decoders/Demultiplexers

1-Of-8 Decoder/Demultiplexer
Product Specification

Logic Products

FEATURES
- **Demultiplexing capability**
- **Multiple input enable for easy expansion**
- **Ideal for memory chip select decoding**
- **Direct replacement for Intel 3205**

DESCRIPTION
The '138 decoder accepts three binary weighted inputs (A_0, A_1, A_2) and when enabled, provides eight mutually exclusive, active LOW outputs ($\bar{0}-\bar{7}$). The device features three Enable inputs: two active LOW ($\bar{E}_1$, $\bar{E}_2$) and one active HIGH (E_3). Every output will be HIGH unless $\bar{E}_1$ and $\bar{E}_2$ are LOW and E_3 is HIGH. This multiple enable function allows easy parallel expansion of the device to a 1-of-32 (5 lines to 32 lines) decoder with just four '138s and one inverter.

The device can be used as an eight output demultiplexer by using one of the active LOW Enable inputs as the Data input and the remaining Enable inputs as strobes. Enable inputs not used must be permanently tied to their appropriate active HIGH or active LOW state.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS138	20ns	6.3mA
74S138	7ns	49mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0°C$ to $+70°C$
Plastic DIP	N74S138N, N74LS138N
Plastic SO	N74LS138D, N74S138D

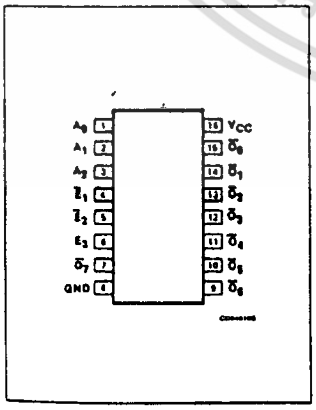
NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

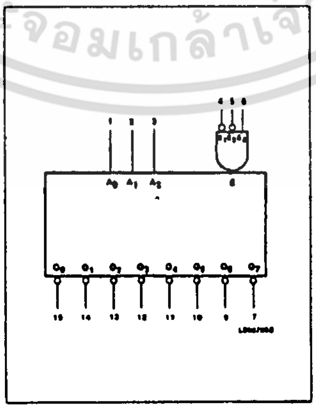
PINS	DESCRIPTION	74S	74LS
All	Inputs	1Sul	1LSul
All	Outputs	10Sul	10LSul

NOTE:
Where a 74S unit load (Sul) is 50µA I_{IH} and −2.0mA I_{IL}, and a 74LS unit load (LSul) is 20µA I_{IH} and −0.4mA I_{IL}.

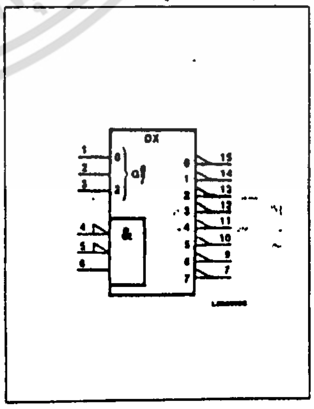
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL

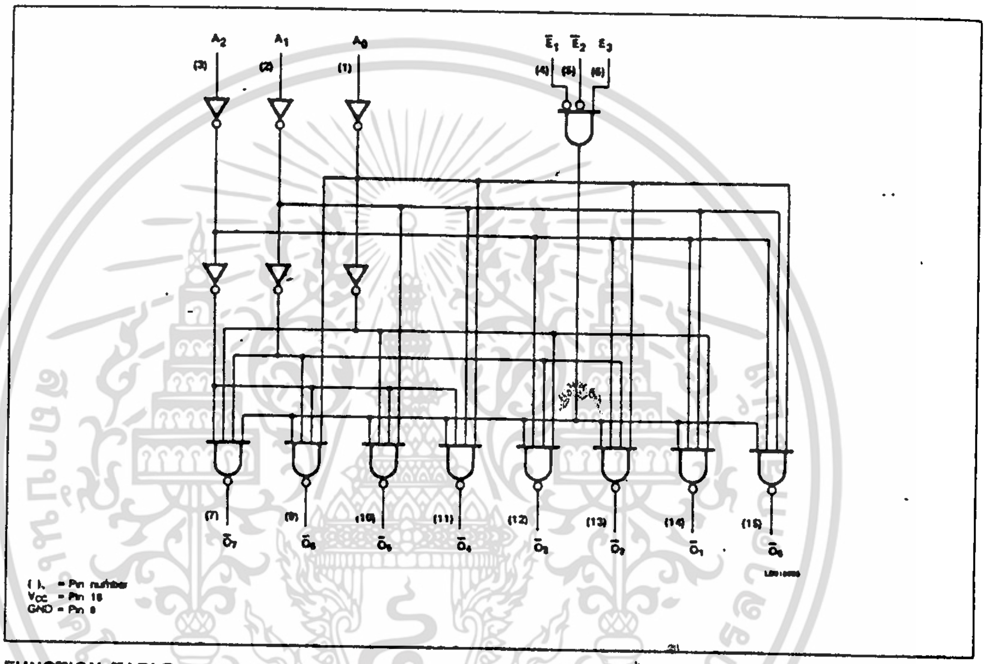


LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



FUNCTION TABLE

INPUTS						OUTPUTS							
$\overline{E}_1$	$\overline{E}_2$	E_3	A_0	A_1	A_2	$\overline{0}$	$\overline{1}$	$\overline{2}$	$\overline{3}$	$\overline{4}$	$\overline{5}$	$\overline{6}$	$\overline{7}$
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Products

74148
Encoder

8-Input Priority Encoder
Product Specification

FEATURES
- Code conversions
- Multi-channel D/A converter
- Decimal-to-BCD converter
- Cascading for priority encoding of "N" bits
- Input Enable capability
- Priority encoding — automatic selection of highest priority input line
- Output Enable — active LOW when all inputs HIGH
- Group Signal output — active when any input is LOW

DESCRIPTION
The '148 8-input priority encoder accepts data from eight active-LOW inputs and provides a binary representation on the three active-LOW outputs. A priority is assigned to each input so that when two or more inputs are simultaneously active, the input with the highest priority is represented on the output, with input line $\bar{I}_7$ having the highest priority.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74148	10ns	35mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N74148N
Plastic SO	

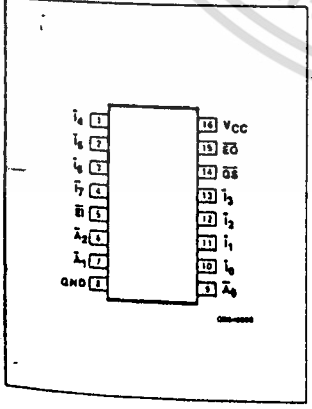
NOTES:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

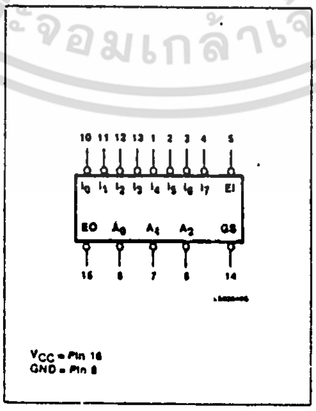
PINS	DESCRIPTION	74
$\bar{I}_0$	Input	1ul
$\bar{I}_1 - \bar{I}_7$	Inputs	2ul
$\overline{EI}$	Input	2ul
All	Outputs	10ul

NOTE:
A 74 unit load (ul) is understood to be 40μA I_{IH} and −1.6mA I_{IL}

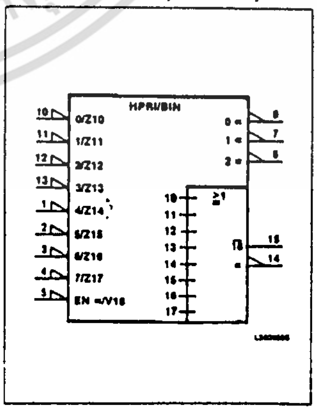
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



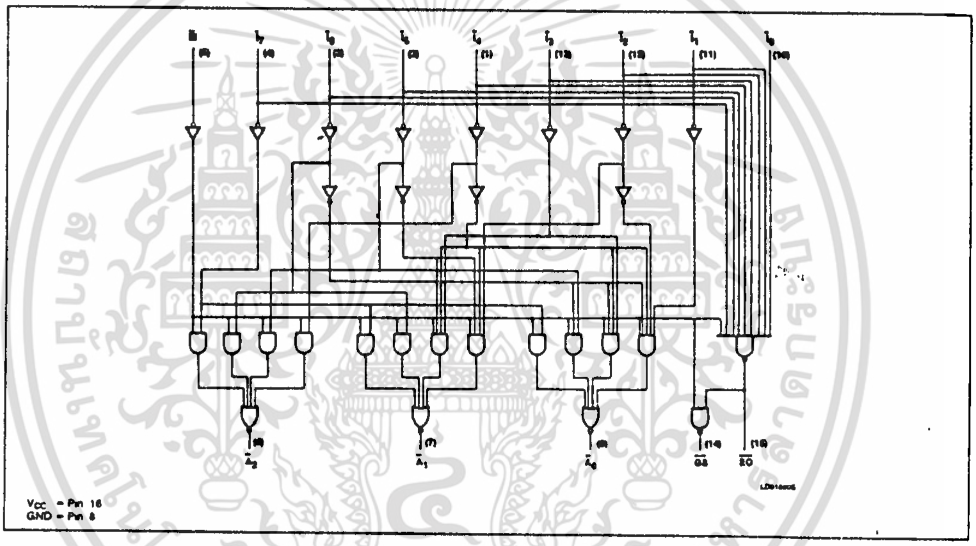
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encoder **74148**

A HIGH on the Enable Input ($\overline{EI}$) will force all outputs to the inactive (HIGH) state and allow new data to settle without producing erroneous information at the outputs.

A Group Signal ($\overline{GS}$) output and an Enable Output ($\overline{EO}$) are provided with the three data outputs. The $\overline{GS}$ is active-LOW when any input is LOW; this indicates when any input is active. The $\overline{EO}$ is active-LOW when all inputs are HIGH. Using the Enable Output along with the Enable Input allows priority encoding of N input signals. Both $\overline{EO}$ and $\overline{GS}$ are active-HIGH when the Enable Input is HIGH.

LOGIC DIAGRAM



FUNCTION TABLE

INPUTS									OUTPUTS				
$\overline{EI}$	$\overline{I}_0$	$\overline{I}_1$	$\overline{I}_2$	$\overline{I}_3$	$\overline{I}_4$	$\overline{I}_5$	$\overline{I}_6$	$\overline{I}_7$	$\overline{GS}$	$\overline{A}_0$	$\overline{A}_1$	$\overline{A}_2$	$\overline{EO}$
H	X	X	X	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	H
L	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	L	L	H
L	X	X	X	X	X	L	H	H	L	L	H	L	H
L	X	X	X	X	L	H	H	H	L	H	H	L	H
L	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H	H
L	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L	H	H
L	X	L	H	H	H	H	H	H	L	L	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT&T

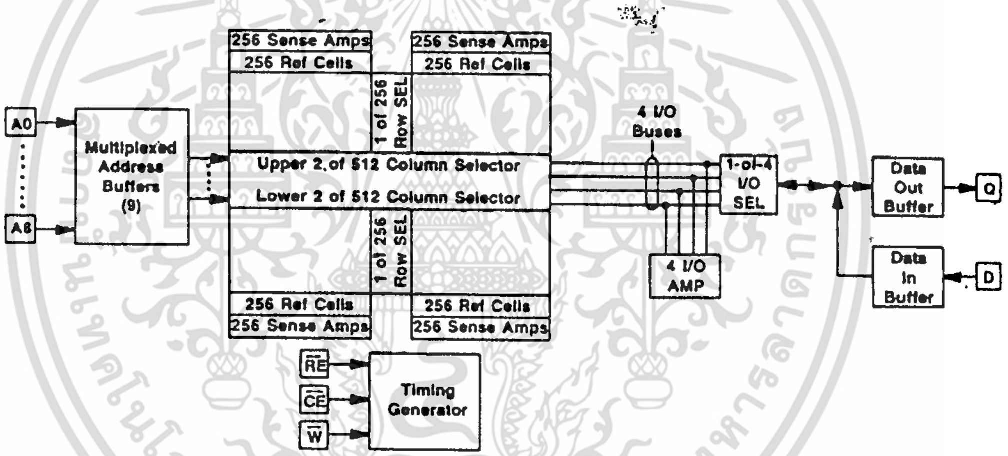
Description

The M41256xxM15B integrated circuit is a high-speed, low-power 262,144 words by 1-bit dynamic random access memory (DRAM) device. The device is manufactured according to the general requirements of MIL-STD-883, is screened according to Method 5004 for a class B device, and meets the qualification and quality conformance requirements of Method 5005.

Features

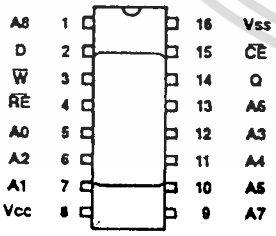
- Military temperature range, Tc = −55°C to +110°C
- Complies with MIL-STD-883
- 262,144 words × 1-bit organization
- 150 ns access time from $\overline{RE}$
- 75 ns access time from CE
- 360/330 mW active power, Page Mode at minimum cycle time
- 55 mW standby power
- Multiplexed address inputs
- ±10% power supply tolerance
- Read-Modify-Write capabilities
- $\overline{RE}$ Only refresh/Hidden Refresh
- Latched or high-impedance output during refresh
- 256 refresh cycles
- Page Mode operation
- Available in a hermetic ceramic DIP

Figure 1. Page Mode Block Diagram



Pin Descriptions

Figure 2. Pin Function Diagram



Pin Description Key

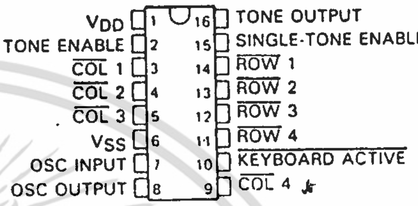
Symbol	Name
Vcc	+5 V Supply
D	Data In
Q	Data Out
A(0-8)	Address Input(0-8)
$\overline{W}$	Write Enable
$\overline{RE}$	Row Enable
$\overline{CE}$	Column Enable
Vss	Ground
NC	No Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D2651, NOVEMBER 1982 – REVISED OCTOBER 1984

- Low-Cost TV Color-Burst Crystal Sine-Wave Input Produces Highly Accurate and Stable Tones
- Device Powered Directly by Telephone or Small Batteries
- Keyboard or Electronic Input Capability
- Dual-Tone and Single-Tone Capability
- Minimal Standby Power Requirement
- Total Harmonic Distortion Meets EIA Standard RS-470
- PEP3 Processing Available
- Wide Supply-Voltage Range
- Minimal External Parts Required
- Single-Tone Production Can be Inhibited
- Separate Tone Enable Provided
- Auxiliary Switching Bipolar Transistor Available
- Designed to be Interchangeable with Mostek MK5089

N PACKAGE
(TOP VIEW)



Caution. These devices have limited built-in gate protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

description

The TCM5089 tone encoder is a CMOS integrated circuit designed specifically to generate the dial tones used in dual-tone telephone dialing systems. It requires a sine-wave input normally supplied by a low-cost TV color-burst crystal at 3.579545 MHz to generate eight different audio sinusoidal frequencies. With this input the encoder generates dial tones that are very low in total harmonic distortion and comply with standard Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) specifications without any need for frequency adjustment.

When generating a dual-tone signal, the encoder generates one column tone and one row tone and adds them for its output. The table below presents the frequencies produced by the tone encoder with the 3.579545-MHz TV-crystal signal input. Any deviation in this frequency will be reflected in the frequency output. The tolerance of the crystal is normally 0.02%.

TONE	DTMF STANDARD (Hz)	ENCODER OUTPUT* (Hz)	ERROR FROM STANDARD* (%)
Row 1	697	701.3	+0.62
Row 2	770	771.4	+0.19
Row 3	852	857.2	+0.61
Row 4	941	935.1	−0.63
Column 1	1209	1215.9	+0.57
Column 2	1336	1331.7	−0.32
Column 3	1477	1471.9	−0.35
Column 4	1633	1645	+0.73

*Using an input signal from a 3.579545-MHz crystal.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1982, Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

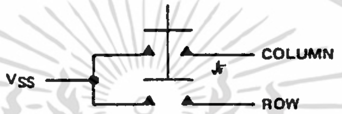
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

operation

keyboard and electronic inputs

The specific tone or tones generated are determined by inputs designated ROW 1 through ROW 4 and COLUMN 1 through COLUMN 4. These input levels are normally received from a 2-of-8 DTMF (DPST) keyboard or from an electronic circuit. Unlike dynamic or scanned inputs, the static inputs of the TCM5089 do not generate any noise. See function table for input and output description.

