สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

Telephony Systems Tutor

ชื่อนักศึกษา

1. น.ส.ภัคยาณี	บุญชู	รหัสประจำตัว	40031201
2. นายจิรวัฒน์	อนุสวัสดิ์อาภา	รหัสประจำตัว	40031204
3. นายประจิติ	ชื่นสวัสดิ์	รหัสประจำตัว	40031217
4. นายสุเมธ	แซ่เอี๊ยว	รหัสประจำตัว	40031236

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์โกศล ตราชู

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
2. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....
3. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
4. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....
5. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2542 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 42

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32794
วัน, เดือน, ปี 10 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

TELEPHONY SYSTEMS TUTOR

นางสาวกัลยาณี บุญชู

นายจิรวัฒณ์ อุนสวัสดิ์อาภา

นายประวัติ ชิ้นสวัสดิ์

นายสุเมธ แซ่เอี้ยว

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

Telephony Systems Tutor

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาระบบการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

2.เพื่อศึกษาการอินเตอร์เฟสระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

3.เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาวิศวกรรมโทรศัพท์ ซึ่งประกอบด้วยชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์และใบงานการทดลอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาระบบการทำงานของชุมสายโทรศัพท์
2. ได้ทำการสร้างและทดลองระบบชุมสายโทรศัพท์ เพื่อเข้าใจการติดต่อระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์
3. ได้ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ประกอบใบงานการทดลอง เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาวิศวกกรรมโทรศัพท์
4. ได้ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ราคาถูกกว่าท้องตลาดมาก
5. ผู้เรียนสามารถเข้าใจหลักการของระบบชุมสายโทรศัพท์ได้ง่าย เพราะจะมีการแบ่งส่วนการทำงานไว้อย่างชัดเจน และมีการแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษารายละเอียดของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์	
นักศึกษา	นางสาวกัลยาณี	บุญชู
	นายจิรวัฒณ์	อุนสวัสดิ์อาภา
	นายประวัติ	ชิ้นสวัสดิ์
	นายสุเมธ	แซ่เอี๊ยว
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สุรสิทธ์	ราตรี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์โกศล	ตราชู
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2541	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนและการทดลองวิชาวิศวกรรมโทรศัพท์ โดยแบ่งภาคการทำงานออกเป็น 7 ส่วนย่อยๆ เพื่อง่ายในการศึกษาและทำความเข้าใจ คือ ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง, ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง, ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง, ชุดสวิตช์เมตริก, ชุดแผงวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และชุดจ่ายไฟ ชุดฝึกนี้สามารถทำงานได้เหมือนกับชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน สามารถใช้งานได้ 8 ผู้ใช้ เส้นทางการติดต่อ 2 ทรั้งค์ รับเลขหมายได้ทั้งแบบความถี่คู่และแบบพัลซ์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการทำงานของระบบได้ชัดเจนขึ้น จะมีการอธิบายวิธีการทดลองและแสดงผลทุกขั้นตอนบนไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อผู้เรียนทำการทดลองจบแล้วจะมีความเข้าใจระบบชุมสายโทรศัพท์ และสามารถนำไปออกแบบชุมสายขนาดเล็กได้ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Telephony Systems Tutor	
Students	Miss Kallayanee	Bunchu
	Mr. Jirawat	Unsawatapa
	Mr. Prawat	Chinsawat
	Mr. Sumeth	Sae-eaw
Advisor	Dr. Surasit	Ratree
Co-Advisor	Mr. Koson	Trachu
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	1998	

ABSTRACT

This thesis present the Telephony Systems Tutor used as a teaching media accompany with lab in Telephone Engineering Subject. This project is consist of 7 part, Tone Generator, Line Circuit, Digit Receiver, Switch Matrix, Control Interface, Input/Output Port and Power Supply. It is operate same as Telephone change in present. The properties of this project is use for 8 users, 2 trunk lines, receiver number in DTMF and Pulse system.

For users is meaning in system, it is display result in every step and end of lab display by computer, users are meaning Telephone Exchange System and design small telephone exchange in our wanted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและกำลังใจจากอาจารย์ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน คือ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี และอาจารย์โกศล ตราชู ที่ได้ให้ความสะดวกทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ คำปรึกษาและให้การดูแลอย่างใกล้ชิด รวมถึงท่านอาจารย์สุชิน อาจหาญ ที่เอื้อเฟื้อให้ใช้ห้องทำงาน และคอมพิวเตอร์ตลอดการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ครุศาสตร์วิศวกรรมทุกคนที่ได้มีส่วนช่วยให้การทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี พร้อมทั้งได้ให้กำลังกายกำลังใจ และให้คำแนะนำตลอดจนให้การสนับสนุนตลอดมา

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการพัฒนา การสร้าง ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์	3
2.3 เครื่องรับโทรศัพท์	4
2.4 หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์	6
2.5 สัญญาณต่างๆ ในระบบโทรศัพท์	7
2.6 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์	9
2.6.1 ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง	9
2.6.2 ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง	9
2.7 ชุมสายโทรศัพท์	10
2.8 กระบวนการทำงานของโทรศัพท์	15
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	17
3.1 กล่าวนำ	17
3.2 ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง	18
3.2.1 หลักการ	18
3.2.2 การออกแบบ	18
3.2.3 การทำงานของวงจร	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.4 ผลการทดลอง	19
3.3 ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง	20
3.3.1 หลักการ	20
3.3.2 การออกแบบ	20
3.3.3 การทำงานของวงจร	21
3.3.4 ผลการทดลอง	21
3.4 ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง	21
3.4.1 หลักการ	21
3.4.2 การออกแบบ	23
3.4.3 การทำงานของวงจร	23
3.4.4 ผลการทดลอง	24
3.5 ชุดสวิตช์เมตริกซ์	24
3.5.1 หลักการ	25
3.5.2 การออกแบบ	25
3.5.3 การทำงานของวงจร	25
3.5.4 ผลการทดลอง	26
3.6 ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส	27
3.6.1 หลักการ	27
3.6.2 การออกแบบ	27
3.6.3 การทำงานของวงจร	27
3.6.4 ผลการทดลอง	27
3.7 ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	27
3.7.1 หลักการ	27
3.7.2 การออกแบบ	27
3.7.3 การทำงานของวงจร	30
3.7.4 ผลการทดลอง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.8 ชุดจ่ายไฟ	30
3.8.1 หลักการ	31
3.8.2 การออกแบบ	31
3.8.3 การทำงานของวงจร	31
3.8.4 ผลการทดลอง	31
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	32
4.1 กล่าวนำ	32
4.2 ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง	32
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	32
4.2.2 ผลการทดลอง	32
4.3 ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง	35
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	35
4.3.2 ผลการทดลอง	35
4.4 ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง	36
4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง	36
4.4.2 ผลการทดลอง	37
4.5 ชุดสวิตช์เมตริกซ์	38
4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง	38
4.5.2 ผลการทดลอง	38
4.6 ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส	39
4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง	39
4.6.2 ผลการทดลอง	39
4.7 ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	39
4.7.1 ลำดับขั้นการทดลอง	39
4.7.2 ผลการทดลอง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.8 ชุดจ่ายไฟ	39
4.8.1 ลำดับขั้นการทดลอง	39
4.8.2 ผลการทดลอง	39
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	40
5.1 บทสรุป	40
5.2 ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	40
5.2.1 ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง	40
5.2.2 ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง	40
5.2.3 ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง	41
5.2.4 ชุดสวิตช์เมตริกซ์	41
5.2.5 ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส	41
5.2.6 ชุดจ่ายไฟ	42
5.2.7 การออกแบบลายวงจร	42
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	43
ภาคผนวก ข แผนผังการทำงานและโปรแกรม	52
ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	107
ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง	131
ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	183
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งานชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์	239
บรรณานุกรม	245
ประวัติผู้แต่ง	246

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์	13
ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของ I/O	30
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของวงจร Line Circuit	36
ตารางที่ 4.2 การทดสอบการรับค่าเลขหมายของระบบโทน	37
ตารางที่ 4.3 การทดสอบการรับค่าเลขหมายของระบบพัลซ์	37
ตารางที่ 4.4 การทดสอบส่วนแสดงผลของสวิตช์เมตริกซ์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 หน้าปัทม์ของโทรศัพท์แบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้	5
รูปที่ 2.2 พัลซ์ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนเลข 4	6
รูปที่ 2.3 กราฟแรงดันและกระแสในสาย Co-line	7
รูปที่ 2.4 สัญญาณให้หมุน	7
รูปที่ 2.5 สัญญาณไม่ว่าง	8
รูปที่ 2.6 สัญญาณเรียกกลับ	8
รูปที่ 2.7 สัญญาณไม่มีเลขหมาย	8
รูปที่ 2.8 สัญญาณกระดิ่ง	9
รูปที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์	11
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์	17
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง	18
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง	19
รูปที่ 3.4 วงจร Line Circuit	20
รูปที่ 3.5 วงจรตรวจสอบเลขหมายแบบโทน	22
รูปที่ 3.6 วงจรตรวจสอบเลขหมายแบบพัลซ์	23
รูปที่ 3.7 วงจรภาคสวิตช์เมตริกซ์	24
รูปที่ 3.8 การวางตำแหน่งของแอนะลอกสวิตช์อะเรย์	25
รูปที่ 3.9 ส่วนแสดงผลวงจรสวิตช์เมตริกซ์	26
รูปที่ 3.10 วงจรพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	28
รูปที่ 3.11 การจัดตำแหน่งขาของช่องขยาย	28
รูปที่ 3.12 วงจรภาคจ่ายไฟ	30
รูปที่ 4.1 สัญญาณ Alerting Tone	33
รูปที่ 4.2 สัญญาณ Ring Tone	33
รูปที่ 4.3 สัญญาณ Engaged Tone	34
รูปที่ 4.4 สัญญาณ Number Unobtainable Tone	34
รูปที่ 4.5 สัญญาณ Dial Tone	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.6 สัญญาณ DTMF ที่ขา Line	36
รูปที่ ก.1 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)	44
รูปที่ ก.2 วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)	44
รูปที่ ก.3 วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)	45
รูปที่ ก.4 วงจรสวิตช์เมตริกซ์ (Switch Matrix)	45
รูปที่ ก.5 วงจรคอนโทรลอินเตอร์เฟส (Control Interface)	46
รูปที่ ก.6 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร	46
รูปที่ ก.7 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์	47
รูปที่ ก.8 ชุดทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง	47
รูปที่ ก.9 ชุดทดลองวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง	48
รูปที่ ก.10 ชุดทดลองวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง	48
รูปที่ ก.11 ชุดทดลองวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (Switch Matrix)	49
รูปที่ ก.12 ชุดทดลองวงจรคอนโทรลอินเตอร์เฟส	49
รูปที่ ก.13 ชุดทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ (ด้านหน้า)	50
รูปที่ ก.14 ชุดทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ (ด้านหลัง)	50
รูปที่ ก.15 สายเชื่อมต่อที่ใช้กับเครื่องทดลอง	51
รูปที่ ข.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณเสียง	53
รูปที่ ข.2 โปรแกรมกำเนิดสัญญาณเสียง	54
รูปที่ ข.3 โปรแกรมทดลองใบงาน	58
รูปที่ ข.4 โปรแกรมเมนูหลัก	72
รูปที่ ข.5 โปรแกรมใบงาน	76
รูปที่ ข.6 โปรแกรมรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับโทรศัพท์	102
รูปที่ ข.7 โปรแกรมหลัก	105
รูปที่ ค.1 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)	108
รูปที่ ค.2 ลายวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง (ด้านล่าง)	109
รูปที่ ค.3 การวางอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง	110
รูปที่ ค.4 วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ค.5 ลายวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง (ด้านล่าง)	112
รูปที่ ค.6 การวางอุปกรณ์วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง	112
รูปที่ ค.7 วงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์	113
รูปที่ ค.8 ลายวงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านบน)	114
รูปที่ ค.9 ลายวงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านล่าง)	115
รูปที่ ค.10 การวางอุปกรณ์วงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์	116
รูปที่ ค.11 วงจรสวิตช์เมตริกซ์	117
รูปที่ ค.12 ลายวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านบน)	117
รูปที่ ค.13 ลายวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านล่าง)	118
รูปที่ ค.14 การวางอุปกรณ์วงจรสวิตช์เมตริกซ์	118
รูปที่ ค.15 วงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย	119
รูปที่ ค.16 ลายวงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย (ด้านบน)	120
รูปที่ ค.17 ลายวงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย (ด้านล่าง)	120
รูปที่ ค.18 การวางอุปกรณ์วงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย	121
รูปที่ ค.19 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing	121
รูปที่ ค.20 ลายวงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing	122
รูปที่ ค.21 การวางอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing	122
รูปที่ ค.22 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร	123
รูปที่ ค.23 ลายวงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร	123
รูปที่ ค.24 การวางอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร	124
รูปที่ ค.25 วงจรภาคตรวจสอบเลขหมายปลายทางแบบพัลซ์	125
รูปที่ ค.26 วงจรภาคตรวจสอบเลขหมายปลายทางแบบโทน	126
รูปที่ ค.27 วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง	127
รูปที่ ค.28 ลายวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (ด้านบน)	128
รูปที่ ค.29 ลายวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (ด้านล่าง)	129
รูปที่ ค.30 การวางอุปกรณ์วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสาร และการประสานงานต่างๆ ภายในหน่วยงานหรือนอกหน่วยงาน ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการติดต่อเป็นสำคัญ อุปกรณ์ในการติดต่อสื่อสารมีหลายประเภทด้วยกัน เช่น วิทยุติดตามตัว, โทรศัพท์มือถือ, แฟกซ์ ฯลฯ โทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง ดังนั้นการศึกษาการทำงานของระบบและองค์ประกอบของโทรศัพท์นั้นจึงเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของผู้ที่ศึกษาทางด้านโทรศัพท์

โดยทั่วไปชุมสายโทรศัพท์จะเป็นระบบอัตโนมัติ การศึกษาระบบชุมสายโทรศัพท์เพียงในทางทฤษฎีนั้น อาจทำให้เกิดความเข้าใจได้ยาก อีกทั้งความยุ่งยากซับซ้อนของระบบการจัดการส่วนต่างๆ ของระบบชุมสายโทรศัพท์ ฉะนั้นการสร้างชุดทดลองเพื่อจำลองการทำงานของระบบการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ จะเป็นการง่ายต่อการศึกษาและความเข้าใจ และลดความยุ่งยากซับซ้อนโดยแบ่งส่วนการทำงานเป็นส่วนย่อยๆ ให้ศึกษา อีกทั้งให้แสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์เพื่อให้ศึกษารายละเอียดได้มากยิ่งขึ้น

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้ สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย เหมาะสำหรับเป็นชุดทดลองประกอบการเรียนวิชาโทรศัพท์ โดยมีใบงานประกอบการทดลอง, เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องที่ทดลอง และชุดทดลองที่แสดงผลการทดลองหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้ที่ปฏิบัติการทดลองเข้าใจการทำงานและผลการทดลองได้เร็ว เพราะสามารถดูรายละเอียดจากการทดลองได้ที่จอคอมพิวเตอร์ประกอบกับใบงานที่ทดลอง

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีความสามารถดังต่อไปนี้

1. จำลองและสาธิตการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์ โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาการทำงานของระบบโทรศัพท์ได้

2. มีใบงานประกอบชุดทดลอง เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาโทรศัพท์

3. ใช้เป็นชุมสายย่อย. เพื่อใช้งานจริงในการสื่อสารโทรศัพท์ จำนวน 8 คู่สาย และสามารถสนทนาได้พร้อมกัน 2 คู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในโครงงานฉบับนี้ แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกในการศึกษา และทำความเข้าใจโดยในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับหลักการและเหตุผล ขีดความสามารถของโครงงาน ประโยชน์ของโครงงาน และเนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ บทนี้ประกอบด้วยทฤษฎีเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ กระบวนการทำงานของระบบชุมสาย หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์ หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์ สัญญาณต่างๆ ประเภทของชุมสายโทรศัพท์ กระบวนการทำงานของโทรศัพท์ตลอดจนหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและนำมาใช้ในการทำโครงงาน

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน ในบทกล่าวถึงการออกแบบ การสร้าง และการทำงานในส่วนต่างๆ ของชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ เช่น ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง ชุดสวิตช์เมตริก ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต และชุดจ่ายไฟ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการนำวงจรในภาคต่างๆ มาทดลอง พร้อมทั้งนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบกับทฤษฎี

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา กล่าวถึงผลสรุปของการทำโครงงาน โดยการนำผลการทำงานที่ได้จากโครงงานมาเปรียบเทียบกับผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงานที่ได้ตั้งเป้าหมายเอาไว้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทดลอง พร้อมทั้งแนวทางแก้ไขและพัฒนาโครงงานต่อไป

ภาคผนวก เป็นส่วนที่แสดงแผนผังการทำงานและวงจรชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ผังงานของโปรแกรมที่แสดงถึงการทำงานของชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานวงจรในภาคต่างๆ ภายในชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง

ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

คำว่า Telephony มาจากคำภาษากรีก 2 คำ คือ คำว่า Tele แปลว่าระยะทาง และคำว่า Phon ที่แปลว่าเสียง เมื่อกล่าวถึงการพูดหรือสนทนาที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าระหว่างผู้พูดที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในระยะทางไกลๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพูดของผู้พูดต้นทางและปลายทางถูกเรียกว่า Terminal เสียง คือ แรงดันคลื่นที่เดินทางไปในอากาศ ที่แต่ละ Terminal จะมีการเปลี่ยนแรงดันคลื่นให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยเครื่องส่งโทรศัพท์ซึ่งเรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณเสียงพูดและสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยัง Terminal และจะมีการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้านี้กลับไปเป็นคลื่นเสียงโดยเครื่องรับโทรศัพท์ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งที่ใช้ในงานนี้ที่ติดตั้งไว้ที่บ้านจะติดตั้งได้ง่าย คำว่า Terminal ถูกใช้ครอบคลุมไปถึงอุปกรณ์อื่นๆ โดยเริ่มจากโทรศัพท์เบื้องต้นไปจนถึงการสื่อสารที่ซับซ้อน

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสัญญาณไฟฟ้า ถูกสร้างโดยคลื่นเสียงที่ส่งเข้าไปในโทรศัพท์เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง นั่นคือเสียงมีการเดินทาง ในการต่อโทรศัพท์แบบเบื้องต้น 2 เครื่องเข้าด้วยกัน ด้วยการใช้คู่สายซึ่งเรียกว่า Line ในระยะทางที่ห่างกันไม่มาก อุปกรณ์อื่นที่อาจจะใช้ร่วมกันกับการส่งสัญญาณไฟฟ้า อาจเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณ Radio Links หรือไฟเบอร์ออฟติคเคเบิ้ล สำหรับการส่งสัญญาณอาจถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณวิทยุ หรือสัญญาณแสง แต่ทุกกรณีสัญญาณที่เข้าหรือออก Terminal จะเป็นสัญญาณไฟฟ้า

2.2 หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ปลายทางชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งไปในสายและในทางกลับกันทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียงตามเดิม

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

1) ปากพูดและหูฟัง (Handset) ประกอบด้วย ปากพูดและหูฟังรวมอยู่ด้วยกัน

1.1) ปากพูด คือ เครื่องส่ง

1.2) หูฟัง คือ เครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กระดิ่ง (Ringing) คือ อุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณที่บอกว่ามีคนเรียกเข้ามา

3) สวิตช์ตัดต่อ (Hook Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร

4) หน้าปัทม์ มีทั้งแบบหมุนและแบบกดปุ่ม

2.3 เครื่องรับโทรศัพท์

เครื่องรับโทรศัพท์แบบธรรมดา (Private Telephone) คือ เครื่องโทรศัพท์ที่ติดตั้งตามบ้านที่พักอาศัยหรือที่ทำงานขนาดเล็ก แบ่งออกได้ดังนี้

1) เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัทม์เป็นแบบกดปุ่ม ใช้สัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency : DTMF) ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัทม์จะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว 3 หลัก บางแบบอาจจะมีถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่มหลักที่ 4 ขึ้นมา ความถี่ที่ใช้งานในแต่ละแถวและหลักจะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 แถวเรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) ความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 หลัก เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) การกดปุ่มที่เลขหมายใดๆ ที่จะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ออกมา คือ 770 Hz และ 1336 Hz ความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จะเป็น ±1.5 % สำหรับการผลิตความถี่ และ ±2% สำหรับการรับเลขหมาย ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม (DTMF Dialing)

1.1) สามารถลดเวลาในการหมุนเลขหมายลง ทำให้เวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งลดลง ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ Traffic ได้มากขึ้น

1.2) สามารถใช้วงจรโซลิดสเตทอิเล็กทรอนิกส์ (Solid-State Electronic) แทนอุปกรณ์ทางด้านกลไก (Mechanic) จึงทำให้มีความรวดเร็วและความแม่นยำในการส่งเลขหมายไปยังชุมสายปลายทาง

1.3) สามารถเพิ่มปุ่มกดได้อีก 4 ปุ่ม (แถวที่ 4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

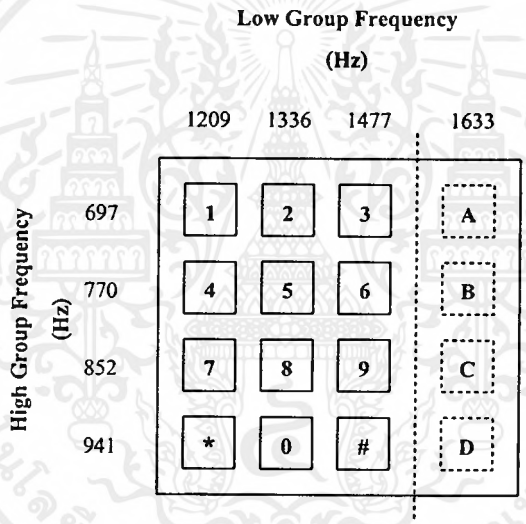
1.4) มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ Stored Program Control (SPC)

2) เครื่องรับโทรศัพท์แบบหมุน

เครื่องรับโทรศัพท์แบบหมุนใช้หลักการ คือ ผู้เรียกยกปากพูดหูฟัง ขึ้นจากที่รองรับ (Cradle) ทำให้สวิตช์ตัดต่อปิดวงจรของสายเส้น Tip (T) และ Ring (R) ซึ่งเป็นผลทำให้วงจรของรีเลย์คอยล์ (Relay Coil) ในชุมสายโทรศัพท์ อุปกรณ์สวิตช์ในชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) มายังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก เพื่อเป็นสัญญาณให้ผู้เรียกทราบว่าเริ่มหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมายได้แล้ว และชุมสายโทรศัพท์ก็พร้อมที่จะรับเลขหมายที่ผู้เรียกหมุน เมื่อผู้เรียกหมุนเลขหมายหนึ่ง เมื่อหมุนเสร็จแล้วและปล่อยมือ หน้าปัทม์ของเครื่องโทรศัพท์จะหมุนกลับที่เดิม ในขณะที่หน้าปัทม์หมุนที่เดิมจะมีผล คือ ทำให้ลูกเบี้ยว หมุนตาม การหมุนของลูกเบี้ยวนี้จะทำให้หน้าสัมผัส ปิดและเปิดวงจรจำนวนครั้งเท่ากับเลขหมายที่หมุน จากการที่หน้าสัมผัสปิดวงจรจะทำให้กระแสไหลได้เรียกว่ากระแสอิมพัลซ์ (Impulse) และเมื่อหน้าสัมผัสเปิดวงจรกระแสก็จะหยุดไหล การที่กระแสไหลและหยุดไหลนี้มีผลทำให้เกิดพัลซ์ (Pulse) ขึ้นและจำนวนพัลซ์ที่เกิดขึ้นก็จะมีจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน เช่น หมุนเลข 1 ก็จะเกิด 1 พัลซ์, หมุนเลข 5 จะเกิด 5 พัลซ์ และหมุนเลข 0 จะเกิด 10 พัลซ์ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 หน้าปัทม์ของโทรศัพท์แบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้

ความเร็วของหน้าปัทม์ (Dial Speed) ของเครื่องโทรศัพท์มีความสำคัญที่ต้องกำหนดให้อยู่ในมาตรฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยความเร็วของกระแสอิมพัลซ์ อัตราส่วนการตัด-ต่อ (Break Make Ratio) ของหน้าสัมผัส และช่วงเวลาหยุดของระหว่างเลขหมาย (Interdigit Interral) ตามปกติแล้วความเร็วของกระแสอิมพัลซ์จะใช้อยู่ 2 ค่า คือ 10 และ 20 IPS (Impulse per Second) ส่วนค่ามาตรฐานสำหรับอัตราส่วนการตัด-ต่อ จะมีค่าเท่ากับ 2:1 ซึ่งหมายความว่าหน้าสัมผัสจะต้องตัดวงจรเป็นเวลา 2 หน่วยเวลา และต้องต่อวงจรเป็นเวลา 1 หน่วยเวลา

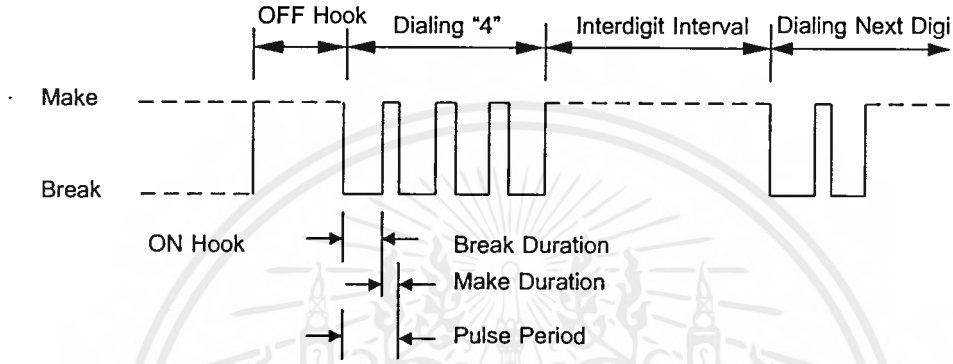
ในกรณีที่ความเร็วของอิมพัลซ์เป็น 10 IPS ก็จะทำให้ค่าของคาบเวลาของพัลซ์ เป็น 100 มิลลิวินาที นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาของการตัดวงจร = 100 มิลลิวินาที × 2/3 = 66.6 มิลลิวินาที

ช่วงเวลาของการต่อวงจร = 100 มิลลิวินาที × 1/3 = 33.3 มิลลิวินาที

ส่วนช่วงเวลาหยุดระหว่างเลขหมาย โดยทั่วไปมีค่าเป็น 700 มิลลิวินาที อาจใช้ได้ในช่วงตั้งแต่ 600 มิลลิวินาที ถึง 900 มิลลิวินาที



รูปที่ 2.2 พัลซ์ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนเลข 4

3) เปรียบเทียบเวลาการส่งเลขหมายแบบกดปุ่มและแบบหมุน

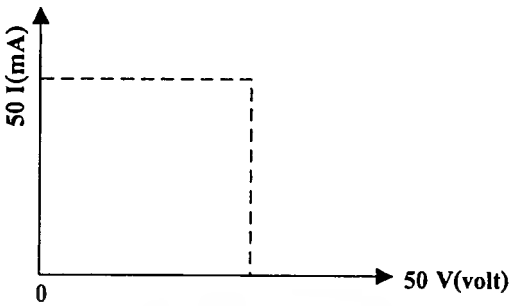
ระบบการส่งเลขหมายแบบกดปุ่ม เป็นการส่งเลขหมายที่รวดเร็วกว่าการส่งแบบหมุน ทั้งในด้านหลักการและด้านปฏิบัติ หลักการของ DTMF มีอยู่ว่าเวลาที่ใช้ส่งเลขหมาย 1 ตัว คือ 100 มิลลิวินาที คือ มีสัญญาณ 50 มิลลิวินาที สลับกับไม่มีสัญญาณ 50 มิลลิวินาที

ในขณะที่ระบบพัลซ์ใช้เวลาในการส่งเลขหมาย 1 ตัว คือ 60 มิลลิวินาที สลับกับ 40 มิลลิวินาที รวมด้วยช่องว่างระหว่างเลขแต่ละตัว 700 มิลลิวินาที

2.4 หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์

ในระบบชุมสายโทรศัพท์ สายที่มาจากองค์การโทรศัพท์หรือสายนอก เรียกอีกชื่อว่า Co-line จะมีแรงดันต่างกันระหว่างกรณีวางหูโทรศัพท์ (เปิดวงจร) ประมาณ 48 โวลต์ และกรณียกหูโทรศัพท์ (ปิดวงจร) มีค่าประมาณ 12 โวลต์ สาย Co-line เมื่อลัดวงจร จะมีกระแสไหลผ่านไม่เกินค่าๆ หนึ่ง ประมาณไม่เกิน 45 มิลลิแอมป์ กรณีทั่วไปค่ากระแสจะอยู่ระหว่าง 18 - 45 มิลลิแอมป์ ความต้านทานภายในสายจะอยู่ในช่วง 200 - 1500 โอหม์ และมีการใช้สัญญาณต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทราบสถานะการทำงานในขณะนั้นได้ ซึ่งรายละเอียดของสัญญาณต่างๆ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



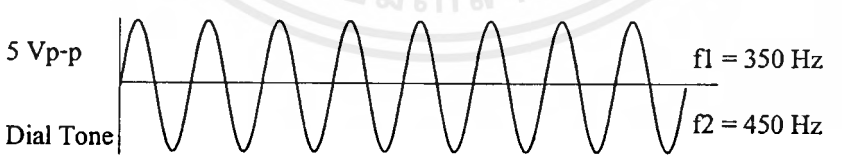
รูปที่ 2.3 กราฟแรงดันและกระแสในสาย Co-line

2.5 สัญญาณต่างๆ ในระบบโทรศัพท์

สัญญาณสมาชิก (Subscriber Signal) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสภาวะต่างๆ ไว้ให้ ประกอบด้วยสัญญาณให้หมุน (Dial Tone), สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone), สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone), สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) และสัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone) โดยสัญญาณต่างๆ ดังที่กล่าวมาจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะของแต่ละสัญญาณ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) สัญญาณให้หมุน (Dial Tone หรือ DT)

สัญญาณให้หมุน ใช้เพื่อให้สมาชิกผู้เรียกทราบว่าหมุนเลขหมายได้แล้ว เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง เกิดจากการรวมความถี่ระหว่าง $f_1 = 350$ เฮิรตซ์ และ $f_2 = 450$ เฮิรตซ์

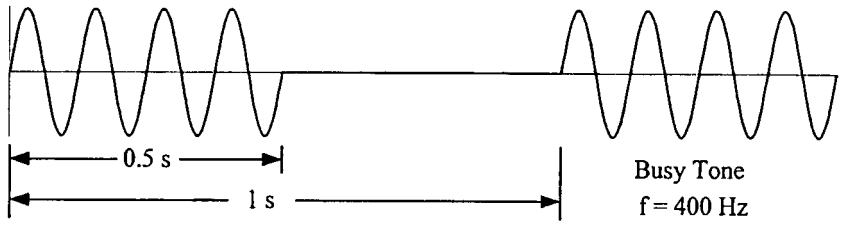


รูปที่ 2.4 สัญญาณให้หมุน

2) สัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone หรือ ET)

สัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง ใช้เพื่อเตือนสมาชิกผู้เรียกว่า ตอนที่เรียกนี้ชุมสายไม่ว่างควรวางหูก่อนสักระยะหนึ่งจึงเริ่มต่อใหม่ เป็นสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ มีจังหวะการส่ง 0.5 วินาที และหยุดส่ง 0.5 วินาที

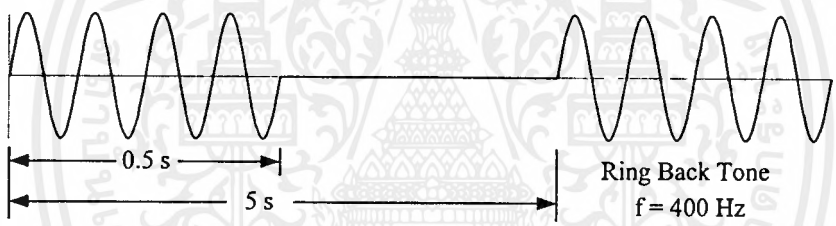
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 สัญญาณไม่ว่าง

3) สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone หรือ RBT)

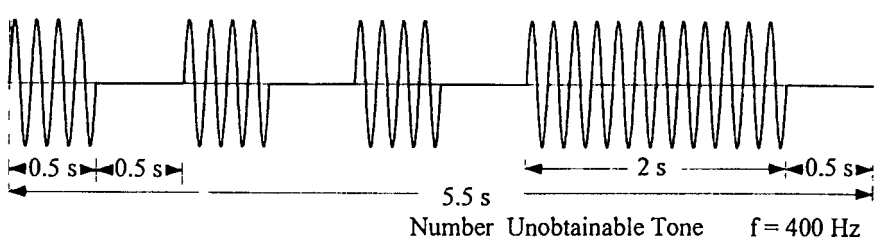
สัญญาณเรียกกลับ ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนสำเร็จ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้เรียกทราบเป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ ควบคู่ไปกับสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ แบบเอเอ็ม มีสัญญาณ 0.67 ถึง 1.5 วินาที ไม่มีสัญญาณ 2 ถึง 4 วินาที



รูปที่ 2.6 สัญญาณเรียกกลับ

4) สัญญาณไม่มีเลขหมาย (Number Unobtainable Tone หรือ NU Tone)

เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่าเลขหมายที่ผู้ใช้หมุนมาไม่มีใช้งานอยู่ ซึ่งสร้างมาจากสัญญาณที่มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ทำการส่งออกไปเป็นจังหวะ



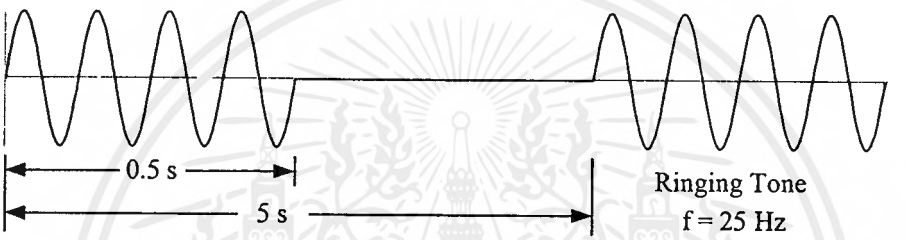
รูปที่ 2.7 สัญญาณไม่มีเลขหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone หรือ RGT)

สัญญาณกระดิ่ง ใช้เมื่อการต่อของผู้เรียกดำเนินการสำเร็จ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์รับทราบเป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ ควบคู่ไปกับสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ แบบเอเอ็ม ซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกันกับสัญญาณกระดิ่ง คือ เวลาที่ส่งสัญญาณและช่วงเวลาที่ไไม่ส่งสัญญาณจะมีลักษณะที่เหมือนกัน สัญญาณดังกล่าวจะใช้ในการสั่นกระดิ่งของผู้ใช้โทรศัพท์ มีแรงดันประมาณ 75 – 110 โวลต์พีค (Vp)

สัญญาณที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อให้ได้เป็นสัญญาณไซน์



รูปที่ 2.8 สัญญาณกระดิ่ง

2.6 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.6.1 ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง

ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange) และตู้สาขา (Private Automatic Branch Exchange : PABX)

2.6.2 ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง

ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem Exchange) และชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange) ซึ่งรายละเอียดของชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรงและแบบไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรงมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น

ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ากับระบบชุมสายโดยตรง ชุมสายโทรศัพท์แบบที่มีขนาดตั้งแต่เป็นร้อยๆ เลขหมาย จนถึงหมื่นเลขหมายหรือมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ตู้สาขา

ตู้สาขา เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีลักษณะคล้ายกันกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น แต่จะใช้ติดต่อกันภายในสำนักงาน โดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น ตู้สาขาจัดเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีบริการพิเศษ (Facilities) แก่เลขหมายภายใน (Extension) ได้หลายอย่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับตู้สาขานั้นๆ ว่ามีขีดความสามารถเป็นอย่างไร การบริการพิเศษได้แก่ การย่อเลขหมาย (Abberviated Dialling), การเรียกกลับอัตโนมัติ (Automatic Call Back), การประชุมกันทางโทรศัพท์ (Conference Call), การโอนการเรียก (Transfer of Call), การโอนโทรศัพท์ติดตามตัว ฯลฯ นอกจากนี้ในกรณีที่ตู้สาขาได้ทำการต่อเชื่อมกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น จะทำให้โทรศัพท์เลขหมายภายในสามารถติดต่อไปยังเลขหมายภายนอกได้ โดยผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น และในทำนองเดียวกัน โทรศัพท์จากเลขหมายภายนอกก็สามารถเรียกเข้าไปยังเลขหมายภายใน โดยผ่านตู้สาขาได้ ตู้สาขาจะมีขนาดตั้งแต่ไม่ถึง 10 เลขหมาย จนถึง 10,000 เลขหมาย หรือมากกว่า

3) ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่าน

ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่าน หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเลขหมายโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ามาโดยตรง แต่จะบริการการเรียกระหว่างชุมสายท้องถิ่น กับชุมสายท้องถิ่นด้วยกัน การเรียกระหว่างโทรศัพท์ 2 เลขหมาย อาจเรียกผ่านไปยังชุมสายต่อผ่านหลายๆ ชุมสายก็ได้ ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับต่อผ่านภายในโครงข่ายท้องถิ่น (Local Network) หนึ่งๆ เท่านั้น เช่น การเรียกภายในกรุงเทพฯ หรือในเขตพื้นที่เดียวกัน เป็นต้น และชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange) เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับต่อผ่านไปยังโครงข่ายท้องถิ่นอื่นๆ เช่น การเรียกจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีมายังกรุงเทพฯ หรือการเรียกจากจังหวัดอุดรธานีไปยังกระบี่ และตลอดจนทุกจังหวัดที่ใช้โทรศัพท์ติดต่อสื่อสารถึงกัน เป็นต้น

2.7 ชุมสายโทรศัพท์

ในปัจจุบันระบบชุมสายโทรศัพท์ที่มีใช้กันมีด้วยกัน 2 ระบบ คือ

1) ชุมสายระบบครอสบาร์ (Crossbar System)

2) ชุมสายระบบเอสพีซี (SPC)

ซึ่งทั้งสองจะมีโครงสร้างพื้นฐานดังนี้

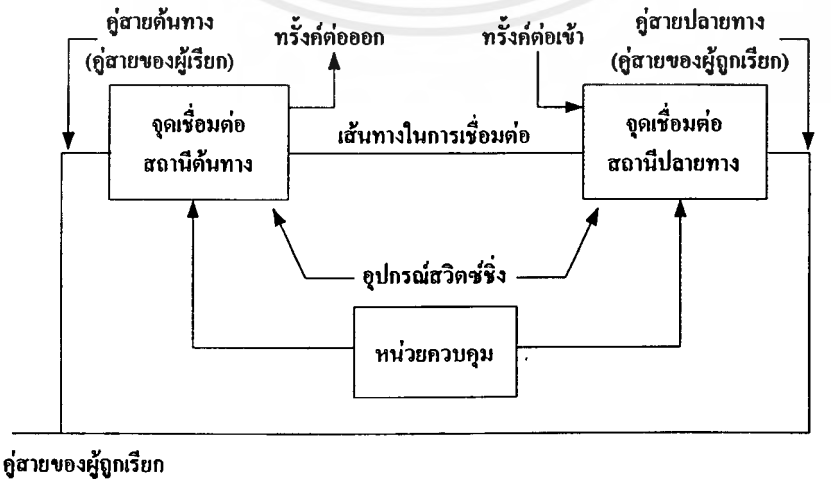
จากรูปที่ 2.9 เป็นวงจรพื้นฐานของระบบโทรศัพท์โดยทั่วไป คู่สายของผู้เรียกจะต่ออยู่ที่คู่สายผู้เรียก และเครื่องของผู้ถูกเรียกจะต่ออยู่กับคู่สายของผู้ถูกเรียก กรณีที่เป็นการต่อเข้าหรือออกจากชุมสายอื่น จุดของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกของแต่ละชุมสายจะทำงานร่วมกันเสมือนอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายเดียวกัน ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกจะถูกเชื่อมต่อถึงกันโดยผ่านเส้นทางภายในชุมสายนั้น โดยไม่ยุ่งเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างชุมสายเลย

การเชื่อมต่อไปยังชุมสายอื่น จะผ่านเคเบิลที่มีหลายคู่สายภายใน เรียกว่า ทรั้งค์ (Trunks) ทรั้งค์อาจเป็นเคเบิลโลหะ (Metallic Cables) สายมัลติเพล็กซ์ความถี่สูง, สายใยแก้วนำแสง (Optic Fiber) หรือตัวกลางอื่นๆ ที่มีหลายช่องสัญญาณ โดยทั่วไปทรั้งค์จะเป็นสายที่มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารได้ดีกว่าคู่สายธรรมดา มีการเชื่อมต่อที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อนต้องการการบำรุงรักษาที่ดีกว่า จึงมีราคาสูงกว่าคู่สายธรรมดา สายที่ใช้เชื่อมต่อภายในชุมสายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก จะถูกเรียกว่า จุดต่อ (Junctors) หรือทรั้งค์ภายในชุมสาย (Inter Office Trunks) ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจุดที่เชื่อมต่อและวิธีการที่ใช้เชื่อมต่อ

ภาคควบคุมเป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุมสายที่มีความสลับซับซ้อน และมีความฉลาดสามารถวิเคราะห์และประมวลผลได้รวดเร็ว เพื่อควบคุมระบบสวิตช์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียก ในชุมสายระบบใหม่ๆ ที่ใช้ในปัจจุบันจะมีภาคควบคุมที่มีความสามารถสูง มีความละเอียดในการควบคุมวงจรสวิตช์ที่เป็นลอจิกเกต แยกการควบคุมภาคของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด แต่ละชุมสายอาจมีภาคควบคุมหลายตัวช่วยกันทำงานเพื่อประสิทธิภาพที่สูงสุด โดยปกติเมื่อมีการเรียกมาจากผู้เช่า ชุมสายจะได้รับเลขหมายจากการถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ เลขหมายที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมเส้นทางจากผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก ถ้าเป็นการเรียกออกไปยังต่างชุมสายจะทำการต่อคู่สายผู้เรียกของชุมสายออกไปทางจุดเชื่อมต่อชุมสายอื่น เรียกว่าต่อเป็นระบบติดต่อทางไกล และเมื่อถึงชุมสายปลายทาง ก็จะต่อเข้ากับจุดต่อของชุมสายปลายทางเพื่อต่อไปยังคู่สายของผู้รับ



รูปที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานโทรศัพท์แต่ละครั้ง ชุมสายจะมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกัน คือ จะรอสัญญาณยกหู (Off Hook) โดยมีวงจรสำหรับตรวจสอบสภาวะของคู่สายอยู่ภายในส่วนตรวจสอบเฝ้าสังเกตการณ์ทุกคู่สายอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้จึงต้องมีจำนวนเท่ากับคู่สายที่ต่ออยู่กับผู้เช่า

เมื่อชุมสายรู้ถึงความต้องการใช้คู่สายของผู้เช่า ชุมสายจะต่อวงจรผ่านเส้นทางและตรวจสอบว่าเลขหมายปลายทางว่างหรือไม่ ถ้าว่างจะส่งสัญญาณเรียกออกไป จะมีวงจรคอยตรวจสอบ (Supervise) การยกหูของผู้ถูกเรียก หากผู้รับยกหู ภาคควบคุมจะต่อวงจรให้สนทนากันได้ และคอยจนกว่าผู้ใช้จะวางหูโทรศัพท์ โดยจะเลิกใช้เส้นทางตั้งแต่ผู้เรียก ผ่านเส้นทางช่องใช้งานจนถึงผู้ถูกเรียกออกไป

หากคู่สนทนามิได้อยู่ในชุมสายเดียวกัน ชุมสายจะค้นหาเส้นทางของทรั้งค์ที่จะต่อออกไปยังชุมสายอื่น ถ้าหากการเชื่อมต่อสำเร็จ ชุมสายต้นทางจะส่งข้อมูลเกี่ยวกับเลขหมายของผู้รับไปยังชุมสายที่ต่ออยู่

ในทุกระบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะต้องมีความสามารถพื้นฐาน คือ

1) การรับสัญญาณ (Signal Reception)

2) การแปลความหมายของสัญญาณ (Signal Interpretation)

3) การเก็บและการแปลเลขหมาย (Storage and Number Interpretation)

4) การเลือกเส้นทาง (Path Selection)

5) การสังเกตการณ์และการควบคุมโครงข่าย (Network Path Provision and Control)

6) การส่งสัญญาณ (Signal Transmission)

1) การรับสัญญาณ (Signal Reception)

สัญญาณ หมายถึง สัญญาณเลขหมายที่มาจากผู้เช่าหรือทรั้งค์จากชุมสายอื่น และสัญญาณอื่นๆ ที่ติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ เช่น CCIS (Common Channel Interoffice Signaling), DC Current, Single Frequency (SF), Multi Frequency (MF, 2-out-of-5) และอื่นๆ ซึ่งโดยปกติวงจรส่วนที่ใช้สัญญาณที่มาจากผู้เช่าจะเป็นอุปกรณ์ที่แบ่งกันใช้ เช่นส่วนถอดรหัส DTMF จะถูกนำมาต่อเข้ากับคู่สายเฉพาะเวลาเริ่มต้นของการเรียก เมื่อต่อวงจรสนทนาแล้วส่วนถอดรหัสนี้จะถูกตัดออกไป เพื่อให้คู่สายอื่นสามารถนำไปใช้ได้ และด้วยเหตุที่อุปกรณ์ส่วนที่ใช้ร่วมกันมีจำนวนจำกัดจึงอาจทำให้เกิดการจำกัดปริมาณในการเรียกขึ้นได้ แต่จะไม่มีผลต่อวงจรสนทนาที่ต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การแปลความหมายของสัญญาณ (Signal Interpretation)

เป็นส่วนประกอบประกอบหนึ่งของชุมสายที่มีความซับซ้อน ใช้แปลความหมายของสัญญาณที่รับ-ส่งระหว่างเครื่อง ซึ่งเป็นภาษาที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าใจได้โดยตรง เป็นสัญญาณที่ชุมสายใช้ตกลงกันว่าจะใช้เส้นทางใดในการเชื่อมต่อคู่สายสนทนาระหว่างชุมสาย

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

ผู้เรียก (Caller)	ผู้ถูกเรียก(Called)	ชุมสาย (Central Office)
ยกหู		1. รับรู้การยกหู 2. เชื่อมต่อวงจรรับหมายเลข 3. ส่งสัญญาณให้หมุน
หมุนหรือกดเลข		1. เก็บข้อมูลการเรียก 2. แปลข้อมูลการเรียก 3. ส่งหมายเลขให้ส่วนค้นหาเส้นทางควบคุมสวิตช์ 4. ตรวจสอบคู่สายปลายทาง
	ไม่ว่าง	1. ส่งสัญญาณไม่ว่างให้ผู้เรียก 2. เฝ้าดู (Supervise) จนกว่าจะว่าง
	ว่าง	1. ส่งสัญญาณกระดิ่งให้ผู้ถูกเรียก 2. ส่งสัญญาณ (Ring Back) ให้ผู้เรียก 3. เฝ้ามองการยกหูตอบรับ
	ยกหู	1. เชื่อมต่อวงจรสนทนา 2. เฝ้ามองการใช้คู่สาย
วางหู		1. ยกเลิกการใช้เส้นทาง 2. คิดค่าบริการ

3) การเก็บ และการแปลเลขหมาย (Storage and Number Interpretation)

เป็นอีกส่วนที่จำเป็นเบื้องต้นของการเก็บข้อมูลของการเรียก สภาวะของการเรียกและเป็นที่เก็บข้อมูลอื่นๆ ที่แปลความหมายแล้ว ส่วนนี้มีความจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำ และสัญญาณส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบบอนุกรม ดังนั้น วงจรส่วนใหญ่ในระบบถูกออกแบบให้ส่งข้อมูลอย่างอนุกรม (แต่ในตอนจัดเก็บจะจัดเก็บแบบขนาน) เพื่อความสะดวกในการค้นหาและแยกแยะ หรือการส่งต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลไปยังที่อื่น ข้อมูลสถานะของการเรียกจะถูกเก็บในรูปแบบที่เหมาะสม การแปลข้อมูลเตรียมอุปกรณ์หรือจัดหาตำแหน่งของอุปกรณ์สวิตช์ เพื่อให้สอดคล้องกับเลขหมายที่เรียกรหัสทางไกล กลุ่มของทรั้งค์ เป็นต้น โดยข้อมูลที่เก็บนี้จะต้องเป็นข้อมูลที่เวลาจริง พร้อมที่จะเรียกใช้ได้ทุกเวลา

4) การเลือกเส้นทาง (Path Selection)

ในชุมสายจะมีตัวตรวจสอบสภาวะของคู่สาย หากมีการเรียกออกจากชุมสายจะต้องจัดหาเส้นทางที่ว่าง วิธีการของแต่ละระบบจะแตกต่างกันออกไป ปัจจุบันชุมสายเอสพีซีจะใช้วิธีการคำนวณตำแหน่งหน่วยความจำเพื่อเลือกการเชื่อมต่อในระดับลอจิกเกต ส่วนการค้นหาเส้นทางที่ว่างในระบบอิเล็กโตรแมคคานิคคอลจะใช้การทดสอบระดับแรงดันและกระแสในคู่สาย

5) การสังเกตการณ์และการควบคุมโครงข่าย (Network Path Provision and Control)

การทำงานของส่วนนี้จะสอดคล้องสัมพันธ์กับการทำงานของส่วนเลือกเส้นทาง ในระยะแรกๆ จะถูกควบคุมโดยตรงจากผู้ใช้ พัฒนามาเป็นการควบคุมโดยผู้ใช้จากระยะไกล และในปัจจุบันถูกแทนที่ด้วยระบบ Common Control

6) การส่งสัญญาณ (Signal Transmission)

เป็นส่วนที่จำเป็นอีกส่วนหนึ่ง เพื่อที่จะติดต่อผู้เช่าหรือชุมสายอื่น ในยุคแรกๆ จะใช้ขบวนพัลซ์ ปัจจุบันเป็นการส่งแบบแบ่งเวลา ซึ่งจะค้นหาสายทรั้งค์ที่ว่างอยู่ และถูกส่งไปตามสายนั้น ฟังก์ชันการทำงานอีกส่วนหนึ่งเพื่อใช้ติดต่อระหว่างผู้เช่ากับชุมสายซึ่งคอยตรวจสอบสภาวะของคู่สาย จ่ายกำลังไฟฟ้าให้คู่สาย ส่งสัญญาณกระดิ่งและอื่นๆ มีชื่อว่า BORSHT ประกอบด้วย

1) แบตเตอรี่ (Battery) จะเป็นตัวจ่ายแรงดันกระแสตรง (-48 VDC) จากชุมสายโทรศัพท์ไปยังผู้เช่าปลายทาง เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาวะของคู่สายและเป็นแหล่งจ่ายให้กับไมโครโฟน

2) ป้องกันแรงดันเกิน (Over voltage protection) ป้องกันแรงดันเกินที่เข้ามากับคู่สายเนื่องจากฟ้าผ่าหรือสายโทรศัพท์แตะกับสายไฟฟ้าแรงสูง วงจรป้องกันนี้จะต้องตั้งแรงดันที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ทำงาน เนื่องจากสัญญาณกระดิ่ง

3) สัญญาณเรียก (Ringing) สัญญาณกระดิ่ง เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 88 โวลต์ ความถี่ 20 เฮิรตซ์ ส่งไปยังผู้เช่าเพื่อบอกว่ามีการเรียกเข้ามา

4) การตรวจสอบการยกหู (Supervision) ใช้สำหรับตรวจสอบสภาวะการยกหู วางหูของคู่สาย โดยตรวจสอบจากกระแสในคู่สาย เมื่อคู่สายยาวมากจะต้องออกแบบให้มีความไวในการตรวจสอบมากขึ้น และต้องลดความไวของการตรวจสอบการยกหูวางหูลงเมื่อต้องใช้กับสายที่เปียกชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) วงจรไฮบริดจ์ (Hybrid) เป็นตัวแยกสัญญาณที่เข้าและออกตามทิศทางสัญญาณที่มาจากปากพูดและหูฟัง

6) การทดสอบ (Testing) สำหรับตรวจสอบว่าคู่สายที่ต้องการเรียกไปมีสภาวะเช่นใด เช่น กำลังสนทนาอยู่ ส่วนนี้จะแตกต่างจาก Supervision ซึ่งจะทำงานเมื่อต้องการเรียกออกเท่านั้น

สำหรับชุมสายระบบดิจิตอลวงจร BORSHT จะมีส่วนของการแปลงระหว่างสัญญาณแอนะลอก/ดิจิตอล (CODEC ประกอบด้วย A/D และ D/A converter) ใช้อักษรย่อ C ดังนั้นวงจรในส่วนนี้จึงได้ชื่อใหม่ว่า BORSCHT

2.8 กระบวนการทำงานของโทรศัพท์

ในการต่อคู่สายโทรศัพท์ของสมาชิกผู้ใช้ที่ชุมสายโทรศัพท์ใดๆ การทำงานในช่วงเวลาต่างๆ ของชุมสายโทรศัพท์จะเป็นดังนี้

1) สัญญาณ Off Hook

เครื่องโทรศัพท์ของสมาชิกผู้ใช้ที่ต้องการจะเรียกออก สมาชิกผู้ใช้จะต้องยกหูฟังของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณการยกหู (สัญญาณ Off Hook หรือสัญญาณ seize) จะทำให้ชุมสายรับรู้ได้ว่ามีผู้ที่ต้องการใช้โทรศัพท์ การยกหูโทรศัพท์จะทำให้เกิดการครบวงจรทางไฟฟ้าที่ชุมสาย และที่เครื่องโทรศัพท์ โดยอุปกรณ์ในชุมสายจะเริ่มทำงาน

2) การแสดงตัวของสมาชิกผู้ที่ทำการเรียก

ในการแสดงตัวของสมาชิกผู้ที่ทำการเรียก หน่วยเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ (SLTU) ในการคิดค่าบริการได้อย่างถูกต้อง และเพื่อการพิจารณาว่าจะต้องใช้เส้นทางการต่อออกทางใด

3) การกำหนดเรื่องการเก็บรักษาและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ร่วม

เมื่อได้รับสัญญาณ Off Hook ระบบควบคุมจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Common equipment) เข้ากับคู่สาย โดยชุมสายจะจัดหาเส้นทางจากคู่สายมายังอุปกรณ์ร่วมนี้

4) การส่งเลขหมาย

ในการส่งเลขหมายนั้น หลังจากที่ได้รับสัญญาณให้หมุน ผู้ใช้ก็จะกดหมายเลขเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อด้วย เครื่องก็จะส่งเลขหมายมายังชุมสาย เมื่อชุมสายได้รับแล้วก็จะเก็บเลขหมายดังกล่าวไว้

5) การวิเคราะห์เลขหมาย

ระบบควบคุมจะต้องวิเคราะห์เลขหมายที่ได้รับมา เพื่อที่จะหาเส้นทางการต่อออกจากชุมสายโทรศัพท์ ถ้าเครื่องที่ถูกเรียกนั้นมีการใช้งานอยู่ ทางชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังเครื่องที่เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การกำหนดเส้นทางของสวิตช์

ในการกำหนดเส้นทางของสวิตช์ ระบบควบคุมจะรู้ว่าเส้นทางการต่อจากเครื่องที่เรียกไปยังเครื่องที่ถูกเรียกนั้น เป็นเส้นทางใด ดังนั้นจึงต้องสร้างวงจรสนทนาโดยสวิตช์ของชุมสายผ่านเส้นทางนั้น ในส่วนของระบบควบคุมก็จะมีอัลกอริทึมต่างๆ ที่ใช้ในการเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุดโดยสวิตช์ที่จุดดังกล่าวจะถูกตรวจสอบจนแน่ใจว่าไม่อยู่ระหว่างการใช้งาน และเมื่อทำการต่อเส้นทางการสนทนาแล้ว อุปกรณ์ในส่วนนี้ ก็จะหมดหน้าที่การทำงาน จึงถูกตัดออกจากวงจร เพื่อรอคอยที่จะสร้างเส้นทางสนทนาอื่นต่อไป

7) กระแสและเสียงการเรียก

สัญญาณต่อไปที่จะถูกส่งออกจากชุมสาย หลังจากสร้างเส้นทางการสนทนาแล้วนั้น คือ สัญญาณกระดิ่ง เพื่อทำหน้าที่บอกให้ผู้รับรู้ว่ามีการเรียกเข้ามาที่เครื่องรับโทรศัพท์ เมื่อทุกสิ่งทุกอย่างเรียบร้อย คือ สามารถต่อไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ได้แล้ว ชุมสายโทรศัพท์ก็จะเริ่มส่งกระแสกระดิ่ง (Ringing Current) ไปยังเครื่องที่ถูกเรียก และสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา

8) สัญญาณตอบกลับ (Answer)

สัญญาณตอบกลับ เป็นสัญญาณที่เกิดจากผู้รับยกหูฟังโทรศัพท์ หรือเกิดจากชุมสายที่เรียกไปส่งสัญญาณตอบกลับมา ระบบสัญญาณจะรับรู้ได้โดยการตรวจสอบแรงดัน และกระแสในคู่สาย ดังนั้นแสดงว่าวงจรสนทนาถูกทำการเชื่อมต่อระหว่างผู้ส่ง และผู้รับ เป็นที่เรียบร้อย จึงเริ่มสนทนากันได้ และหน่วยคิดค่าบริการก็เริ่มทำงาน

9) การตรวจสอบ

ในขณะที่คู่สนทนากำลังสนทนาผ่านคู่สายโทรศัพท์นั้น จะมีส่วนหนึ่งของชุมสายคอยตรวจสอบอยู่ หน้าที่ของส่วนนี้ก็คือ การตรวจสอบการสิ้นสุดของการสนทนา (การวางหูโทรศัพท์) โดยจะตรวจสอบที่ทุกๆ คู่สายในชุมสายที่เป็นวงจรสนทนา

10) สัญญาณ Clear

เมื่อมีสัญญาณยกเลิกวงจร (Forward clear : ซึ่งเกิดจากเครื่องโทรศัพท์ที่เป็นผู้เรียก, Backward clear : ซึ่งเกิดจากเครื่องที่ถูกเรียก) เกิดขึ้นที่ชุมสายอุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสาย ก็จะทำการปลดตัวเองออกจากวงจร เพื่อพร้อมที่จะสร้างวงจรสนทนาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบในบทนี้ จะเป็นการออกแบบเกี่ยวกับระบบฮาร์ดแวร์และการเขียนโปรแกรม ซึ่งเราจะแบ่งเป็นส่วนๆ ได้ 7 ส่วนดังนี้ คือ

1) ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)

2) ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)

3) ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)

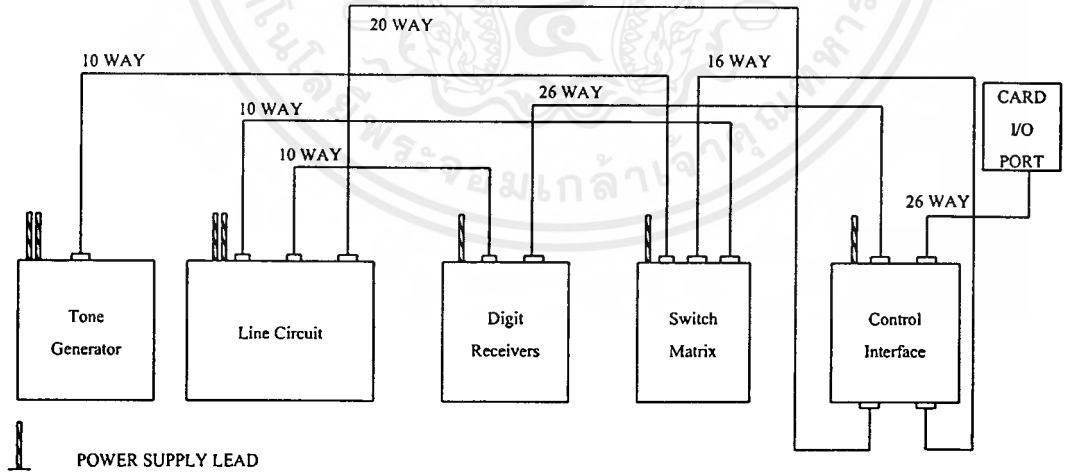
4) ชุดสวิตช์เมตริกซ์ (Switch Matrix)

5) ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส (Control Interface)

6) ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (Card I/O Port)

7) ชุดจ่ายไฟ (Power Supply)

ส่วนต่างๆ ที่กล่าวมาสามารถแสดงได้โดยแผนผังการทำงานของระบบดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

โดยการทำงานทั้ง 5 ส่วนจะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ควบคุมการทำงานโดยซอฟแวร์จากไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งกระบวนการต่างๆ จะจำลองการทำงานของวงจรโทรศัพท์พื้นฐานได้ โดยการออกแบบจะแยกออกเป็นส่วนๆ แล้วนำมาเชื่อมกันเมื่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

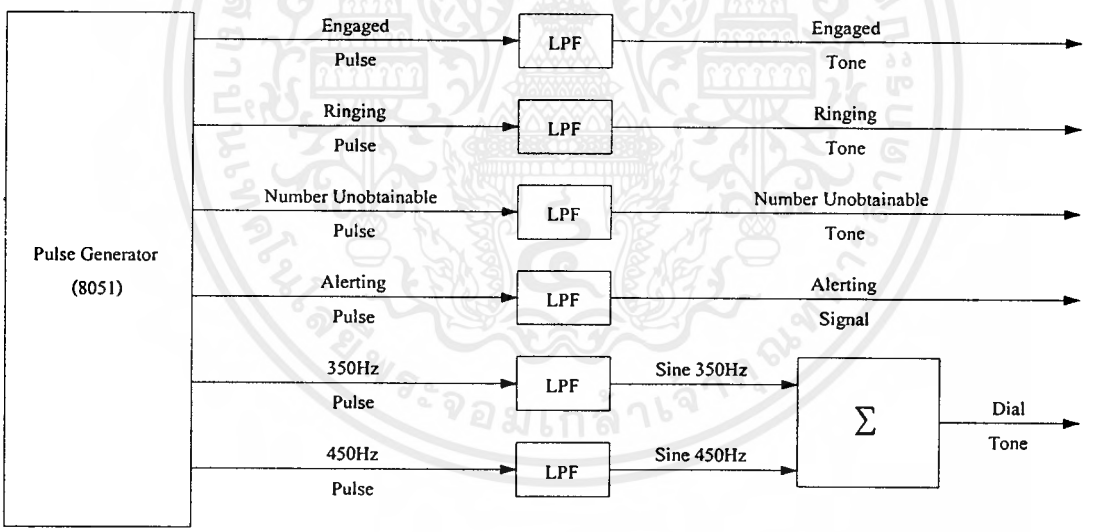
32794

3.2 ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)

3.2.1 หลักการ

ในส่วนนี้เป็นชุดที่ทำหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณต่างๆ ประกอบด้วย ตัวกำเนิดสัญญาณต่างๆ เพื่อบอกสภาวะการทำงานต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย สัญญาณให้หมุน (Dial Tone), สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone), สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone), สัญญาณไม่มีเลขหมายที่เรียก (Number Unobtainable Tone หรือ NU Tone)

โดยเราจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลซ์ที่มีจังหวะที่แน่นอน โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 89C51 เป็นตัวสร้างพัลซ์ ความถี่ของสัญญาณต่างๆ ออกมาจะเป็นพัลซ์ดิจิตอล และเมื่อนำพัลซ์มาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ ทำให้เอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณไซน์ (Sine) เพราะพัลซ์นั้นประกอบด้วยสัญญาณไซน์หลายๆ ฮาร์มอนิกส์มารวมกัน เมื่อตัดเอาความถี่สูงออกก็จะเหลือแต่สัญญาณไซน์ที่มีความถี่เท่ากับความถี่ของพัลซ์ออกมา

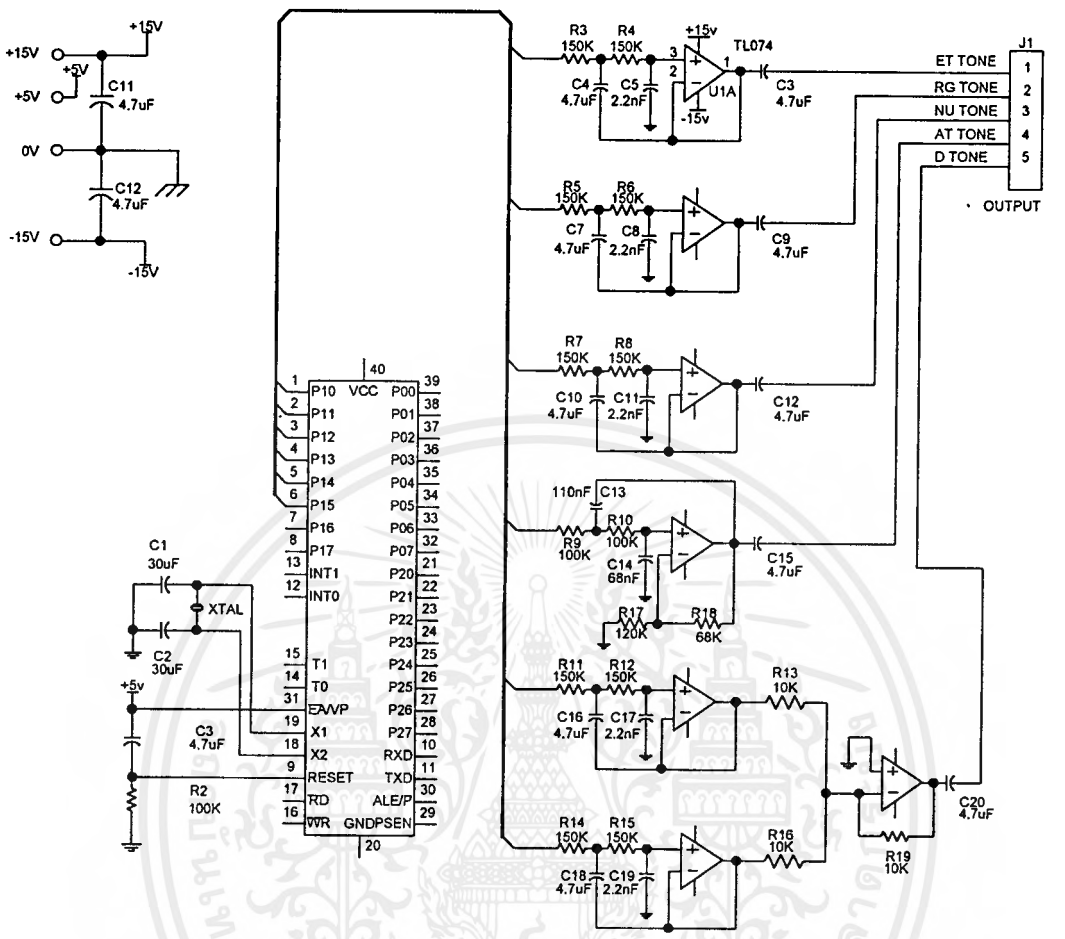


รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

3.2.2 การออกแบบ

ในการออกแบบนั้น เราอาศัยฐานเวลาร่วมกันเพื่อเป็นตัวหารความถี่ลงมาให้ได้ความถี่ที่ต้องการ และสร้างพัลซ์ออกมาที่พอร์ต 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 และนำสัญญาณต่างๆ มาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณไซน์ที่ความถี่ต่างๆ ในส่วนของสัญญาณให้หมุน หรือ Dial Tone จะเป็นการรวมกันระหว่างความถี่ 450 เฮิรตซ์ และความถี่ 350 เฮิรตซ์ เข้าด้วยกัน แสดงไว้ในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

3.2.3 การทำงานของวงจร

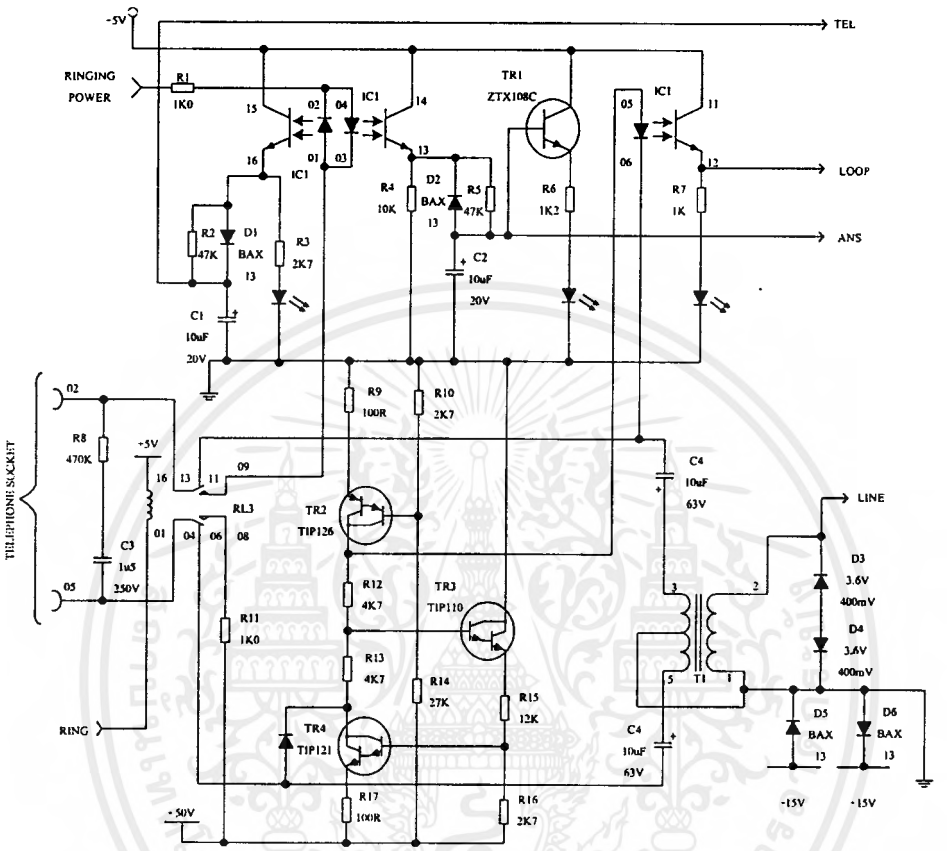
ส่วนสำคัญของชุดผลิตสัญญาณนั้นอยู่ที่ไอซีเบอร์ 89C51 ซึ่งถูกโปรแกรมให้ผลิตพัลซ์ความถี่ต่างๆ ตามสัญญาณที่ต้องการออกมาที่ Port P1 ของไอซี 89C51 เมื่อได้สัญญาณต่างๆ ตามที่ต้องการแล้ว ต้องนำสัญญาณพัลซ์ที่ผลิตได้เข้าสู่วงจรกรองความถี่ต่ำ จึงใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ TL074 มาสร้างเป็นวงจรกรองความถี่ เพื่อกรองเอาสัญญาณไซน์ออกมาจากพัลซ์ ได้เป็นสัญญาณต่างๆ ตามที่ต้องการ ส่วนของสัญญาณความถี่คู่ เมื่อกรองความถี่ต่ำแล้วจะต้องนำสัญญาณ 2 สัญญาณมารวมกันที่วงจรรวมสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณความถี่คู่ ที่มี 2 ความถี่ออกมา