2-of-8 DTMF KEYBOARD (DPST)



single-tone enable input

This inhibits the generation of single tones when taken low or left open. However, all other chip functions remain unchanged. If the input is high, single-tone operation is enabled.

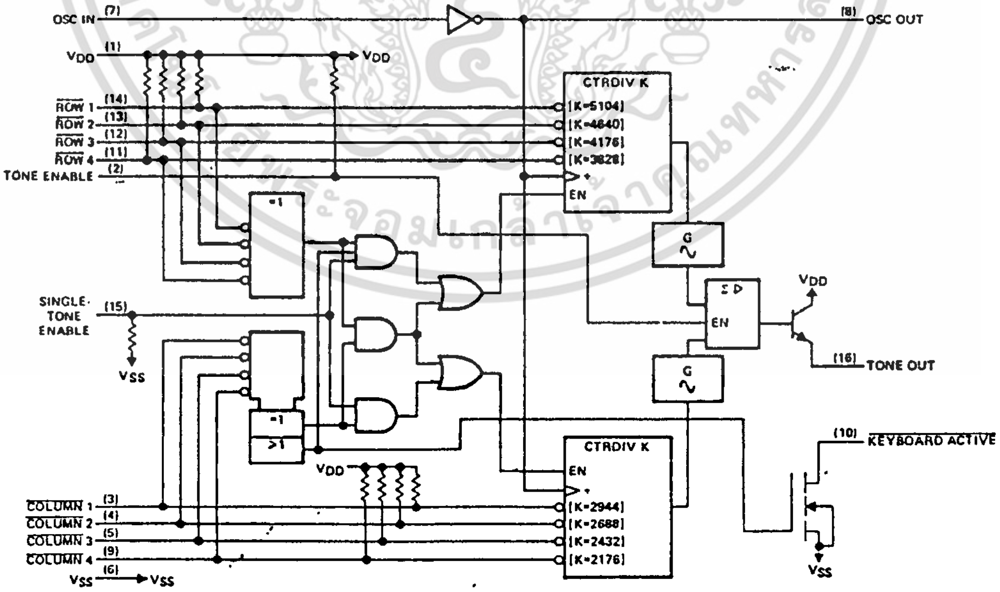
tone enable input

The tone enable input, when low, disables the tone output of the encoder. Other chip functions remain unchanged.

keyboard active output

This output provides for switching of an external receiver, transmitter, or other functions. The output is low whenever one or more column inputs are active and at a high impedance when all column inputs are inactive.

functional block diagram



TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TONE ENCODER FUNCTION TABLE

INPUT COMBINATIONS[†]	TONE OUTPUT: PIN 2 OPEN[‡] PIN 15 at V_{DD}[‡]	TONE OUTPUT: PIN 2 OPEN[‡] PIN 15 at V_{SS}[‡]	TONE OUTPUT: PIN 2 AT V_{SS}[‡]	KEYBOARD ACTIVE OUTPUT
0 rows 0 Columns	0	0	0	Hi-Z
1 row 1 column	Row and column	Row and column	0	L
2 or more rows 1 column	column	0	0	L
1 row 2 or more columns	Row	0	0	L
2 or more rows 2 or more columns	0	0	0	L
0 rows 1 column	Column	0	0	L
0 rows 2 or more columns	0	0	0	L
1 or more rows 0 columns	0	0	0	Hi-Z

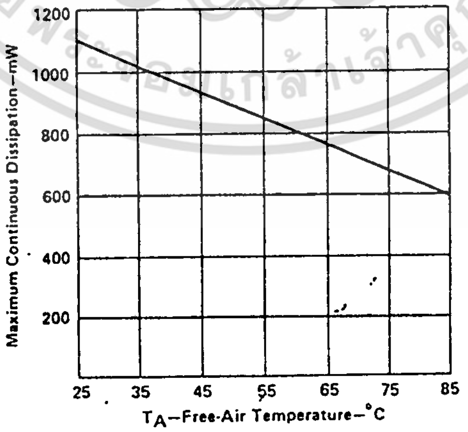
[†] An inactive level can be produced by an open circuit. Under voltage-level control, row and column inputs will be active when low as defined by V_{IL} in recommended operating conditions.
[‡] Pin 15 is the single tone enable input; Pin 2 is the tone-enable input.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage V_{DD} (see Note 1)	13.5 V
Input voltage range	−0.3 V to V_{DD} + 0.3 V
Output voltage range	−0.3 V to V_{DD} + 0.3 V
Continuous power dissipation at 25 °C free-air temperature (see Note 2)	1150 mW
Operating free-air temperature range	−30 °C to 70 °C
Storage temperature range	−55 °C to 150 °C

NOTES 1. All voltage values are with respect to the V_{SS} terminal.
2. For operation above 25 °C see the Dissipation Derating Curve.

DISSIPATION DERATING CURVE



2
Telecommunications Circuits

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

recommended operating conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}	3		10	V
High-level input voltage, any input, V_{IH}	0.7 V_{DD}		V_{DD}	V
Low level input voltage, any input, V_{IL}	V_{SS}		0.3 V_{DD}	V
Operating free-air temperature, T_A	−30		70	°C

electrical characteristics over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
	Input resistance, single-tone input to V_{SS}		20		100	kΩ
I_{OH}	High-level output current, keyboard active output	V_O = 5 V[†]			2	μA
I_{OL}	Low-level output current, keyboard active output	V_O = 0.5 V[†]	−500			μA
I_{DDstby}	Standby power supply current	V_{DD} = 10 V, See Note 3			200	μA
I_{DDop}	Operating power supply current	V_{DD} = 3.5 V, See Note 4			2	mA

operating characteristics over recommended ranges of operating free-air temperature and supply voltage (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS[‡]	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output rms voltage	Row tone	V_{DD} = 3.5 V, R_L = 10 kΩ	235		365	mV
	Column tone		275		516	
Preemphasis (column-tone to row-tone)		R_L = 10 kΩ	2.4		3	dB
Dual-tone output distortion (see Note 5)		$V_{DD} \geq$ 3.5 V, R_L = 10 kΩ			−20	dB
Quiescent tone-output power		R_L = 10 kΩ			−80	dBm
Tone-output rise time (see Note 6)				2.8	5	ms

[†] V_O is the dc bias on the keyboard-active output.
[‡] Crystal parameters are as follows: f = 3.579545 MHz ±0.02%, $R_S \leq$ 100 Ω, C_L = 18 pF, C_M = 0.02 pF, and L_M = 96 mH.

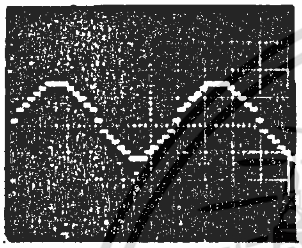
NOTES: 3. Standby power supply current is measured with no inputs activated.
4. Operating current is measured with all outputs unloaded, one row inut and one column input active, and normal oscillator input.
5. Distortion is expressed as the ratio of total out-of-band power relative to the total fundamental power for the dual tone.
6. This is the time required for the output to change from its quiescent value to 90% of its final rms value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

output waveforms

Typical row and column stairstep approximations of sinusoidal outputs are shown in Figures 1 and 2. The row and column outputs are added together resulting in a typical dual-tone waveform as shown in Figure 3. Spectral analysis of this dual-tone waveform shows that all harmonic and intermodulation distortions are typically 30 dB below the strongest column-tone fundamental.

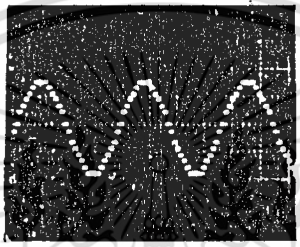
0.5 V/div



0.2 ms/div

FIGURE 1

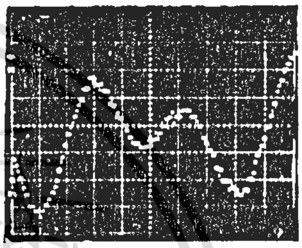
0.5 V/div



0.2 ms/div

FIGURE 2

0.5 V/div



0.2 ms/div

FIGURE 3

distortion considerations

The following formula is used to calculate the total harmonic distortion of a single row or a single column:

$$THD = \left(\frac{\sqrt{V_{2f}^2 + V_{3f}^2 + V_{4f}^2 + V_{5f}^2 + \ldots + V_{nf}^2}}{V_{1f}} \right) \times 100\%$$

where V_{2f} is the second harmonic of the fundamental frequency V_{1f} waveform and so on. The dual-tone total harmonic distortion is:

$$THD = \left(\frac{\sqrt{V_{2R}^2 + V_{3R}^2 + \ldots + V_{nR}^2 + V_{2C}^2 + \ldots V_{nC}^2 \pm V_{IMD}^2}}{\sqrt{V_{FR}^2 + V_{FC}^2}} \right) \times 100\%$$

where V_{FR} and V_{FC} are the row and column fundamental frequency waveforms, and V_{2R} and V_{2C}, etc. are the corresponding harmonics.

The total intermodulation distortion is:

$$V_{IMD}^2 = (V_{1R} + V_{1C})^2 + (V_{1R} - V_{1C})^2 + \ldots + (V_{nr} + V_{nC})^2 + (V_{nR} - V_{nC})^2$$

A relatively simple method of distortion measurement uses a spectrum analyzer to relate the harmonics to the fundamental frequency waveform. The tone encoder spectrum indicates the harmonics and intermodulation distortion at least 30 dB down relative to the column tone.

Another method for distortion measurement of the dual-tone waveform is to compare the total power in the fundamental frequencies with the total power in the various harmonics plus intermodulation on a signal analyzer. The encoders provide an output distortion of −20 dB maximum when operated between 3.5 volts and 10 volts. If operated between 3 volts and 3.5 volts, some clipping occurs at the output causing the distortion to exceed the −20 dB level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

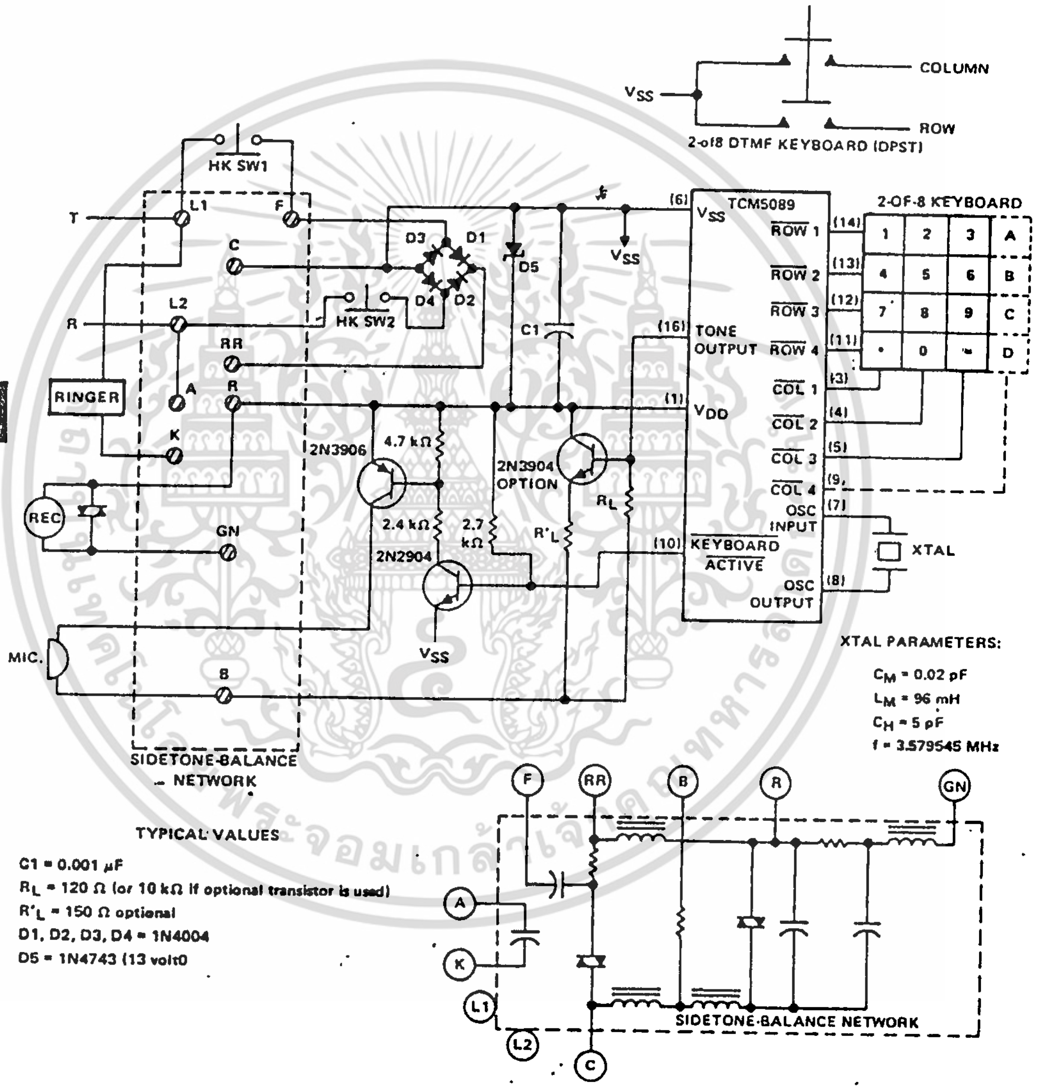


FIGURE 4. TYPICAL APPLICATION USING HYBRID COIL SIDETONE-BALANCE NETWORK, ELECTRONIC SWITCHING, AND LOW-COST (CLASS A) KEYBOARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL

ISO²-CMOS MT8870B/MT8870B-1 Integrated DTMF Receiver

9161-002-051-NA ISSUE 2 December 1987

Features

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

Applications

- Receiver System for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870B-1)
- Paging Systems
- Repeater Systems/Mobile Radio
- Credit Card Systems
- Remote Control
- Personal Computers

Pin Connections

Pin	Name	Pin	Name
1	IN +	18	VDD
2	IN −	17	St/GT
3	GS	16	ESt
4	VRef	15	StD
5	IC*	14	Q4
6	IC*	13	Q3
7	OSC1	12	Q2
8	OSC2	11	Q1
9	VSS	10	TOE

*Connect to VSS

Ordering Information -40°C to +85°C

MT8870BE/MT8870BE-1 Plastic DIP
MT8870BC/MT8870BC-1 Cerdip

Description

The MT8870B/MT8870B-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.

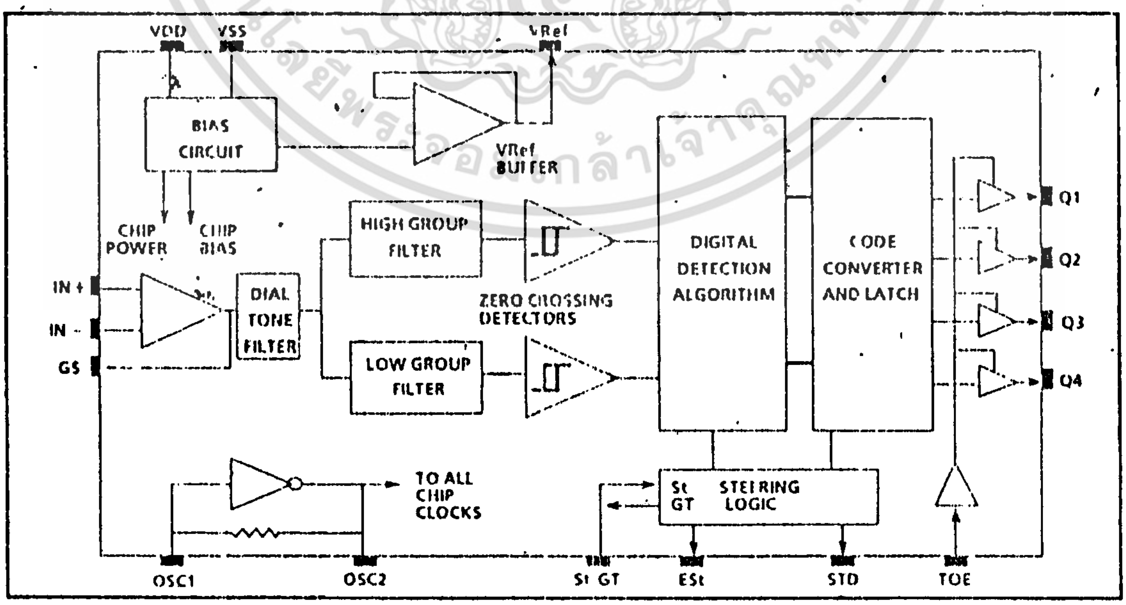


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings[1]

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Power supply voltage V_{DD}-V_{SS}			6	V
2	Voltage on any pin		$V_{SS}-0.3$	$V_{DD}+0.3$	V
3	Current at any pin (other than supply)			10	mA
4	Operating temperature	T_A	−40	+85	°C
5	Storage temperature		−65	+150	°C
6	Package power dissipation			1000	mW

[1] 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

		Characteristics	Sym	Min	Typ[1]	Max	Units	Test Conditions
1		Positive Supply Voltages	V_{DD}		5		V	$V_{SS}=0V$
2		Oscillator Clock Frequency	f_c		3.579545		MHz	
3		Oscillator Frequency Tolerance	Δf_c		±0.1		%	

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

DC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$, $V_{SS}=0V$. Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ[1]	Max	Units	Test Conditions
1	SUPPLY	Operating supply voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_O		15	45	mW	f = 3.58 MHz; V_{DD} = 5V
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	
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	15	µA	TOE (pin 10) = 0V
8		Input impedance (IN+, IN−)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
9		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2		2.5	V	
10	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			$V_{SS}+0.03$	V	No load
11		High level output voltage	V_{OH}	V_{DD}-0.03			V	No load
12		Output low (sink) current	I_{OL}	1	2.5		mA	$V_{OUT}=0.4$ V
13		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	$V_{OUT}=4.6$ V
14		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.4		2.7	V	No load
15		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		10		kΩ	

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics[1] - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ[‡]	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		60		dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR		60		dB	$-3.0V \le V_{IN} \le 3.0V$
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}		65		dB	
7	Open loop unity gain bandwidth	f_C		1.5		MHz	
8	Output voltage swing	V_O		4.5		V_{pp}	$R_L \ge 100K\Omega$ to V_{SS}
9	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]	[illegible]
10	Maximum resistive load (GS)	R_L		50		KΩ	
11	Common mode range	V_{CM}		3.0		V_{pp}	No Load

[1] $V_{DD} = 5V$, $V_{SS} = 0V$, $T_A = 25°C$

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

MT8870B AC Electrical Characteristics[1] - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated

		Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Notes
1	SIGNAL CONDITIONS	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		Positive twist accept			10		dB	2,3,6,9
3		Negative twist accept			10		dB	2,3,6,9
4		Freq. deviation accept		±1.5% ± 2Hz			Nom.	2,3,5,9
5		Freq. deviation reject		±3.5%			Nom.	2,3,5,9
6		Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9
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

[1] $V_{DD} = 5V$, $V_{SS} = 0$, $T_A = 25°C$ and $f_C = 3.579545$ MHz using test circuit shown in Figure 2.

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% ± 2Hz.
7. Bandwidth limited (3kHz) 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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870B-1 AC Electrical Characteristics[1] Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated

		Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Notes
1	SIGNAL CONDITIONS	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31			dBm	1,2,3,5,6,9
				21.8			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		Input Signal Level Reject		-37			dBm	1,2,3,5,6,9
				10.9			mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
3		Positive twist accept				6	dB	2,3,6,9
4		Negative twist accept				6	dB	2,3,6,9
5		Freq. deviation accept		±1.5% ± 2Hz				2,3,5,9
6		Freq. 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] $V_{DD} = 5 V$, $V_{SS} = 0$, $T_A = 25$ °C and $f_C = 3.579545$ MHz using test circuit shown in Figure 2

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% ± 2Hz
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
13 Referenced to Fig. 10 Input DTMF Tone Level at -25 dBm (-28 dBm at GS Pin) Interference Frequency Range between 480 - 3400 Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics

Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated

		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	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		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	R_L = 10kΩ C_L = 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	R_L = 10kΩ C_L = 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	

* V_{DD} = 5.0V, V_{SS} = 0V, T_A = 25°C and f_C = 3.579545 MHz, using test circuit shown in Figure 2

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

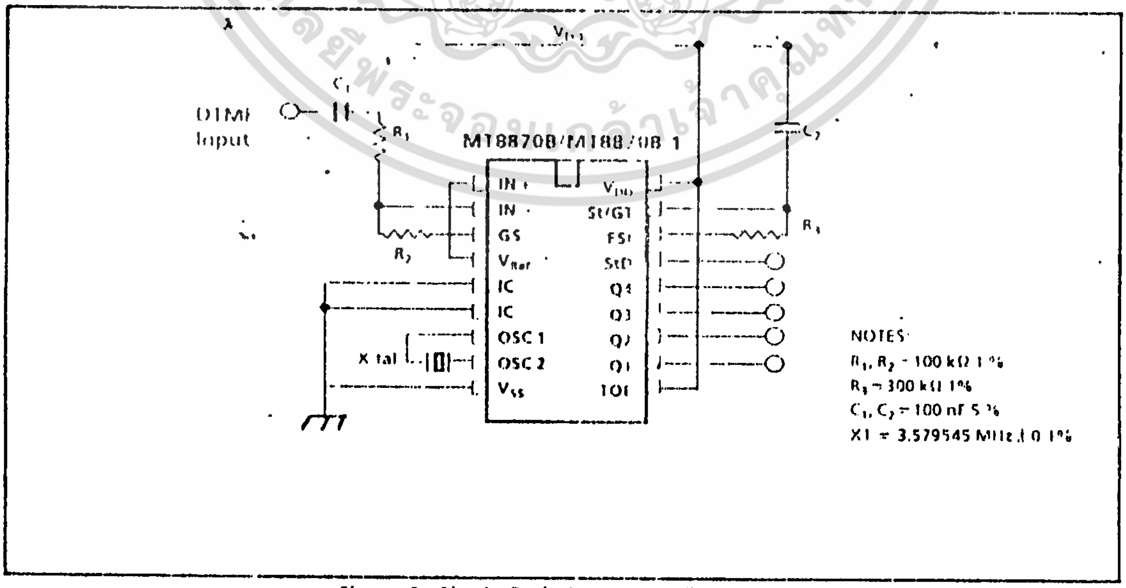


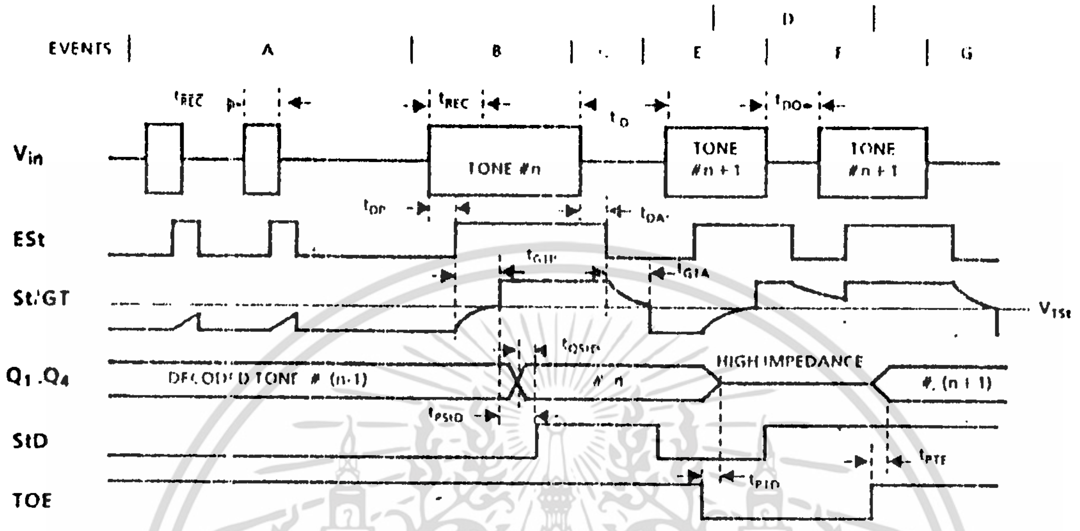
Figure 2 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	IC	**Internal Connection.** Must be tied to [illegible]
6	IC	**Internal Connection.** Must be tie [illegible]
7	OSC1	**Clock (Input)**
8	OSC2	**Clock (Output).** A 3.579545 MHz [illegible] connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator [illegible]
9	V_{SS}	**Negative Power Supply (Input)**
10	TOE	**Three State Output Enable (Input).** [illegible] 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 DROPOUT 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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8870B/MT8870B-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 the interdigit

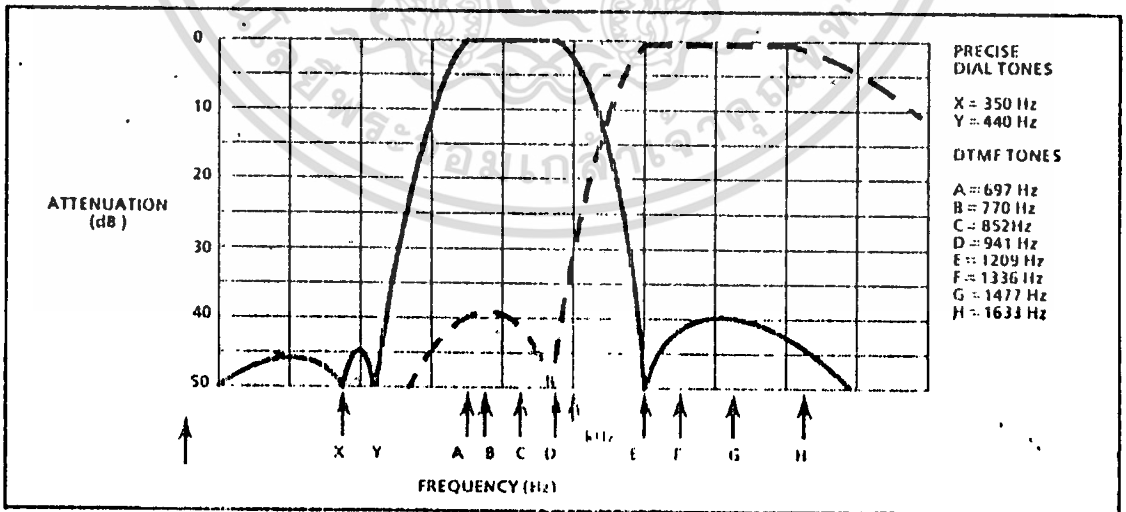


Figure 4 Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Table 1. Functional Decode Table

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.

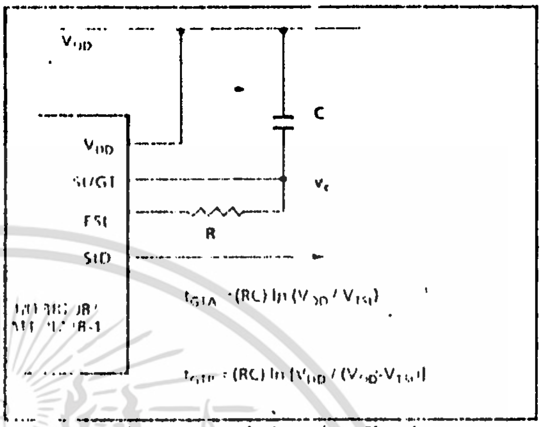


Figure 5- Basic Steering Circuit

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 dropouts are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6.

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870B/MT8870B-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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

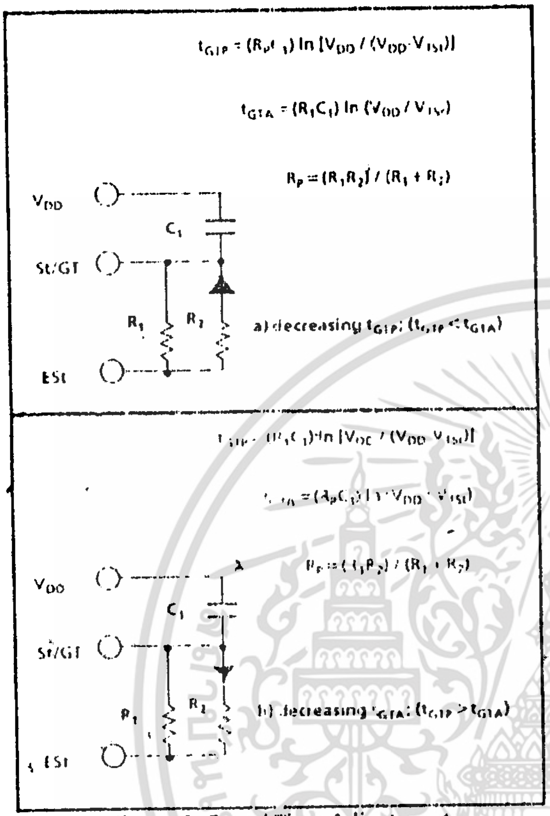


Figure 6- Guard Time Adjustment

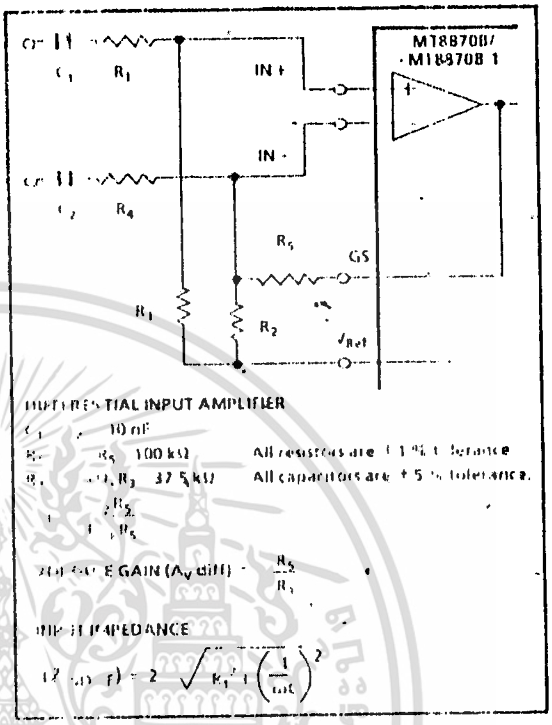


Figure 7- Differential Input Configuration

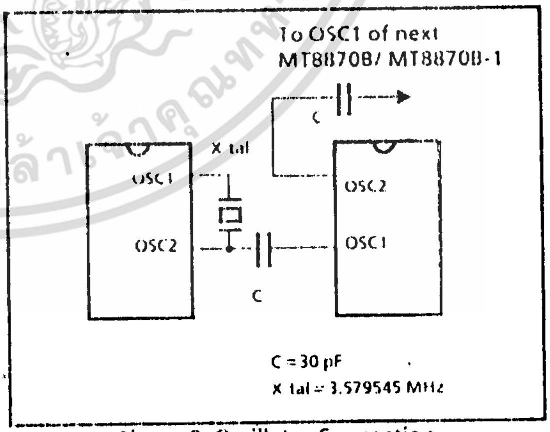


Figure 8- Oscillator Connection

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 MT8870B/MT8870B-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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 10 illustrates the use of MT8870B-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 MT8870B-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.