3.2.4 ผลการทดลอง

ชุดวงจรผลิตสัญญาณเสียง สามารถผลิตสัญญาณต่างได้ โดยมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ที่ใช้งานทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)



รูปที่ 3.4 วงจร Line Circuit

3.3.1 หลักการ

วงจร Line Circuit เป็นวงจรที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง ซึ่งประกอบด้วยส่วนการตรวจสอบสภาวะการยกหู ส่วนจ่ายไฟเลี้ยงให้กับโทรศัพท์ และส่วนป้อนสัญญาณแรงดันเกินเข้ามาในคู่สาย ส่วนสัญญาณเรียก ส่วนไฮบริด (Hybrid) และส่วนทดสอบ

โดยในส่วนของการตรวจสอบจะประกอบไปด้วยส่วนตรวจสอบการยกหู โดยอาศัยการตรวจจับการไหลของกระแสในวงจร เมื่อมีการยกหูจะทำให้เกิดการครบวงจรและมีการไหลของกระแสเกิดขึ้น

3.3.2 การออกแบบ

ในภาคนี้จะใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง เป็นตัวรับสัญญาณจากการยกหูของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงเบอร์ PC817 ของบริษัทชาร์ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทำงานของวงจร

รีเลย์ ทำหน้าที่ตัดต่อสัญญาณเรียกไปยังโทรศัพท์ ซึ่งถ้ามีการยกหูโทรศัพท์ ซึ่งถ้ามีการยกหูโทรศัพท์ระหว่างที่ทำการป้อนสัญญาณกระดิ่ง จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านออปโต้ระหว่างขา 04 ไปยังขา 03 ทำให้สัญญาณที่ขา ANS มีสถานะเป็น "1" เพื่อบอกให้หน่วยประมวลผลทราบว่ามีการยกหูโทรศัพท์แล้ว ให้ทำการหยุดป้อนสัญญาณเรียกเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโทรศัพท์จากสัญญาณเรียก ส่วนออปโต้ จะทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสอันเนื่องมาจากการยกหู

3.3.4 ผลการทดลอง

วงจรสามารถตรวจสอบการยกหู-วางหู การเรียก และการยกหูขณะที่มีสัญญาณเรียกได้ แต่ขึ้นอยู่กับการปรับค่าความต้านทานที่ตัวต้านทาน

3.4 ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)

3.4.1 หลักการ

ส่วนของวงจร Digit Receiver นี้จะเป็นส่วนในการตรวจสอบเลขหมายปลายทางที่ทางผู้ใช้ทำการเรียกมา โดยในโทรศัพท์ทั่วไป การกำหนดเลขหมายปลายทางมี 2 ระบบ คือ ระบบพัลซ์ และโทน ซึ่งพัฒนาขึ้นจากระบบพัลซ์ ให้ใช้เวลาน้อยกว่าในการระบุเลขหมายปลายทาง

วงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ โดยที่ใช้ไอซีถอดรหัส DTMF เบอร์ MT8870 ซึ่งจะถอดรหัสสัญญาณจากการกดคีย์ที่หน้าปัทม์โทรศัพท์เพื่อแปลงให้เป็นรหัสไบนารี่ขนาด 4 บิต ในยุคก่อน การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์มักใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อกลูป ซึ่งสร้างปัญหาสารพัดไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจร ขนาดของวงจรที่ใหญ่เพราะใช้ไอซีจำนวนมาก

1) คุณสมบัติของ MT8870

1 เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF Receiver)

2 กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL

3 สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้

4 สามารถปรับการ์ดไทม์ได้ (Guard Time) ได้

2) การนำ MT8870 ไปใช้งาน

1 นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล

2 เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด

4 ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์

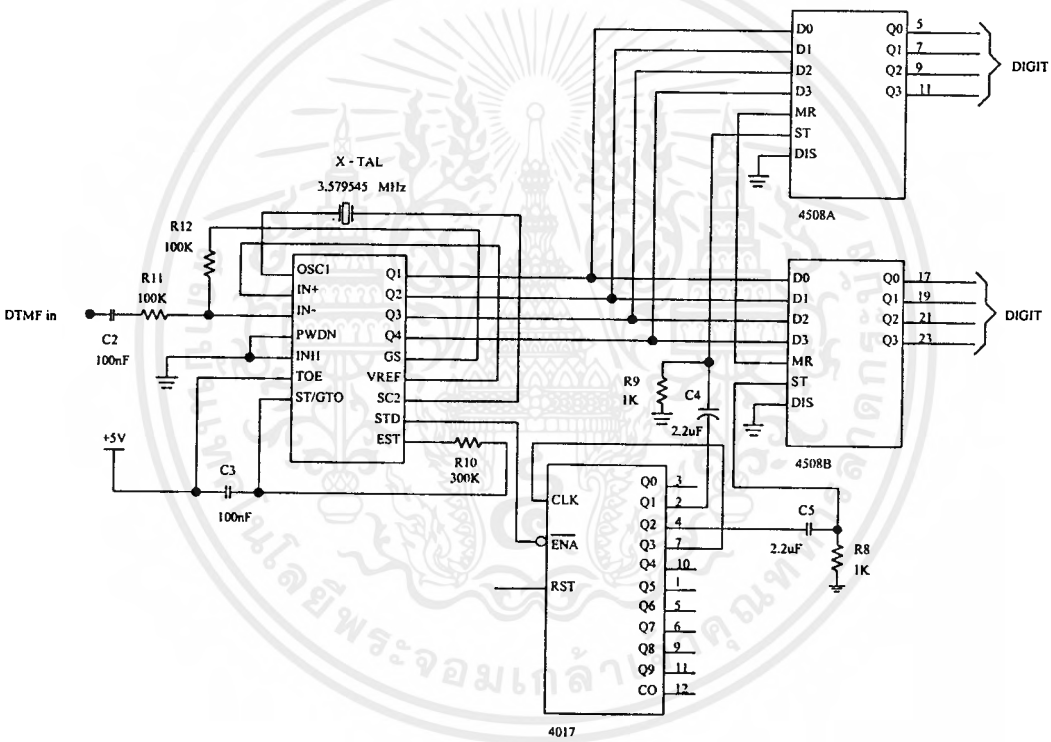
5 ใช้ในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ขนาดย่อย หรือ PABX

6 ใช้กับงานด้านโทรศัพท์ทั่วไป

7 เครื่องป้องกันขโมย

8 การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

9 ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจสอบเลขหมายแบบโทน

3) โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO-CMOS ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาต์พุตเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

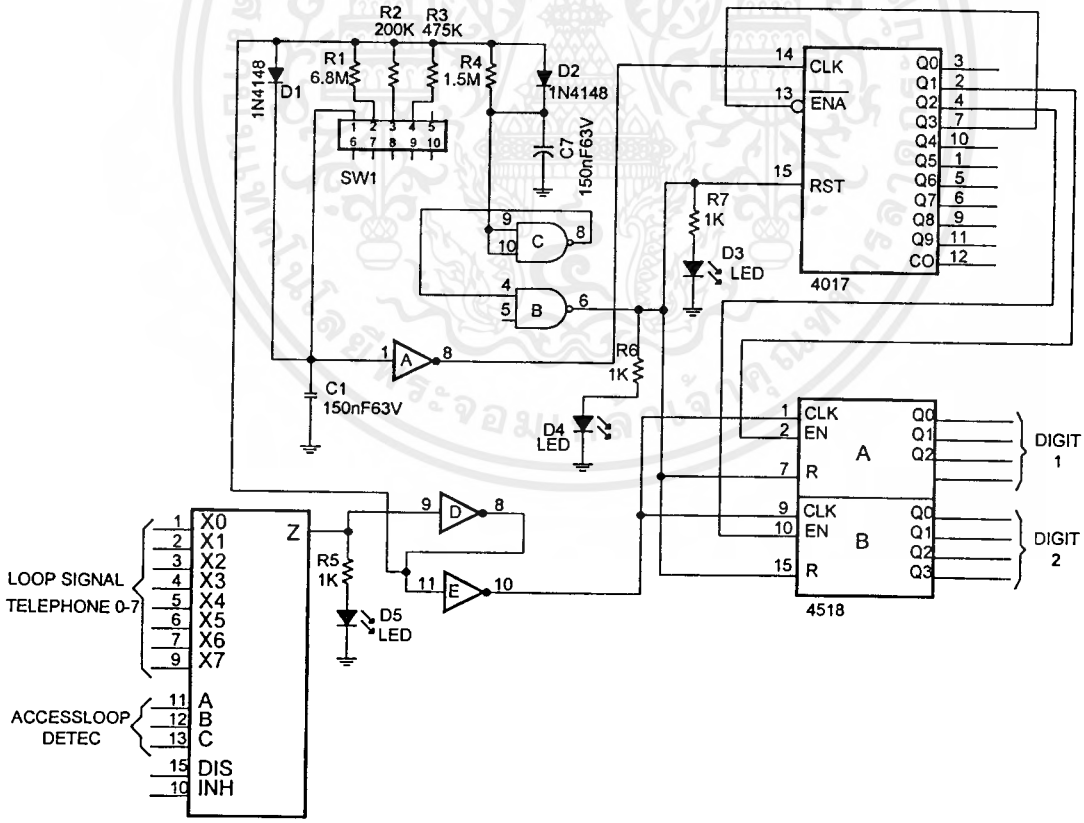
ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

3.4.2 การออกแบบ

นำไอซีเบอร์ MT8870 มาใช้ถอดรหัสสัญญาณ DTMF ในส่วนของระบบโทน ส่วนในระบบพัลซ์ ใช้ไอซีเบอร์ CD4512 เป็นตัวเลือกอินพุตว่าจะต้องการตรวจสอบพัลซ์ จากปลายทางใด ไอซีเบอร์ CD4518 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการนับพัลซ์ที่เข้ามา

3.4.3 การทำงานของวงจร

ในชุดของ Digit Receiver นั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตรวจสอบเลขหมายในระบบพัลซ์ และส่วนการตรวจสอบเลขหมายปลายทางในระบบโทน



รูปที่ 3.6 วงจรตรวจสอบเลขหมายแบบพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 เป็นส่วนของการตรวจสอบเลขหมายแบบพัลซ์ โดยไอซีเบอร์ CD4518 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เลือกสัญญาณพัลซ์ จากต้นทาง 8 ต้นทาง หลังจากนั้นพัลซ์ก็จะเข้าไปยังอินพุตของไอซีเบอร์ CD4518 ซึ่งเป็นไอซีนับโดยให้เอาต์พุตเป็นรหัสเลขฐานสอง นำไปประมวลผลภายในไมโครคอมพิวเตอร์ได้

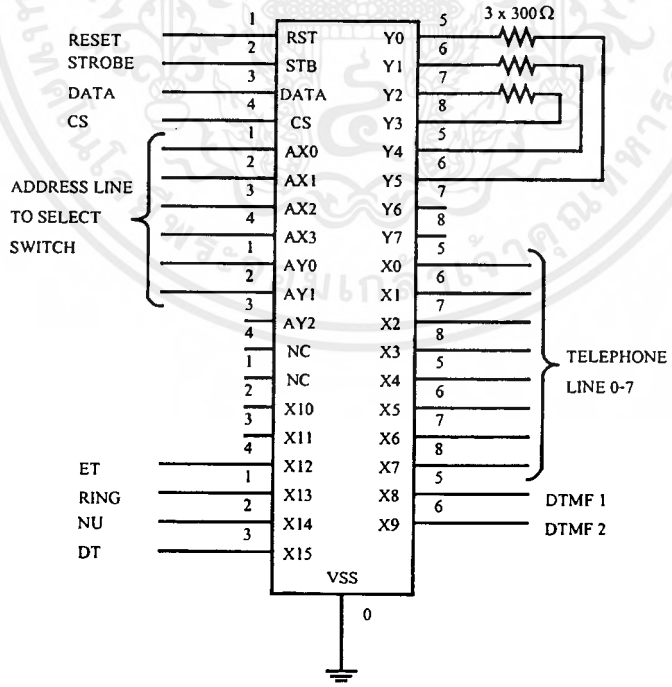
ในส่วนของระบบ Tone นั้นอาศัยไอซีเบอร์ MT8870 ของบริษัท MITEL ซึ่งจะทำหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF เป็นรหัสไบนารี่ 4 บิต เป็นค่าเลขหมายที่ผู้ใช้โทรศัพท์ส่งมา

ข้อมูลรหัสเลขฐานสองจากวงจรนับจำนวนพัลซ์ และวงจรรับสัญญาณ DTMF จะถูกเลือกเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยใช้วงจรตรวจสอบว่าอินพุตจากแหล่งใดเข้ามาก่อนให้สวิตช์ไปที่แห่งนั้น ซึ่งสภาวะนี้จะค้างจนกว่าจะมีการ Clear

3.4.4 ผลการทดลอง

ในวงจรรับเลขหมายระบบพัลซ์ สามารถรับเลขหมายได้จำนวน 2 หลัก

3.5 ชุดสวิตช์เมตริกซ์



รูปที่ 3.7 วงจรภาคสวิตช์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 หลักการ

ในการทำงานของชุดสวิตช์เมตริกซ์จะทำหน้าที่เป็นจุดต่อสวิตช์เพื่อให้ข้อมูลจากซีพียูทำการต่อเชื่อมคู่สายที่อยู่ภายในตัวไอซีเบอร์ MT8816 และ MT8804 ซึ่งเป็นไอซีที่ผลิตโดยบริษัท MITEL ซึ่งมีจุดต่อ 128 จุด และ 32 จุด

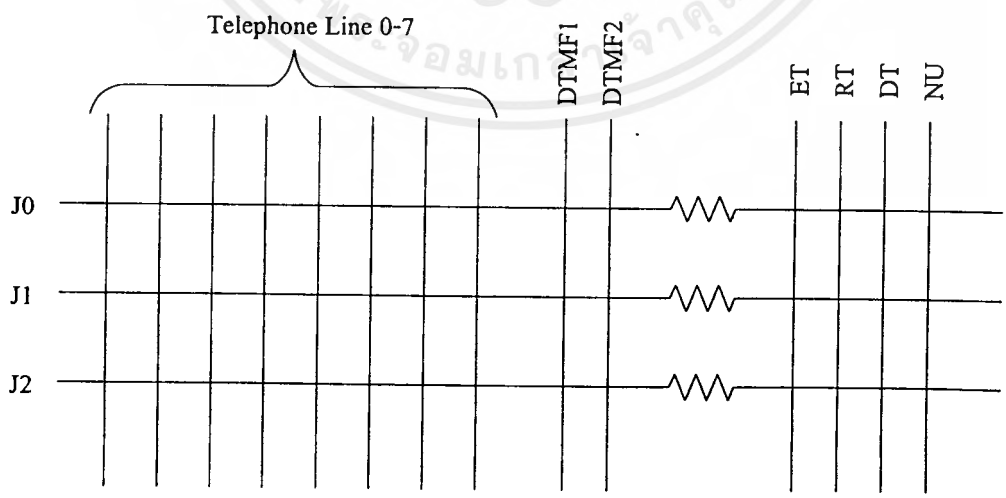
3.5.2 การออกแบบ

ชุดสวิตช์เมตริกซ์ใช้ไอซีเบอร์ MT8816 และ MT8804 เป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่ง MT8816 เป็นสวิตช์แอนะลอกอะเรย์ขนาด 8×16 ส่วน MT8804 เป็นสวิตช์แอนะลอกอะเรย์ขนาด 8×4 และในชุดสวิตช์เมตริกซ์นี้ยังมีส่วนในการแสดงผลสถานะของสวิตช์แอนะลอก โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถค้างสภาวะได้ โดยจะควบคุมการสร้างของ LED สั่งจากไมโครโปรเซสเซอร์ ในการออกแบบเมื่อเปิดเครื่องขึ้นมาใหม่จะมีการรีเซตตัวไอซีโดยวงจรดิฟเฟอร์เรนชิเอเตอร์ ส่วนในการต่อสวิตช์แต่ละจุดนั้น เราสามารถกำหนดได้ตามค่าแอดเดรสเพื่อสั่งให้สวิตช์แต่ละจุดต่อได้ตามความต้องการ

3.5.3 การทำงานของวงจร

ในชุดวงจรสวิตช์เมตริกซ์ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแอนะลอกสวิตช์อะเรย์ และส่วนแสดงผล โดยส่วนแสดงผลจะใช้ไอซีในการค้างสภาวะแบบ 8 บิต จำนวน 4 ตัว เพื่อใช้แสดงสภาวะของการทำงานของสวิตช์แต่ละจุด โดยควบคุมสภาวะของแต่ละตัวตามต้องการ

ส่วนแอนะลอกสวิตช์อะเรย์ใช้ไอซี MT8816 เป็นแอนะลอกสวิตช์อะเรย์ขนาด 8×16 โดยได้ทำการออกแบบการวางตำแหน่ง ดังรูป 3.8



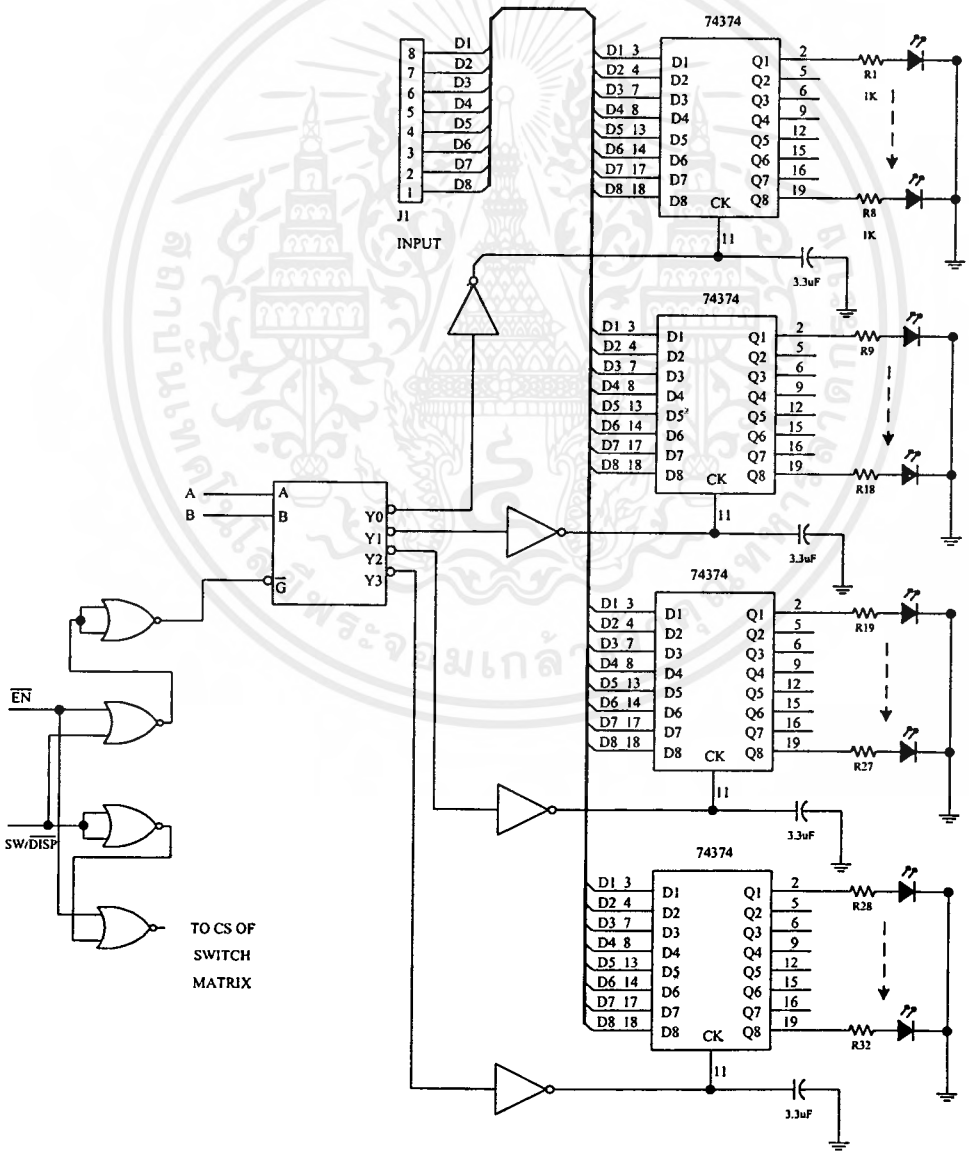
รูปที่ 3.8 การวางตำแหน่งของแอนะลอกสวิตช์อะเรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการทำงานของ MT8816 จะควบคุมโดยการกำหนดตำแหน่งสวิตช์ที่ต้องการควบคุมที่ AX0 – AX3 และ AY0 – AY2 และกำหนดสภาวะของสวิตช์ว่าจะ ON หรือ OFF ที่ขา DATA แล้วทำการให้สภาวะ "1" ที่ขา STROBE เพื่อให้สวิตช์ ON หรือ OFF ตามที่กำหนดไว้ที่ขา DATA

3.5.4 ผลการทดลอง

ชุดสวิตช์เมตริกซ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ แต่ขาของตัวไอซีเบอร์ MT8816 กับในรายละเอียดของอุปกรณ์ไม่เหมือนกันจึงต้องมีการแก้ไขให้ใช้งานได้



รูปที่ 3.9 ส่วนแสดงผลวงจรสวิตช์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส

3.6.1 หลักการ

ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟสจะประกอบด้วย ตัวถอดรหัสสัญญาณที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ร่วมกัน

3.6.2 การออกแบบ

เนื่องจากอุปกรณ์ภายนอกที่จะควบคุมมีหลายส่วน โดยจะต้องเลือกควบคุมทีละส่วนจึงใช้ IC 74LS138 เป็นตัวถอดรหัส เพื่อที่จะควบคุมวงจรแต่ละส่วนนั่นเอง

3.6.3 การทำงานของวงจร

ส่วน Control interface เป็นชุดที่เชื่อมต่อจากส่วนต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน และยังมีส่วนต่อไปยังคอมพิวเตอร์ โดยจะมีไอซี 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสการเลือกหรือการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกจากคอมพิวเตอร์

3.6.4 ผลการทดลอง

ส่วน Control Interface สามารถทำงานได้โดยการควบคุมบิต 3 ตัวที่ป้อนให้ 74LS138 เพื่อเลือกให้วงจรแต่ละส่วนทำงานได้ตามต้องการ

3.7 ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

3.7.1 หลักการ

การควบคุมสั่งงานชุดฝึกโดยคอมพิวเตอร์นั้นต้องอาศัยส่วนอินพุตเอาต์พุต เพื่อสามารถส่งออกและรับข้อมูลเข้าได้ตามต้องการ

3.7.2 การออกแบบ

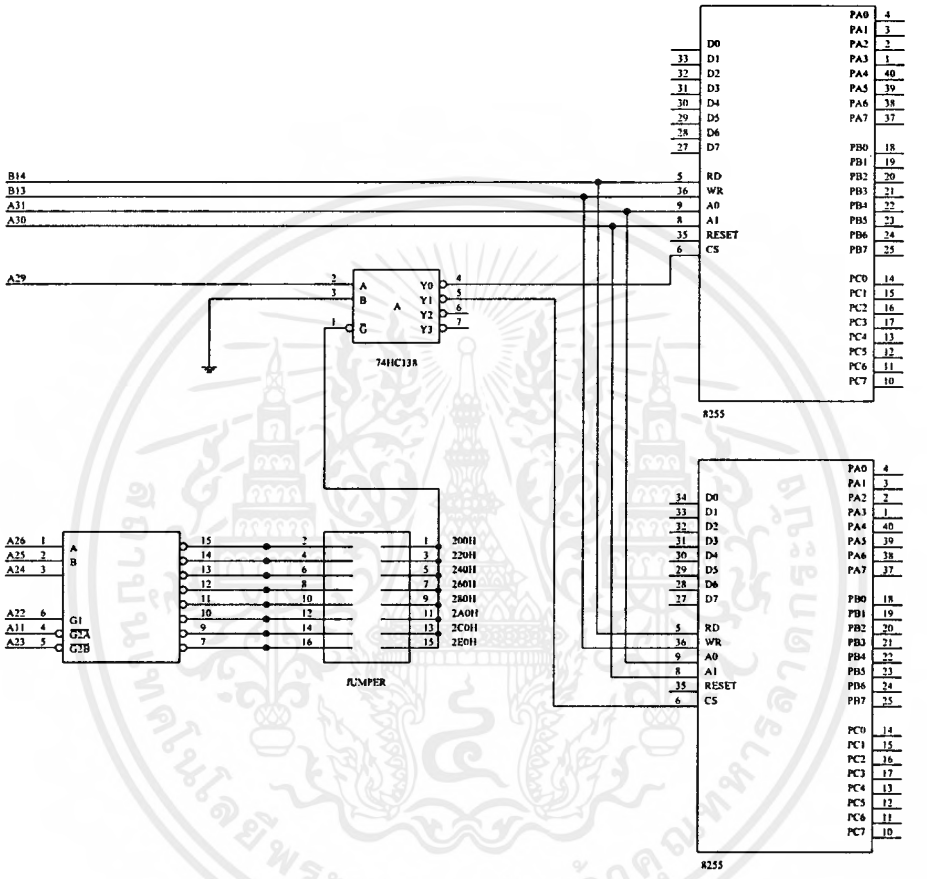
ไอซีอินพุตเอาต์พุตที่เลือกใช้งาน คือ ไอซีเบอร์ 8255 ซึ่งเป็นไอซี Programmable Peripheral Interface โดย Card I/O Port นี้จะนำไปใช้ในไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีส่วนขยายแบบ ISA อยู่

ในการเลือกตำแหน่งพอร์ต จะต้องนำขาแอดเดรส มาเป็นตัวระบุตำแหน่ง เพื่อทำการเลือกขา CS ให้ IC 8255 ทำงานตามต้องการ

ก่อนทำการเลือกตำแหน่งของการ์ด จะต้องศึกษารายละเอียดของส่วนขยายแบบ ISA ก่อนว่ามีลักษณะอย่างไร ซึ่งมาตรฐานของ ISA Slot มีลักษณะดังรูป

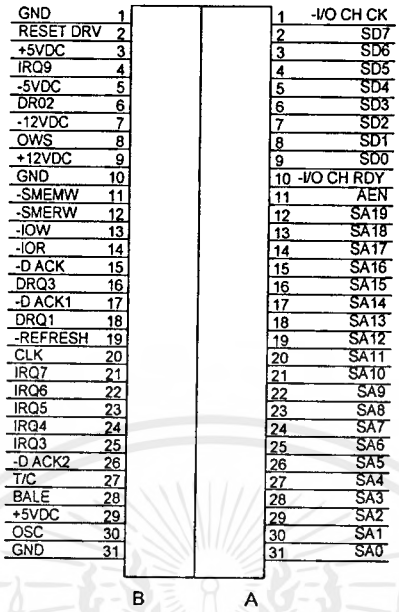
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทราบรายละเอียดแล้ว ก็จะทำการหาตำแหน่งของแอดเดรสประจำการ์ด ซึ่งภายในไมโครคอมพิวเตอร์ได้จัดสรรตำแหน่งแอดเดรสไว้ให้มากพอสมควร จากตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงตำแหน่ง I/O Address ได้ทำการเลือกตำแหน่งของการ์ด ให้อยู่ในช่วง 200H – 2E0H โดยสามารถ



รูปที่ 3.10 วงจรพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การจัดตำแหน่งขาของช่องขยาย

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของ I/O

Hex address	Device
000-01F	UMA Controller
020-03F	Interrupt Controller
040-05F	System Timer
060-06F	Keyboard for 8042
070-07F	NMI Mask, and Real time clock
080-09F	DMA Page Register
0A0-0BF	Interrupt Controller 2
0C0-0DF	DMA Controller 2
0F0	Clear Math Co-processor
0F1	Reset Math Co-processor
0F8-0FF	Math Co-processor
1F0-1F8	Hard Disk
200-207	Reserved
278-27F	Parallel Port 2
2F8-2FF	Serial Port 2
300-31F	Reserved
360-36F	Reserved
378-37F	Parallel Port 1
380-38F	Binary Synchronous Communication 2
3A0-3AF	Binary Synchronous Communication 1
3B0-3BF	Monochrome Display/Printer
3C0-3CF	Reserved
3D0-3DF	Color/Graphic adapter
3F0-3F7	Diskette Drive Controller
3F8-3FF	Serial Port 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้และสามารถสั่งงาน รับข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออกจากไมโครคอมพิวเตอร์ได้ โดยการสั่งงานต้องอาศัยซอฟต์แวร์ในการระบุตำแหน่งและ Program ให้ 8255 เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตตามต้องการ หลังจากนั้นก็ควบคุมให้สามารถรับเข้าหรือส่งออกได้ตามที่โปรแกรมไว้

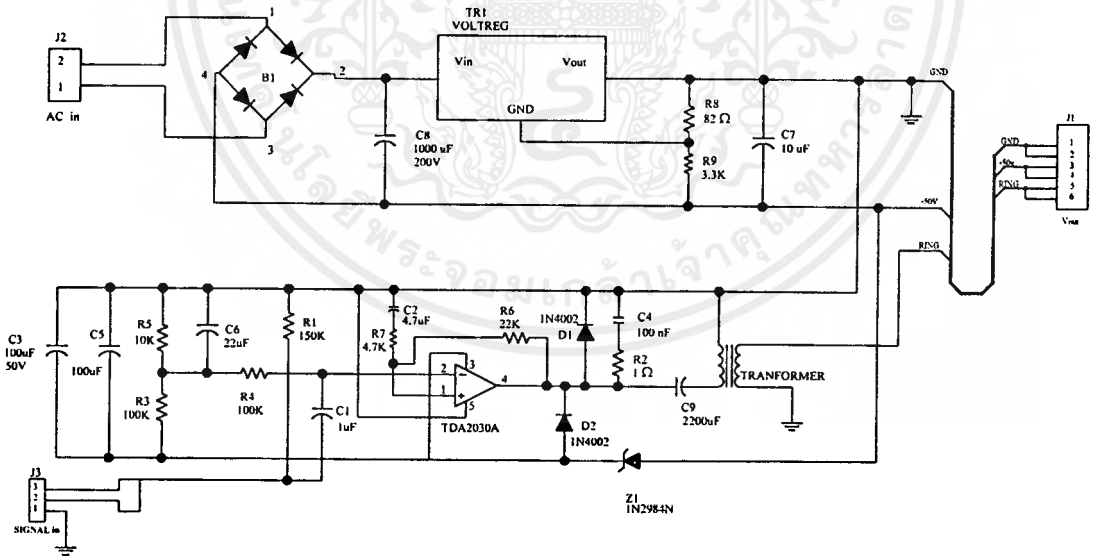
3.7.3 การทำงานของวงจร

วงจรพอร์ตอินพุตเอาต์พุตใช้ไอซี 74LS138 เป็นตัวดีโค้ดตำแหน่งพอร์ตที่ต้องการ โดยสามารถเลือกตำแหน่งของ พอร์ตได้โดยเลือกตำแหน่งของจัมเปอร์บนวงจร และใช้ไอซี 8255 เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ต ซึ่งภายใน 8255 จะมีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต จำนวน 3 พอร์ต โดยเลือกใช้พอร์ตได้จากขา A0 และ A1

3.7.4 ผลการทดลอง

สามารถควบคุมพอร์ตโดยรับข้อมูลและส่งข้อมูลออกได้ตามต้องการ

3.8 ชุดจ่ายไฟ



รูปที่ 3.12 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 หลักการ

เนื่องจากชุดทดลองนี้ต้องใช้ไฟจำนวน 2 ชุด จึงทำการออกแบบตามความต้องการของไอซีแต่ละเบอร์

3.8.2 การออกแบบ

1) ชุดจ่ายไฟชุดที่ 1

เนื่องจากระดับแรงดันไฟที่ต้องใช้มีขนาด +5V, +15V, และ –15V เราสามารถใช้ IC สำเร็จรูปตระกูล 78 และ 79 ได้โดยตรง ซึ่งการต่อใช้งานทำได้สะดวกและได้แรงดันถูกต้องตามที่ต้องการ

2) ชุดจ่ายไฟชุดที่ 2

ในระบบโทรศัพท์ที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงขนาด –50V ในการออกแบบจึงอาศัยไอซี TL783 เป็นแหล่งจ่าย โดยอาศัยแรงดันอ้างอิงที่ขา Adj เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุต –50V ตามต้องการ

ในชุดของแหล่งจ่ายไฟชุดที่ 2 ยังประกอบด้วยภาคขยายขนาด 10 วัตต์ เพื่อขยายสัญญาณ Alerting Signal ให้มีขนาดที่สูงขึ้นเพื่อใช้ป้อนให้โทรศัพท์ ทำให้กริ่งที่โทรศัพท์ดังขึ้นที่โทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก

3.8.3 การทำงานของวงจร

1) ชุดจ่ายไฟชุดที่ 1 ใช้ไอซีสำเร็จรูป ซึ่งให้แรงดันเอาต์พุตได้ตามต้องการ ซึ่งไอซีที่ใช้ คือ ไอซีเบอร์ 7805 เพื่อให้ได้แรงดัน +5 โวลต์ ไอซีเบอร์ 7815 เพื่อให้ได้แรงดัน 15 โวลต์ และไอซีเบอร์ 7915 เพื่อให้ได้แรงดันไฟ –15 โวลต์

2) ชุดจ่ายไฟชุดที่ 2 เมื่อทำการป้อนแรงดันไฟเข้าสู่วงจร ไอซีเบอร์ TL783 ทำการควบคุมแรงดัน โดยอาศัยขา Adj ในการควบคุมระดับแรงดันตามต้องการ ซึ่งแรงดันที่ต้องการ คือ 50 โวลต์ เมื่อได้แรงดัน 50 โวลต์ แล้วก็นำไฟบวกลงกราวด์ และนำส่วนที่มีศักย์ต่ำกว่าไปใช้ก็จะได้แรงดันไฟลบ 50 โวลต์ นอกจากกนี้ยังมีส่วนวงจรขยายขนาด 10 W เพื่อทำการขยายแรงดัน Alerting Signal ให้มีขนาดแรงดันที่สูงขึ้น ให้ได้ระดับแรงดันประมาณ 75 - 110 โวลต์ เพื่อเป็นส่วนในการป้อนไฟสูงเพื่อให้กระดิ่งของผู้ถูกเรียกดังขึ้น

3.8.4 ผลการทดลอง

แรงดันที่ได้จากชุดจ่ายไฟทั้ง 2 ชุด มีขนาดแรงดันเอาต์พุตได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

หลังจากได้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดทั้งทฤษฎี การออกแบบและหลักการทำงานของชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์แล้ว ในส่วนของบทนี้ กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองที่ได้จากการทดลองวงจรชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ โดยจะทำการทดลองทีละส่วนเพื่อสังเกตการทำงานของส่วนต่างๆ ว่าทำงานได้อย่างถูกต้อง

ในการทดลองนี้จะอาศัยการวัดและการสังเกตผลสภาวะต่างๆ ของเอาต์พุตและส่วนแสดงผลแต่ละวงจรที่ทำการทดลอง แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง ลักษณะของสัญญาณต่างๆ ที่ได้จากจุดวัดสัญญาณ และสภาวะของตัวแสดงผล