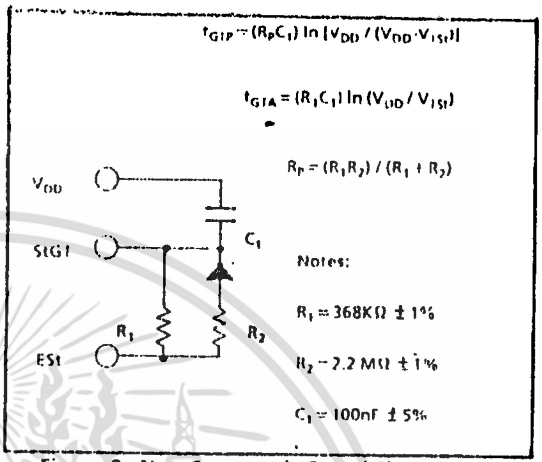


Figure 9 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

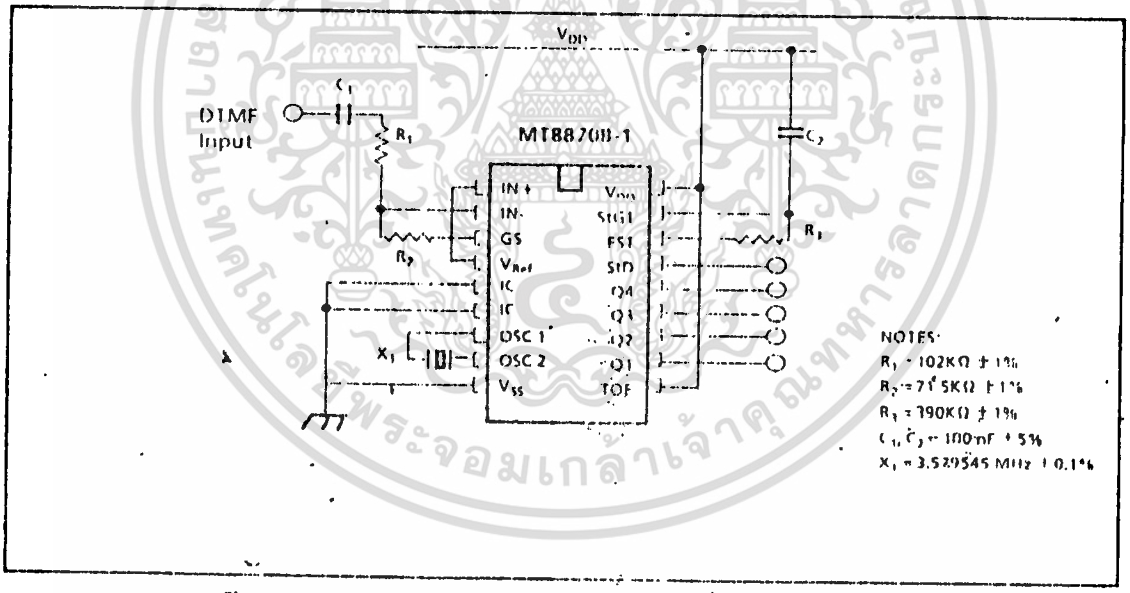


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4066B **CMOS QUAD ANALOG SWITCH**

FEATURES

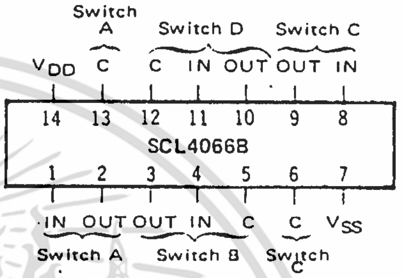
- Transmission or Multiplexing of Analog or Digital Signals
- 80Ω Typical ON-Resistance for 15-Volt operation
- Switch ON-Resistance Matched to within 5Ω over 15-Volt Signal-Input Range
- ON-Resistance Flat over Full Peak-to-Peak Signal Range
- High Degree of Linearity:
  $\leq$0.5% Distortion (typ) @ f_{is} = 1kHz,
  V_{is} = 5$V_{p\text{-}p}$, V_{DD}-V_{SS} $\geq$10V, R_L = 10kΩ
- Extremely Low OFF switch Leakage Resulting in very Low Offset Current and High Effective OFF Resistance:
  10pA (typ) @ V_{DD}-V_{SS} = 10V, T_A = 25°C
- Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit):
  10^{12} Ω (typ)
- Low Crosstalk between Switches:
  -50dB (typ) @ f_{is} = 0.9MHz, R_L = 1kΩ
- Matched Control-Input to Signal-Output Capacitance Reduces Output Signal Transients
- Frequency Response, Switch ON = 40MHz (typ)

DESCRIPTION

The SCL4066B is a Quad Bilateral Switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with the SCL4016B, but exhibits a much lower ON-resistance. In addition, the ON-resistance is relatively constant over the full input signal range. The SCL4066 consists of four independent bilateral switches. A single control signal is required per switch. Both the P and the N device in a given switch are biased ON or OFF simultaneously by the control signal. As shown below, the well of the N-channel device on each switch is either tied to the input when the switch is ON or to V_{SS} when the switch is OFF. This configuration minimizes the variation of the switch-transistor threshold voltage with input-signal, and thus keeps the ON-resistance low over the full operating range.

The advantages over single-channel switches include peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, and more constant ON-impedance over the input-signal range. For sample-and-hold applications, however, the SCL4016 is recommended.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

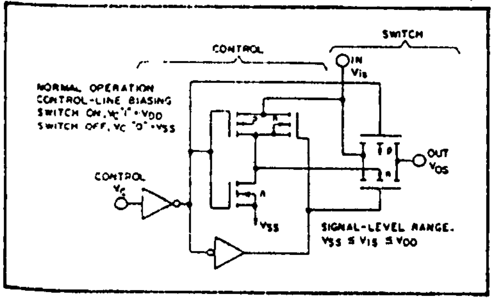
C	14-pin Cerdip	F	14-pin Flat
D	14-pin Ceramic	H	Chip
E	14-pin Epoxy		

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

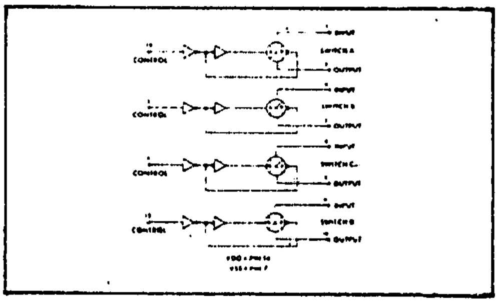
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	V_{DD} - V_{SS}	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

SCHEMATIC DIAGRAM (one of four switches)



LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

PARAMETER		CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	T_{LOW}[2]		25°C			T_{HIGH}[2]		Units
					Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD} All valid input-combinations	0 0 0	5 10 15	– – –	0.05 0.1 0.2	– – –	0.0005 0.001 0.002	0.05 0.1 0.2	– – –	1.5 3.0 6.0	µAdc
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input)	V_{IH}	$V_{IS} = V_{SS}$ $V_{OS} = V_{DD}$ $I_{OS} = 10\mu A$	0 0 0	5 10 15	– – –	4.0 8.0 12.0	– – –	2.75 5.5 8.25	4.0 8.0 12.0	– – –	4.0 8.0 12.0	Vdc
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input)	V_{IL}	$V_{IS} = V_{SS}$ $V_{OS} = V_{DD}$ $I_{OS} = 10\mu A$	0 0 0	5 10 15	1.0 2.0 3.0	– – –	1.0 2.0 3.0	2.25 4.5 6.75	– – –	1.0 2.0 3.0	– – –	Vdc
SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE	I_{OFF}	$V_C = V_{SS}$ $V_{IS} = \pm 7.5Vdc$	-7.5	+7.5	–	±100	–	±0.01	±100	–	±200	nAdc
ON-RESISTANCE C,D,F,H device	R_{ON}	$V_C = V_{DD}$ $V_{SS} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$ $R_L = 10k\Omega$	-7.5 0	+7.5 +15	–	220	–	80	280	–	320	Ω
			-5 0	+5 +10	–	310	–	120	400	–	550	Ω
			-2.5 0	+2.5 +5	–	2000	–	270	2500	–	3500	Ω
E device	R_{ON}	$V_C = V_{DD}$ $V_{SS} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$ $R_L = 10k\Omega$	-7.5 0	+7.5 +15	–	250	–	80	280	–	300	Ω
			-5 0	+5 +10	–	330	–	120	400	–	520	Ω
			-2.5 0	+2.5 +5	–	2100	–	270	2500	–	3200	Ω
ON-RESISTANCE MATCH (Same package)	ΔR_{ON}	$V_C = V_{DD}$ $V_{SS} \leq V_{IS} \leq V_{DD}$ $R_L = 10k\Omega$	-7.5 0	+7.5 +15	–	–	–	5	–	–	–	Ω
			-5 0	+5 +10	–	–	–	10	–	–		Ω
			-2.5 0	+2.5 +5	–	–	–	10	–	–		Ω

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"

[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

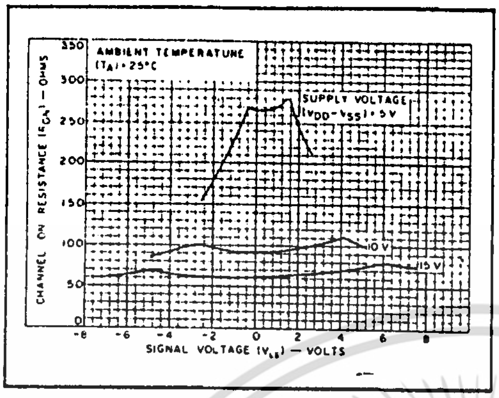
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

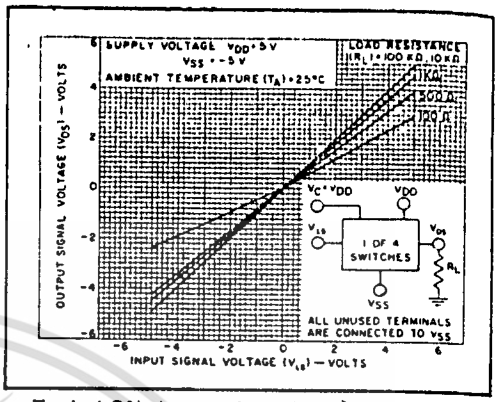
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
SIGNAL INPUTS (V_{is}) AND OUTPUTS (V_{os})								
PROPAGATION DELAY TIME Signal Input to Signal Output	t_{PLH}, t_{PHL}	V_c=V_{DD} V_{is}=Square Wave R_L = 10kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	20 10 7.5	40 20 15	ns
BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave)	BW	V_c=V_{DD}, R_L: V_{is}=5V_{p-p} 1kΩ centered 10kΩ @ 0.0Vdc 100kΩ 1MΩ	-5	+5	– – – –	54 40 38 37	– – – –	MHz
INSERTION LOSS ($= 20 \log_{10} \frac{V_{os}}{V_{is}}$)		V_c=V_{DD}, R_L: V_{is}=5V_{p-p} 1kΩ centered 10kΩ @ 0.0Vdc 100kΩ 1MΩ	-5	+5	– – – –	2.3 0.2 0.1 0.05	– – – –	dB
SIGNAL DISTORTION (Sine Wave)		V_c=V_{DD} V_{is}=5V_{p-p} centered @ 0.0Vdc f_{is}=1.0kHz R_L = 10kΩ	-5	+5	–	0.16	–	%
FEEDTHROUGH (-50dB)		V_c=V_{SS}, R_L: V_{is}=5V_{p-p} 1kΩ centered 10kΩ @0.0Vdc 100kΩ 1MΩ	-5	+5	– – – –	1250 140 18 2	– – – –	kHz
CROSSTALK (-50dB) Between two switches		V_c(A)=V_{DD} V_c(B)=V_{SS} V_{is}(A)=5V_{p-p} centered @ 0.0Vdc R_L = 10kΩ	-5	+5	–	0.9	–	MHz
CAPACITANCE Input Output Feedthrough	 C_{is} C_{os} C_{ios}	V_C = V_{SS}	-5	+5	 – – –	 8 8 0.5	 – – –	 pF pF pF
CONTROL INPUT (V_C)								
PROPAGATION DELAY TIME Turn on	t_{PC}	$V_{SS} \leq V_{is} \leq V_{DD}$ R_L = 10kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	50 25 20	100 50 40	ns
MAXIMUM INPUT FREQUENCY	f_c	$V_{SS} \leq V_{is} \leq V_{DD}$ R_L = 1.0kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	5 10 12	– – –	MHz
CROSSTALK (To signal port)		V_c–Square Wave R_L = 10kΩ R_{in} = 1.0kΩ	0 0 0	5 10 15	– – –	30 50 100	– – –	mV

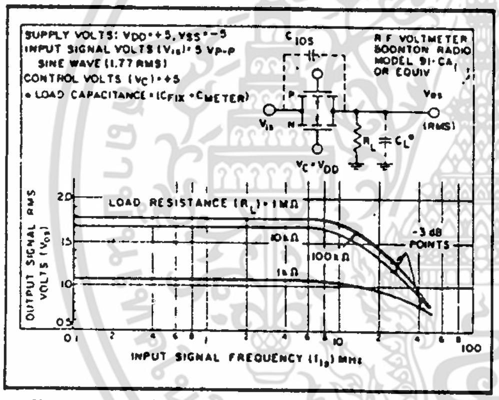
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



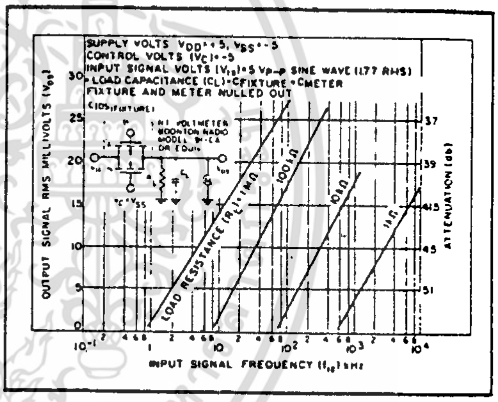
Typical channel ON resistance vs. signal voltage for three values of supply voltage (V_{DD}-V_{SS})



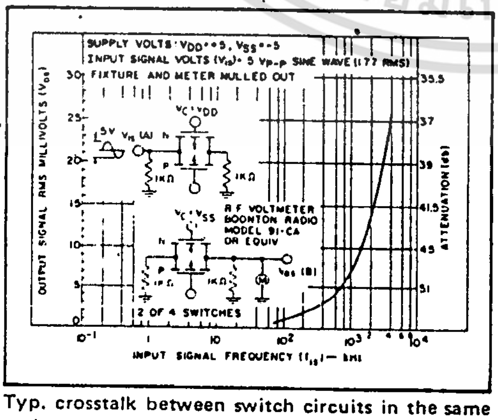
Typical ON characteristics for 1 of 4 channels.



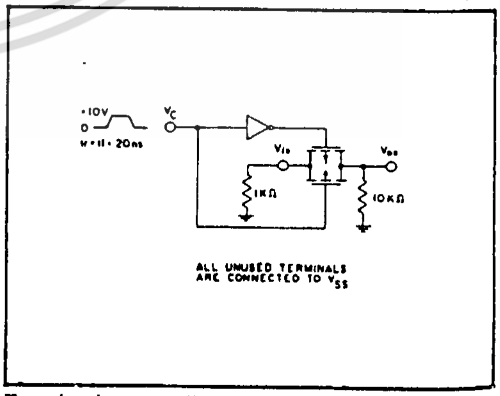
Typ. switch frequency response - switch "ON"



Typ. feedthru vs. freq. — switch "OFF"



Typ. crosstalk between switch circuits in the same package



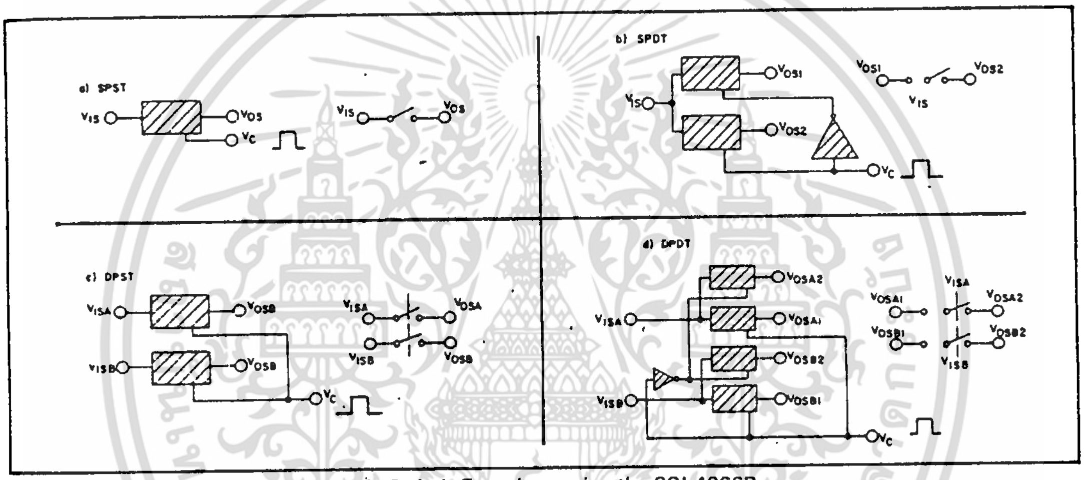
Test circuit, crosstalk-control input to signal output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

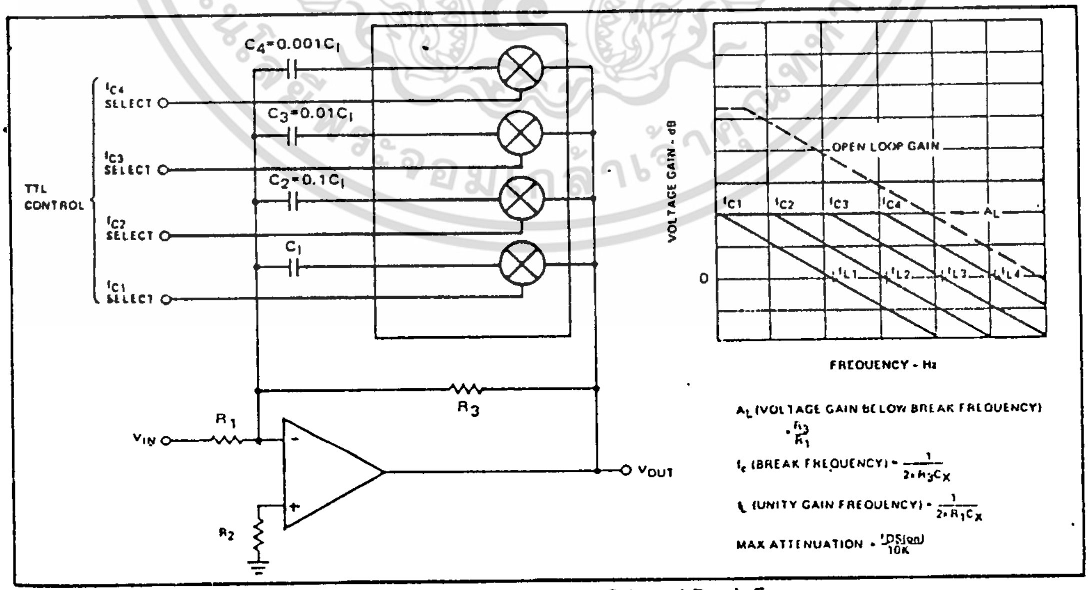
SPECIAL CONSIDERATIONS – SCL4066B

1. In applications where separate power sources are used to drive V_{DD} and the signal inputs, the V_{DD} current capability should exceed V_{DD}/R_L (R_L = effective external load of the 4 SCL4066B bilateral switches). This provision avoids any permanent current flow or clamp action on the V_{DD} supply when power is applied or removed from SCL4066B.
2. In certain applications, the external load-resistor current may include both V_{DD} and signal-line components. To avoid drawing V_{DD} current when switch current flows into terminals 1, 4, 8, or 11, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.8 volt (calculated from R_{ON} values shown).
   No V_{DD} current will flow through R_L if the switch current flows into terminals 2, 3, 9, or 10. Failure to observe this condition may result in distortion of the signal.

APPLICATIONS INFORMATION



Basic Switch Functions using the SCL4066B



Active Low Pass Filter with Digitally Selected Break Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/ SA534/LM2902

DESCRIPTION

The LM124/SA534/LM2902 series consists of four independent, high-gain, internally frequency-compensated operational amplifiers designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages.

UNIQUE FEATURES

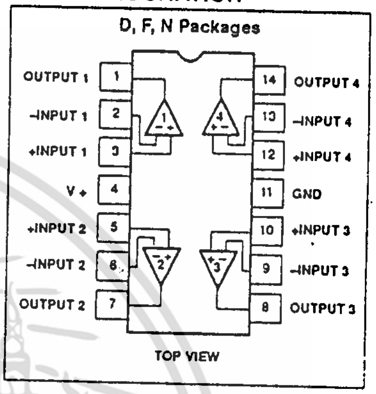
In the linear mode, the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.

The unity gain crossover frequency and the input bias current are temperature-compensated.

FEATURES

- Internally frequency-compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1MHz (temperature-compensated)
- Wide power supply range Single supply: $3V_{DC}$ to $30V_{DC}$ or dual supplies: $\pm1.5V_{DC}$ to $\pm15V_{DC}$
- Very low supply current drain: essentially independent of supply voltage (1mW/op amp at $+5V_{DC}$)
- Low input biasing current: $45nA_{DC}$ (temperature-compensated)
- Low input offset voltage: $2mV_{DC}$ and offset current: $5nA_{DC}$
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage: $0V_{DC}$ to V_{CC}-$1.5V_{DC}$ swing

PIN CONFIGURATION



ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE
14-Pin Plastic DIP	-55°C to +125°C	LM124N
14-Pin Ceramic DIP	-55°C to +125°C	LM124F
14-Pin Plastic DIP	-25°C to +85°C	LM224N
14-Pin Ceramic DIP	-25°C to +85°C	LM224F
14-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C	LM324N
14-Pin Ceramic DIP	0°C to +70°C	LM324F
14-Pin Plastic SO	0°C to +70°C	LM324D
14-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C	LM324AN
14-Pin Plastic SO	0°C to +70°C	LM324AD
14-Pin Plastic DIP	-40°C to +85°C	SA534N
14-Pin Ceramic DIP	-40°C to +85°C	SA534F
14-Pin Plastic SO	-40°C to +85°C	SA534D
14-Pin Plastic SO	-40°C to +85°C	LM2902D
14-Pin Plastic DIP	-40°C to +85°C	LM2902N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	32 or ±16	V_{DC}
V_{IN}	Differential input voltage	32	V_{DC}
V_{IN}	Input voltage	-0.3 to +32	V_{DC}
P_D	Maximum power dissipation, T_A=25°C (still-air)[1]		
	N package	1420	mW
	F package	1190	mW
	D package	1040	mW
	Output short-circuit to GND one amplifier V_{CC}<15V_{DC} and T_A=25°C	Continuous	
I_{IN}	Input current (V_{IN}<-0.3V)[3]	50	mA
T_A	Operating ambient temperature range		
	LM324/A	0 to +70	°C
	LM224	-25 to +85	°C
	SA534/LM2902	-40 to +85	°C
	LM124	-55 to +125	°C
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	°C

NOTES:

1. Derate above 25°C at the following rates:
   F package at 9.5mW/°C
   N package at 11.4mW/°C
   D package at 8.3mW/°C
2. Short-circuits from the output to V_{CC+} can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40mA, independent of the magnitude of V_{CC}. At values of supply voltage in excess of +15V_{DC} continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.
3. This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input bias clamps. In addition, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This action can cause the output voltages of the op amps to go to the V+ rail (or to ground for a large overdrive) during the time that the input is driven negative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

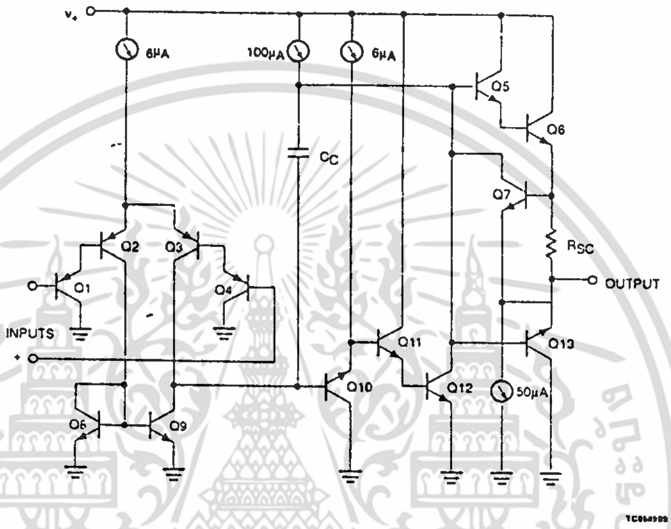
DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC}=5V, T_A=25°C unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124/LM224			LM324/SA534/LM2902			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage[1]	R_S=0Ω		±2	±5		±2	±7	mV
		R_S=0Ω, over temp.			±7			±9	mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Temperature drift	R_S=0Ω, over temp.		7			7		μV/°C
I_{BIAS}	Input current[2]	$I_{IN}(+)$ or $I_{IN}(-)$		45	150		45	250	nA
		$I_{IN}(+)$ or $I_{IN}(-)$, over temp.		40	300		40	500	nA
$\Delta I_{BIAS}/\Delta T$	Temperature drift	Over temp.		50			50		pA/°C
I_{OS}	Offset current	$I_{IN}(+)-I_{IN}(-)$		±3	±30		±5	±50	nA
		$I_{IN}(+)-I_{IN}(-)$, over temp.			±100			±150	nA
V_{OS}	Offset voltage[1]	R_S = 0Ω		±2	±5		±2	±7	mV
		R_S = 0Ω, over temp.			±7			±9	mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Temperature drift	R_S = 0Ω, over temp.		7			7		μV/°C
I_{BIAS}	Input current[2]	I_{IN} (+) or I_{IN} (−)		45	150		45	250	nA
		I_{IN} (+) or I_{IN} (−), over temp.		40	300		40	500	nA
$\Delta I_{BIAS}/\Delta T$	Temperature drift	Over temp.		50			50		pA/°C
I_{OS}	Offset current	I_{IN} (+) − I_{IN} (−)		±3	±30		±5	±50	nA
		I_{IN} (+) − I_{IN} (−), over temp.			±100			±150	nA
$\Delta I_{OS}/\Delta T$	Temperature drift	Over temp.		10			10		pA/°C
V_{CM}	Common-mode voltage range[3]	V_{CC}≤30V	0		V_{CC}-1.5	0		V_{CC}-1.5	V
		V_{CC}≤30V, over temp.	0		V_{CC}-2	0		V_{CC}-2	V
CMRR	Common-mode rejection ratio	V_{CC}=30V	70	85		65	70		dB
V_{OUT}	Output voltage swing	R_L=2kΩ, V_{CC}=30V, over temp.	26			26			V
V_{OH}	Output voltage high	R_L≤10kΩ, V_{CC}=30V, over temp.	27	28		27	28		V
V_{OL}	Output voltage low	R_L≤10kΩ, V_{CC}=5V, over temp.		5	20		5	20	mV
I_{CC}	Supply current	R_L=∞, V_{CC}=30V, over temp.		1.5	3		1.5	3	mA
		R_L=∞, V_{CC}=5V, over temp.		0.7	1.2		0.7	1.2	mA
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	V_{CC}=15V (for large V_O swing), R_L≥2kΩ	50	100		25	100		V/mV
		V_{CC}=15V (for large V_O swing), R_L≥2kΩ, over temp.	25			15			V/mV
	Amplifier-to-amplifier coupling[5]	f=1kHz to 20kHz, input referred		-120			-120		dB
PSRR	Power supply rejection ratio	R_S≤0Ω	65	100		65	100		dB
I_{OUT}	Output current source	V_{IN+}=+1V, V_{IN-}=0V, V_{CC}=15V	20	40		20	40		mA
		V_{IN+}=+1V, V_{IN-}=0V, V_{CC}=15V, over temp.	10	20		10	20		mA
	sink	V_{IN-}=+1V, V_{IN+}=0V, V+=15V	10	20		10	20		mA
		V_{IN-}=+1V, V_{IN+}=0V, V_{CC}=15V, over temp.	5	8		5	8		mA
		V_{IN-}=+1V, V_{IN+}=0V, V_O=200mV	12	50		12	50		μA
I_{SC}	Short-circuit current[4]		10	40	60	10	40	60	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EQUIVALENT CIRCUIT



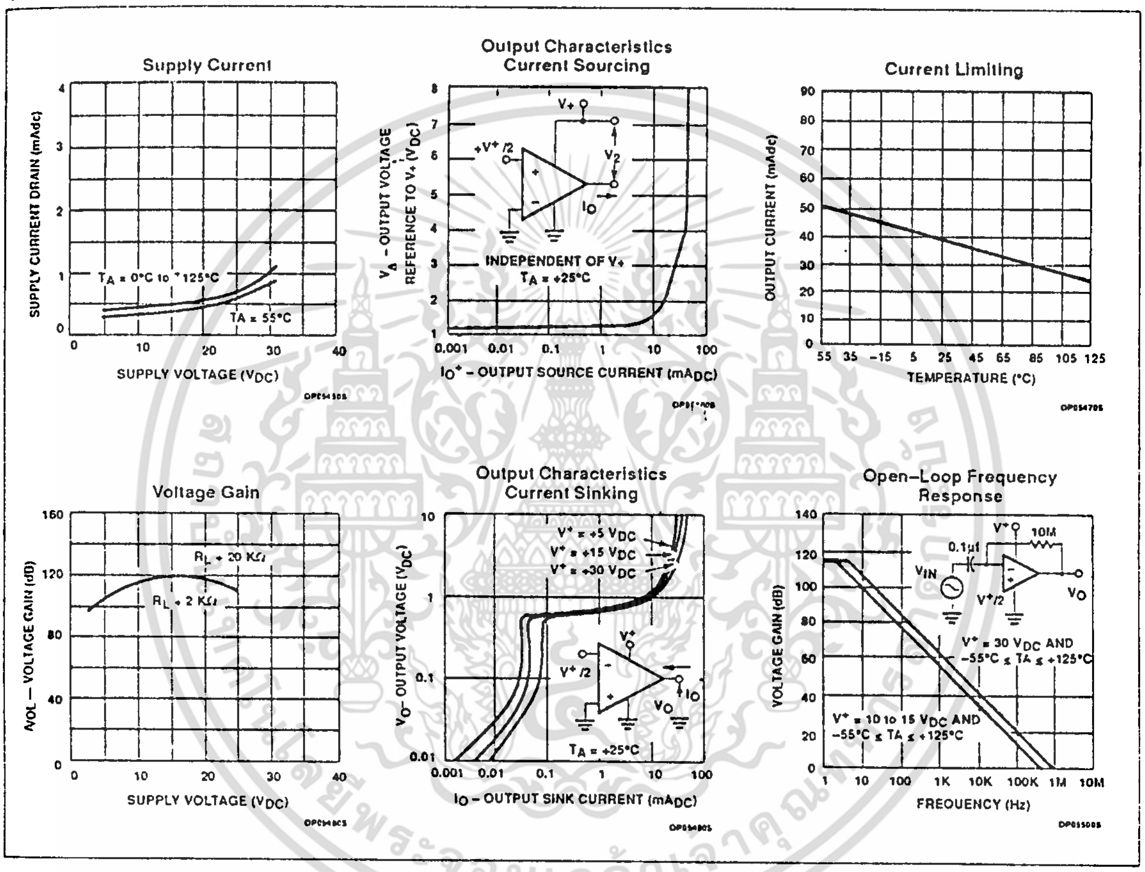
EQUIVALENT SCHEMATIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

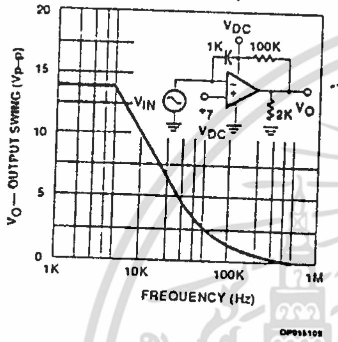
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



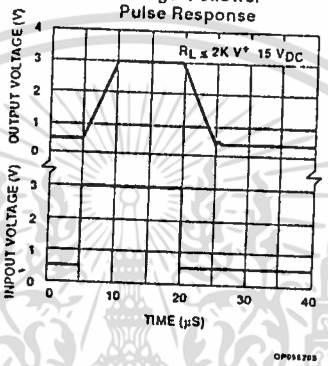
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)

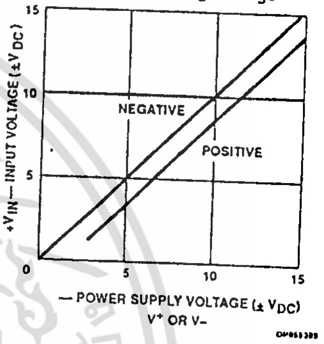
Large–Scale Frequency Response



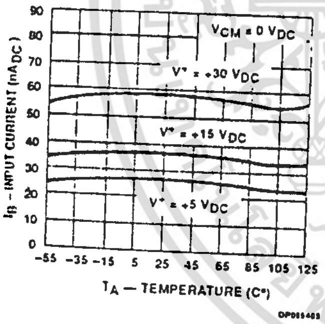
Voltage–Follower Pulse Response



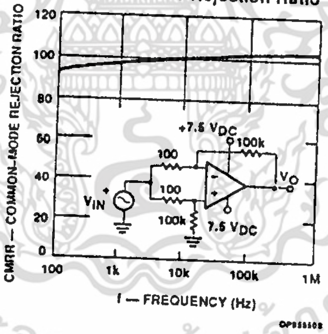
Input Voltage Range



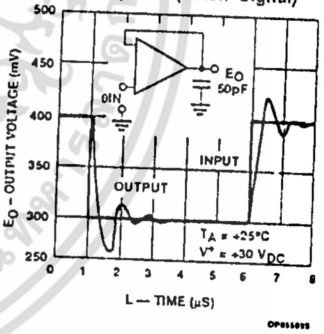
Input Current



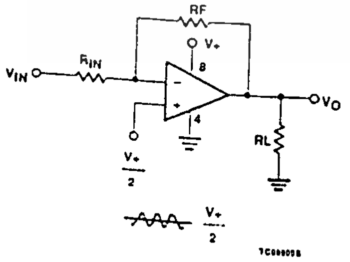
Common–Mode Rejection Ratio



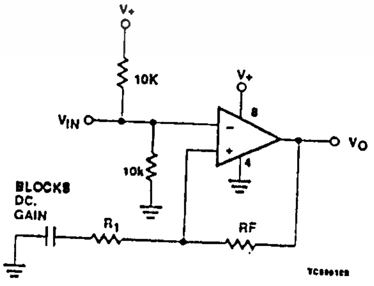
Voltage–Follower Pulse Response (Small–Signal)



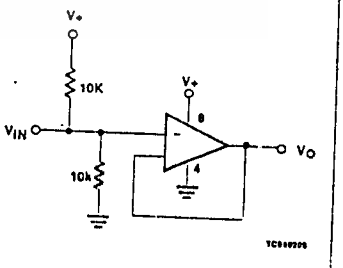
TYPICAL APPLICATIONS



Single Supply Inverting Amplifier



Non–Inverting Amplifier



Input Biasing Voltage–Follower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General purpose operational amplifier

MC/SA1458/MC1558

DESCRIPTION

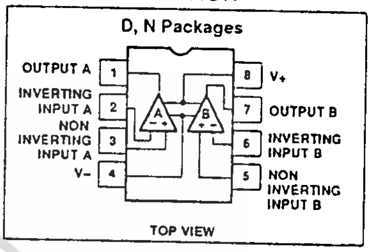
The MC1458 is a high-performance operational amplifier with high open-loop gain, internal compensation, high common-mode range and exceptional temperature stability. The MC1458 is short-circuit protected.