4.2 ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง

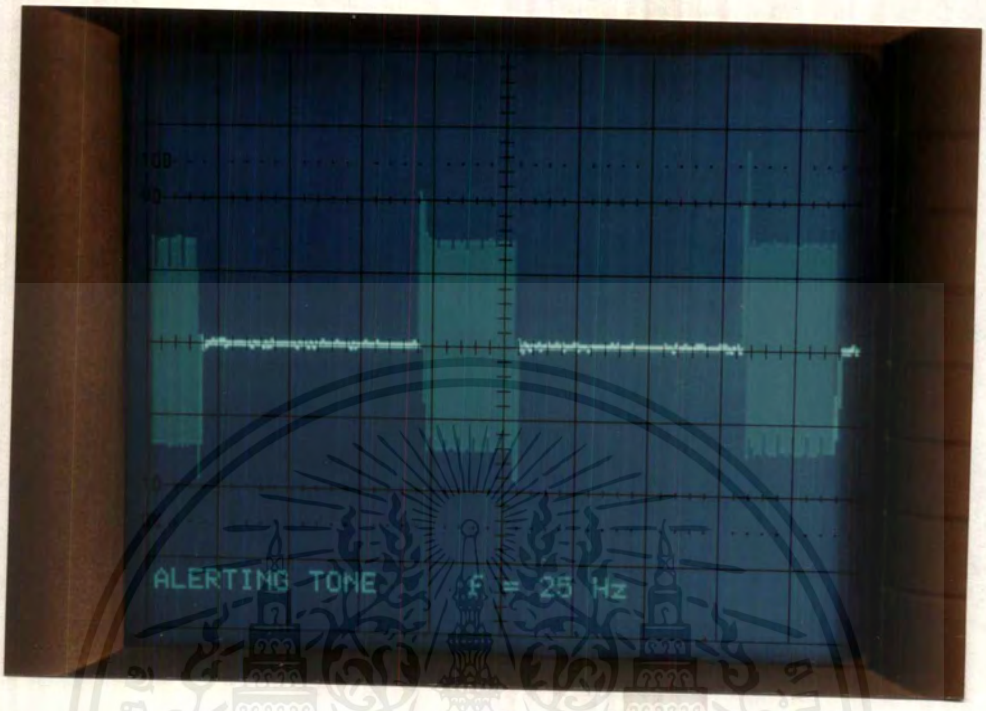
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ทำการเชื่อมต่อวงจรชุดกำเนิดสัญญาณเสียงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ
2) ทำการบันทึกผลที่ได้จากจุดวัดสัญญาณต่างๆ ดังนี้
   2.1) วัดสัญญาณที่จุด Alerting Signal
   2.2) วัดสัญญาณที่จุด Ring Tone
   2.3) วัดสัญญาณที่จุด Engaged Tone
   2.4) วัดสัญญาณที่จุด Number Unobtainable Tone
   2.5) วัดสัญญาณที่จุด Dial Tone

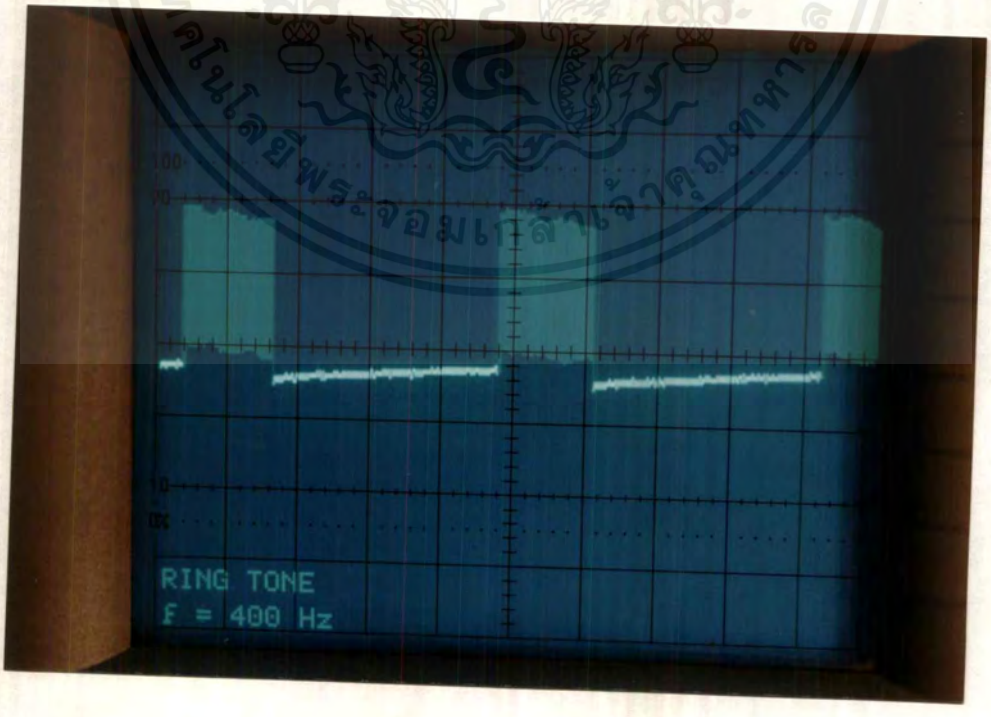
4.2.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง วงจรชุดกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator) สามารถให้กำเนิดสัญญาณต่างๆ ได้แก่สัญญาณ Alerting Tone, สัญญาณ Ring Tone, สัญญาณ Engaged Tone, สัญญาณ Number Unobtainable Tone และสัญญาณ Dial Tone สัญญาณที่ออกมาได้ความถี่และรูปสัญญาณตามที่ต้องการ ซึ่งเมื่อลองนำสัญญาณที่ได้ไปป้อนให้กับลำโพง จะได้สัญญาณที่เทียบเคียงกับสัญญาณที่มาจากชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ซึ่งสัญญาณต่างๆ ที่ได้จากการทดลองวัดสัญญาณจากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงสามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

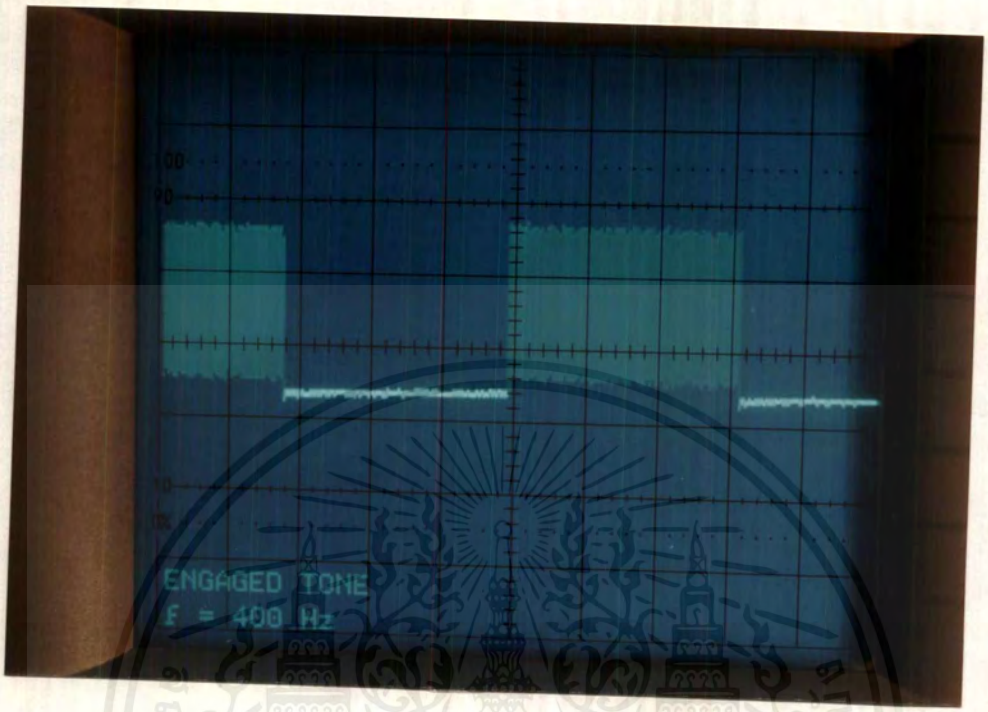


รูปที่ 4.1 สัญญาณ Alerting Tone

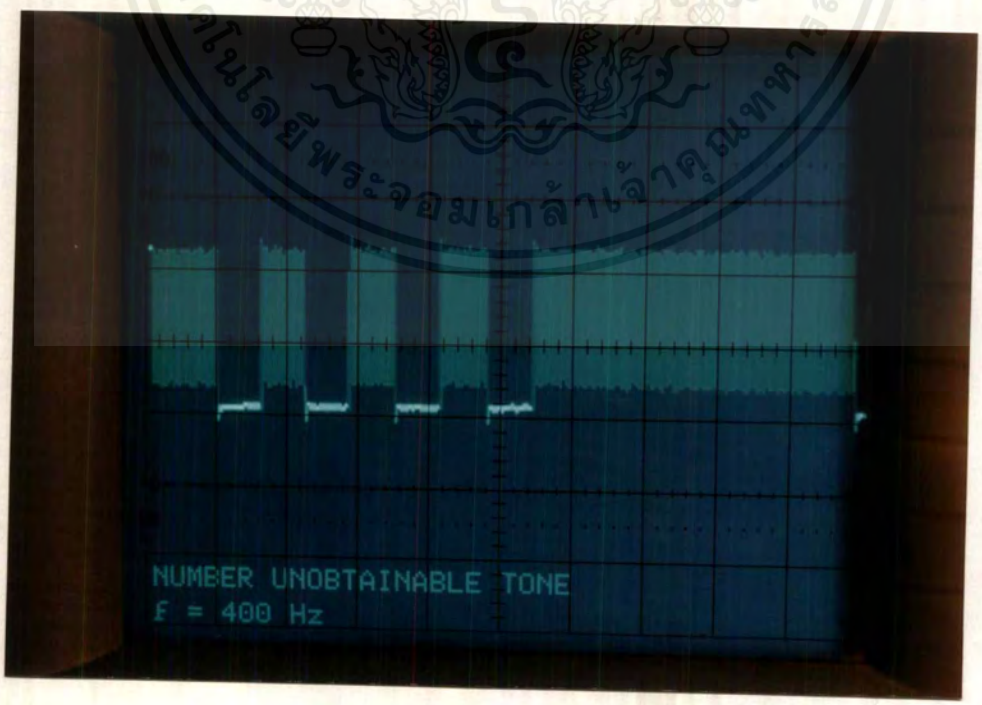


รูปที่ 4.2 สัญญาณ Ring Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

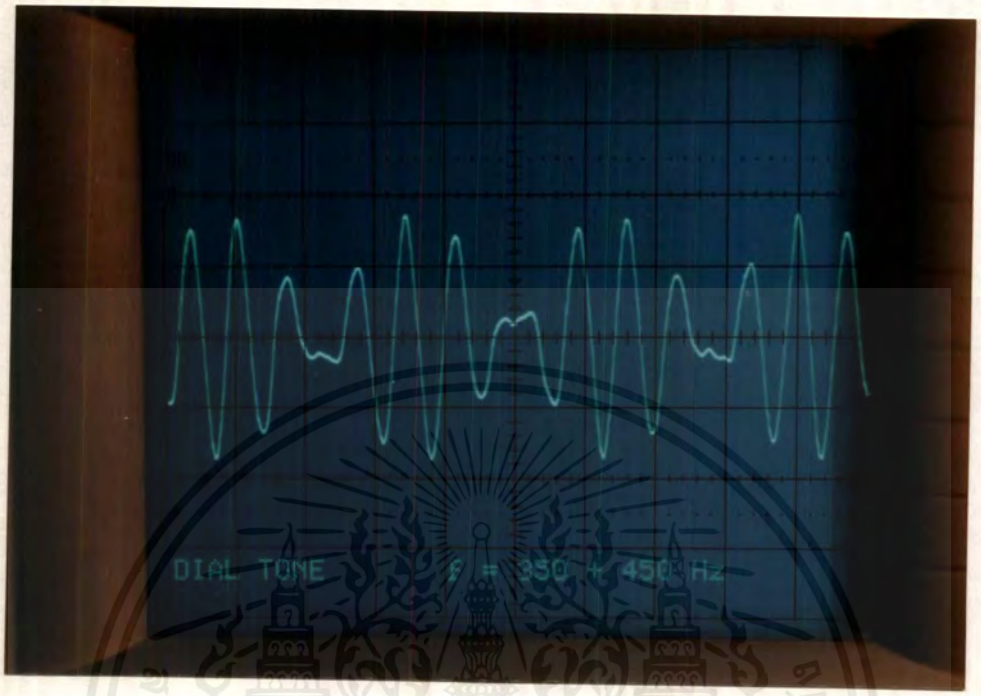


รูปที่ 4.3 สัญญาณ Engaged Tone



รูปที่ 4.4 สัญญาณ Number Unobtainable Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สัญญาณ Dial Tone

4.3 ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อเครื่องโทรศัพท์เข้าที่ขั้วต่อของวงจร Line Circuit
2) ต่อขั้วไฟเลี้ยงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ และจ่ายไฟเลี้ยงวงจร
3) ทดลองโดยสังเกตสภาวะของ LED บนวงจรว่ามีสภาวะอย่างไร ตามตารางที่ 4.1 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.1
4) ป้อนสัญญาณความถี่คู่ จากโทรศัพท์เข้าสู่วงจร หลังจากนั้นทำการวัดสัญญาณเอาต์พุต

4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจร สามารถตรวจสอบสภาวะของการยกหูวางหู ขณะที่ป้อนสัญญาณกระดิ่ง และไม่ป้อนสัญญาณกระดิ่งของโทรศัพท์ โดยมี LED เป็นตัวแสดงสภาวะดังกล่าว และในการวัดสัญญาณความถี่คู่ จากโทรศัพท์โดยการวัดที่จุดทดสอบ Line สามารถวัดสัญญาณความถี่คู่ได้ถูกต้อง ซึ่งมีระดับแรงดันและความถี่ที่สามารถให้ตัวถอดรหัสความถี่คู่ โดยไอซี MT8870 สามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโทรศัพท์ของผู้ใช้ด้วย ผลที่ได้จากการทดลองมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของวงจร Line Circuit

สภาวะของโทรศัพท์	สภาวะ LED		
	TEL	LOOP	ANS
สภาวะวางหูขณะไม่มีสัญญาณกระดิ่ง	ดับ	ดับ	ดับ
สภาวะยกหูขณะไม่มีสัญญาณกระดิ่ง	ดับ	ติด	ดับ
สภาวะวางหูขณะมีสัญญาณกระดิ่ง	ติด	ดับ	ดับ
สภาวะยกหูขณะมีสัญญาณกระดิ่ง	ดับ	ดับ	ติด

รูปที่ 4.6 สัญญาณความถี่คู่ ที่ขา Line

4.4 ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
2) เชื่อมต่อแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ เข้ากับจุดความถี่คู่ in ของวงจรตรวจสอบเลขหมายระบบโทน
3) ป้อนสัญญาณความถี่คู่ สังเกตและบันทึกผลลงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ต่อแหล่งกำเนิดพัลซ์เข้ากับวงจรทางด้าน Loop Detect

5) ปรับสวิตช์ไปตำแหน่งที่ 30 ms

6) ป้อนพัลซ์เข้าที่อินพุต สังเกตและบันทึกผลลงในตารางที่ 4.3

4.4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองการทดสอบการรับค่าเลขหมายของโทรศัพท์ระบบโทน เมื่อป้อนสัญญาณความถี่คู่ เข้ามาวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทางสามารถถอดรหัสเลขหมายได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการรับค่าเลขหมายของระบบโทน

สัญญาณอินพุต	เอาต์พุตของไอซี 4017	เอาต์พุตของไอซี 4508	
		High (A)	Low (B)
เริ่มต้น (ยังไม่มีสัญญาณอินพุต)	Q0 = 1 , อื่นๆ = 0	0000	0000
สัญญาณเลขหมาย 3	Q1 = 1 , อื่นๆ = 0	0011	0000
สัญญาณเลขหมาย 1	Q2 = 1 , อื่นๆ = 0	0011	0001
สัญญาณเลขหมาย 6	Q3 = 1 , อื่นๆ = 0	0011	0001
สัญญาณเลขหมาย 7	Q3 = 1 , อื่นๆ = 0	0011	0001

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการรับค่าเลขหมายของระบบพัลซ์

สัญญาณอินพุต	เอาต์พุตของไอซี 4017	เอาต์พุตของไอซี 4508	
		High	Low
เริ่มต้น (ยังไม่มีสัญญาณพัลซ์เข้ามายังอินพุต)	Q0 = 1 , อื่นๆ = 0	0000	0000
สัญญาณเลขหมาย 1	Q1 = 1 , อื่นๆ = 0	0001	0000
สัญญาณเลขหมาย 8	Q2 = 1 , อื่นๆ = 0	0001	0101
สัญญาณเลขหมาย 5	Q3 = 1 , อื่นๆ = 0	0001	0101
สัญญาณเลขหมาย 3	Q3 = 1 , อื่นๆ = 0	0001	0101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองการทดสอบการรับค่าเลขหมายของโทรศัพท์ระบบพัลซ์ วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทางสามารถนับจำนวนพัลซ์เลขหมายได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในตาราง 4.3

4.5 ชุดสวิตช์เมตริกซ์ (Switch Matrix)

4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อไฟเลี้ยงเข้ากับวงจร
2) สั่งให้ SW Matrix ทำงานโดยการให้สภาวะ "0" ที่ขา $\overline{EN}$
3) กำหนดสภาวะ "0" ที่ขา SW/$\overline{DISP}$ เพื่อเลือกให้ชุดแสดงผลทำงาน
4) เปลี่ยนแปลงสภาวะที่ขา A, B, 1 - 8 และ $\overline{EN}$ ตามตารางที่ 4.4 และบันทึกผลการทดลอง
5) เลือกสภาวะ SW/$\overline{DISP}$ เป็น "1"

4.5.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การทดสอบส่วนแสดงผลของสวิตช์เมตริกซ์

สภาวะขาสัญญาณ				สภาวะ LED			
A	B	DT	บิตที่ 1-8	LED ชุดที่ 1 (1-8)	LED ชุดที่ 2 (9-16)	LED ชุดที่ 3 (17-24)	LED ชุดที่ 4 (25-32)
0	0	0	01010101	00000000	00000000	00000000	00000000
0	0	1	01010101	01010101	00000000	00000000	00000000
0	1	0	11110000	01010101	00000000	00000000	00000000
0	1	1	11110000	01010101	11110000	00000000	00000000
1	0	0	00001111	01010101	11110000	00000000	00000000
1	0	1	00001111	01010101	11110000	00001111	00000000
1	1	0	01100110	01010101	11110000	00001111	00000000
1	1	1	01100110	01010101	11110000	00001111	01100110

จากการทดลองวงจรชุดสวิตช์เมตริกซ์ ที่ประกอบไปด้วยส่วนสองส่วนด้วยกันสองส่วน คือ แสดงผลออก LED และส่วนของสวิตช์เมตริกซ์ จากการทดลองชุดแสดงผลซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 ซึ่งสามารถควบคุมการติดดับของ LED ได้ตามต้องการ ในส่วนของสวิตช์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นได้ทำการป้อนแอดเดรสและควบคุมการเปิดหรือปิดของสวิตช์ตำแหน่งต่างๆ ผลการทดลองตัวสวิตช์เมตริกซ์สามารถทำงานได้ดี

4.6 ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส

4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) เชื่อมต่อสายจากการ์ดอินพุตเอาต์พุตพอร์ตมายังชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส
2) ทดลองสั่งงานจากโปรแกรมที่สร้างโดย Visual Basic
3) สังเกตการควบคุมการทำงานของชุดทดลองว่าควบคุมได้หรือไม่

4.6.2 ผลการทดลอง

วงจรชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟสสามารถควบคุมการทำงานของส่วนอื่นๆ ได้ดี

4.7 ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

4.7.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) นำการ์ดอินพุตเอาต์พุตพอร์ตไปเสียบบนสล็อตแบบ ISA ขนาด 8 บิต บนคอมพิวเตอร์
2) นำเอาต์พุตต่อ LED อนุกรมกับตัวต้านทานลงกราวด์
3) ทำการสั่งงานโดยผ่านโปรแกรมที่สร้างโดย Visual Basic
4) สังเกตสภาวะ LED ว่าติดหรือดับตามการสั่งงานหรือไม่

4.7.2 ผลการทดลอง

สภาวะของ LED ติดดับตามการควบคุมของโปรแกรมที่สร้างโดย Visual Basic

4.8 ชุดจ่ายไฟ

4.8.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อวงจรเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์
2) วัดแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรชุดจ่ายไฟและบันทึกผลการทดลอง

4.8.2 ผลการทดลอง

วงจรสามารถจ่ายแรงดันได้ +5 โวลต์ และ ±15 ได้ตามความต้องการ ที่จะนำไปงานเพื่อจ่ายให้วงจรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

โครงงานชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ที่ได้สร้างขึ้นนี้ ผลของโครงงานนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้กล่าวคือ

1) ได้รู้และเข้าใจระบบการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

2) ได้รู้และเข้าใจการอินเตอร์เฟสระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

3) สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาโทรศัพท์ซึ่งประกอบด้วยชุดฝึกชุมสาย-โทรศัพท์ และใบงานการทดลอง

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์สามารถใช้ทดลองในการทำใบงานการทดลอง โดยมี 2 ทรั้งค์ 8 ผู้ใช้ สามารถเชื่อมต่อคู่สายให้สนทนากันได้พร้อมกัน 2 คู่สาย

5.2 ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.2.1 ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)

1) ปัญหา

วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง ผลิตความถี่จากการโปรแกรมไอซีเบอร์ 89C51 ให้ผลิตสัญญาณพัลซ์ความถี่ ซึ่งสามารถผลิตสัญญาณพัลซ์ความถี่ออกมาได้สมบูรณ์ดีตรงกับความถี่มี่ต้องการ แต่ในส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำ ซึ่งทำหน้าที่กรองเอาสัญญาณไซน์ออกมาจากสัญญาณพัลซ์ ผลปรากฏว่ารูปคลื่นสัญญาณที่ได้ยังมีความผิดเพี้ยนจากรูปคลื่นไซน์อยู่บ้าง

2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ค่า 120 kΩ แทนตัวต้านทานที่ R17 ค่า 120 kΩ เพื่อปรับค่าความต้านทานให้เหมาะสม โดยการใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้จะสะดวกในการหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้รูปคลื่นไซน์ที่สมบูรณ์ที่สุด

5.2.2 ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)

1) ปัญหา

ในการตรวจสอบสัญญาณเมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง และเมื่อมีการยกหูขณะมีสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งใช้ LED เป็นตัวแสดงผลการตรวจสอบสัญญาณ สัญญาณที่ได้จากการตรวจสอบยังไม่แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะที่ชัดเจน มีผลทำให้ LED ที่แสดงผลสัญญาณมีความสว่างไม่เพียงพอเมื่อมีสัญญาณ และไม่ดับสนิทเมื่อไม่มีสัญญาณ

2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ แทนตัวต้านทานแบบคงที่ ตัวที่ใช้ปรับแรงดันที่ได้จากการตรวจสอบสัญญาณของออปโต้ เพื่อให้มีแรงดันพอที่จะไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ เพื่อไปขับ LED แสดงสถานะให้ติด

5.2.3 ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)

1) ปัญหา

การตรวจสอบเลขหมายในระบบพัลซ์ คาบเวลาของการตรวจสอบ Intertrain Pulse ชุดที่ 2 ไม่ตรงกับชุดที่ 1 ซึ่งวงจรทั้งสองเป็นวงจรอย่างเดียวกัน

2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

เมื่อทำการตรวจสอบวงจรดูพบว่าการลงอุปกรณ์ ระหว่างชุดทั้งสองไม่เหมือนกัน อันเนื่องมาจากการใส่ค่าความต้านทานผิดค่า เพราะสีที่ตัวอุปกรณ์ใกล้เคียงกัน

5.2.4 ชุดสวิตช์เมตริกซ์ (Switch Matrix)

1) ปัญหา

ในส่วนของชุดสวิตช์เมตริกซ์นี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8816 ซึ่งมีจุดต่อ 128 จุด จากการทดลองแล้วพบว่า การจัดตำแหน่งขาของตัวอุปกรณ์ ไม่ตรงกับรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ (Data sheet) จึงทำให้ต้องมีการปรับแก้รายละเอียดทางด้านฮาร์ดแวร์

ความเร็วในการสั่งงานชุดฝึกจากไมโครคอมพิวเตอร์นั้นเร็วจนอุปกรณ์บางตัวไม่สามารถทำงานได้ทัน

2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

ในส่วนสวิตซ์เมตริกได้ทำการแก้ไข โดยดูขาของตัวอุปกรณ์ที่จะนำไปใช้งานให้ตรงกับส่วนที่เราต้องการนำใช้งานจริง

ทำการหน่วงเวลาในการสั่งงาน เพื่อให้อุปกรณ์นั้นสามารถทำงานได้ทัน หรือใช้อุปกรณ์ที่มีความเร็วสูง

5.2.5 ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส (Control Interface)

1) ปัญหา

การออกแบบวงจรได้ทำการออกแบบเป็น 2 ชั้น ซึ่งต้องมีการเชื่อมต่อระหว่างด้านบนและด้านล่าง แต่แผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้สั่งทำนั้น บริษัทไม่สามารถ ทำการเชื่อมต่อระหว่างชั้นบนและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นล่างทำให้ต้องมีการเชื่อมต่อโดยผู้ใช้งานเอง ซึ่งอาจก็ให้เกิดปัญหากับวงจรได้ ขนาดของช่องใส่ขาอุปกรณ์มีขนาดเล็กกว่า อุปกรณ์จริง

2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

เลือกสั่งทำแผ่นวงจรพิมพ์ให้มีจำนวนชั้นที่ลดลง หรือทำการสั่งทำที่บริษัทที่สามารถทำการเชื่อมต่อระหว่างชั้นของแผ่นวงจรพิมพ์ได้ หรือทำการเชื่อมต่อเองอาศัยสายไฟเชื่อมต่อระหว่างชั้น

5.2.6 ชุดจ่ายไฟ (Power Supply)

1) ปัญหา

ในชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้มีแหล่งจ่ายไฟอยู่ 2 ส่วนคือ แหล่งจ่ายไฟชุดที่ 1 ที่ใช้เป็นไฟเลี้ยงในวงจรต่างๆ ซึ่งใช้แรงดัน +5 โวลต์, +15 โวลต์ และ –15 โวลต์ และแหล่งจ่ายไฟชุดที่ 2 เป็นแหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับจ่ายให้กับเครื่องโทรศัพท์ –50 โวลต์ และใช้เป็นสัญญาณกระดิ่ง 75 – 110 โวลต์ ความถี่ 25 เฮิตรซ์ เพื่อเป็นการสะดวกจึงใช้หม้อแปลงตัวเดียวกัน ซึ่งผลิตแรงดันออกมาใช้สำหรับแหล่งจ่ายไฟทั้ง 2 ชุด ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ แรงดันและกระแสที่ใช้นั้นค่อนข้างสูงวงจรจึงต้องมีการป้องกันการลัดวงจร และการเสียหายของอุปกรณ์ที่ไม่สามารถทนแรงดันสูงๆ ได้ ผลที่เกิดขึ้นคือ เมื่อเปิดสวิตช์มีแรงดันกระชากทำให้อุปกรณ์ที่ทนแรงได้น้อย เช่น ไอซีเบอร์ 7805, 7815 และ 7915 เสียหายได้

2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันไอซีเบอร์ 7805, 7815 และ 7915 โดยต่อซีเนอร์ไดโอด ที่ทนวัตต์สูงๆ เข้าไปเพื่อลดแรงดันที่ป้อนให้ไอซี ในแหล่งจ่ายไฟชุดที่ 1 และเปลี่ยนไดโอดให้ทนวัตต์ได้สูงขึ้นในแหล่งจ่ายไฟชุดที่ 2

5.2.7 การออกแบบลายวงจร

1) ปัญหา

ในการออกแบบลายวงจรมีความล่าช้ามาก เนื่องจากวงจรมีความซับซ้อน ทำให้มีความผิดพลาด และยากต่อการตรวจสอบ ส่งผลให้เมื่อลงอุปกรณ์แล้วทำการทดลอง เกิดความผิดพลาดและเสียเวลามากในการแก้ไข

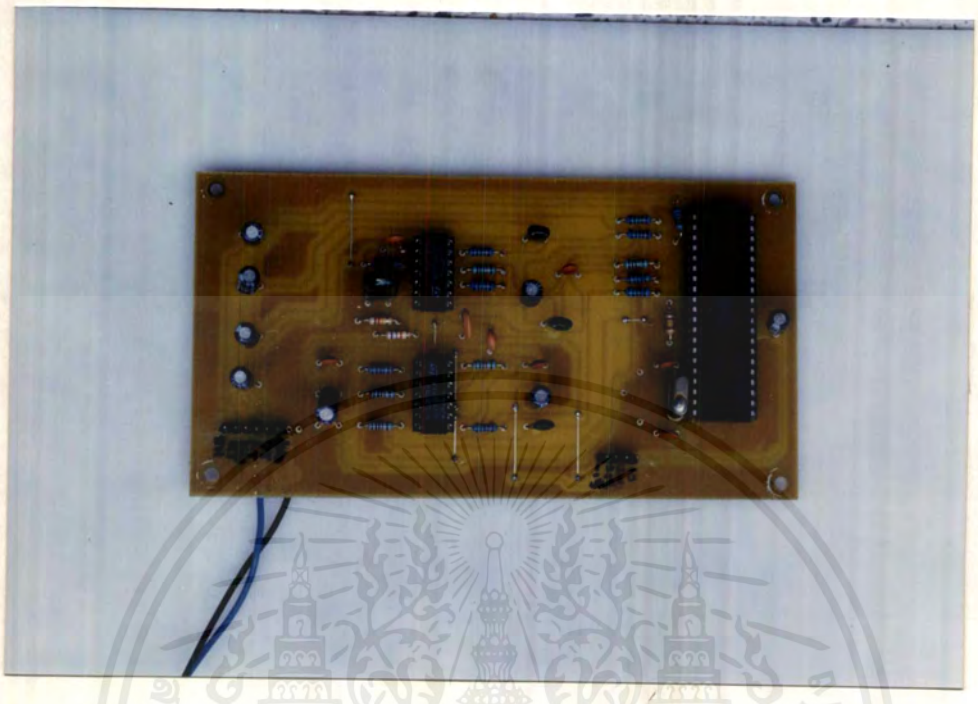
2) แนวทางแก้ไข และพัฒนา

ควรศึกษาการใช้งานโปรแกรมการออกแบบลายวงจรให้เข้าใจการทำงานให้ดีเสียก่อน จะได้ใช้งานโปรแกรมอย่างมีประสิทธิภาพ และควรแบ่งวงจรที่ยุ่งยากซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ การออกแบบ และ การตรวจสอบความถูกต้อง

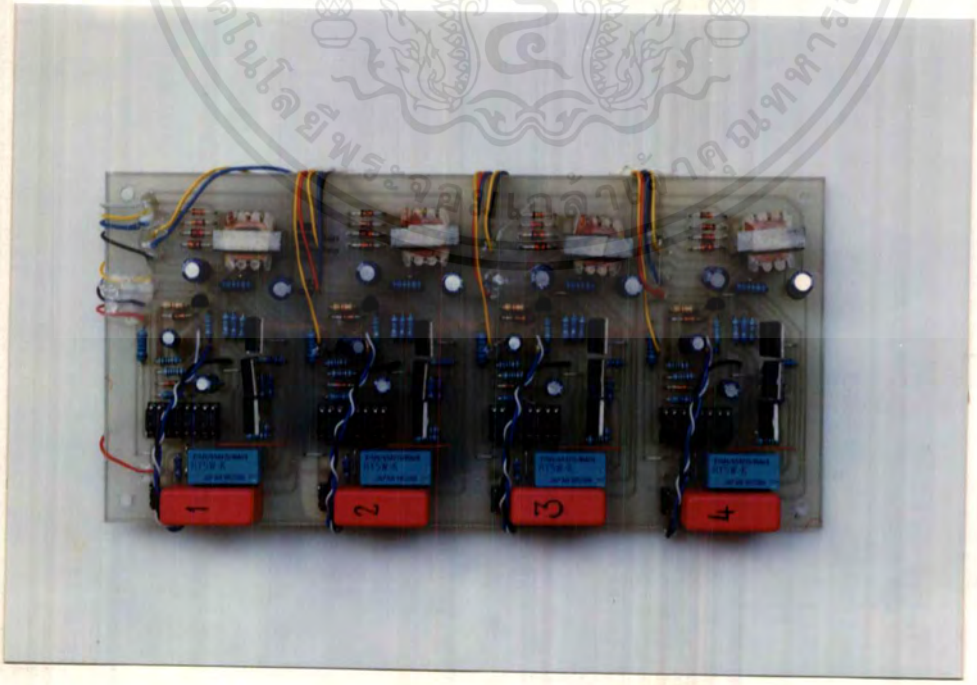
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

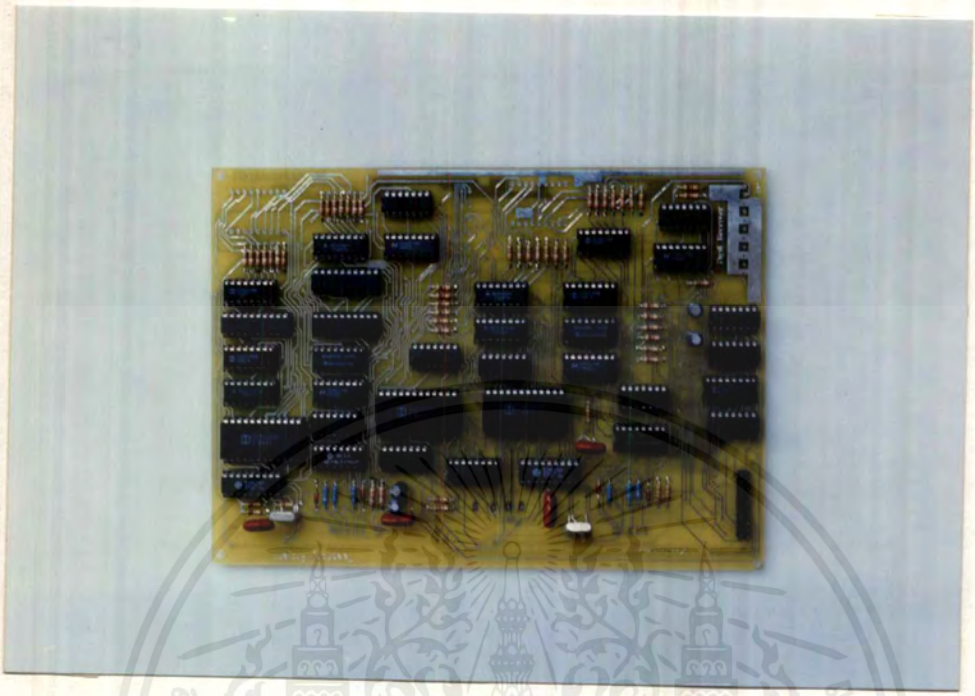


รูปที่ ก.1 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)