The MC1458/SA1458/MC1558 consists of a pair of 741 operational amplifiers on a single chip.

FEATURES

- Internal frequency compensation
- Short-circuit protection
- Excellent temperature stability
- High input voltage range
- No latch-up
- 1558/1458 are 2 "op amps" in space of one 741 package

PIN CONFIGURATION



ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE
8-Pin Plastic SO	0 to +70°C	MC1458D
8-Pin Plastic DIP	0 to +70°C	MC1458N
8-Pin Plastic SO	-40°C to +85°C	SA1458D
8-Pin Plastic DIP	-55°C to +125°C	MC1558N

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

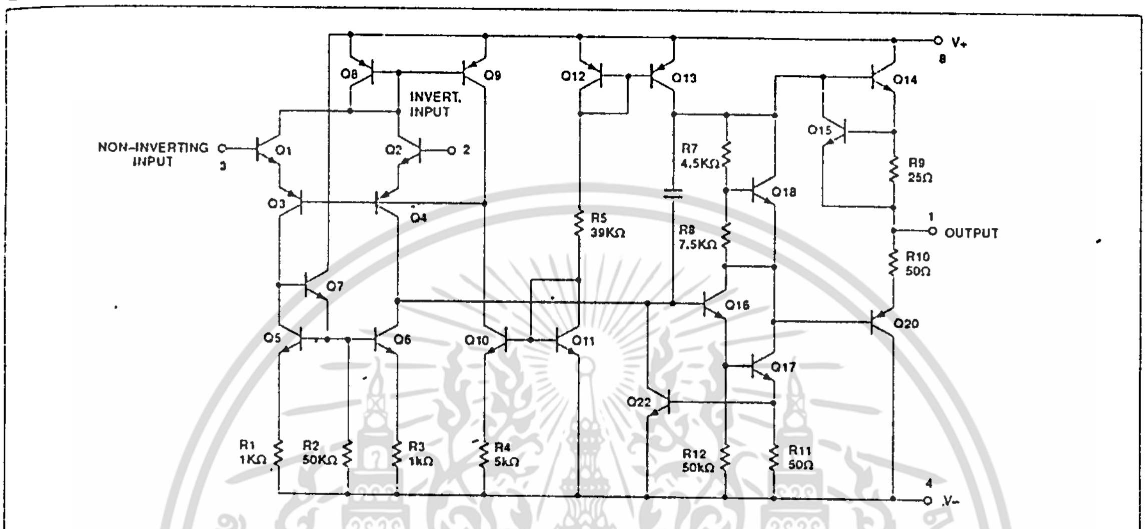
SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_S	Supply voltage		
	MC1458	±18	V
	SA1458	±18	V
	MC1558	±22	V
T_J	Junction temperature	+150	°C
$P_{D\,MAX}$	Maximum power dissipation, T_A=25°C (still-air)[1]		
	N package	1160	mW
	D package	780	mW
V_{DIFF}	Differential input voltage	±30	V
V_{IN}	Input voltage[2]	±15	V
	Output short-circuit duration	Continuous	
T_A	Operating ambient temperature range		
	MC1458	0 to +70	°C
	SA1458	-40 to +85	°C
	MC1558	-55 to +125	°C
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	°C

NOTES:

1. The following derating factors should be applied above 25°C
   N package at 9.3mW/°C
   D package at 6.2mW/°C
2. For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EQUIVALENT SCHEMATIC



Amplifier "A" of MC1458, SA1458, MC1558

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_A=25°C, V_S=±15V, unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MC1558			UNIT
			Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage	R_S=10kΩ		1.0	5.0	mV
		R_S=10kΩ, over temperature			6.0	mV
ΔV_{OS}	Offset voltage	Over temperature		10		µV/°C
I_{OS}	Offset current			20	200	nA
		Over temperature			500	nA
ΔI_{OS}	Offset current	Over temperature		0.10		nA/°C
I_{BIAS}	Input bias current			80	500	nA
		Over temperature			1500	nA
ΔI_{BIAS}	Bias current	Over temperature		1.0		nA/°C
V_{OUT}	Output voltage swing	R_L=10kΩ, over temperature	±12	±14		V
		R_L=2kΩ, over temperature	±10	±13		V
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	R_L=2kΩ, V_O=±10V	50	100		V/mV
		R_L=2kΩ, V_O=± temperature	20			V/mV
	Offset voltage adjustment range			±30		mV
PSRR	Power supply rejection ratio	R_S≤10kΩ		30	150	µV/V
CMRR	Common mode rejection ratio		70	90		dB
I_{CC}	Supply current			2.3	5.0	mA
V_{IN}	Input voltage range		±12	±13		V
P_D	Power consumption			70	150	mW
	Channel separation			120		dB
R_{OUT}	Output resistance			75		Ω
I_{SC}	Output short-circuit current		10	25	60	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

T_A=25°C V_{CC}=±15V, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MC1458			SA1458			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage	R_S=10kΩ		2.0	6.0		2.0	6.0	mV
		R_S=10kΩ, over temp.			7.5			7.5	mV
ΔV_{OS}	Offset voltage	Over temperature		12			12		μV/°C
I_{OS}	Offset current			20	200		20	200	nA
		Over temperature			300			500	nA
ΔI_{OS}	Offset current	Over temperature		0.10			0.10		nA/°C
I_{BIAS}	Input bias current			80	500		80	500	nA
		Over temperature			800			1500	nA
ΔI_{BIAS}	Bias current	Over temperature		1.0			1.0		nA/°C
V_{OUT}	Output voltage swing	R_L=10kΩ, over temp.	±12	±14		±12	±14		V
		R_L=2kΩ, over temp.	±10	±13		±10	±13		V
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	R_L=2kΩ, V_O=±10V	25	200		20	200		V/mV
		R_L=2kΩ, V_O=±10V, Over temperature	15			15			V/mV
	Offset voltage adjustment range			±30			±30		mV
PSRR	Power supply rejection ratio	R_S≤10kΩ		30	150		30	150	μV/V
CMRR	Common-mode rejection ratio		70	90		70	90		dB
I_{CC}	Supply current			2.3	5.6		2.3	5.6	mA
V_{IN}	Input voltage range		±12	±13		±12	±13		V
R_{IN}	Input resistance		0.3	1		0.3	1		MΩ
P_D	Power consumption			70	170		70	170	mW
	Channel separation			120			120		dB
I_{SC}	Output short-circuit current			25			25		mA

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

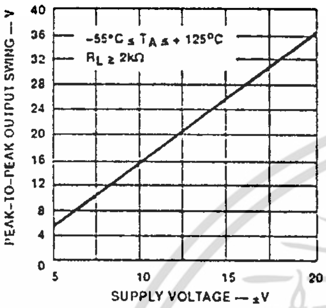
T_A=25°C V_S=±15V, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MC1458, SA1458, MC1558			UNIT
			Min	Typ	Max	
R_{IN}	Parallel input resistance	Open-loop, f=20Hz	0.3			MΩ
	Common-mode input impedance	f=20Hz		200		MΩ
	Equivalent input noise voltage	A_V=100, R_S=10kΩ, BW=1.0kHz, f=1.0kHz		30		$nV/\sqrt{Hz}$
BW	Power bandwidth	A_V=1, R_L=2.0kΩ, THD≤5%, V_{OUT}=20V_{P-P}		14		kHz
	Phase margin			65		degrees
A_V	Gain margin			11		dB
	Unity gain crossover frequency	Open loop		1.0		MHz
	Transient response unity gain	V_{IN}=20mV, R_L=2kΩ, C_L≤100pF				
t_R	Rise time			0.3		μs
	Overshoot			5.0		%
SR	Slew rate	C_L≤100pF, R_L≥2kΩ, V_{IN}=±10V		0.8		V/μs

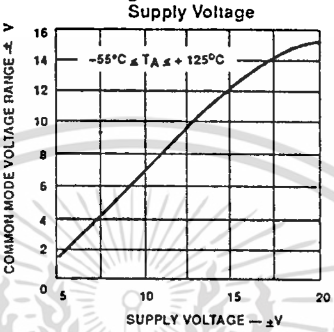
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

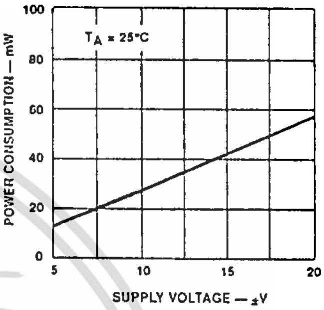
Output Voltage Swing as a Function of Supply Voltage



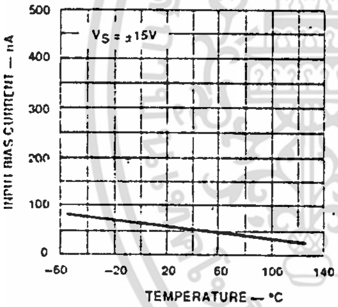
Input Common–Mode Range as a Function of Supply Voltage



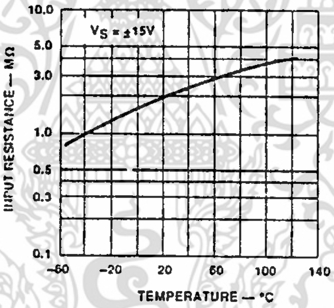
Power Consumption as a Function of Supply Voltage



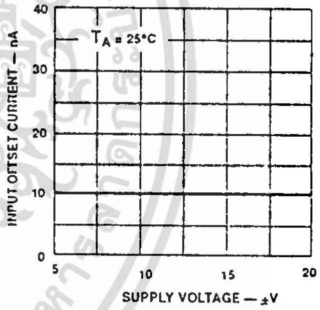
Input Bias Current as a Function Of Ambient Temperature



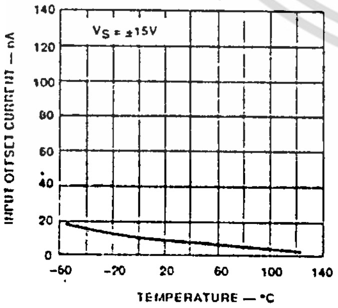
Input Resistance as a function of Ambient Temperature



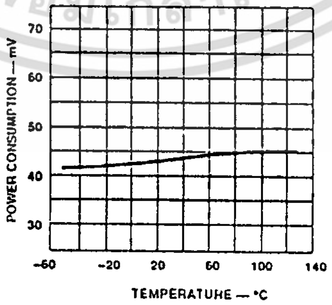
Input Offset Current as a Function of Supply Voltage



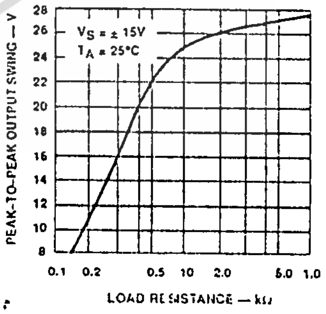
Input Offset Current as a Function of Ambient Temperature



Power Consumption as a Function of Ambient Temperature

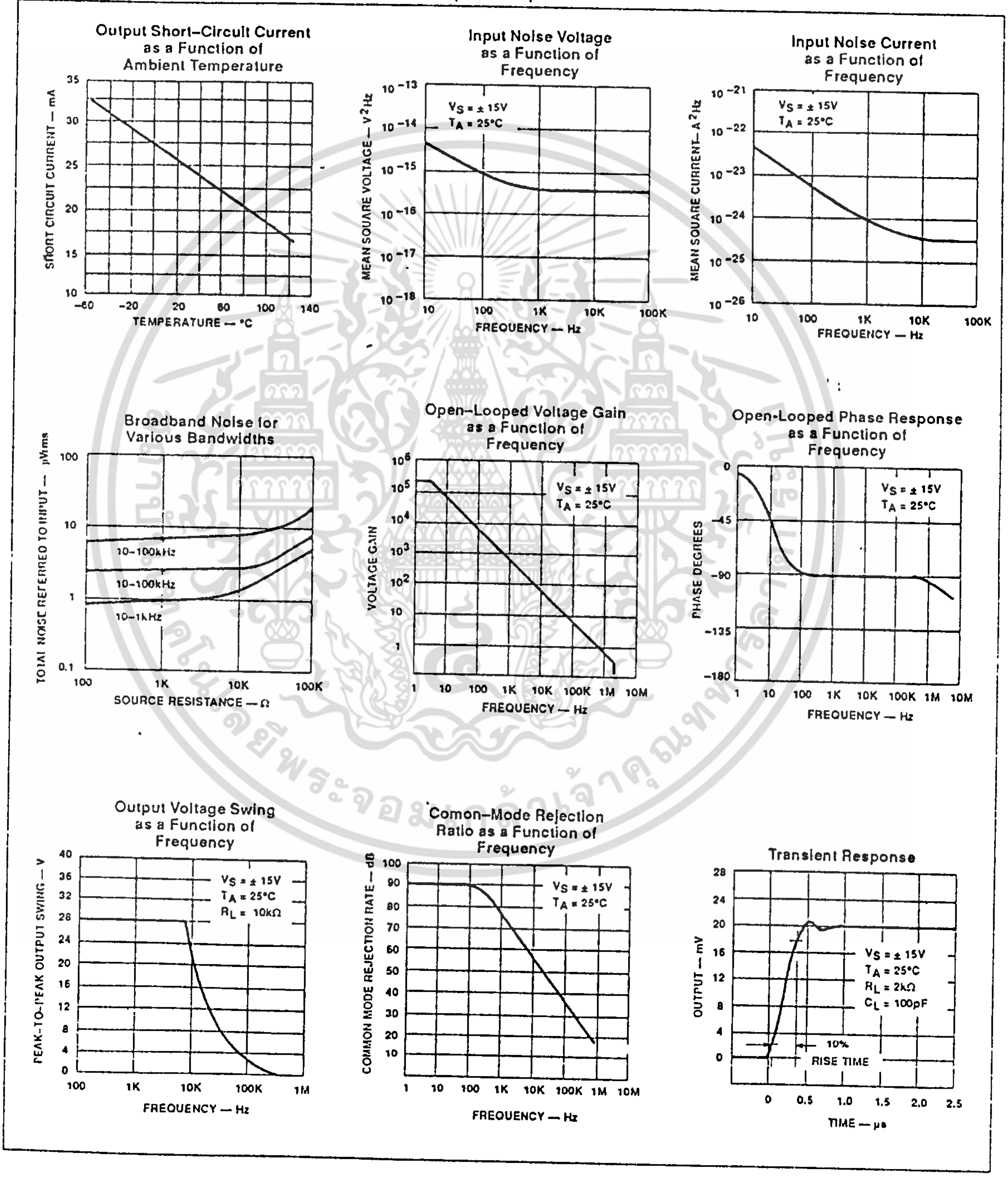


Output Voltage Swing as a Function of Load Resistance



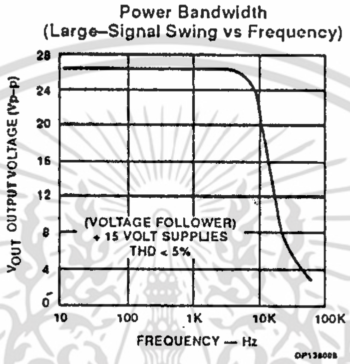
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE
8-Pin Plastic SO	0 to +70°C	NE567D
14-Pin Cerdip	0 to +70°C	NE567F
8-Pin Plastic DIP	0 to +70°C	NE567N
8-Pin Plastic SO	-55°C to +125°C	SE567D
8-Pin Cerdip	-55°C to +125°C	SE567FE
8-Pin Plastic DIP	-55°C to +125°C	SE567N

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
T_A	Operating temperature		
	NE567	0 to +70	°C
	SE567	-55 to +125	°C
V_{CC}	Operating voltage	10	V
V_+	Positive voltage at input	0.5 $+V_S$	V
V_-	Negative voltage at input	-10	V_{DC}
V_{OUT}	Output voltage (collector of output transistor)	15	V_{DC}
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
P_D	Power dissipation	300	mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

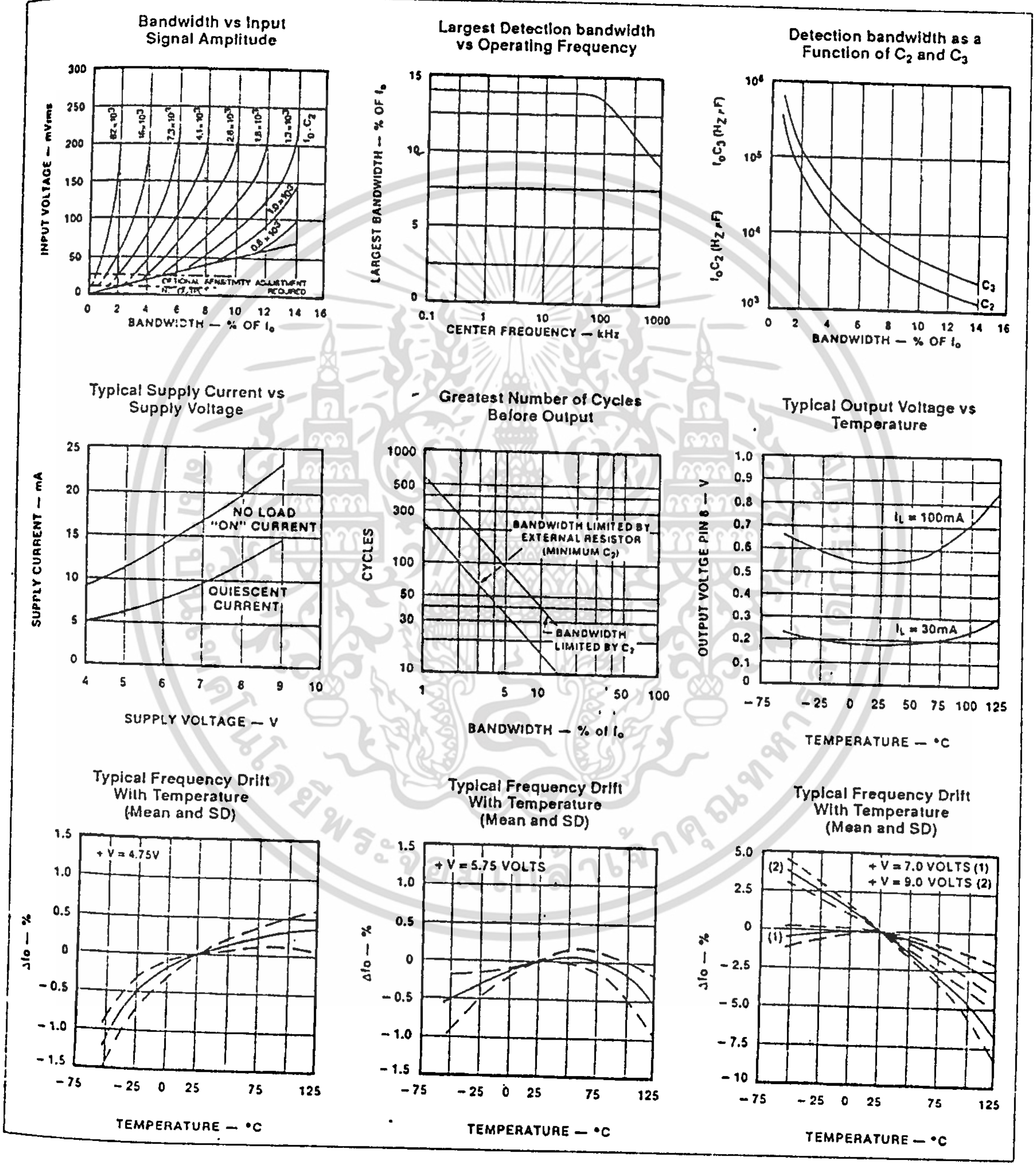
$V_+ = 5.0V$ $T_A = 25°C$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE567 Min	SE567 Typ	SE567 Max	NE567 Min	NE567 Typ	NE567 Max	UNIT
Center frequency[1]									
f_O	Highest center frequency			500			500		kHz
f_O	Center frequency stability[2]	-55 to +125°C 0 to +70°C		35 ±140 35 ±60			35 ±140 35 ±60		ppm/°C ppm/°C
f_O	Center frequency distribution	$f_O = 100kHz = \frac{1}{1.1R_1C_1}$	-10	0	+10	-10	0	+10	%
f_C	Center frequency shift with supply voltage	$f_O = 100kHz = \frac{1}{1.1R_1C_1}$		0.5	1		0.7	2	%/V
Detection bandwidth									
BW	Largest detection bandwidth	$f_O = 100kHz = \frac{1}{1.1R_1C_1}$	12	14	16	10	14	18	% of f_O
BW	Largest detection bandwidth skew			2	4		3	6	% of f_O
BW	Largest detection bandwidth—variation with temperature	$V_I=300mV_{RMS}$		±0.1			±0.1		%/°C
BW	Largest detection bandwidth—variation with supply voltage	$V_I=300mV_{RMS}$		±2			±2		%/V
Input									
R_{IN}	Input resistance		15	20	25	15	20	25	kΩ
V	Smallest detectable input voltage[4]	$I_L=100mA$, $f_I=f_O$		20	25		20	25	mV_{RMS}
	Largest no-output input voltage[4]	$I_L=100mA$, $f_I=f_O$	10	15		10	15		mV_{RMS}
	Greatest simultaneous out-band signal-to-in-band signal ratio			+6			+6		dB
	Minimum input signal to wide-band noise ratio	$B_n=140kHz$		-6			-6		dB
Output									
	Fastest on-off cycling rate			$f_O/20$			$f_O/20$		
	"1" output leakage current	$V_8=15V$		0.01	25		0.01	25	µA
	"0" output voltage	$I_L=30mA$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
		$I_L=100mA$		0.6	1.0		0.6	1.0	V
t_F	Output fall time[3]	$R_L=50Ω$		30			30		ns
t_R	Output rise time[3]	$R_L=50Ω$		150			150		ns
General									
V_{CC}	Operating voltage range		4.75		9.0	4.75		9.0	V
	Supply current quiescent			6	8		7	10	mA
	Supply current—activated	$R_L=20kΩ$		11	13		12	15	mA
P_D	Quiescent power dissipation			30			35		mW

NOTES:
1. Frequency determining resistor R_1 should be between 2 and 20kΩ
2. Applicable over 4.75V to 5.75V. See graphs for more detailed information.
3. Pin 8 to Pin 1 feedback R_L network selected to eliminate pulsing during turn-on and turn-off.
4. With R_2=130kΩ from Pin 1 to V+. See Figure 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

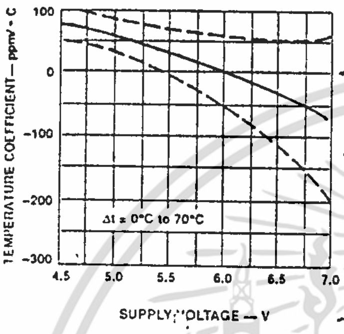
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



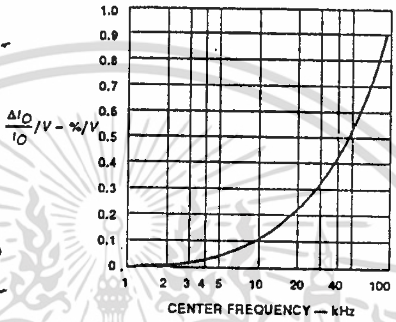
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)

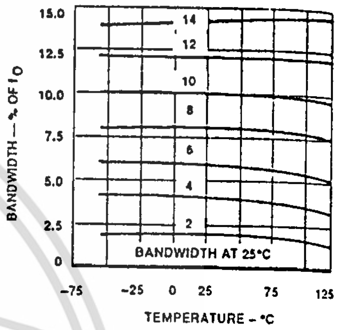
Center Frequency Temperature Coefficient (Mean and SD)



Center Frequency Shift With Supply Voltage Change vs Operating Frequency



Typical Bandwidth Variation Temperature



DESIGN FORMULAS

$$f_O \approx \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

$$BW \approx 1070 \sqrt{\frac{V_I}{f_O C_2}} \text{ in \% of } f_O$$

$$V_I \leq 200 mV_{RMS}$$

Where

V_I=Input voltage (V_{RMS})

C_2=Low-pass filter capacitor (μF)

PHASE-LOCKED LOOP TERMINOLOGY CENTER FREQUENCY (f_O)

The free-running frequency of the current controlled oscillator (CCO) in the absence of an input signal

Detection Bandwidth (BW)

The frequency range, centered about f_O, within which an input signal above the threshold voltage (typically 20mV$_{RMS}$) will cause a logical zero state on the output. The detection bandwidth corresponds to the loop capture range.

Lock Range

The largest frequency range within which an input signal above the threshold voltage will hold a logical zero state on the output.

Detection Band Skew

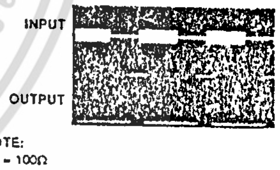
A measure of how well the detection band is centered about the center frequency, f_O. The skew is defined as $(f_{MAX}+f_{MIN}-2f_O)/2f_O$ where fmax and fmin are the frequencies corresponding to the edges of the detection band. The skew can be reduced to zero if necessary by means of an optional centering adjustment.

OPERATING INSTRUCTIONS

Figure 1 shows a typical connection diagram for the 567. For most applications, the following three-step procedure will be sufficient for choosing the external components R_1, C_1, C_2 and C_3.

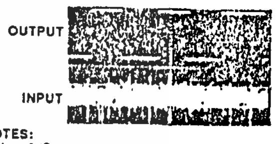
1. Select R1 and C1 for the desired center frequency. For best temperature stability, R1 should be between 2K and 20K ohm, and the combined temperature coefficient of the R1C1 product should have sufficient stability over the projected temperature range to meet the necessary requirements.
2. Select the low-pass capacitor, C2, by referring to the Bandwidth versus Input Signal Amplitude graph. If the input amplitude Variation is known, the appropriate value of fOC2 necessary to give the desired bandwidth may be found. Conversely, an area of operation may be selected on this graph and the input level and C2 may be adjusted accordingly. For example, constand bandwidth operation requires that input amplitude be above 200mVrms. The bandwidth, as noted on the graph, is then controlled solely by the fOC2 product (fO (Hz), C2(μF)).

TYPICAL RESPONSE



NOTE:
R_L = 100Ω

Response to 100mV$_{RMS}$ Tone Burst



NOTES:
S/N = −6dB
R_L = 100Ω
Noise Bandwidth = 140Hz

Response to Same Input Tone Burst With Wideband Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. The value of C3 is generally non-critical. C3 sets the band edge of a low-pass filter which attenuates frequencies outside the detection band to eliminate spurious outputs. If C3 is too small, frequencies just outside the detection band will switch the output stage on and off at the beat frequency, or the output may pulse on and off during the turn-on transient. If C3 is too large, turn-on and turn-off of the

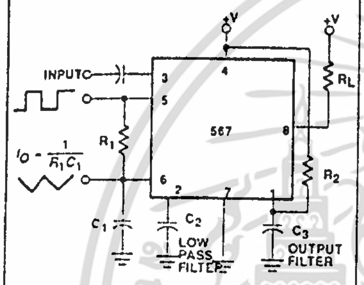


Figure 6.

output stage will be delayed until the voltage on C_3 passes the threshold voltage. (Such delay may be desirable to avoid spurious outputs due to transient frequencies.) A typical minimum value for C_3 is $2C_2$.

4. Optional resistor R2 sets the threshold for the largest "no output" input voltage. A value of 130kΩ is used to assure the tested limit of 10mVRMS min. This resistor can be referenced to ground for increased sensitivity. The explanation can be found in the "optional controls" section which follows

AVAILABLE OUTPUTS

(Figure 2)

The primary output is the uncommitted output transistor collector, Pin 8. When an in-band input signal is present, this transistor saturates; its collector voltage being less than 1.0 volt (typically 0.6V) at full output current (100mA). The voltage at Pin 2 is the phase detector output which is a linear function of frequency over the range of 0.95 to 1.05 f_O with a slope of about 20mV per percent of frequency deviation. The average voltage at Pin 1 is, during lock, a function of the in-band input amplitude in accordance with the transfer characteristic given. Pin 5 is the controlled oscillator square wave output of magnitude $(+V - 2V_{BE}) \approx (+V - 1.4V)$ having a DC average of +V/2. A 1kΩ load may be driven from pin 5. Pin 6 is an exponential triangle of $1V_{P-P}$ with an average DC level of +V/2. Only high impedance loads may be connected to pin 6 without affecting the CCO duty cycle or temperature stability.

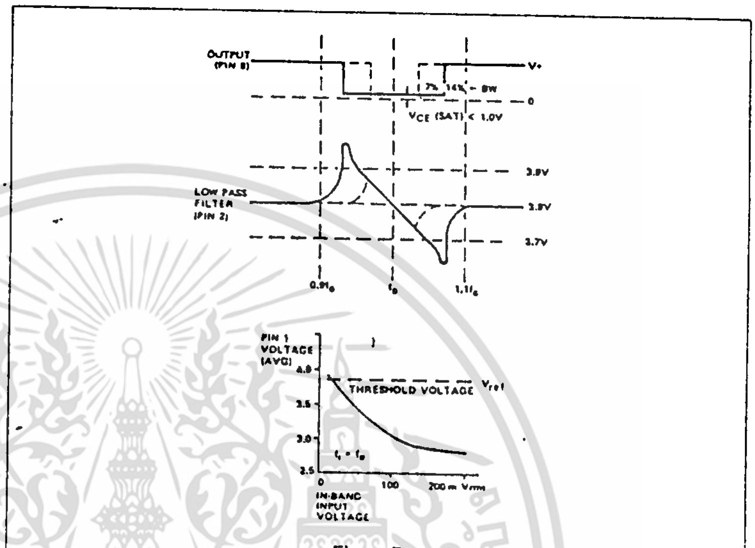


Figure 7.

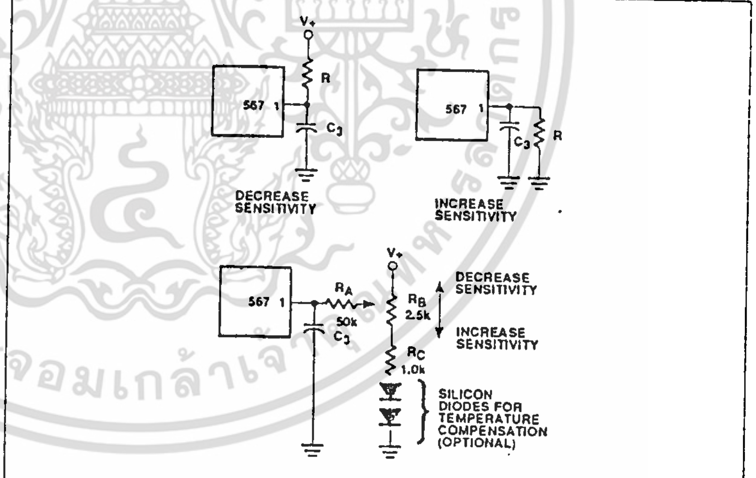


Figure 8.

OPERATING PRECAUTIONS

A brief review of the following precautions will help the user achieve the high level of performance of which the 567 is capable.

1. Operation in the high input level mode (above 200mV) will free the user from bandwidth variations due to changes in the in-band signal amplitude. The input stage is now limiting, however, so that out-band signals or high noise levels can cause an apparent bandwidth reduction as the inband signal is suppressed. Also, the limiting action will create in-band components from sub-harmonic signals, so the 567 becomes sensitive to signals at fO/3, fO/5, etc.

2. The 567 will lock onto signals near (2n+1) fO, and will give an output for signals near (4n+1) fO where n=0, 1, 2, etc. Thus, signals at 5fO and 9fO can cause an un-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wanted output. If such signals are anticipated, they should be attenuated before reaching the 567 input.

3. Maximum immunity from noise and out-band signals is afforded in the low input level (below 200mVRMS) and reduced bandwidth operating mode. However, decreased loop damping causes the worst-case lock-up time to increase, as shown by the Greatest Number of Cycles Before Output vs Bandwidth graph.