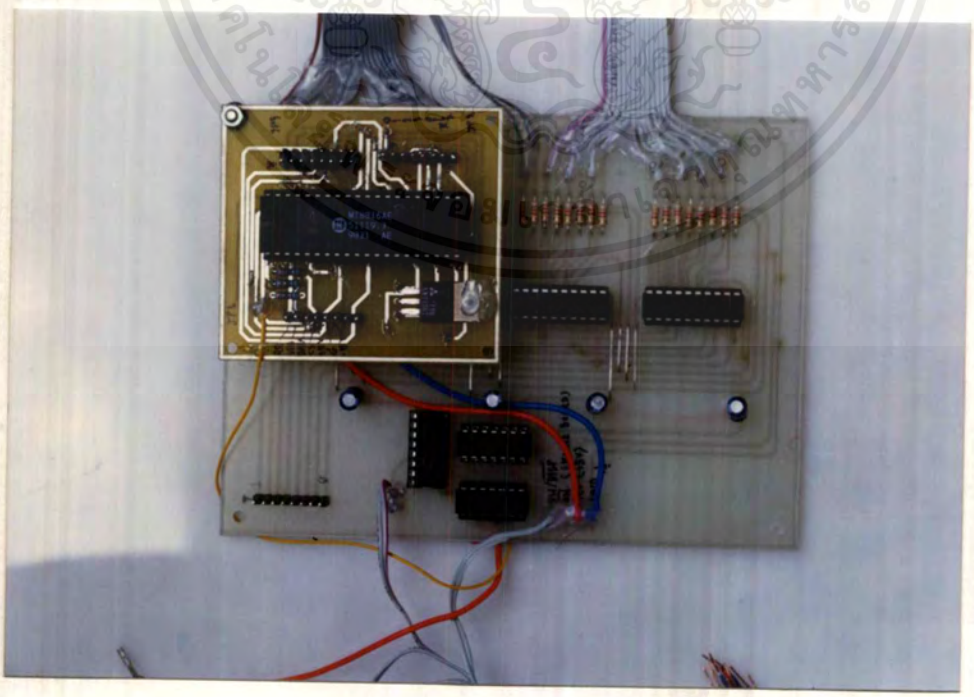


รูปที่ ก.2 วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

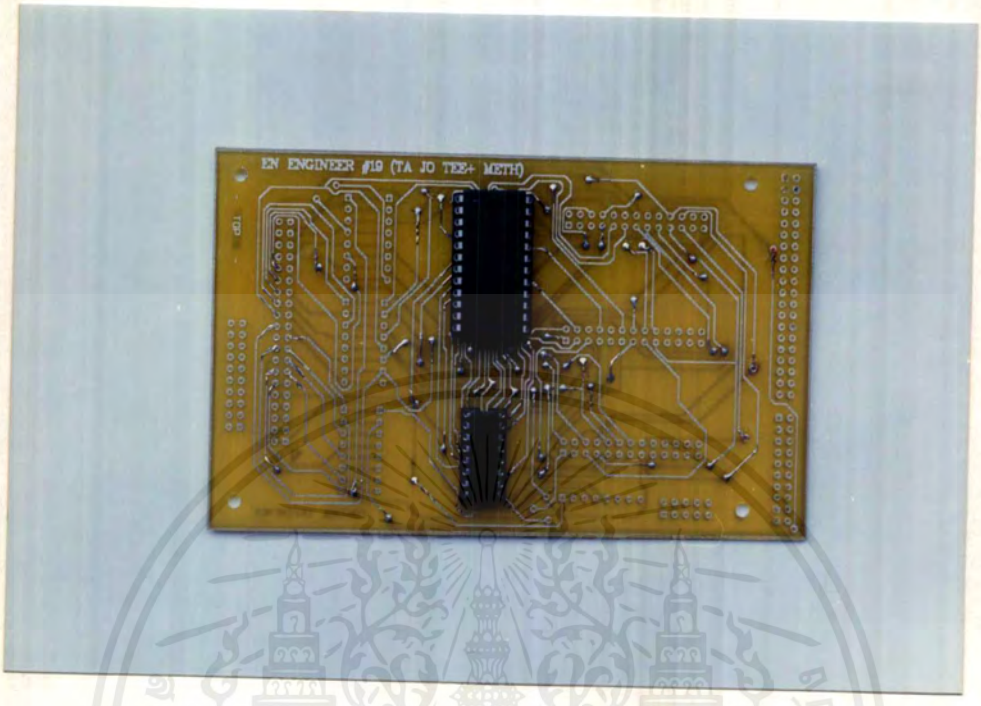


รูปที่ ก.3 วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)

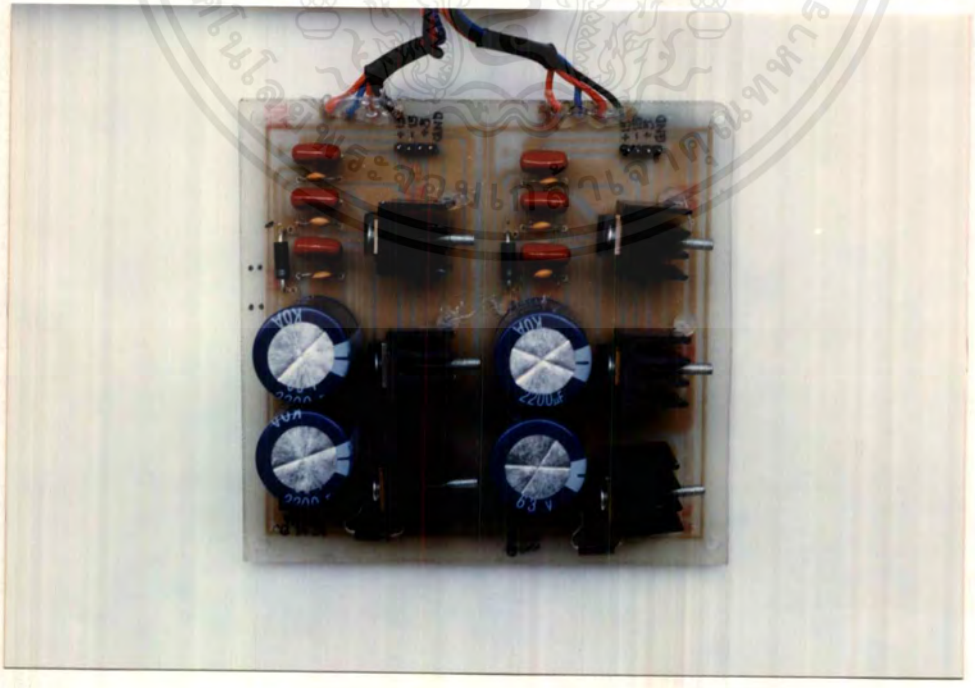


รูปที่ ก.4 วงจรสวิตช์เมตริกซ์ (Switch Matrix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

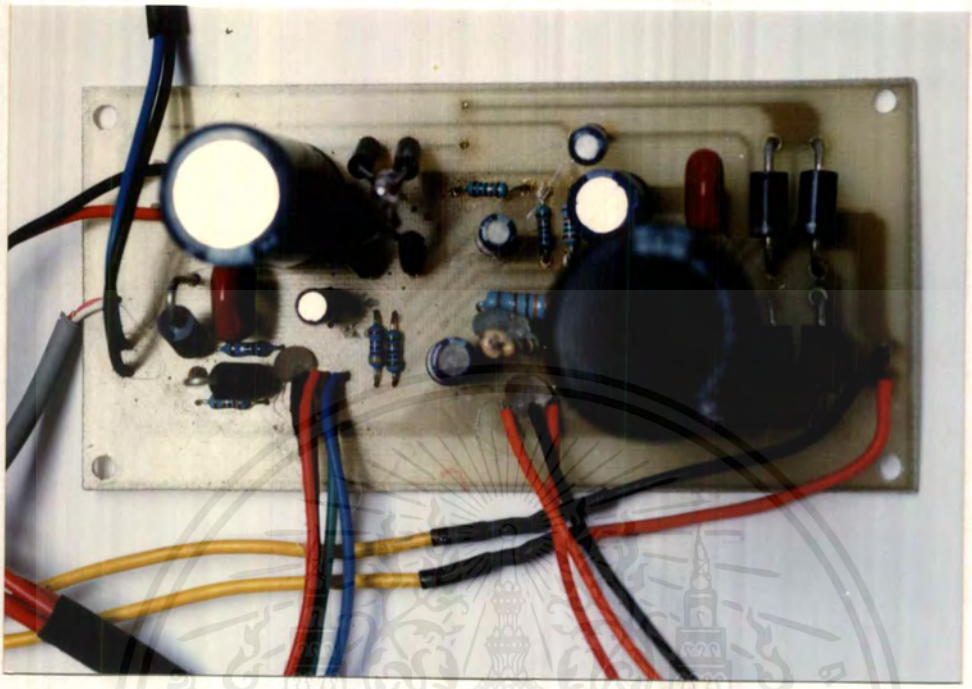


รูปที่ ก.5 วงจรคอนโทรลอินเตอร์เฟส (Control Interface)

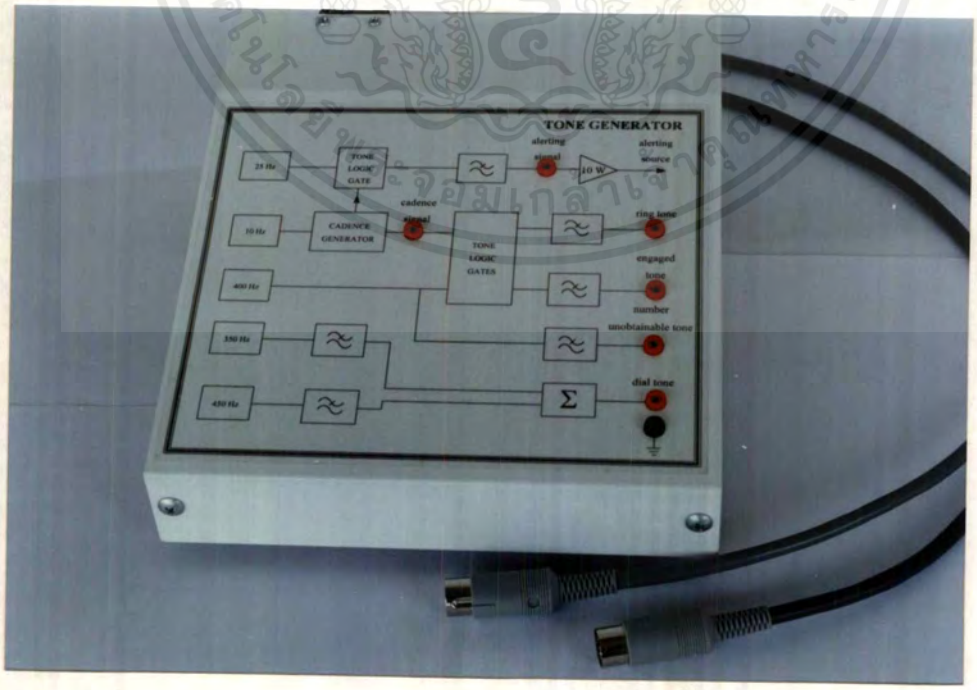


รูปที่ ก.6 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

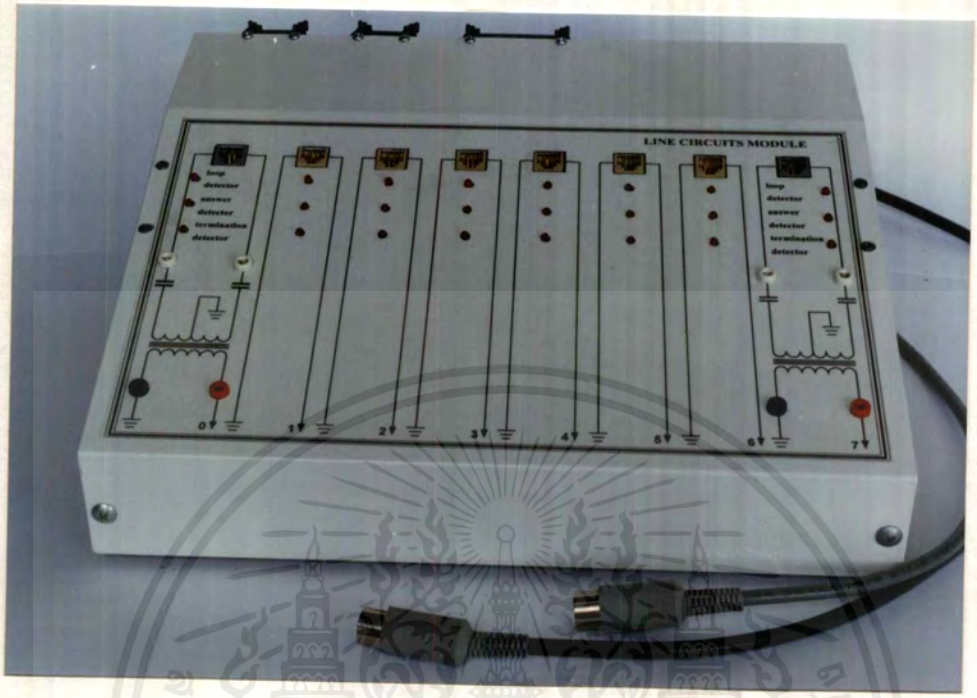


รูปที่ ก.7 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing

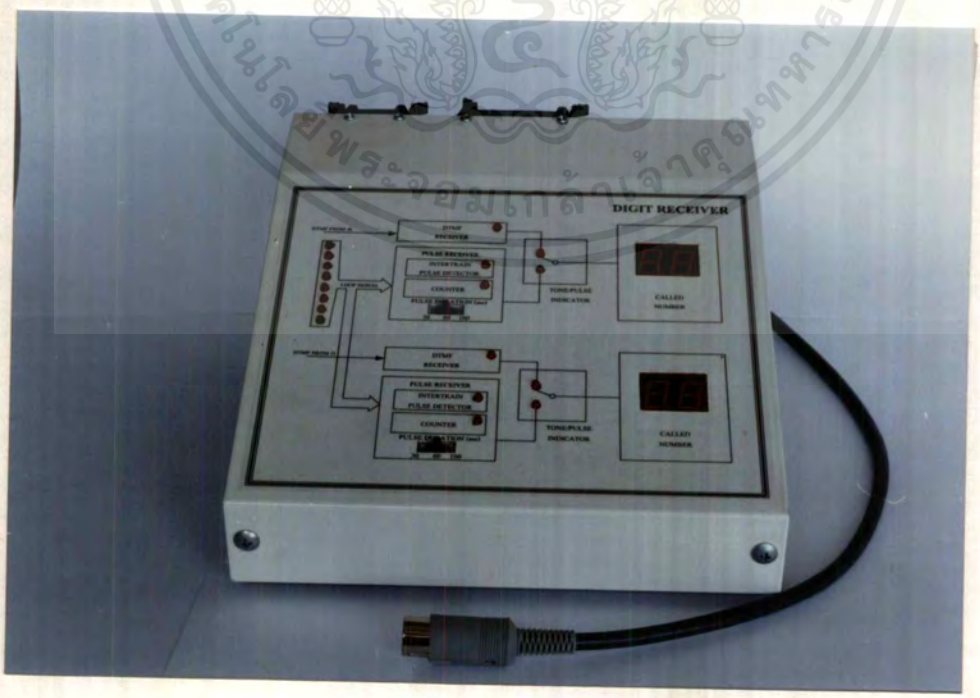


รูปที่ ก.8 ชุดทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

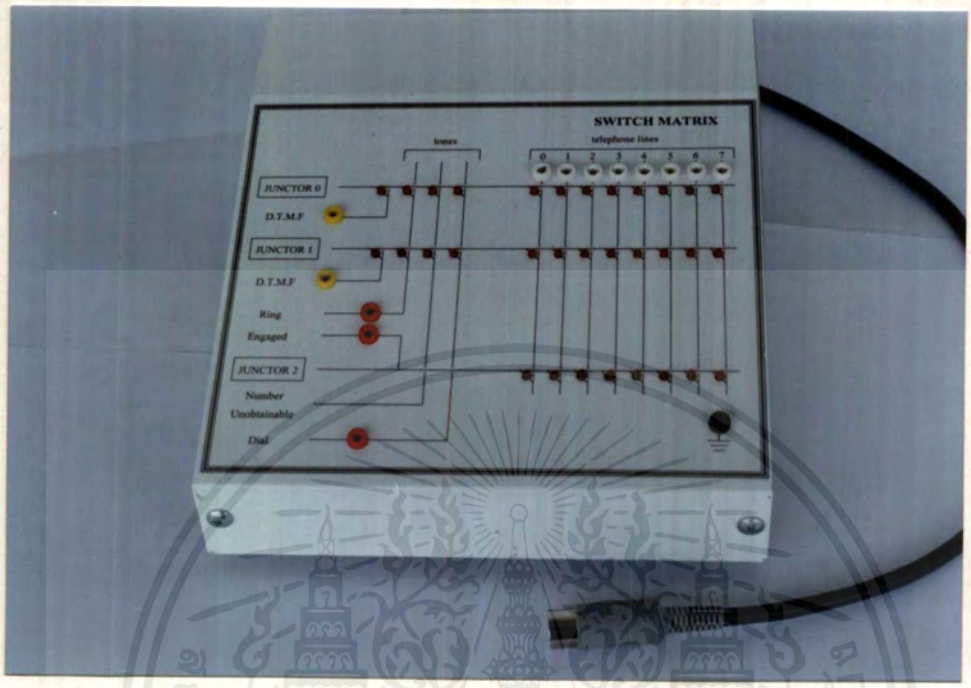


รูปที่ ก.9 ชุดทดลองวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ผู้ใช้ปลายทาง

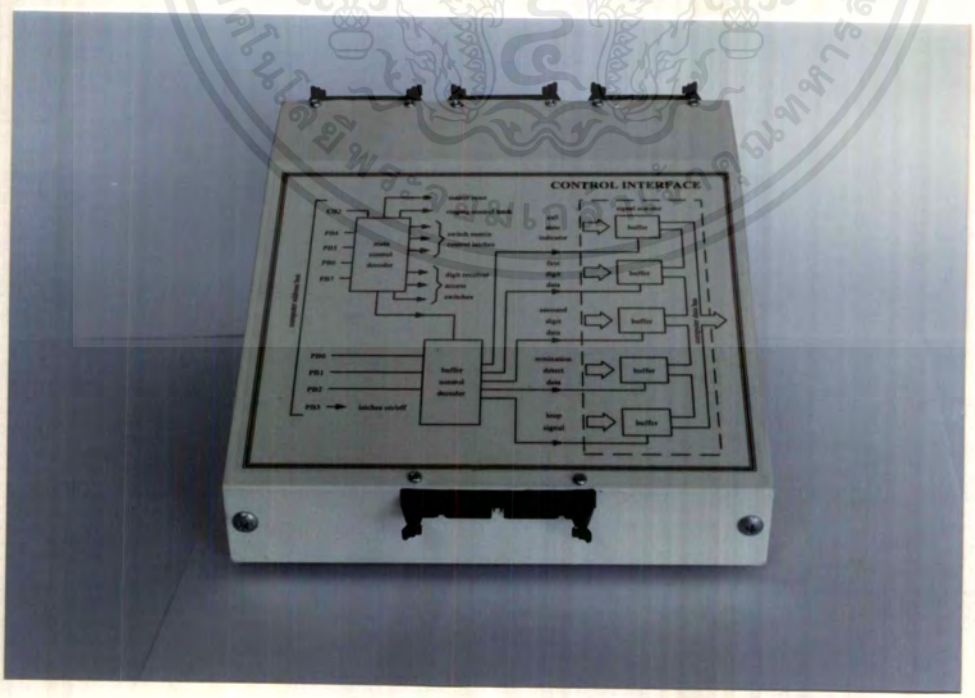


รูปที่ ก.10 ชุดทดลองวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



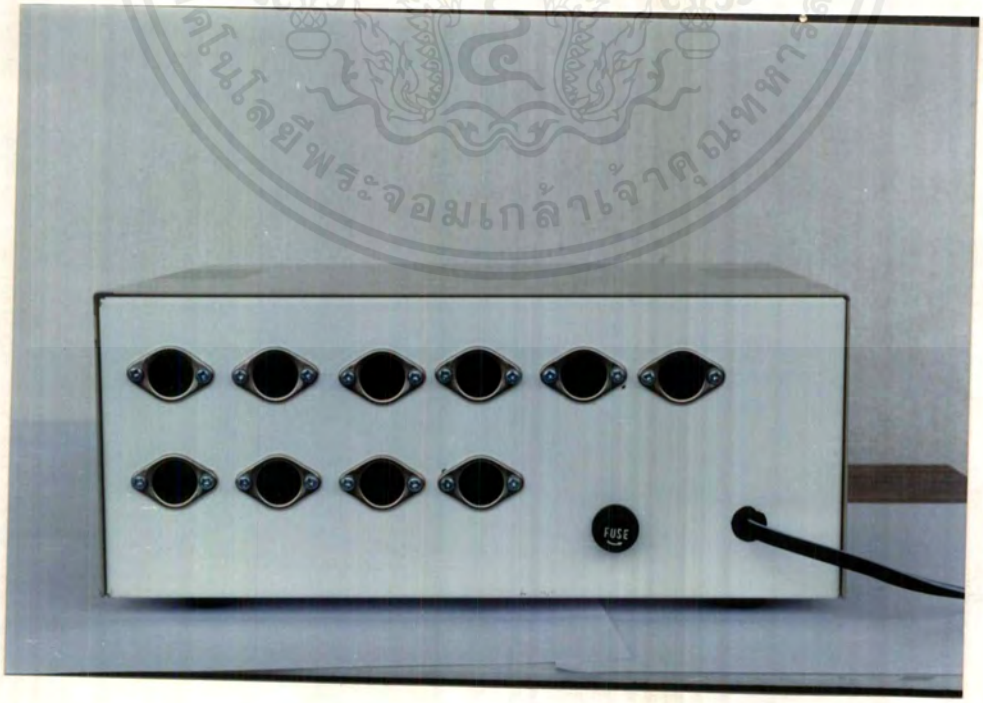
รูปที่ ก.11 ชุดทดลองวงจรสวิตช์เมตริกซ์



รูปที่ ก.12 ชุดทดลองวงจรคอนโทรลอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.13 ชุดทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ (ด้านหน้า)



รูปที่ ก.14 ชุดทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

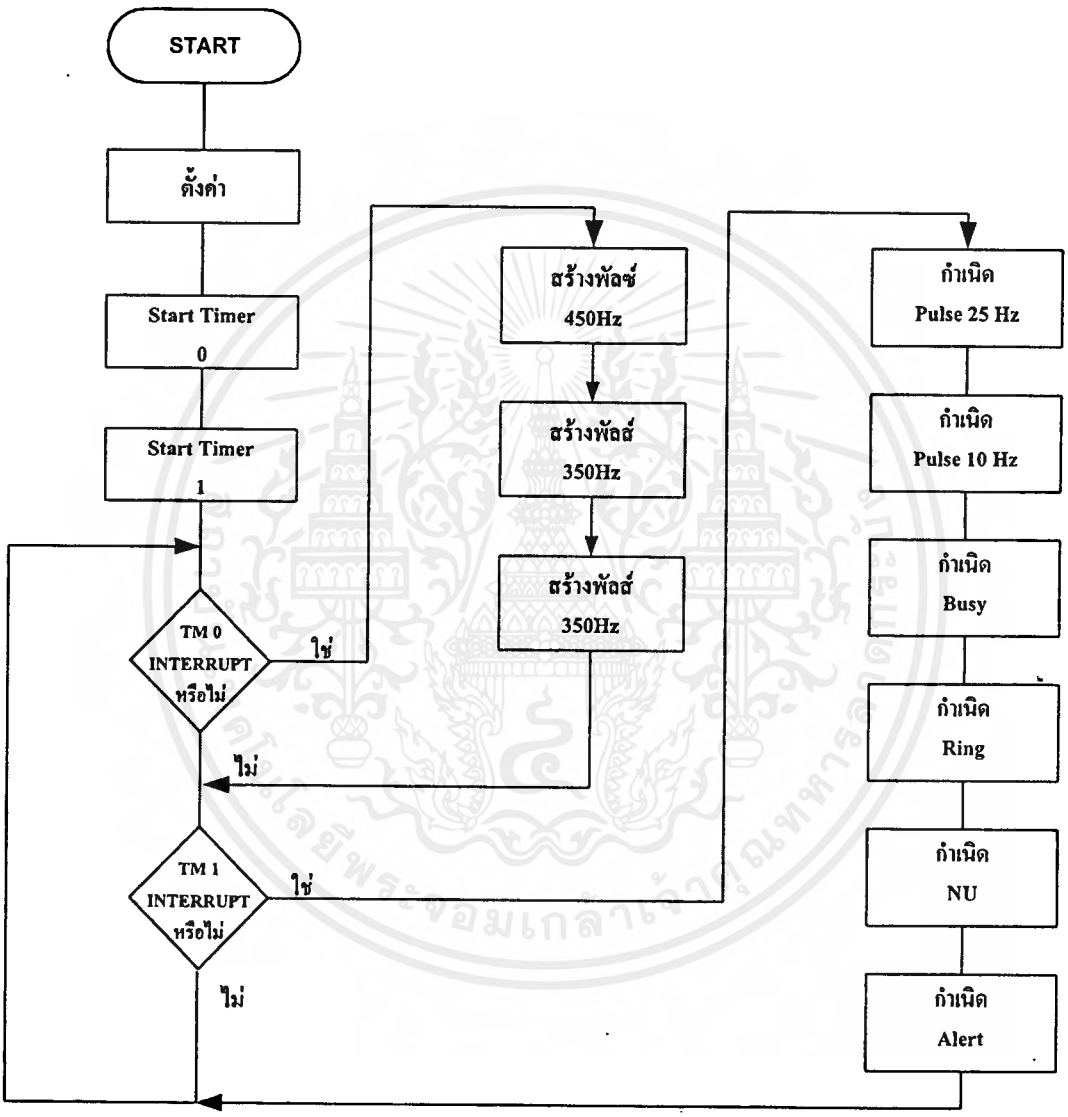
รูปที่ ก.15 สายเชื่อมต่อที่ใช้กับเครื่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แผนผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรมกำเนิดสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;     +-------------------------------------------------------+
;
;          Program :     Pulse generat for Telephony signaling
;
;     +-------------------------------------------------------+
;     Create & Modify by : ED.ENGINEER 19
;
;              40031201  Kallayanee   Bunchu
;              40031204  Jirawat      Aunsawatarpa
;              40031217  Prawat       Chinsawat
;              40031236  Sumeth       Sae-Eaw
;     +-------------------------------------------------------+

      ET      EQU    P1.0
      RT      EQU    P1.1
      DT1     EQU    P1.2  ; 350 Hz USE R2
      DT2     EQU    P1.3  ; 450 Hz USE R3
      NT      EQU    P1.4
      AT      EQU    P1.5
      DT1_R   EQU    12H   ; 350 Hz
      DT2_R   EQU    0EH   ; 450 Hz

;--------------- Program start hear -------------

      ORG     0000
      LJMP    START
      ORG     0BH             ; Timer 0
      LCALL   LOOP
      LCALL   NU
LOAD: MOV     TH0,#0FFH
      MOV     TL0,#064H
      SETB    TR0
      RETI
      ORG     1BH             ; Timer 0
      CPL     00H             ; GEN 400Hz
      LCALL   GEN_25
      LCALL   GEN_10
      LCALL   BUSY
      LCALL   RINGTONE
      LCALL   NU
      LCALL   ALERT
LOAD1:        MOV    TH1,#0FBH
      MOV     TL1,#095H ;AC
      SETB    TR1
      RETI
LOOP:
      MOV     A,R3
      DEC     A                              ; R3=0 IS 450Hz
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      NOP
      JZ      GEN450
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      MOV     R3,A
SUB_R2:       MOV     A,R2
      DEC     A                         ; R3=0 IS 450Hz
      JZ      GEN350
      MOV     R2,A
      RET

GEN350:
      CPL     DT1
      MOV     R2,#DT1_R
      AJMP    LOAD
GEN450:
      CPL     DT2
      MOV     R3,#DT2_R
      AJMP    SUB_R2


GEN_25:       INC     R7
      CJNE    R7,#0FH,NEXT
      CPL     07H
      CPL     P1.6
      MOV     R7,#00H
NEXT: RET

GEN_10:       INC     R0
      CJNE    R0,#26H,GO
      CPL     P1.7
      CPL     01H             ; COUNT 10Hz
      INC     R5              ; DATA OF 5Hz
      CJNE    R5,#02H,N_ON
      CPL     04H             ; GEN_5Hz
      INC     R6
      CJNE    R6,#07H,N_ON1
      CPL     05H             ; GEN_0.3Hz

      MOV     R6,#00H
N_ON1:        MOV     R5,#00H
N_ON: MOV     R0,#00H
      INC     R1              ; COUNT OF 1 Hz

      CJNE    R1,#0AH,GO
      CPL     02H
      MOV     R1,#00H
      DEC     R4
      CJNE    R4,#00H,GO
      CPL     03H             ; GEN_0.2Hz
      JB      03H,RE_LOAD
      MOV     R4,#05H
      SJMP    GO
RE_LOAD:      MOV     R4,#02H
GO:   RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------- Main program start hear -------------

      ORG 200H

START:      MOV    IE,#0FFH
      MOV     IP,#00H
      MOV     3FH,#00H
      MOV     3EH,#00H
      MOV     3DH,#00H
      MOV     3CH,#00H
      MOV     30H,#00H
      MOV     31H,#00H
      MOV     32H,#10H
      MOV     33H,#10H
      MOV     34H,#20H
      MOV     35H,#20H
      MOV     36H,#30H
      MOV     37H,#30H
      CLR     00H             ; f = 400Hz
      CLR     01H             ; f = 10Hz
      CLR     02H             ; f = 1Hz
      SETB    03H             ; f = 0.2Hz
      SETB    04H             ; f = 5Hz
      SETB    05H             ; f = 0.3Hz CLR
      CLR     06H             ; COMPLEMENT NU
      CLR     07H             ; f = 25Hz
      CLR          08H             ; COMPLEMENT AT
      MOV     P1,#0H

      MOV     TMOD,#10H
      MOV     R0,#00H              ; DATA f=10Hz
      MOV     R1,#00H              ; DATA f=1Hz
      MOV     R2,#DT1_R     ; DATA f=350Hz
      MOV     R3,#DT2_R     ; DATA f=450Hz
      MOV     R4,#02H              ; DATA f=0.2Hz
      MOV     R5,#0H        ; DATA f=5Hz
      MOV     R6,#0H        ; DATA f=0.3Hz
      MOV     R7,#0H        ; DATA f=25Hz
      MOV     TH0,#0FFH
      MOV     TL0,#061H
      MOV     TH1,#0FBH
      MOV     TL1,#0ACH
      SETB    TR0
      SETB    TR1



MAIN: NOP
      NOP
      NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        SJMP    MAIN

ALERT:  MOV     C,07H
        ANL     C,03H
        ;--------------------
        MOV     AT,C            ; pulse RT out to p1.1
        ;--------------------
        RET

BUSY:   MOV     C,00H
        ANL     C,02H           ; 400Hz MOD 1Hz IS BUSY
        ;--------------------
        MOV     ET,C            ; pulse ET out to p1.0
        ;--------------------
        RET

RINGTONE:   MOV     C,00H
        ANL     C,03H           ; 400Hz MOD 0.2Hz IS RINGTONE
        ;--------------------
        MOV     RT,C            ; pulse RT out to p1.1
        ;--------------------
        RET

NU:     MOV     C,04H
        ANL     C,05H           ; 5Hz MOD 0.3Hz
        CPL     C
        MOV     06H,C
        MOV     C,00H
        ANL     C,06H           ; 400HZ MOD NU-COMPLEMENT
        ;--------------------
        MOV     NT,C            ; pulse NU out to p1.4
        ;--------------------
        RET

        END

;--------------- Program end hear -------------
```

รูปที่ ข.2 โปรแกรมกำเนิดสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form F_Test
   BackColor       =   &H00E4DD87&
   BorderStyle     =   0  'None
   Caption         =   "LAB 1"
   ClientHeight    =   7440
   ClientLeft      =   0
   ClientTop       =   0
   ClientWidth     =   7005
   BeginProperty Font
      Name              =   "AngsanaUPC"
      Size              =   18
      Charset           =   222
      Weight            =   400
      Underline         =   0   'False
      Italic            =   0   'False
      Strikethrough     =   0   'False
   EndProperty
   Icon            =   "Tele_Test.frx":0000
   LinkTopic       =   "Form1"
   LockControls    =   -1  'True
   MaxButton       =   0   'False
   MDIChild        =   -1  'True
   MinButton       =   0   'False
   ScaleHeight     =   496
   ScaleMode       =   3  'Pixel
   ScaleWidth      =   467
   Begin VB.PictureBox P_Test
      AutoSize        =   -1  'True
      Height          =   7215
      Left            =   180
      ScaleHeight     =   7155
      ScaleWidth      =   6675
      TabIndex        =   0
      Top             =   90
      Width           =   6735
      Begin VB.TextBox T_Out
         Height          =   615
         Left            =   2640
         TabIndex        =   11
         Text            =   "Text1"
         Top             =   150
         Width           =   2655
      End
      Begin VB.CommandButton C_Return
         Caption         =   "กลับหน้าจอหลัก"
         Height          =   495
         Left            =   150
         TabIndex        =   2
         Top             =   6510
         Width           =   1905
      End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin VB.Frame Frame1
   Caption         =   "Ringing"
   Height          =   5625
   Left            =   150
   TabIndex        =   1
   Top             =   -60
   Width           =   2205
   Begin VB.CheckBox C_RT
      Caption          =   "Telephone 8"
      Height           =   495
      Index            =   7
      Left             =   270
      TabIndex         =   10
      Top              =   4860
      Width            =   1725
   End
   Begin VB.CheckBox C_RT
      Caption          =   "Telephone 7"
      Height           =   495
      Index            =   6
      Left             =   270
      TabIndex         =   9
      Top              =   4236
      Width            =   1725
   End
   Begin VB.CheckBox C_RT
      Caption          =   "Telephone 6"
      Height           =   495
      Index            =   5
      Left             =   270
      TabIndex         =   8
      Top              =   3615
      Width            =   1725
   End
   Begin VB.CheckBox C_RT
      Caption          =   "Telephone 5"
      Height           =   495
      Index            =   4
      Left             =   270
      TabIndex         =   7
      Top              =   2994
      Width            =   1725
   End
   Begin VB.CheckBox C_RT
      Caption          =   "Telephone 4"
      Height           =   495
      Index            =   3
      Left             =   270
      TabIndex         =   6
      Top              =   2373
      Width            =   1725
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Begin VB.CheckBox C_RT
               Caption         =   "Telephone 3"
               Height          =   495
               Index           =   2
               Left            =   270
               TabIndex        =   5
               Top             =   1752
               Width           =   1725
            End
            Begin VB.CheckBox C_RT
               Caption         =   "Telephone 2"
               Height          =   495
               Index           =   1
               Left            =   270
               TabIndex        =   4
               Top             =   1131
               Width           =   1725
            End
            Begin VB.CheckBox C_RT
               Caption         =   "Telephone 1"
               Height          =   495
               Index           =   0
               Left            =   270
               TabIndex        =   3
               Top             =   510
               Width           =   1725
            End
         End
      End
   End
End
Attribute VB_Name = "F_Test"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Option Explicit
'Declare use of the DLL
Private Declare Function Out8255 Lib "8255.dll" (ByVal
PortAddress As Integer, ByVal PortData As Integer) As Integer
Private Declare Function In8255 Lib "8255.dll" (ByVal
PortAddress As Integer) As Integer
Dim Dummy As Integer
Dim Port_A, Port_B, Port_C, Port_D, Port_E, Port_F,
Port_Control, Port_Control2, Base_Address As Integer 'ไว้เก็บค่า
ตำแหน่งพอร์ต
'ค่าประจำแต่ละบิต
Const Bit0 = 1
Const Bit1 = 2
Const Bit2 = 4
Const Bit3 = 8
Const Bit4 = 16
Const Bit5 = 32
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Const Bit6 = 64
Const Bit7 = 128
Dim D_PortA, D_PortB, D_PortC, D_PortD, D_PortE, D_PortF As
Integer
Dim J0Tel, J1Tel, J2Tel, J01Sig As Integer

Const Tel0_J0 = 0
Const Tel1_J0 = 1
Const Tel2_J0 = 2
Const Tel3_J0 = 3
Const Tel4_J0 = 4
Const Tel5_J0 = 5
Const Tel6_J0 = 6
Const Tel7_J0 = 7

Const Tel0_J1 = &H10
Const Tel1_J1 = &H11
Const Tel2_J1 = &H12
Const Tel3_J1 = &H13
Const Tel4_J1 = &H14
Const Tel5_J1 = &H15
Const Tel6_J1 = &H16
Const Tel7_J1 = &H17

Const Tel0_J2 = &H20
Const Tel1_J2 = &H21
Const Tel2_J2 = &H22
Const Tel3_J2 = &H23
Const Tel4_J2 = &H24
Const Tel5_J2 = &H25
Const Tel6_J2 = &H26
Const Tel7_J2 = &H27

Const DTMF1_J0 = &H8
Const DTMF2_J1 = &H19

Const DT_J0 = &H5C
Const DT_J1 = &H4C

Const NU_J0 = &H5D
Const NU_J1 = &H4D

Const RT_J0 = &H5E
Const RT_J1 = &H4E

Const EN_J0 = &H5F
Const EN_J1 = &H4F
Const EN_J2 = &H3F


    Function Set_Bit(Data_TO_Change, Bit, Sta)
        If Sta <> 0 Then Sta = 1
        Select Case Bit
            Case 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 1
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HFE
                End If
            Case 1
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 2
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HFD
                End If
            Case 2
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 4
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HFB
                End If
            Case 3
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 8
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HF7
                End If
            Case 4
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 16
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HEF
                End If
            Case 5
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 32
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HDF
                End If
            Case 6
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 64
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &HBF
                End If
            Case 7
                If Sta <> 0 Then
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change Or 128
                Else
                    Data_TO_Change = Data_TO_Change And &H7F
                End If
        End Select
        Set_Bit = Data_TO_Change
    End Function

Sub Set_Port()
    Port_A = Base_Address + 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Port_B = Base_Address + 1
    Port_C = Base_Address + 2
    Port_Control = Base_Address + 3
    Port_D = Base_Address + 4


    Port_E = Base_Address + 5
    Port_F = Base_Address + 6
    Port_Control2 = Base_Address + 7
End Sub
Sub Set_Base_Address()
    Base_Address = &H280
End Sub

Sub Control_On()
    Set_PC 0, 0
End Sub
Sub Control_Off()
    Set_PC 0, 1
End Sub

Private Sub C_Return_Click()
    F_Test_Off
    F_Main.F_Main_On
End Sub
Function InA() As Integer
    InA = In8255(Port_A)
End Function
Function InB() As Integer
    InB = In8255(Port_B)
End Function
Function InC() As Integer
    InC = In8255(Port_C)
End Function
Function InD() As Integer
    InD = In8255(Port_D)
End Function
Function InE() As Integer
    InE = In8255(Port_E)
End Function
Function InF() As Integer
    InF = In8255(Port_F)
End Function
Sub OutA(Data_Out As Integer)
    D_PortA = Data_Out
    Dummy = Out8255(Port_A, D_PortA)
End Sub
Sub OutB(Data_Out As Integer)
    D_PortB = Data_Out
    Dummy = Out8255(Port_B, D_PortB)
End Sub
Sub OutC(Data_Out As Integer)
    D_PortC = Data_Out
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Dummy = Out8255(Port_C, D_PortC)
End Sub
Sub OutD(Data_Out As Integer)
    D_PortD = Data_Out
    Dummy = Out8255(Port_D, D_PortD)
End Sub
Sub OutE(Data_Out As Integer)
    D_PortE = Data_Out
    Dummy = Out8255(Port_E, D_PortE)
End Sub
Sub OutF(Data_Out As Integer)
    D_PortF = Data_Out
    Dummy = Out8255(Port_F, D_PortF)
End Sub
Sub Set_PA(Bit As Integer, Sta As Integer)
    Select Case Bit
        Case 0
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 1
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HFE
            End If
        Case 1
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 2
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HFD
            End If
        Case 2
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 4
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HFB
            End If
        Case 3
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 8
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HF7
            End If
        Case 4
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 16
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HEF
            End If
        Case 5
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 32
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HDF
            End If
        Case 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 64
            Else
                D_PortA = D_PortA And &HBF
            End If
        Case 7
            If Sta <> 0 Then
                D_PortA = D_PortA Or 128
            Else
                D_PortA = D_PortA And &H7F
            End If
    End Select
            OutA (D_PortA)
End Sub
Sub Set_PB(Bit As Integer, Sta As Integer)
    Select Case Bit
        Case 0
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 1
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HFE
            End If
        Case 1
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 2
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HFD
            End If
        Case 2
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 4
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HFB
            End If
        Case 3
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 8
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HF7
            End If
        Case 4
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 16
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HEF
            End If
        Case 5
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 32
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HDF
            End If
        Case 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 64
            Else
                D_PortB = D_PortB And &HBF
            End If
        Case 7
            If Sta <> 0 Then
                D_PortB = D_PortB Or 128
            Else
                D_PortB = D_PortB And &H7F
            End If
    End Select
            OutB (D_PortB)
End Sub
Sub Set_PC(Bit As Integer, Sta As Integer)
    Select Case Bit
        Case 0
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 1
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HFE
            End If
        Case 1
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 2
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HFD
            End If
        Case 2
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 4
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HFB
            End If
        Case 3
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 8
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HF7
            End If
        Case 4
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 16
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HEF
            End If
        Case 5
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 32
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HDF
            End If
        Case 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 64
            Else
                D_PortC = D_PortC And &HBF
            End If
        Case 7
            If Sta <> 0 Then
                D_PortC = D_PortC Or 128
            Else
                D_PortC = D_PortC And &H7F
            End If
    End Select
            OutC (D_PortC)
End Sub

Sub Clear_All_Port()
        OutA (0)
        OutB (&HF)
        OutC (0)
        OutD (0)
        OutE (0)
        OutF (0)
        OutC (&HFF)
        J0Tel = 0
        J1Tel = 0
        J2Tel = 0
        J01Sig = 0
End Sub
Private Sub C_RT_Click(Index As Integer)
        Ringing Index, C_RT(Index).Value
        OutB (0)
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Form_Paint
End Sub
Private Sub Form_Paint()
    F_Test.Top = (MF_Main.ScaleHeight / 2) - (F_Test.Height /2)
    F_Test.Left = (MF_Main.ScaleWidth / 2) - (F_Test.Width /2)
    P_Test.Top = 10
    P_Test.Left = 10
    P_Test.Width = F_Test.ScaleWidth - 20
    P_Test.Height = F_Test.ScaleHeight - 20
End Sub

Sub F_Test_Off()    'ปิดฟอร์ม
    F_off (8)
    F_Test.Hide
    F_Test.Enabled = False
    F_Test.Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub F_Test_On() 'เริ่มฟอร์มแล็ป
    F_Test.Show
    F_Test.Enabled = True
    F_Test.Visible = True
    F_on (8)
    Set_Base_Address
    Set_Port
End Sub
Sub Start_Test()
    F_Test_On
    Set_Port
    Set_Base_Address
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    C_Return_Click
End Sub
Sub Delay()
Dim i, j As Integer
    For i = 1 To 20
        For j = 1 To 20
        Next j
    Next i
End Sub

Sub Ringing(Tel_No As Integer, Sta As Integer)
    Tel_No = Tel_No Mod 8
    If Sta <> 0 Then
        Sta = &H8
    End If
    Control_Off
    OutB (&H10 Or Tel_No Or Sta)     'เลือกการควบคุมไปที่ Ringing Control
    T_Out.Text = D_PortB
    Control_On  'เริ่มต้นการควบคุม
    Delay
    Control_Off
End Sub

Function Check_Loop() As Integer
    OutB (&H0)
    Control_On
    Check_Loop = InA
    Control_Off
End Function

Function Check_Tel() As Integer
    OutB (&H1)
    Control_On
    Check_Tel = InA
    Control_Off
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Change_DISP()
    'เริ่มการควบคุมการแสดงผล
    OutB (&H20) 'ควบคุมการคอนโทรล SW Matrix
    Set_PC 1, 0'เลือกการควบคุม DISP (0) , SW (1)
    OutA (J0Tel)
    Control_On
    Set_PB 3, 1
    Delay
    Set_PB 3, 0

    OutA (J1Tel)
    Set_PB 3, 1
    Delay
    Set_PB 3, 0

    OutA (J2Tel)
    Set_PB 3, 1
    Delay
    Set_PB 3, 0

    OutA (J01Sig)
    Set_PB 3, 1
    Delay
    Set_PB 3, 0
    Control_Off
    ' สิ้นสุดการควบคุมการแสดงผล
End Sub
Sub Set_SW(SW_No As Integer, Sta As Integer)
Dim SW_Sta, SW_Data As Integer

    If Sta <> 0 Then
        SW_Data = 1
    Else
        SW_Data = 0
    End If

    'สั่งงานไปที่ SW-Matrix ----------------------------

    OutB (&H20)
    OutA (SW_No)
    Set_PB 3, SW_Data
    Control_On
    Set_PB 2, 1 ' กำหนดให้ Stb เป็น 1 เพื่อให้ 8816 ทำงานตามต้องการ
    Delay
    Set_PB 2, 0 ' กำหนดให้ Stb เป็น 0 เพื่อให้ 8816 ไม่ทำงาน

    ' สั่งงานไปที่ SW-Matrix ----------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Select Case SW_No

    Case Tel0_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 0, SW_Data)
    Case Tel1_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 1, SW_Data)
    Case Tel2_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 2, SW_Data)
    Case Tel3_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 3, SW_Data)
    Case Tel4_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 4, SW_Data)
    Case Tel5_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 5, SW_Data)
    Case Tel6_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 6, SW_Data)
    Case Tel7_J0
        J0Tel = Set_Bit(J0Tel, 7, SW_Data)

    Case Tel0_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 0, SW_Data)
    Case Tel1_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 1, SW_Data)
    Case Tel2_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 2, SW_Data)
    Case Tel3_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 3, SW_Data)
    Case Tel4_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 4, SW_Data)
    Case Tel5_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 5, SW_Data)
    Case Tel6_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 6, SW_Data)
    Case Tel7_J1
        J1Tel = Set_Bit(J1Tel, 7, SW_Data)

    Case Tel0_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 0, SW_Data)
    Case Tel1_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 1, SW_Data)
    Case Tel2_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 2, SW_Data)
    Case Tel3_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 3, SW_Data)
    Case Tel4_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 4, SW_Data)
    Case Tel5_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 5, SW_Data)
    Case Tel6_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 6, SW_Data)
    Case Tel7_J2
        J2Tel = Set_Bit(J2Tel, 7, SW_Data)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Case DTMF1_J0
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 0, SW_Data)
            Case DTMF2_J1
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 4, SW_Data)

            Case DT_J0
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 3, SW_Data)
            Case DT_J1
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 7, SW_Data)

            Case NU_J0
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 2, SW_Data)
            Case NU_J1
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 6, SW_Data)

            Case RT_J0
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 1, SW_Data)
            Case RT_J1
                J01Sig = Set_Bit(J01Sig, 5, SW_Data)

        End Select
        Change_DISP
    End Sub
```

รูปที่ ข.3 โปรแกรมทดลองใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form F_Main
   BackColor       =   &H00E4DD87&
   BorderStyle     =   0  'None
   Caption         =   "ชุดทดลองโทรศัพท์ (รุ่น 1.00) โดย รุ่น '19 ครุวิศวะ สจล."
   ClientHeight    =   4560
   ClientLeft      =   2025
   ClientTop       =   2865
   ClientWidth     =   9225
   Enabled         =   0   'False
   ForeColor       =   &H00C0C0FF&
   Icon            =   "Tele_Main.frx":0000
   LinkTopic       =   "Form1"
   LockControls    =   -1  'True
   MDIChild        =   -1  'True
   ScaleHeight     =   304
   ScaleMode       =   3  'Pixel
   ScaleWidth      =   615
   ShowInTaskbar   =   0   'False
   Begin VB.CommandButton End_Prg
      Caption         =   "จบการทำงาน"
      BeginProperty Font
         Name            =   "AngsanaUPC"
         Size            =   26.25
         Charset         =   222
         Weight          =   400
         Underline       =   0   'False
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   975
      Left            =   120
      TabIndex        =   4
      Top             =   3360
      Width           =   8895
   End
   Begin VB.PictureBox P_Main
      Height          =   1815
      Left            =   120
      Picture         =   "Tele_Main.frx":030A
      ScaleHeight     =   117
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   589
      TabIndex        =   3
      Top             =   120
      Width           =   8895
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin VB.CommandButton C_Test
   Caption         =   "เริ่มต้นการทดลอง"
   BeginProperty Font
      Name            =   "AngsanaUPC"
      Size            =   24
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   975
   Left            =   6000
   TabIndex        =   2
   Top             =   2160
   Width           =   3015
End
Begin VB.CommandButton C_Lab
   Caption         =   "ใบงาน"
   BeginProperty Font
      Name            =   "AngsanaUPC"
      Size            =   24
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   975
   Left            =   3600
   TabIndex        =   1
   Top             =   2160
   Width           =   1935
End
Begin VB.CommandButton C_Tel
   Caption         =   "เกี่ยวกับโทรศัพท์"
   BeginProperty Font
      Name            =   "AngsanaUPC"
      Size            =   24
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   975
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Left            =   150
TabIndex        =   0
      Top             =   2190
      Width           =   3015
   End
End
Attribute VB_Name = "F_Main"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub C_Test_Click()
    F_Main_Off
    F_Test.Show
    F_Test.Enabled = True
    F_Test.Start_Test
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Start_F_Main
End Sub
Sub Start_F_Main()
    Form_Resize
    F_Main_On
End Sub
Private Sub End_Prg_Click()
    MF_Main.End_MainProgram
End Sub
Sub F_Main_On()
    F_on (1)
    F_Main.Enabled = True
    F_Main.Visible = True
    F_Main.Show
End Sub
Private Sub C_Lab_Click()    'เรียกหน้าต่างใบงาน
    F_Main_Off
    F_Lab.Show
    F_Lab.Enabled = True
    F_Lab.Start_Lab (0)
End Sub
Private Sub C_Tel_Click() 'เรียกหน้าต่างเกี่ยวกับโทรศัพท์
    F_Main_Off
    F_Tel.Show
    F_Tel.Enabled = True
    F_Tel.Start_Tel
End Sub
Sub F_Main_Off()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    F_off (1)
    F_Main.Enabled = False
    F_Main.Visible = False
    F_Main.Hide
End Sub
Private Sub Form_Paint()
    F_Main.Top = (MF_Main.ScaleHeight / 2) - (F_Main.Height
/ 2)
    F_Main.Left = (MF_Main.ScaleWidth / 2) - (F_Main.Width
/ 2)
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Form_Paint
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    End_Prg_Click
    Cancel = -1
End Sub
```

รูปที่ ข.4 โปรแกรมเมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form F_Lab
   BackColor       =   &H00E4DD87&
   BorderStyle     =   0  'None
   Caption         =   "ใบงานการทดลอง"
   ClientHeight    =   8595
   ClientLeft      =   420
   ClientTop       =   840
   ClientWidth     =   10770
   Enabled         =   0   'False
   BeginProperty Font
      Name              =   "AngsanaUPC"
      Size              =   15.75
      Charset           =   222
      Weight            =   400
      Underline         =   0   'False
      Italic            =   0   'False
      Strikethrough     =   0   'False
   EndProperty
   Icon            =   "Tele_LAB.frx":0000
   LinkTopic       =   "F_Lab"
   LockControls    =   -1  'True
   MDIChild        =   -1  'True
   ScaleHeight     =   573
   ScaleMode       =   3  'Pixel
   ScaleWidth      =   718
   ShowInTaskbar   =   0   'False
   Begin VB.CommandButton C_Print
      Caption         =   "Print"
      Height          =   435
      Left            =   330
      TabIndex        =   51
      Top             =   6420
      Width           =   1425
   End
   Begin VB.CommandButton C_Return
      Caption         =   "กลับหน้าจอหลัก"
      Height          =   465
      Left            =   120
      TabIndex        =   50
      Top             =   5820
      Width           =   1965
   End
   Begin VB.TextBox Text2
      Height          =   585
      Left            =   330
      TabIndex        =   12
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Text            =   "Text2"
   Top             =   7620
   Width           =   1095
End
Begin VB.TextBox Text1
   Height          =   555
   Left            =   300
   TabIndex        =   11
   Text            =   "Text1"
   Top             =   6840
   Width           =   1095
End
Begin VB.Frame Fr_Select
   BackColor       =   &H00E4DD87&
   Caption         =   "เลือกใบงาน"
   Height          =   1575
   Left            =   120
   TabIndex        =   4
   Top             =   4185
   Width           =   1935
   Begin VB.CommandButton C_Go
      Caption         =   "ไปใบงานที่"
      Height          =   495
      Left            =   120
      TabIndex        =   5
      Top             =   390
      Width           =   1695
   End
   Begin VB.ComboBox Co_Select
      BeginProperty Font
         Name            =   "BrowalliaUPC"
         Size            =   15.75
         Charset         =   222
         Weight          =   400
         Underline       =   0   'False
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   510
      ItemData        =   "Tele_LAB.frx":030A
      Left            =   120
      List            =   "Tele_LAB.frx":030C
      Style           =   2  'Dropdown List
      TabIndex        =   9
      Top             =   960
      Width           =   1695
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End
Begin VB.CommandButton C_Next
   Caption         =   "ใบงานถัดไป --->"
   BeginProperty Font
      Name             =   "MS Sans Serif"
      Size             =   8.25
      Charset          =   222
      Weight           =   400
      Underline        =   0   'False
      Italic           =   0   'False
      Strikethrough    =   0   'False
   EndProperty
   Height           =   495
   Left             =   120
   TabIndex         =   3
   Top              =   3570
   Width            =   1935
End
Begin VB.CommandButton C_Prw
   Caption          =   "<--- ใบงานก่อนหน้า"
   BeginProperty Font
      Name             =   "MS Sans Serif"
      Size             =   8.25
      Charset          =   222
      Weight           =   400
      Underline        =   0   'False
      Italic           =   0   'False
      Strikethrough    =   0   'False
   EndProperty
   Height           =   495
   Left             =   120
   TabIndex         =   2
   Top              =   3090
   Width            =   1935
End
Begin VB.CommandButton C_Start
   Caption         =   "เริ่มทดลอง"
   BeginProperty Font
      Name             =   "MS Sans Serif"
      Size             =   8.25
      Charset          =   222
      Weight           =   400
      Underline        =   0   'False
      Italic           =   0   'False
      Strikethrough    =   0   'False
   EndProperty
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Height          =   495
      Left            =   120
      TabIndex        =   1
      Top             =   2535
      Width           =   1935
   End
   Begin VB.Frame Frame1
      BackColor       =   &H00E4DD87&
      Caption         =   "โปรดเลือก"
      BeginProperty Font
         Name            =   "MS Sans Serif"
         Size            =   8.25
         Charset         =   222
         Weight          =   400
         Underline       =   0   'False
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   1815
      Left            =   120
      TabIndex        =   0
      Top             =   675
      Width           =   1935
      Begin VB.OptionButton O_Work
         BackColor       =   &H00E4DD87&
         Caption         =   "ขั้นตอนการทดลอง"
         BeginProperty Font
            Name            =   "MS Sans Serif"
            Size            =   8.25
            Charset         =   222
            Weight          =   400
            Underline       =   0   'False
            Italic          =   0   'False
            Strikethrough   =   0   'False
         EndProperty
         Height          =   375
         Left            =   120
         MouseIcon       =   "Tele_LAB.frx":030E
         MousePointer    =   99  'Custom
         TabIndex        =   8
         Top             =   1320
         Width           =   1695
      End
      Begin VB.OptionButton O_Detile
         BackColor       =   &H00E4DD87&
         Caption         =   "รายละเอียด"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      BeginProperty Font
         Name            =   "MS Sans Serif"
         Size            =   8.25
         Charset         =   222
         Weight          =   400
         Underline       =   0   'False
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   375
      Left            =   120
      MouseIcon       =   "Tele_LAB.frx":0618
      MousePointer    =   99  'Custom
      TabIndex        =   7
      Top             =   840
      Width           =   1695
   End
   Begin VB.OptionButton O_Content
      BackColor       =   &H00E4DD87&
      Caption         =   "กล่าวนำ"
      BeginProperty Font
         Name            =   "MS Sans Serif"
         Size            =   8.25
         Charset         =   222
         Weight          =   400
         Underline       =   0   'False
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   375
      Left            =   120
      MouseIcon       =   "Tele_LAB.frx":0922
      MousePointer    =   99  'Custom
      TabIndex        =   6
      Top             =   360
      UseMaskColor    =   -1  'True
      Value           =   -1  'True
      Width           =   1695
   End
End
Begin VB.PictureBox P_LAB
   BackColor       =   &H80000018&
   BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   8.25
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   8295
   Left            =   2160
   ScaleHeight     =   549
   ScaleMode       =   3  'Pixel
   ScaleWidth      =   565
   TabIndex        =   13
   Top             =   90
   Width           =   8535
   Begin VB.PictureBox P_Nul
      Height          =   315
      Left            =   8190
      ScaleHeight     =   255
      ScaleWidth      =   285
      TabIndex        =   14
      Top             =   7950
      Width           =   345
   End
   Begin VB.VScrollBar VS_Lab
      Height          =   7965
      LargeChange     =   50
      Left            =   8220
      SmallChange     =   30
      TabIndex        =   16
      Top             =   -30
      Width           =   300
   End
   Begin VB.HScrollBar HS_Lab
      Height          =   300
      LargeChange     =   50
      Left            =   0
      SmallChange     =   30
      TabIndex        =   15
      Top             =   7950
      Width           =   8190
   End
   Begin VB.PictureBox View_LAB
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      DrawStyle       =   5  'Transparent
      Height          =   75240
      Left            =   120
      MouseIcon       =   "Tele_LAB.frx":0C2C
      MousePointer    =   99  'Custom
      ScaleHeight     =   5016
      ScaleMode       =   3  'Pixel
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ScaleWidth      =   527
      TabIndex        =   17
      Top             =   60
      Visible         =   0   'False
      Width           =   7905
      Begin VB.PictureBox P_LAB_1
         BackColor       =   &H80000018&
         BorderStyle     =   0  'None
         DrawStyle       =   5  'Transparent
         Enabled         =   0   'False
         Height          =   1515
         Index           =   7
         Left            =   4050
         Picture         =   "Tele_LAB.frx":0D7E
         ScaleHeight     =   101
         ScaleMode       =   3  'Pixel
         ScaleWidth      =   25
         TabIndex        =   49
         TabStop         =   0   'False
         Top             =   60
         Width           =   375
      End
      Begin VB.PictureBox P_LAB_4
         BackColor       =   &H80000018&
         BorderStyle     =   0  'None
         Enabled         =   0   'False
         Height          =   1575
         Index           =   7
         Left            =   4080
         Picture         =   "Tele_LAB.frx":0F10
         ScaleHeight     =   105
         ScaleMode       =   3  'Pixel
         ScaleWidth      =   25
         TabIndex        =   48
         TabStop         =   0   'False
         Top             =   3720
         Width           =   375
      End
      Begin VB.PictureBox P_LAB_3
         BackColor       =   &H80000018&
         BorderStyle     =   0  'None
         Enabled         =   0   'False
         Height          =   1575
         Index           =   7
         Left            =   4080
         Picture         =   "Tele_LAB.frx":3AF4
         ScaleHeight     =   105
         ScaleMode       =   3  'Pixel
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   47
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   2310
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_2
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0   'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   7
    Left            =   4080
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":68BA
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3   'Pixel
    ScaleWidth      =   25
    TabIndex        =   46
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   960
    Width           =   375
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_1
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0   'None
    DrawStyle       =   5   'Transparent
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   6
    Left            =   3300
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":8FE0
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3   'Pixel
    ScaleWidth      =   29
    TabIndex        =   45
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   30
    Width           =   435
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_4
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0   'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   6
    Left            =   3420
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":9172
    ScaleHeight     =   105
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   27
    TabIndex        =   44
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   3900
    Width           =   405
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_3
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   6
    Left            =   3420
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":BD56
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   27
    TabIndex        =   43
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   2460
    Width           =   405
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_2
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   6
    Left            =   3390
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":EB1C
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   27
    TabIndex        =   42
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   1020
    Width           =   405
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_1
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    DrawStyle       =   5  'Transparent
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   5
    Left            =   2640
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":11242
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   27
    TabIndex        =   41
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   0
    Width           =   405
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_4
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   5
    Left            =   2700
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":113D4
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   25
    TabIndex        =   40
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   3840
    Width           =   375
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_3
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   5
    Left            =   2730
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":13FB8
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   39
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   2400
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_2
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   5
    Left            =   2700
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":16D7E
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   27
    TabIndex        =   38
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   990
    Width           =   405
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_1
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    DrawStyle       =   5  'Transparent
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   4
    Left            =   2010
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":194A4
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   21
    TabIndex        =   37
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   0
    Width           =   315
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_4
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   4
    Left            =   2130
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":19636
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   21
    TabIndex        =   36
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   3750
    Width           =   315
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_3
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   4
    Left            =   2100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Picture         =   "Tele_LAB.frx":1C21A
      ScaleHeight     =   105
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   21
      TabIndex        =   35
      TabStop         =   0   'False
      Top             =   2280
      Width           =   315
   End
   Begin VB.PictureBox P_LAB_2
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      Enabled         =   0   'False
      Height          =   1515
      Index           =   4
      Left            =   2100
      Picture         =   "Tele_LAB.frx":1EFE0
      ScaleHeight     =   101
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   21
      TabIndex        =   34
      TabStop         =   0   'False
      Top             =   1050
      Width           =   315
   End
   Begin VB.PictureBox P_LAB_1
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      DrawStyle       =   5  'Transparent
      Enabled         =   0   'False
      Height          =   1515
      Index           =   3
      Left            =   1440
      Picture         =   "Tele_LAB.frx":21706
      ScaleHeight     =   101
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   23
      TabIndex        =   33
      TabStop         =   0   'False
      Top             =   30
      Width           =   345
   End
   Begin VB.PictureBox P_LAB_4
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      Enabled         =   0   'False
      Height          =   1575
      Index           =   3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Left            =   1500
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":21898
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   32
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   3750
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_3
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   3
    Left            =   1500
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":2447C
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   31
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   2370
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_2
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   3
    Left            =   1500
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":27242
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   30
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   1080
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_1
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    DrawStyle       =   5  'Transparent
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Index           =   2
    Left            =   840
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":29968
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   21
    TabIndex        =   29
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   0
    Width           =   315
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_4
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   2
    Left            =   960
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":29AFA
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   28
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   4080
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_3
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   2
    Left            =   900
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":2C6DE
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   27
    TabIndex        =   27
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   2610
    Width           =   405
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_2
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Index           =   2
    Left            =   900
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":2F4A4
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   23
    TabIndex        =   26
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   1110
    Width           =   345
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_1
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    DrawStyle       =   5  'Transparent
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1515
    Index           =   1
    Left            =   420
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":31BCA
    ScaleHeight     =   101
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   17
    TabIndex        =   25
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   -90
    Width           =   255
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_4
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
    Height          =   1575
    Index           =   1
    Left            =   390
    Picture         =   "Tele_LAB.frx":31D5C
    ScaleHeight     =   105
    ScaleMode       =   3  'Pixel
    ScaleWidth      =   21
    TabIndex        =   24
    TabStop         =   0   'False
    Top             =   3120
    Width           =   315
End
Begin VB.PictureBox P_LAB_3
    BackColor       =   &H80000018&
    BorderStyle     =   0  'None
    Enabled         =   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Height          =   1575
      Index           =   1
      Left            =   360
      Picture         =   "Tele_LAB.frx":34940
      ScaleHeight     =   105
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   23
      TabIndex        =   23
      TabStop         =   0   'False
      Top             =   1740
      Width           =   345
   End
   Begin VB.PictureBox P_LAB_2
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      Enabled         =   0   'False
      Height          =   1515
      Index           =   1
      Left            =   390
      Picture         =   "Tele_LAB.frx":37706
      ScaleHeight     =   101
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   19
      TabIndex        =   22
      TabStop         =   0   'False
      Top             =   570
      Width           =   285
   End
   Begin VB.PictureBox P_LAB_2
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      Enabled         =   0   'False
      Height          =   1275
      Index           =   0
      Left            =   0
      Picture         =   "Tele_LAB.frx":39E2C
      ScaleHeight     =   85
      ScaleMode       =   3  'Pixel
      ScaleWidth      =   17
      TabIndex        =   20
      TabStop         =   0   'False
      Top             =   3810
      Width           =   255
   End
   Begin VB.PictureBox P_LAB_3
      BackColor       =   &H80000018&
      BorderStyle     =   0  'None
      Enabled         =   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Height          =   1815
            Index           =   0
            Left            =   -30
            Picture         =   "Tele_LAB.frx":3C552
            ScaleHeight     =   121
            ScaleMode       =   3  'Pixel
            ScaleWidth      =   17
            TabIndex        =   19
            TabStop         =   0   'False
            Top             =   2070
            Width           =   255
         End
         Begin VB.PictureBox P_LAB_4
            BackColor       =   &H80000018&
            BorderStyle     =   0  'None
            Enabled         =   0   'False
            Height          =   1245
            Index           =   0
            Left            =   -30
            Picture         =   "Tele_LAB.frx":3F318
            ScaleHeight     =   83
            ScaleMode       =   3  'Pixel
            ScaleWidth      =   15
            TabIndex        =   18
            TabStop         =   0   'False
            Top             =   1110
            Width           =   225
         End
         Begin VB.PictureBox P_LAB_1
            BackColor       =   &H80000018&
            BorderStyle     =   0  'None
            DrawStyle       =   5  'Transparent
            Enabled         =   0   'False
            Height          =   1215
            Index           =   0
            Left            =   0
            Picture         =   "Tele_LAB.frx":41EFC
            ScaleHeight     =   81
            ScaleMode       =   3  'Pixel
            ScaleWidth      =   11
            TabIndex        =   21
            TabStop         =   0   'False
            Top             =   60
            Width           =   165
         End
      End
   End
   Begin VB.Label L_Title
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Alignment       =   2  'Center
        BackColor       =   &H00E4DD87&
        Caption         =   "□□□□□□□ 1 "
        BeginProperty Font
           Name             =   "AngsanaUPC"
           Size             =   24
           Charset          =   222
           Weight           =   400
           Underline        =   0   'False
           Italic           =   0   'False
           Strikethrough    =   0   'False
        EndProperty
        ForeColor       =   &H000000FF&
        Height          =   615
        Left            =   120
        TabIndex        =   10
        Top             =   60
        Width           =   1935
    End
End
Attribute VB_Name = "F_Lab"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Public Number_LAB As Integer
Public Lab_MAX As Integer
Public F_Lab_Width As Integer
Public F_Lab_Height As Integer
Public Page_Wid, Page_Hei As Long

Sub Start_Lab(Lab_Number As Integer)
    Number_LAB = Lab_Number
    Start_F_Lab
    Ch_Lab
End Sub
Sub Ch_Lab()

    Ch_L_Title (Number_LAB + 1)
    If Number_LAB = 0 Then C_Prw.Enabled = False Else
C_Prw.Enabled = True
    If Number_LAB = Lab_MAX Then C_Next.Enabled = False Else
C_Next.Enabled = True
    Lab (Number_LAB)
    Co_Select.ListIndex = Number_LAB

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Ch_L_Title(Lab_Number As Integer)    ' เปลี่ยนไตเติ้ล
        If (Lab_Number > 0) And (Lab_Number < 14) Then
            L_Title.Caption = "ใบงานที่ " + Str$(Lab_Number)
        End If
End Sub
Private Sub C_Go_Click() ' เลือกใบงาน
        If (Co_Select.ListIndex >= 0) And (Co_Select.ListIndex <
Lab_MAX + 1) Then
            F_Lab.Set_Lab_OFF (Number_LAB)
            Number_LAB = Co_Select.ListIndex
            Ch_Lab
            F_Lab.Set_Lab_ON (Number_LAB)
        End If
End Sub

Private Sub C_Next_Click()
    If Number_LAB < Lab_MAX Then
        F_Lab.Set_Lab_OFF (Number_LAB)
        Number_LAB = Number_LAB + 1
        Ch_Lab
        F_Lab.Set_Lab_ON (Number_LAB)
    End If
End Sub

Private Sub C_Print_Click()
    View_LAB.PrintForm
End Sub

Private Sub C_Prw_Click()
    If Number_LAB > 0 Then
        F_Lab.Set_Lab_OFF (Number_LAB)
        Number_LAB = Number_LAB - 1
        Ch_Lab
        F_Lab.Set_Lab_ON (Number_LAB)
    End If
End Sub

Private Sub C_Return_Click()     ' กลับสู่เมนูหลัก
    Form_Unload (0)
End Sub
Sub F_Lab_Off() ' ปิดฟอร์ม
    F_off (2)
    F_Lab.Hide
    F_Lab.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    F_Lab.Visible = False
    If F_load > 2 Then Close_All_Lab
End Sub

Private Sub Form_Load() ' เริ่มโหลดฟอร์ม
    '-------
    Lab_MAX = 7
    Start_F_Lab
    '-------
End Sub

Sub Start_F_Lab() ' เริ่มต้นแล็ป
Dim i As Integer
    If Co_Select.ListCount = 0 Then
        For i = 1 To Lab_MAX
            Co_Select.AddItem "ใบงานที่" + Str$(i)
        Next i
        F_Lab.Set_Auto_All
        Set_Align_All
        Lab_Center
        For i = 0 To Lab_MAX
            F_Lab.Set_Lab_OFF (i)
        Next i
    End If
    Co_Select.ListIndex = Number_LAB
    C_Return.ZOrder 0
    Form_Paint
    F_Lab_On
    P_LAB.ScaleMode = 3
End Sub
Sub F_Lab_On() ' เริ่มฟอร์มแล็ป
    F_Lab.Show
    F_Lab.Enabled = True
    F_Lab.Visible = True
    F_on (2)
End Sub

Private Sub Form_Paint() 'จัดฟอร์มใหม่ & วาดจอใหม่
    F_Lab.ScaleMode = 3
    F_Lab.Top = 0
    F_Lab.Left = 0
    'F_Lab.Height = (MF_Main.ScaleHeight)
    F_Lab.Width = (MF_Main.ScaleWidth - (2 * 15))
    F_Lab.Height = (MF_Main.ScaleHeight)
    'F_Lab.Width = (144 * 15)
    P_LAB.Top = 8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        P_LAB.Left = 144
        If (F_Lab.ScaleHeight - 16) > 0 Then
            P_LAB.Height = F_Lab.ScaleHeight - 16
        Else
            P_LAB.Visible = False
        End If
        If (F_Lab.ScaleWidth - 154) > 0 Then
            P_LAB.Visible = True
            P_LAB.Width = F_Lab.ScaleWidth - 154
            HS_Lab.Left = 0
            HS_Lab.Top = P_LAB.ScaleHeight - HS_Lab.Height
            HS_Lab.Width = P_LAB.ScaleWidth - VS_Lab.Width
            VS_Lab.Top = 0
            VS_Lab.Left = P_LAB.ScaleWidth - VS_Lab.Width
            VS_Lab.Height = P_LAB.ScaleHeight - HS_Lab.Height
            P_Nul.Top = VS_Lab.Height
            P_Nul.Left = HS_Lab.Width
            P_Nul.Width = (VS_Lab.Width)
            P_Nul.Height = HS_Lab.Height
        '    Set_View_LAb
            Set_Scoll
            Lab_Center


        Else
            P_LAB.Visible = False
        End If
    End Sub

    Private Sub Form_Resize() 'วาดจอใหม่
        Form_Paint
    End Sub

    Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer) 'ยกเลิกฟอร์มใบงาน
        F_Lab_Off
        F_Main.F_Main_On
        View_LAB.Visible = False
    End Sub

    Sub Close_All_Lab() 'ปิดทุกใบงาน
            If (F_load And 4) = 4 Then
                F_Lab1.F_Lab1_Off
            End If
            If (F_load And 8) = 8 Then
            End If
            If (F_load And 16) = 16 Then
            End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            If (F_load And 32) = 32 Then
            End If
            If (F_load And 64) = 64 Then
            End If
            If (F_load And 128) = 128 Then
            End If
            If (F_load And 256) = 256 Then
            End If
            If (F_load And 512) = 512 Then
            End If
            If (F_load And 1024) = 1024 Then
            End If
            If (F_load And 2048) = 2048 Then
            End If
    End Sub

    Private Sub O_Detile_Click() 'เลือกรายละเอียด
    '    F_Lab1.Select_Doc (2)
    '    F_Lab.ZOrder 1
    End Sub

    Private Sub O_Work_Click() 'เลือกขั้นตอนการทดลอง
    '    F_Lab1.Select_Doc (3)
    '    F_Lab.ZOrder 1
    End Sub

    Private Sub O_Content_MouseUp(Button As Integer, Shift As
    Integer, X As Single, Y As Single)
    '    O_Content_Click
    '    F_Lab.ZOrder 1
    End Sub

    Private Sub O_Content_Click() 'เลือกกล่าวนำ
    '    F_Lab1.Select_Doc (1)
    End Sub


    Sub Ct_P(Obj_Main As Control, Obj_Sub As Control)      'วางตรงกลาง
    Picture
        If ((Obj_Main.ScaleWidth / 2) - (Obj_Sub.Width / 2)) > 0 Then
            Obj_Sub.Left = (Obj_Main.ScaleWidth / 2) - (Obj_Sub.Width
    / 2)
        Else
            Obj_Sub.Left = (Obj_Main.ScaleWidth / 2)
        End If
    End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Set_Align_All()
Dim i As Integer
    For i = 0 To Lab_MAX
        P_LAB_1(i).Top = 0
        P_LAB_2(i).Top = P_LAB_1(i).Height
        P_LAB_3(i).Top = P_LAB_2(i).Top + P_LAB_2(i).Height
        P_LAB_4(i).Top = P_LAB_3(i).Top + P_LAB_3(i).Height
    Next i
End Sub
'เริ่มการวางตำแหน่งใบงาน
Sub Lab(Lo As Integer)
    F_Lab.Set_Lab_ON (Lo)
    Set_Page_Wid (Lo)
    Set_Page_Hei (Lo)
    Set_View_LAb
    Set_Scoll
End Sub
Sub Set_Auto_All()
Dim i As Integer

    For i = 0 To Lab_MAX
        P_LAB_1(i).AutoSize = True
        P_LAB_2(i).AutoSize = True
        P_LAB_3(i).AutoSize = True
        P_LAB_4(i).AutoSize = True
    Next I

End Sub



Sub Set_Lab_ON(Lab As Integer)
    If Lab > Lab_MAX Then Exit Sub
        P_LAB_1(Lab).Visible = True
        P_LAB_2(Lab).Visible = True
        P_LAB_3(Lab).Visible = True
        P_LAB_4(Lab).Visible = True
End Sub



Sub Set_Lab_OFF(Lab As Integer)
    If Lab > Lab_MAX Then Exit Sub
        P_LAB_1(Lab).Visible = False
        P_LAB_2(Lab).Visible = False
        P_LAB_3(Lab).Visible = False
        P_LAB_4(Lab).Visible = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Set_View_LAb()
    View_LAB.AutoSize = False

    View_LAB.Left = 0
    View_LAB.Top = 20
    View_LAB.Height = Page_Hei



    View_LAB.Width = Page_Wid * 2
    View_LAB.Visible = True
End Sub
Sub Lab_Center()
Dim i As Integer
    For i = 0 To Lab_MAX
        Ct_P P_LAB, P_LAB_1(i)
        Ct_P P_LAB, P_LAB_2(i)
        Ct_P P_LAB, P_LAB_3(i)
        Ct_P P_LAB, P_LAB_4(i)
    Next i

End Sub


Sub Set_Page_Wid(Lab As Integer)
    Page_Wid = 1
    If Lab > Lab_MAX Then Exit Sub
    Set_Wid (P_LAB_1(Lab).Width)
    Set_Wid (P_LAB_2(Lab).Width)
    Set_Wid (P_LAB_3(Lab).Width)
    Set_Wid (P_LAB_4(Lab).Width)
End Sub
Sub Set_Wid(Wid As Long)
    If Page_Wid < Wid Then Page_Wid = Wid
    If Page_Wid = 0 Then Page_Wid = 1
End Sub

Sub Set_Page_Hei(Lab As Long)
    Page_Hei = 1
    If Lab > Lab_MAX Then Exit Sub
    Set_Hei (P_LAB_1(Lab).Height + P_LAB_2(Lab).Height + P_LAB_3
(Lab).Height + P_LAB_4(Lab).Height)
End Sub

Sub Set_Hei(Hei As Long)
    If Page_Hei < Hei Then Page_Hei = Hei
    If Page_Hei = 0 Then Page_Hei = 1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Set_Scoll()
        HS_Lab.Min = 0
        HS_Lab.Value = HS_Lab.Min
        VS_Lab.Min = -20
        VS_Lab.Value = VS_Lab.Min
'MsgBox Str(Page_Wid) + " page wid | Page Hei " + Str(Page_Hei)

     If (Page_Wid) > (P_LAB.ScaleWidth - (VS_Lab.Width)) Then
        HS_Lab.Max = (Page_Wid) '- (P_LAB.ScaleWidth -
(VS_Lab.Width))




        HS_Lab.Enabled = True
        '- P_LAB.ScaleWidth
    Else
        HS_Lab.Max = HS_Lab.Min
        HS_Lab.Enabled = False
    End If

    If ((Page_Hei) > P_LAB.ScaleHeight) Then
        VS_Lab.Max = ((Page_Hei) - (P_LAB.ScaleHeight -
(HS_Lab.Height))) + 20
        VS_Lab.Enabled = True
        '- P_LAB.ScaleHeight
    Else
        VS_Lab.Max = VS_Lab.Min
        VS_Lab.Enabled = False
    End If

    If Int(HS_Lab.Max / 25) > 50 Then HS_Lab.LargeChange = Int
(HS_Lab.Max / 25) Else HS_Lab.LargeChange = 50
    If Int(VS_Lab.Max / 25) > 50 Then VS_Lab.LargeChange = Int
(VS_Lab.Max / 25) Else VS_Lab.LargeChange = 50

End Sub


Private Sub View_LAB_DragOver(Source As Control, X As Single, Y
As Single, State As Integer)
    F_Lab.Print Source.Width
 End Sub
Private Sub View_LAB_MouseDown(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Print Button
    If Button = 2 Then Cls
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub VS_Lab_Change()
    Text2.Text = Str(VS_Lab.Value)
    View_LAB.Top = -VS_Lab.Value
End Sub
Private Sub HS_Lab_Change()
    Text1.Text = Str(HS_Lab.Value)
    View_LAB.Left = -HS_Lab.Value
End Sub
```