4. Due to the high switching speeds (20ns) associated with 567 operation, care should be taken in lead routing. Lead lengths should be kept to a minimum. The power supply should be adequately bypassed close to the 567 with a 0.01μF or greater capacitor; grounding paths should be carefully chosen to avoid ground loops and unwanted voltage variations. Another factor which must be considered is the effect of load energization on the power supply. For example, an incandescent lamp typically draws 10 times rated current at turn-on. This can cause supply voltage fluctuations which could, for example, shift the detection band of narrow-band systems sufficiently to cause momentary loss of lock. The result is a low-frequency oscillation into and out of lock. Such effects can be prevented by supplying heavy load currents from a separate supply or increasing the supply filter capacitor.

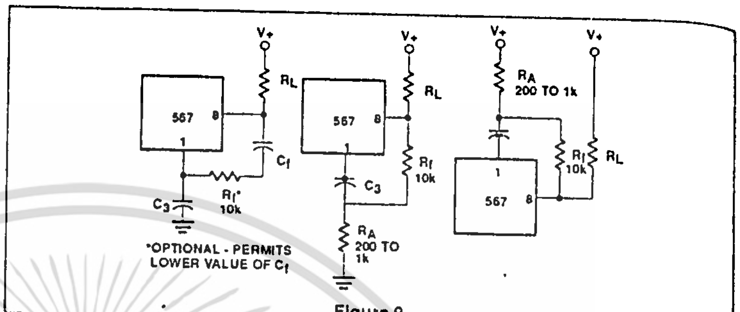


Figure 9.

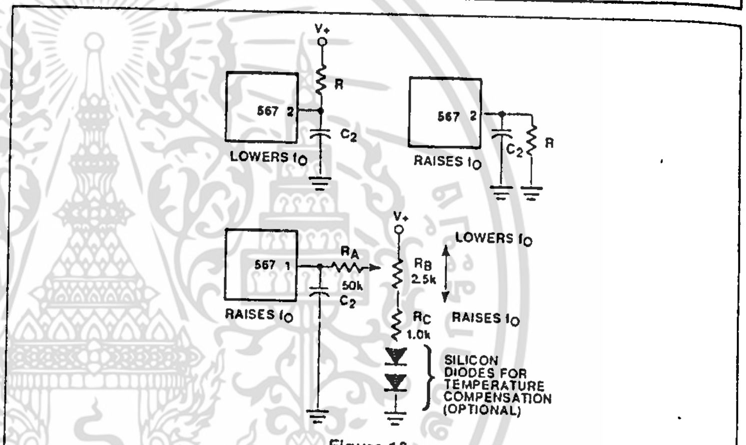


Figure 10.

SPEED OF OPERATION

Minimum lock-up time is related to the natural frequency of the loop. The lower it is, the longer becomes the turn-on transient. Thus, maximum operating speed is obtained when C_2 is at a minimum. When the signal is first applied, the phase may be such as to initially drive the controlled oscillator away from the incoming frequency rather than toward it. Under this condition, which is of course unpredictable, the lock-up transient is at its worst and the theoretical minimum lock-up time is not achievable. We must simply wait for the transient to die out.

The following expressions give the values of C_2 and C_3 which allow highest operating speeds for various band center frequencies. The minimum rate at which digital information may be detected without information loss due to the turn-on transient or output chatter is about 10 cycles per bit, corresponding to an information transfer rate of $f_O/10$ baud.

$$C_2 = \frac{130}{f_O}\ \mu F$$

$$C_3 = \frac{260}{f_O}\ \mu F$$

In cases where turn-off time can be sacrificed to achieve fast turn-on, the optional sensitivity adjustment circuit can be used to move the quiescent C_3 voltage lower (closer to the threshold voltage). However, sensitivity to beat frequencies, noise and extraneous signals will be increased.

OPTIONAL CONTROLS (Figure 3)

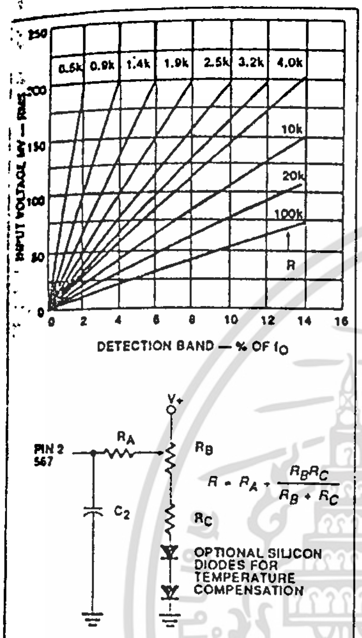
The 567 has been designed so that, for most applications, no external adjustments are required. Certain applications, however, will be greatly facilitated if full advantage is taken of the added control possibilities available through the use of additional external components. In the diagrams given, typical values are suggested where applicable. For best results the resistors used, except where noted, should have the same temperature coefficient. Ideally, silicon diodes would be low-resistivity types, such as forward-biased transistor base-emmitter junctions. However, ordinary low-voltage diodes should be adequate for most applications.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

(Figure 3)

When operated as a very narrow-band detector (less than 8 percent), both C_2 and C_3 are made quite large in order to improve noise and out-band signal rejection. This will inevitably slow the response time. If, however, the output stage is biased closer to the threshold level, the turn-on time can be improved. This is accomplished by drawing additional current to terminal 1. Under this condition, the 567 will also give an output for lower-level signals (10mV or lower).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NOTE:

$$\frac{130}{f_O}\left(\frac{10k + R}{R}\right) < C_2 < \frac{1300}{f_O}\left(\frac{10k + R}{R}\right)$$

Adjust control for symmetry of detection band edges about f_O.

Figure 11.

By adding current to terminal 1, the output stage is biased further away from the threshold voltage. This is most useful when, to obtain maximum operating speed, C_2 and C_3 are made very small. Normally, frequencies just outside the detection band could cause false outputs under this condition. By desensitizing the output stage, the out-band beat notes do not feed through to the output stage. Since the input level must be somewhat greater when the output stage is made less sensitive, rejection of third harmonics or in-band harmonics (of lower frequency signals) is also improved.

CHATTER PREVENTION

(Figure 4)

Chatter occurs in the output stage when C_3 is relatively small, so that the lock transient and the AC components at the quadrature phase detector (lock detector) output cause the output stage to move through its threshold more than once. Many loads, for example lamps and relays, will not respond to the chatter. However, logic may recognize the chatter as a series of outputs. By feeding the output stage output back to its input (Pin 1) the chatter can be eliminated. Three schemes for doing this are given in Figure 4. All operate by feeding the first output step (either on or off) back to the input, pushing the input past the threshold until the transient conditions are over. It is only necessary to assure that the feedback time constant is not so large as to prevent operation at the highest anticipated speed. Although chatter can always be eliminated by making C_3 large, the feedback circuit will enable faster operation of the 567 by allowing C_3 to be kept small. Note that if the feedback time constant is made quite large, a short burst at the input frequency can be stretched into a long output pulse. This may be useful to drive, for example, stepping relays.

DETECTION BAND CENTERING (OR SKEW) ADJUSTMENT

(Figure 5)

When it is desired to alter the location of the detection band (corresponding to the loop capture range) within the lock range, the circuits shown above can be used. By moving the detection band to one edge of the range, for example, input signal variations will expand the detection band in only one direction. This may prove useful when a strong but undesirable signal is expected on one side or the other of the center frequency. Since R_B also alters the duty cycle slightly, this method may be used to obtain a precise duty cycle when the 567 is used as an oscillator.

ALTERNATE METHOD OF BANDWIDTH REDUCTION

(Figure 6)

Although a large value of C_2 will reduce the bandwidth, it also reduces the loop damping so as to slow the circuit response time. This may be undesirable. Bandwidth can be reduced by reducing the loop gain. This scheme will improve damping and permit faster operation under narrow-band conditions. Note that the reduced impedance level at terminal 2 will require that a larger value of C_2 be used for a given filter cutoff frequency. If more than three 567s are to be used, the network of R_B and R_C can be eliminated and the R_A resistors connected together. A capacitor between this junction and ground may be required to shunt high frequency components.

OUTPUT LATCHING (Figure 7)

To latch the output on after a signal is received, it is necessary to provide a feedback resistor around the output stage (between Pins 8 and 1). Pin 1 is pulled up to unlatch the output stage.

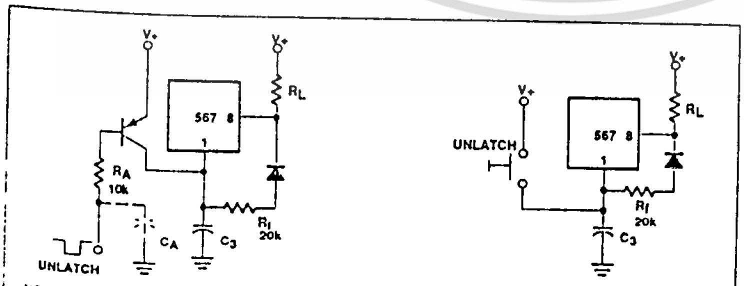
REDUCTION OF C1 VALUE

(Figure 8)

For precision very low-frequency applications, where the value of C_1 becomes large, an overall cost savings may be achieved by inserting a voltage-follower between the R_1 C_1 junction and Pin 6, so as to allow a higher value of R_1 and a lower value of C_1 for a given frequency.

PROGRAMMING

To change the center frequency, the value of R_1 can be changed with a mechanical or solid state switch, or additional C_1 capacitors may be added by grounding them through saturating NPN transistors.

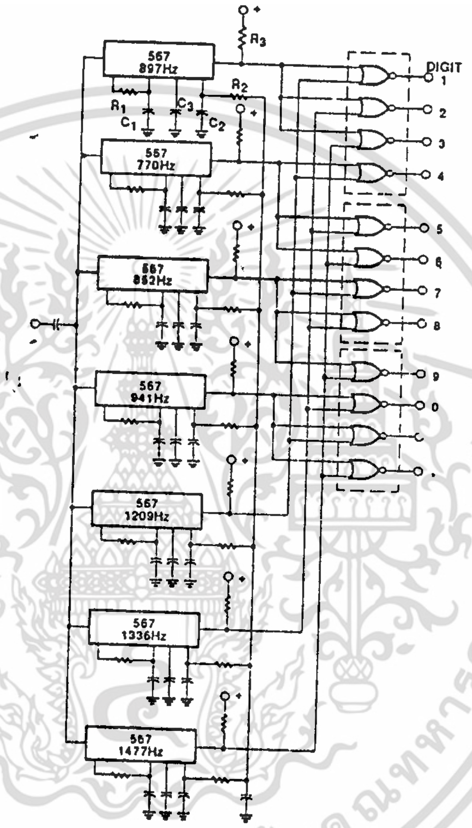


NOTE:
C_A prevents latch-up when power supply is turned on.

Figure 12. Output Latching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS



NOTES:

Component values (Typical)

R_1 = 26.8 to 15kΩ

R_2 = 24.7kΩ

R_3 = 20kΩ

C_1 = 0.10mF

C_2 = 1.0mF 5V

C_3 = 2.2mF 6V

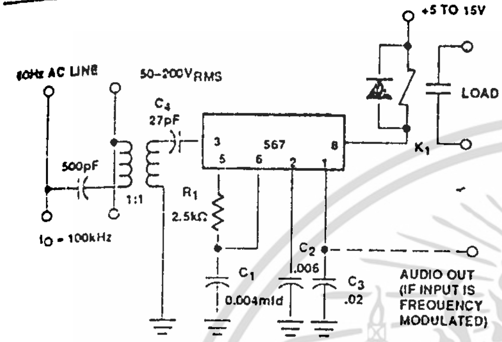
C_4 = 250μF 6V

Touch-Tone® Decoder

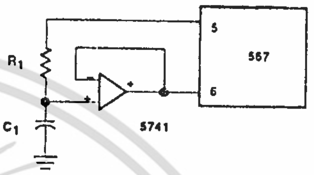
Touch-Tone® Decoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

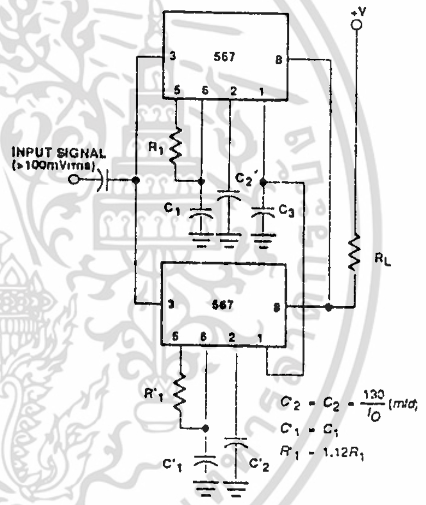
TYPICAL APPLICATIONS (Continued)



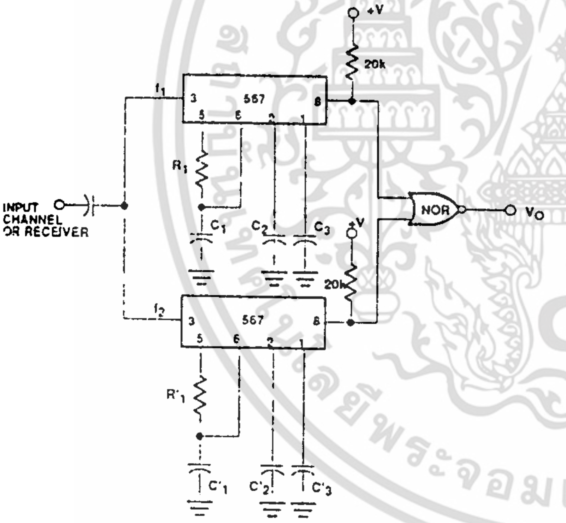
Carrier-Current Remote Control or Intercom



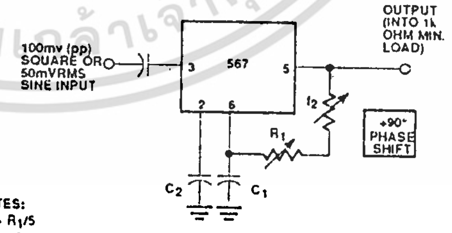
Precision VLF



24% Bandwidth Tone Decoder



Dual-Tone Decoder



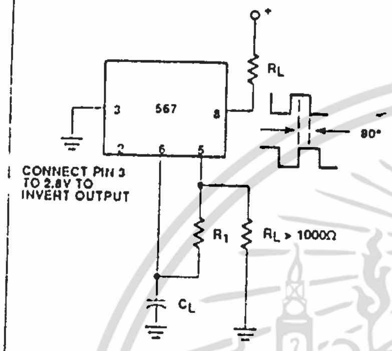
NOTES:
$R_2 = R_1/5$
Adjust R_1 so that $\phi = 90°$ with control midway.

0° to 180° Phase Shifter

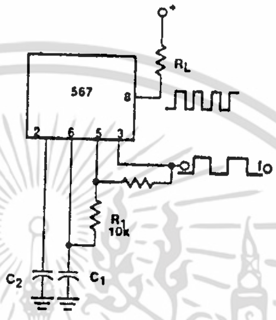
NOTES:
* Resistor and capacitor values chosen for desired frequencies and bandwidth.
2. If C3 is made large so as to delay turn-on of the top 567, decoding of sequential (f_1 f_2) tones is possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

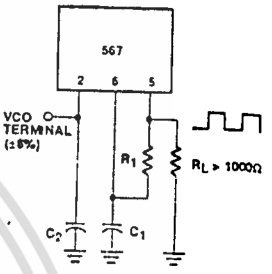
TYPICAL APPLICATIONS (Continued)



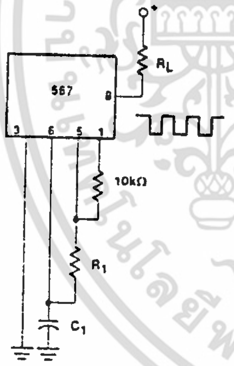
Oscillator With Quadrature Output



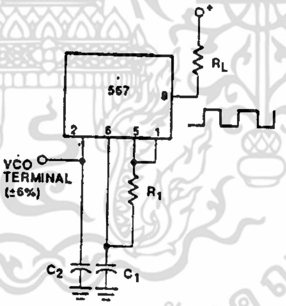
Oscillator With Double Frequency Output



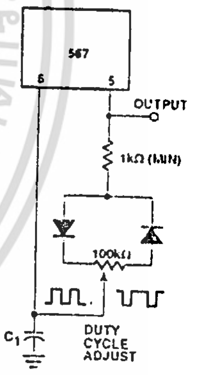
Precision Oscillator With 20ns Switching



Pulse Generator With 25% Duty Cycle



Precision Oscillator to Switch 100mA Loads



Pulse Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้