รูปที่ ข.5 โปรแกรมใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form F_Tel
                    Caption       =     "เกี่ยวกับโทรศัพท์ (BETA 1.00)"
                    ClientHeight  =     6795
                    ClientLeft    =     60
                    ClientTop     =     345
                    ClientWidth   =     7305
                    FillStyle     =     0  'Solid
                    LinkTopic     =     "Form1"
                    MDIChild      =     -1  'True
                    ScaleHeight   =     6795
                    ScaleWidth    =     7305
                    Visible       =     0     'False
                    Begin VB.CommandButton C_Preview
                    Caption       =     "<----- หน้าก่อนนี้"
                    Height =      540
                    Left   =      105
                    TabIndex      =     3
                    Top    =      5250
                    Width  =      1590
                    End
                    Begin VB.CommandButton C_Next
                    Caption       =     "หน้าต่อไป ----->"
                    Height =      540
                    Left   =      1680
                    TabIndex      =     2
                    Top    =      5250
                    Width  =      1590
                    End
                    Begin VB.CommandButton C_Return
                    Caption       =     "กลับสู่หน้าจอหลัก"
                    Height =      645
                    Left   =      5355
                    TabIndex      =     1
                    Top    =      5970
                    Width  =      1800
                    End
                    Begin VB.TextBox T_ATel
                    BeginProperty Font
                    Name   =      "AngsanaUPC"
                    Size   =      15.75
                    Charset       =     222
                    Weight =      700
                    Underline     =     0     'False
                    Italic =      0     'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Strikethrough =    0      'False
                    EndProperty
                    Height =      4800
                    Left   =      240
                    MultiLine     =      -1  'True
                    ScrollBars    =      1  'Horizontal
                    TabIndex      =      0
                    Text    =     "TEL_Abou.frx":0000
                    Top     =     225
                    Width   =     6645
                    End
                    End
Attribute VB_Name       = "F_Tel"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable       = False
Attribute VB_PredeclaredId   = True
Attribute VB_Exposed         = False
Sub F_Tel_Off()
                    F_off (4)
                    F_Tel.Hide
                    F_Tel.Enabled       = False
                    F_Tel.Visible       = False
End Sub

Private Sub C_Return_Click()
Form_Unload (0)
End Sub


Private Sub Form_Paint()
                    F_Tel.ScaleMode = 3
                    C_Return.Left   = F_Tel.ScaleWidth -
C_Return.Width - 20
                    C_Return.Top    = F_Tel.ScaleHeight -
C_Return.Height - 20
                    T_ATel.Left     = 5
                    T_ATel.Width    = F_Tel.ScaleWidth - 10
                    F_Tel.Top       = MF_Main.ScaleHeight / 2) -
(F_Tel.Height / 2)
                    F_Tel.Left      = MF_Main.ScaleWidth / 2) -
(F_Tel.Width / 2)
End Sub

Private Sub Form_Resize(
                    Form_Paint
End Sub
Sub Start_Tel()
                    F_load = 4
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
                    Start_Tel
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
                    F_Tel_Off
                    F_Main.F_Main_On
End Sub

Private Sub Text1_Change()

End Sub
```

รูปที่ ข.6 โปรแกรมรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.MDIForm MF_Main
   BackColor       =   &H00E4DD87&
   Caption         =   "ชุดทดลองโทรศัพท์ (รุ่น 1.00)  โดย รุ่น '19 ครุวิศวะฯ สจล."
   ClientHeight    =   6105
   ClientLeft      =   225
   ClientTop       =   435
   ClientWidth     =   8535
   Icon            =   "MF_Main.frx":0000
   LinkTopic       =   "MF_Main"
   NegotiateToolbars=   0   'False
   ScrollBars      =   0   'False
   WindowState     =   2  'Maximized
End
Attribute VB_Name = "MF_Main"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub MDIForm_Load()
    Set_Const
    F_Test.Clear_All_Port
    F_load = 0
    F_Main.Show
End Sub
Private Sub MDIForm_Resize()
    ' หน้าต่างที่ 1 F_Main มี ค่าตรวจสอบ = 1
    ' หน้าต่างที่ 2 F_Lab มี ค่าตรวจสอบ = 2
    ' หน้าต่างที่ 3 F_Tel มี ค่าตรวจสอบ = 4
    'หน้าต่างที่ 4 F_Test มี ค่าตรวจสอบ = 8
    'หน้าต่างที่ 5 F_Main มี ค่าตรวจสอบ = 16
    'หน้าต่างที่ 6 F_Main มี ค่าตรวจสอบ = 32

    'MF_Main.Caption = F_load
   If (F_load And 1) = 1 Then F_Main.Refresh
   If (F_load And 2) = 2 Then F_Lab.Refresh
   If (F_load And 4) = 4 Then F_Tel.Refresh
   If (F_load And 8) = 8 Then F_Test.Refresh
   'If (F_load And 1) = 1 Then F_Main.Refresh
End Sub
Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)
    End_MainProgram
    Cancel = -1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

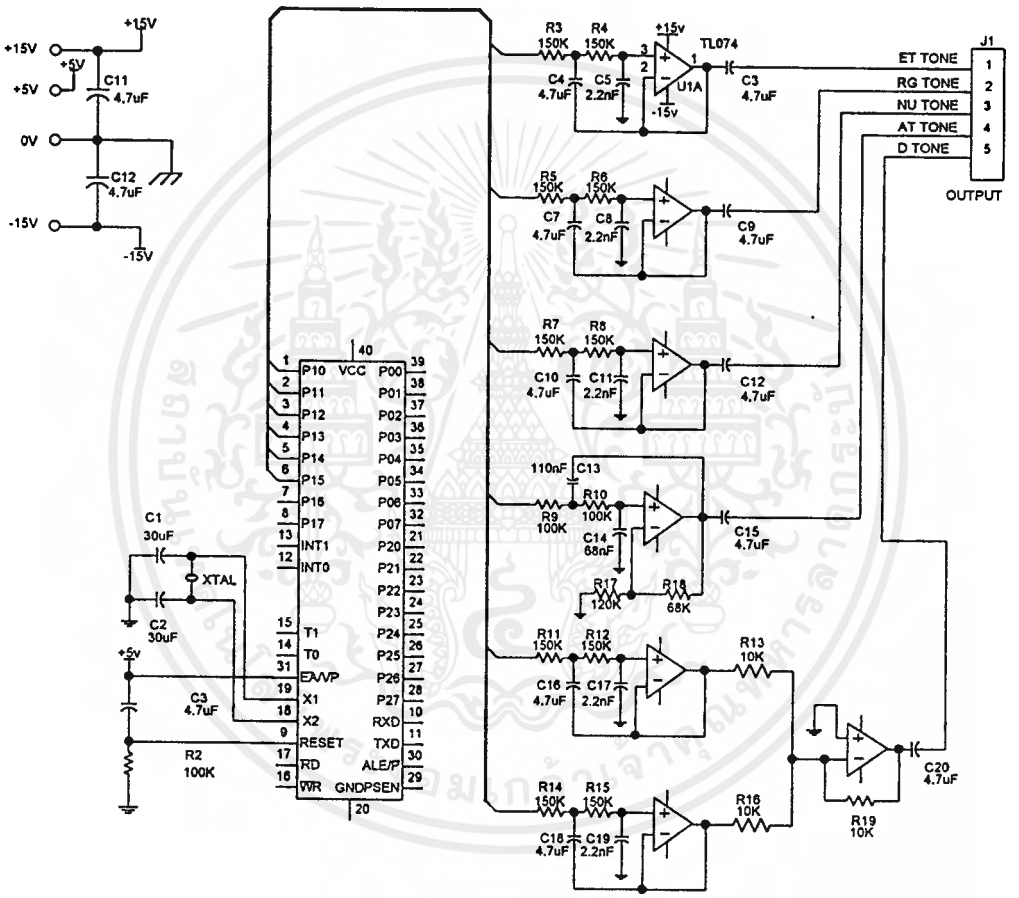
```
Sub End_MainProgram()
Dim Conf As Integer
        Conf = MsgBox("ต้องการจบการทำงานใช่(YES) หรือ ไม่(NO)", vbYesNo +
vbDefaultButton2)
        If Conf = vbYes Then
            F_Test.Clear_All_Port
            End                    'จบการทำงาน
        End If
End Sub
```

รูปที่ ข.7 โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

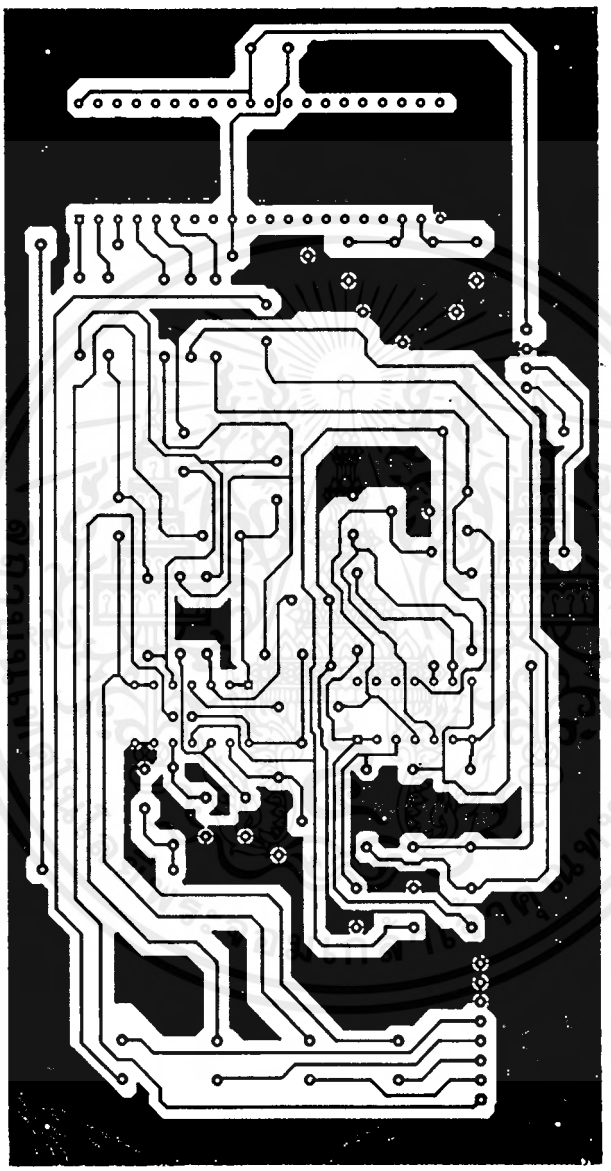
ภาคผนวก ค
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



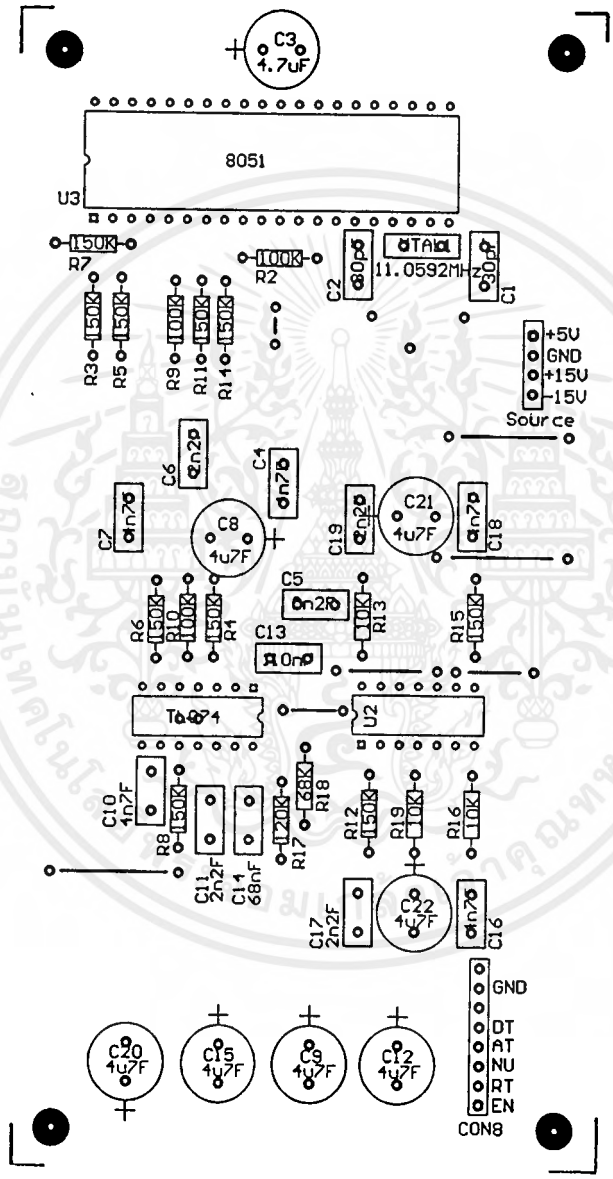
รูปที่ ค.1 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



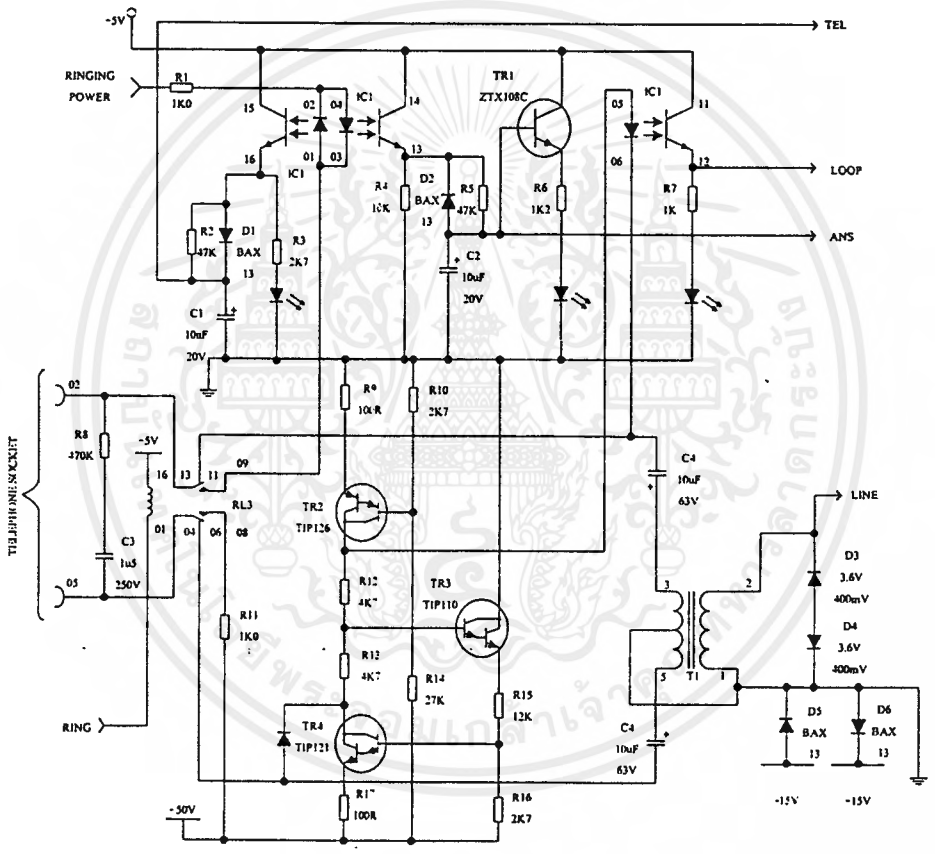
รูปที่ ค.2 ลายวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



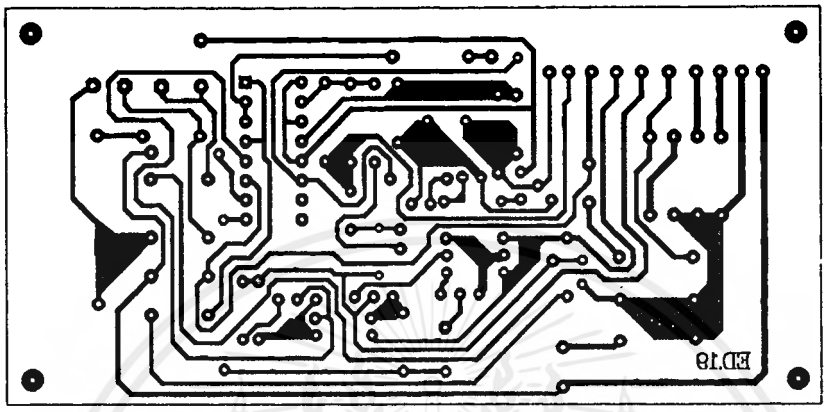
รูปที่ ค.3 การวางอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

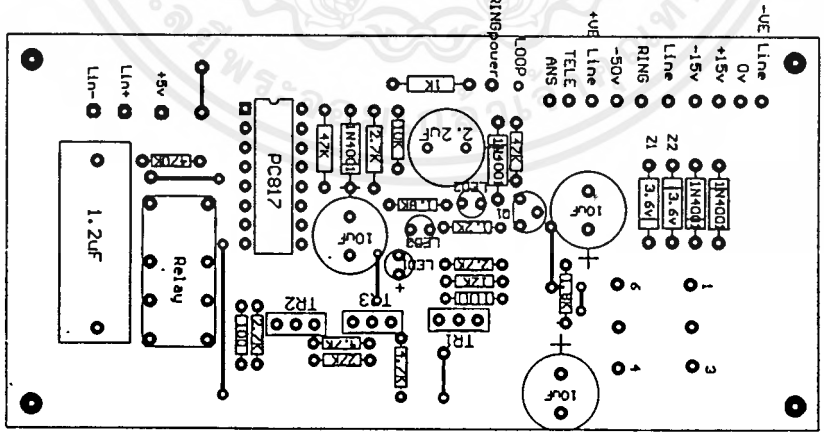


รูปที่ ค.4 วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

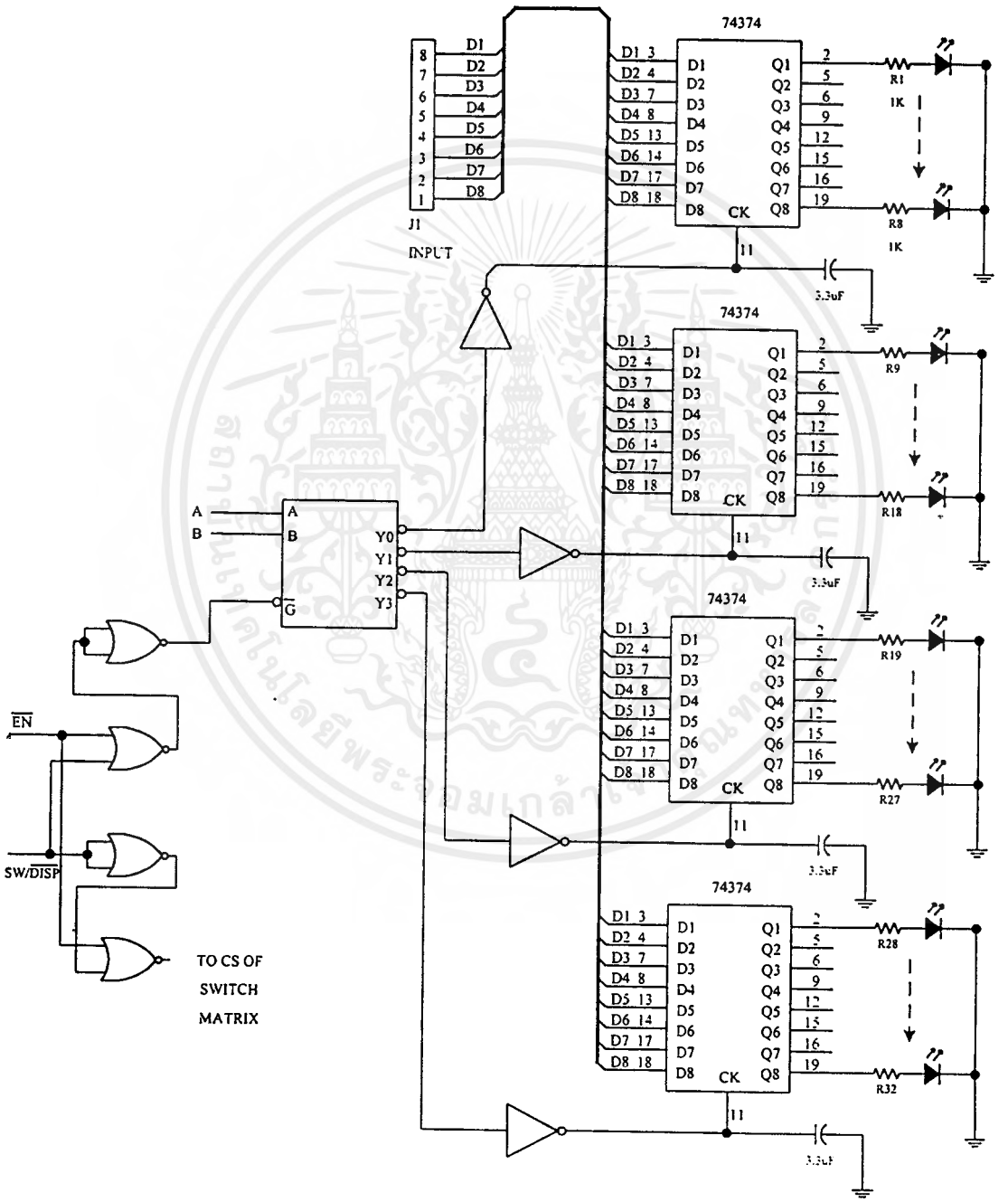


รูปที่ ค.5 ลายวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง (ด้านล่าง)



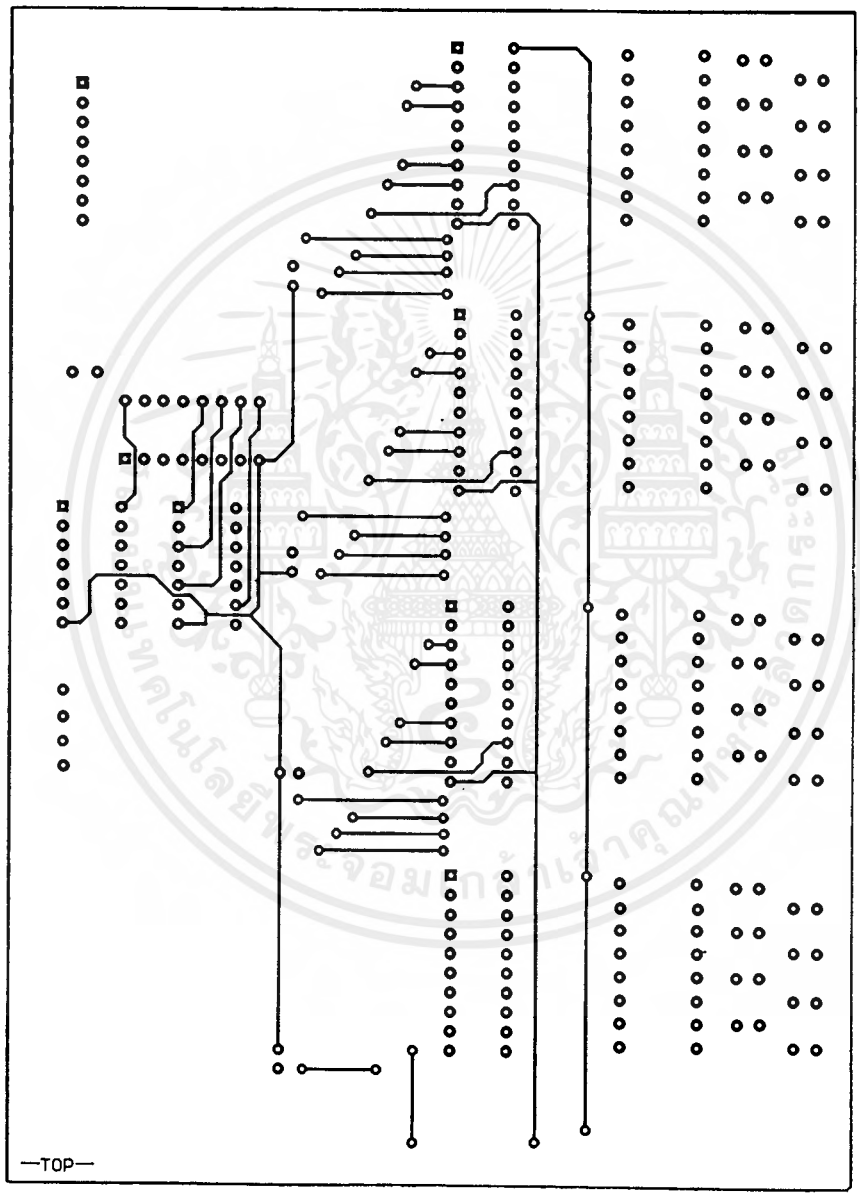
รูปที่ ค.6 การวางอุปกรณ์วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



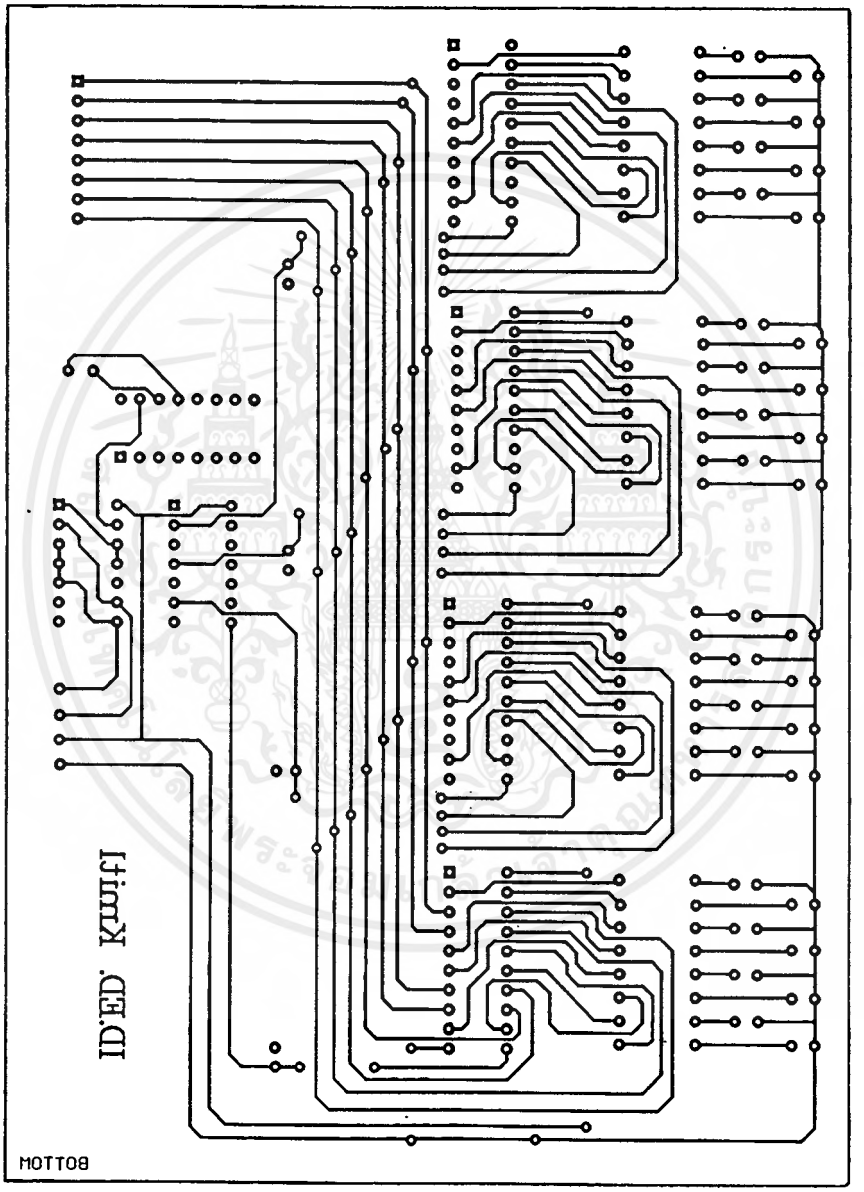
รูปที่ ค.7 วงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



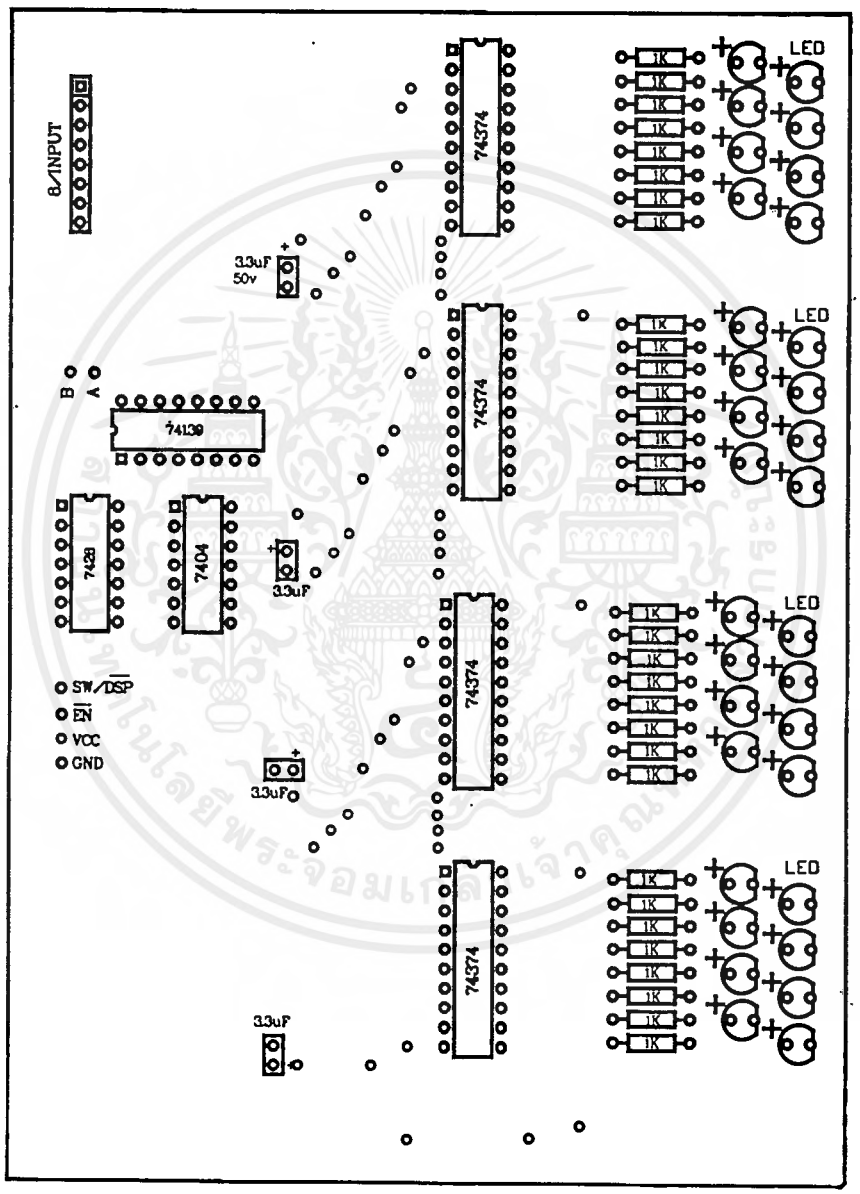
รูปที่ ค.8 ลายวงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



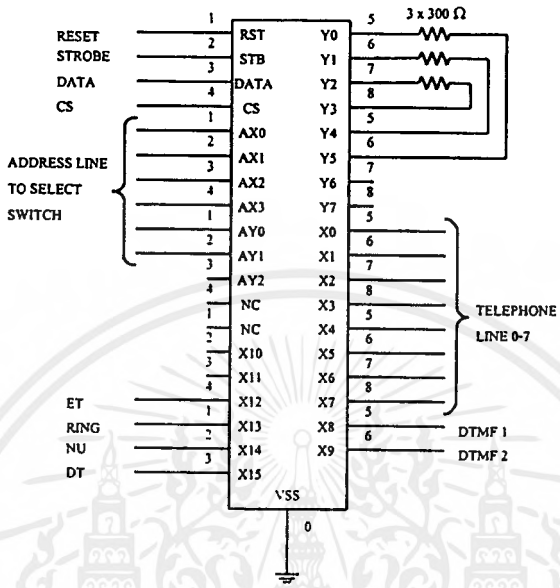
รูปที่ ค.9 ลายวงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

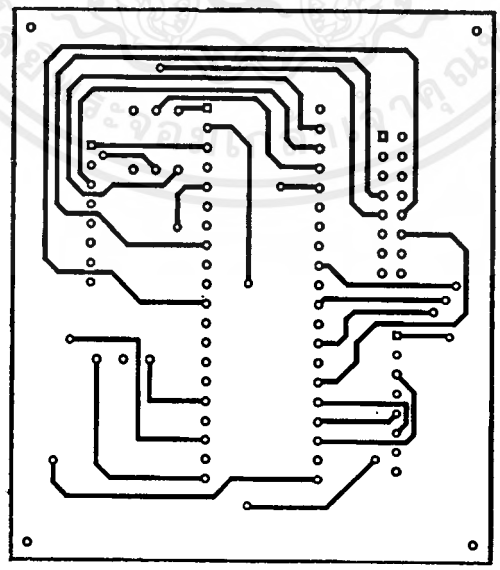


รูปที่ ค.10 การวางอุปกรณ์วงจรส่วนแสดงผลของวงจรสวิตช์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

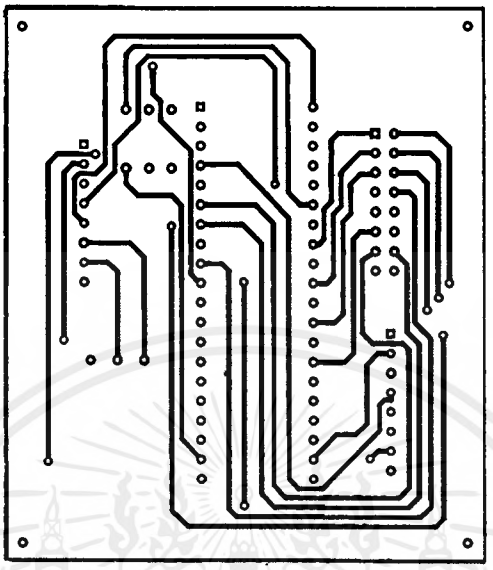


รูปที่ ค.11 วงจรสวิตช์เมตริกซ์

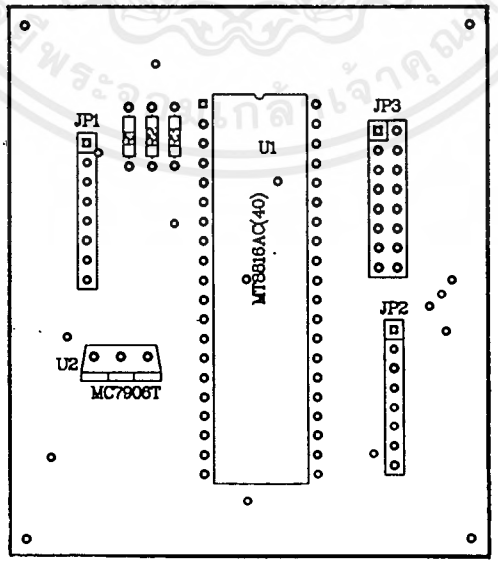


รูปที่ ค.12 ลายวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

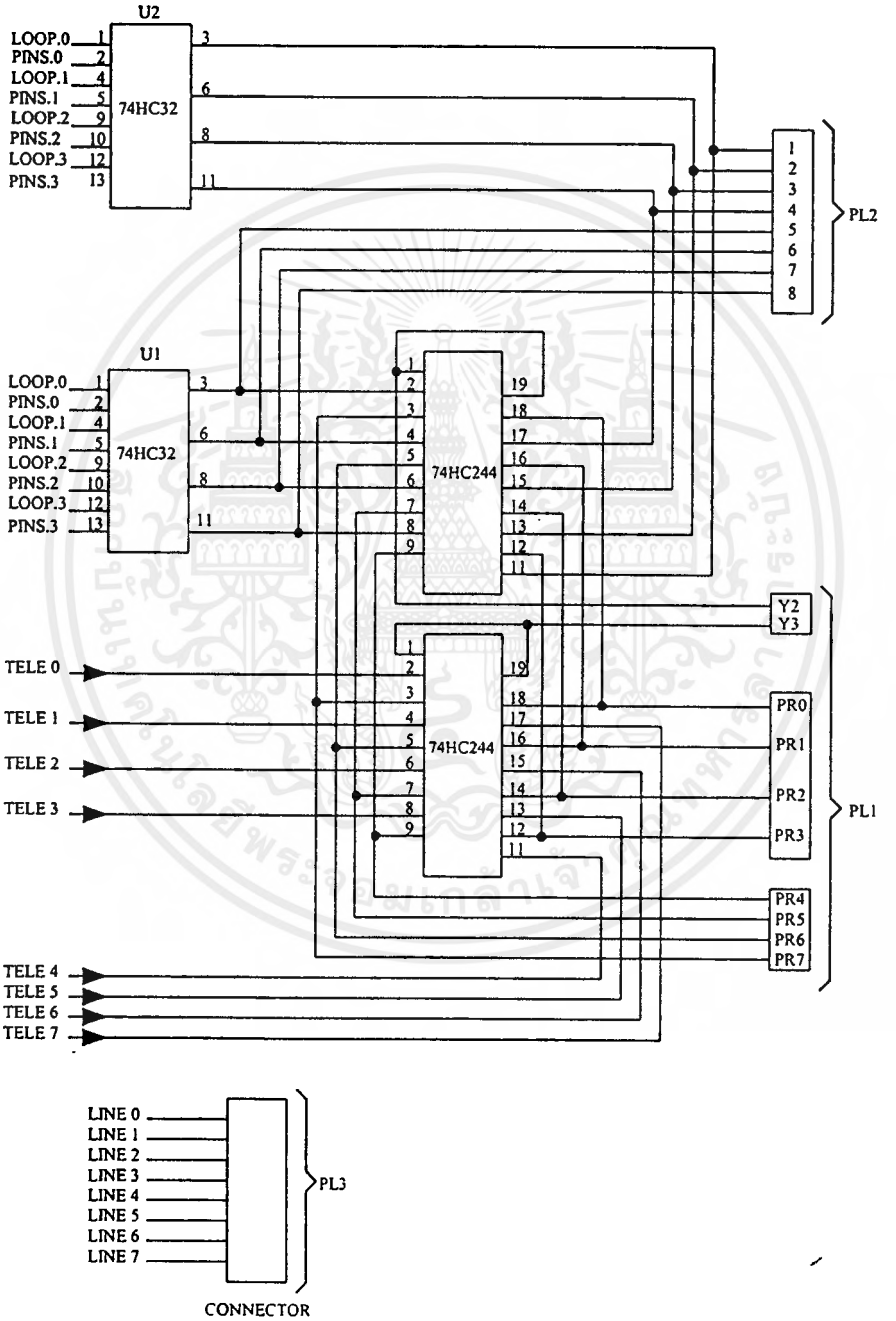


รูปที่ ค.13 ลายวงจรสวิตช์เมตริกซ์ (ด้านล่าง)



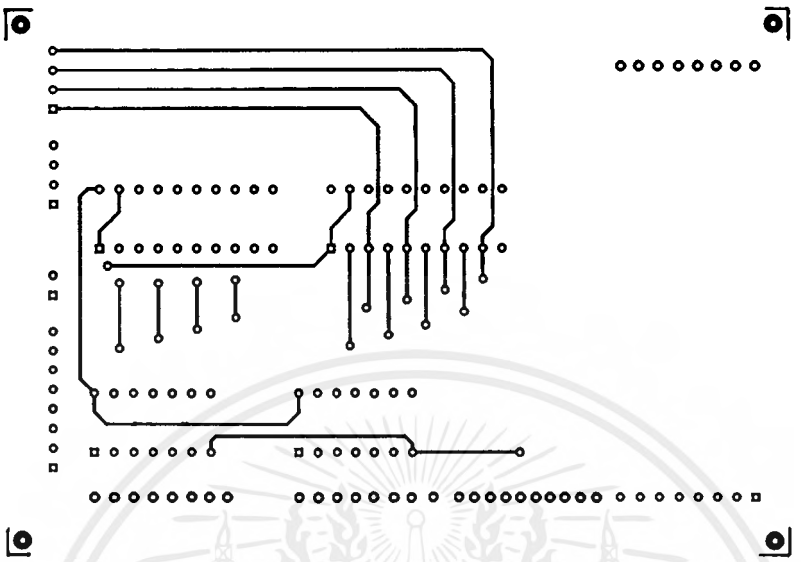
รูปที่ ค.14 การวางอุปกรณ์วงจรสวิตช์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

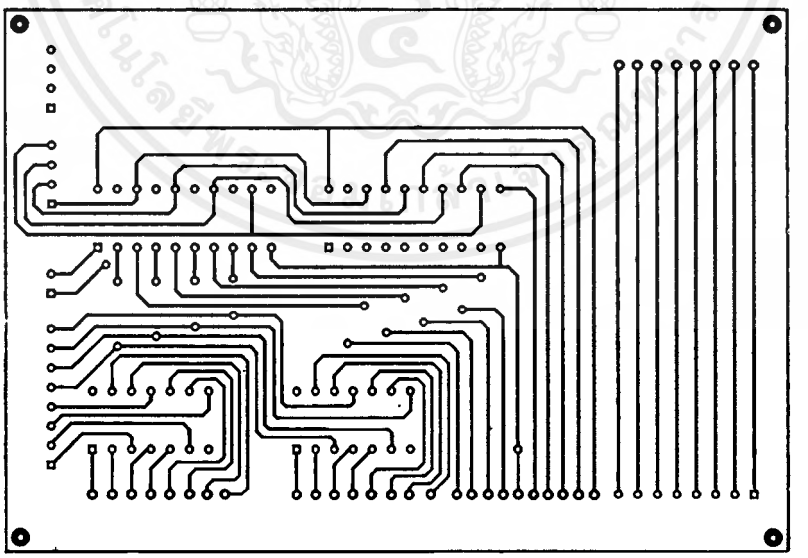


รูปที่ ค.15 วงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

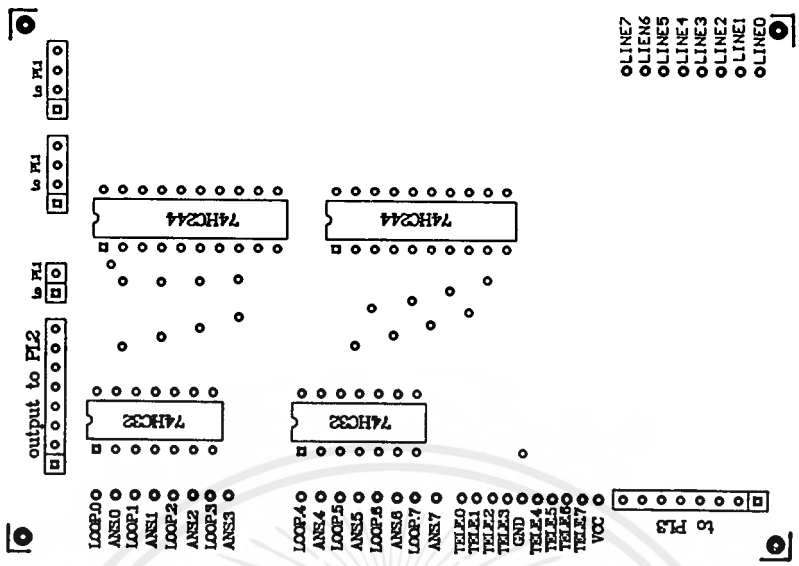


รูปที่ ค.16 ลายวงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย (ด้านบน)

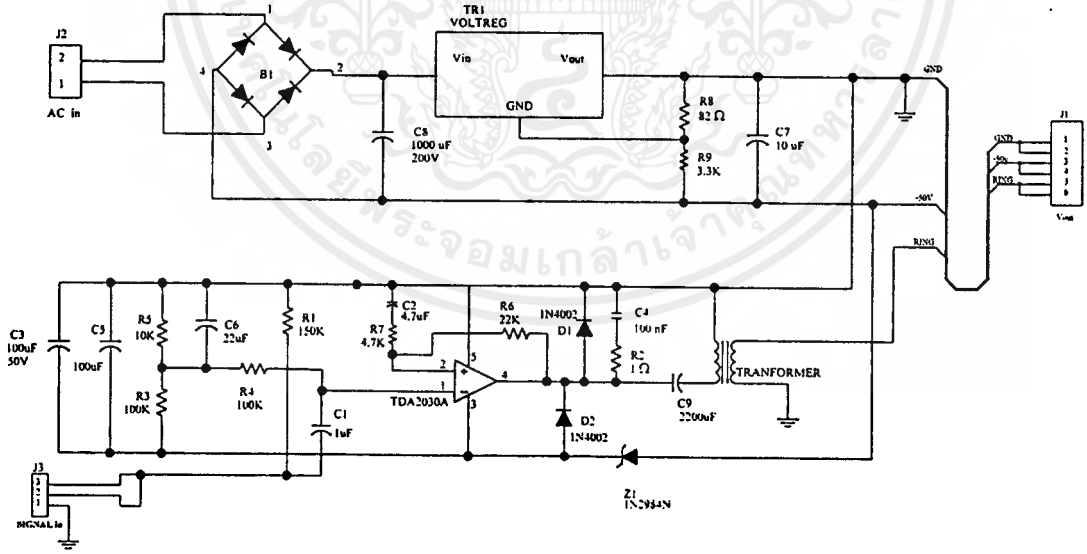


รูปที่ ค.17 ลายวงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

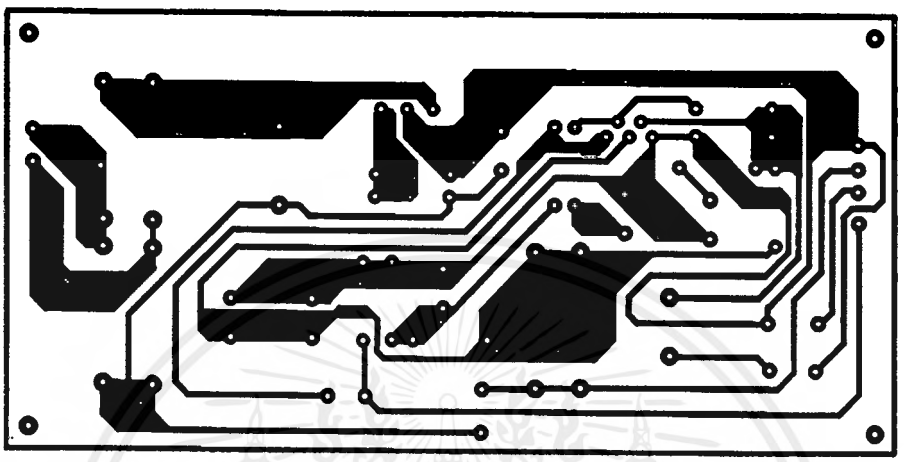


รูปที่ ค.18 การวางอุปกรณ์วงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสวิตช์เมตริกซ์กับชุมสาย

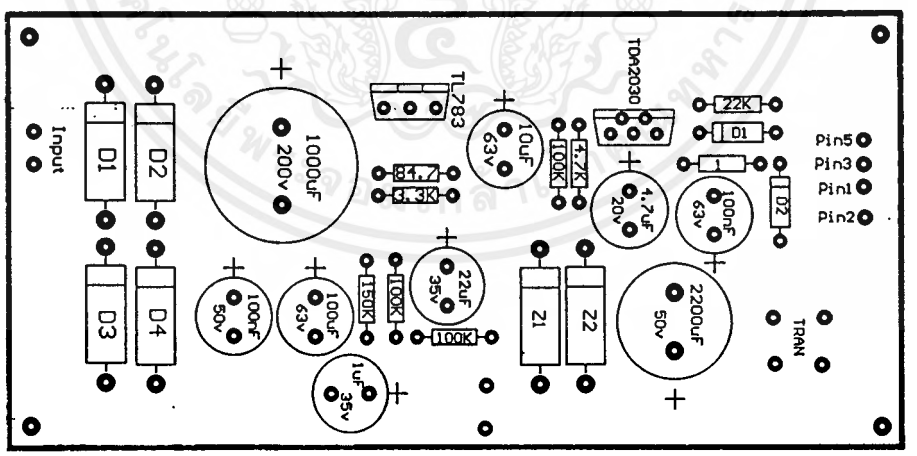


รูปที่ ค.19 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

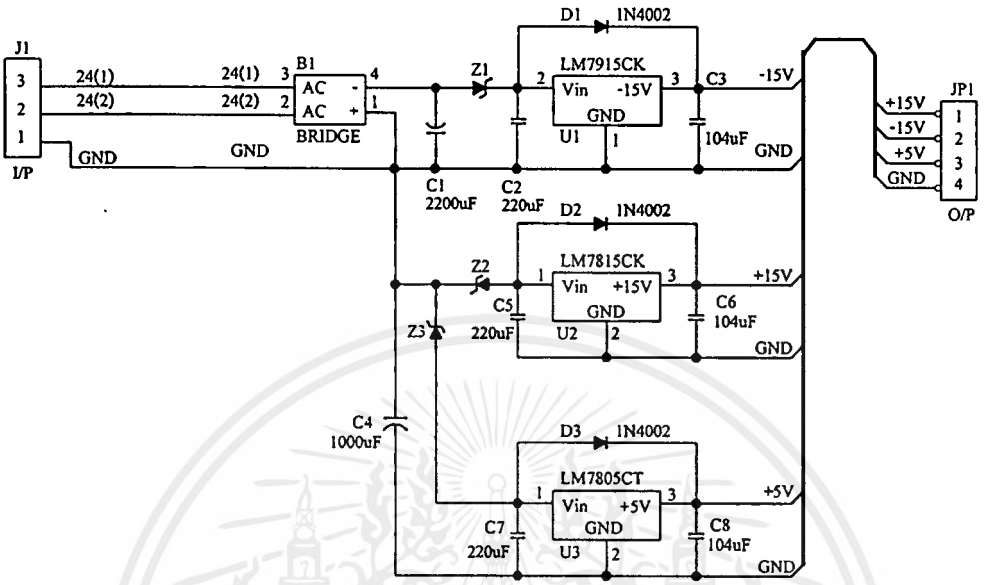


รูปที่ ค.20 ลายวงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing

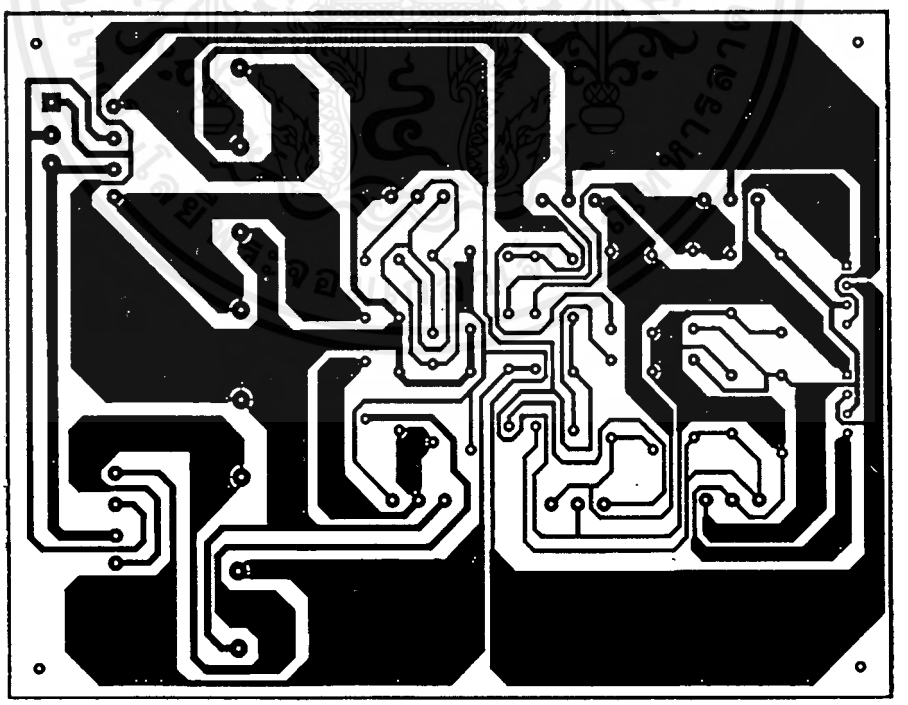


รูปที่ ค.21 การวางอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์และสร้างสัญญาณ Ringing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

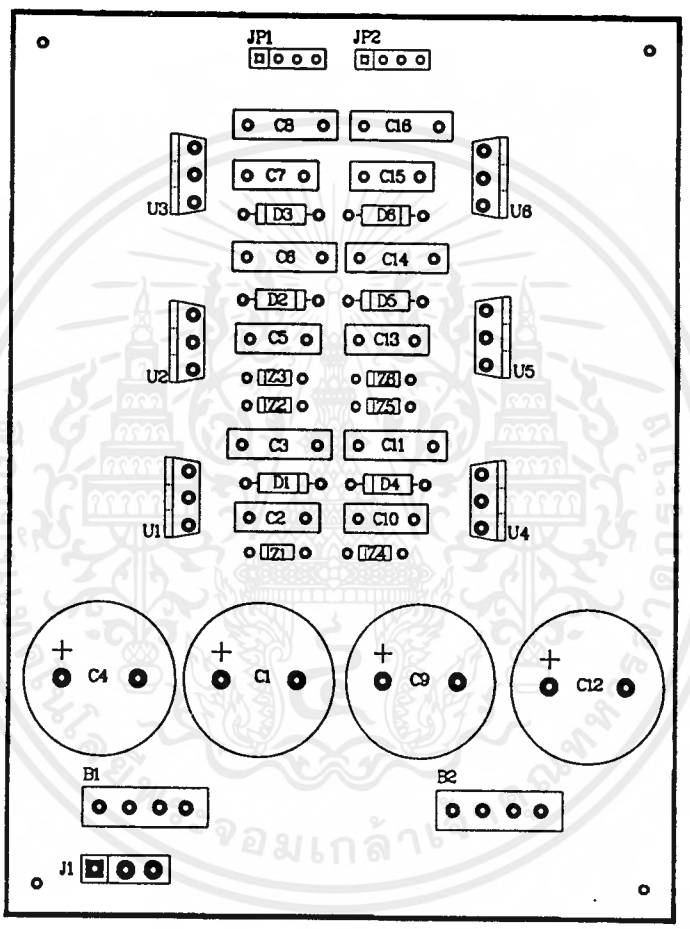


รูปที่ ค.22 วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร



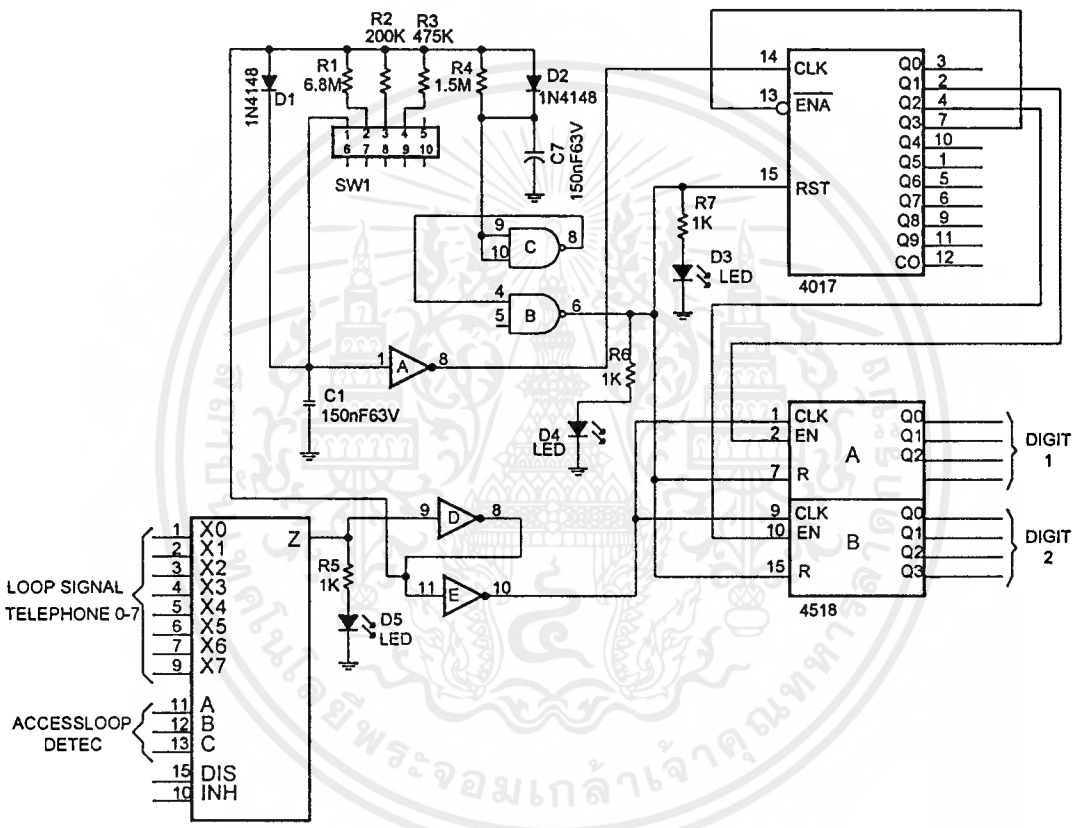
รูปที่ ค.23 ลายวงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



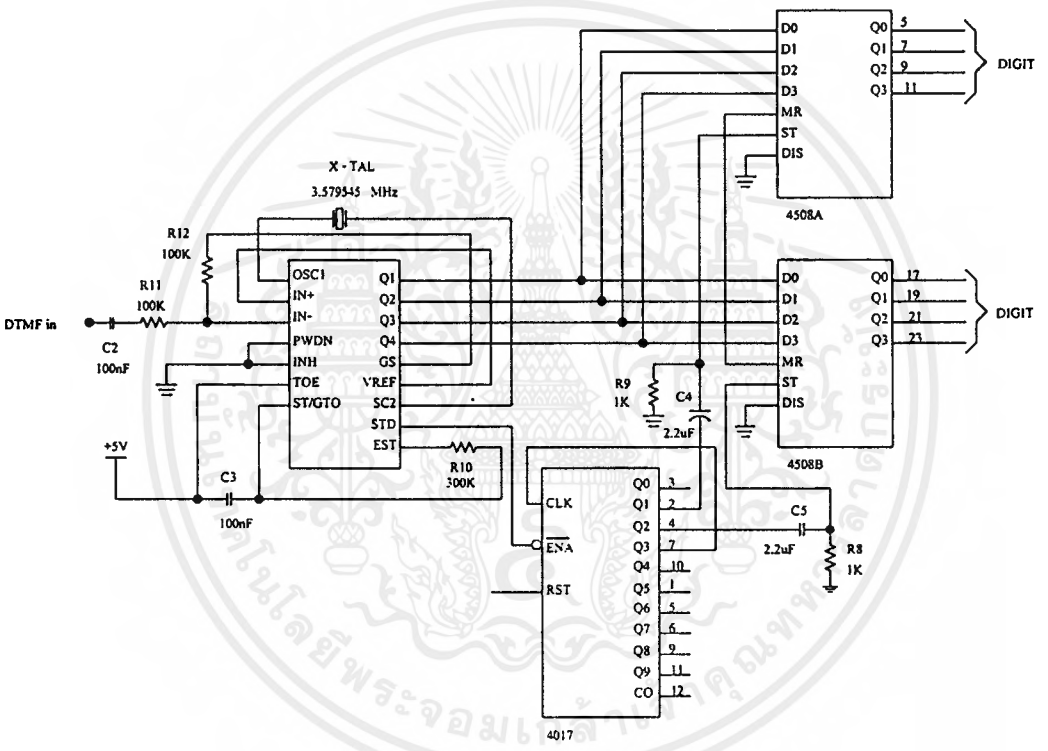
รูปที่ ค.24 การวางอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



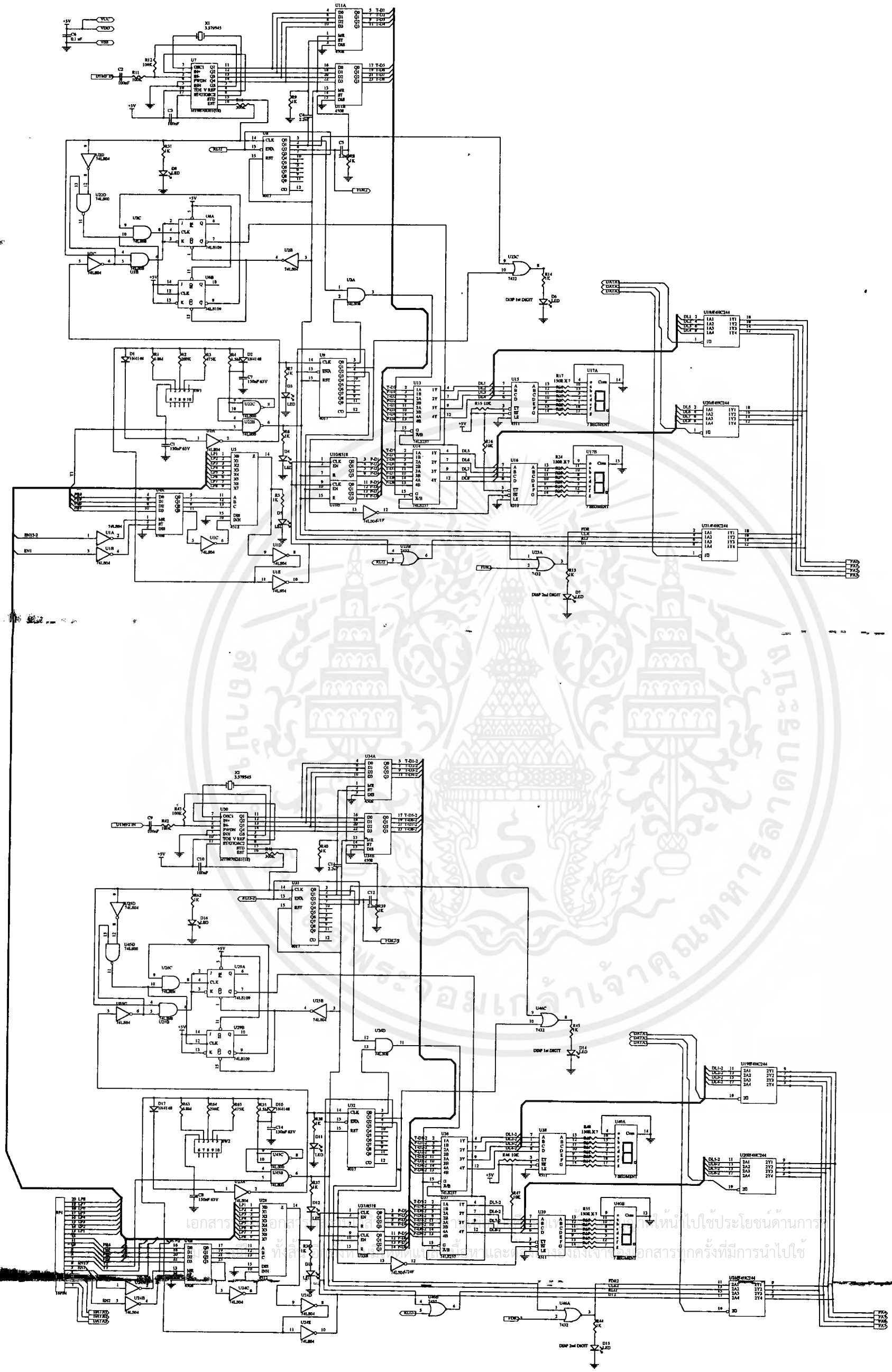
รูปที่ ค.25 วงจรภาคตรวจสอบเลขหมายปลายทางแบบพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



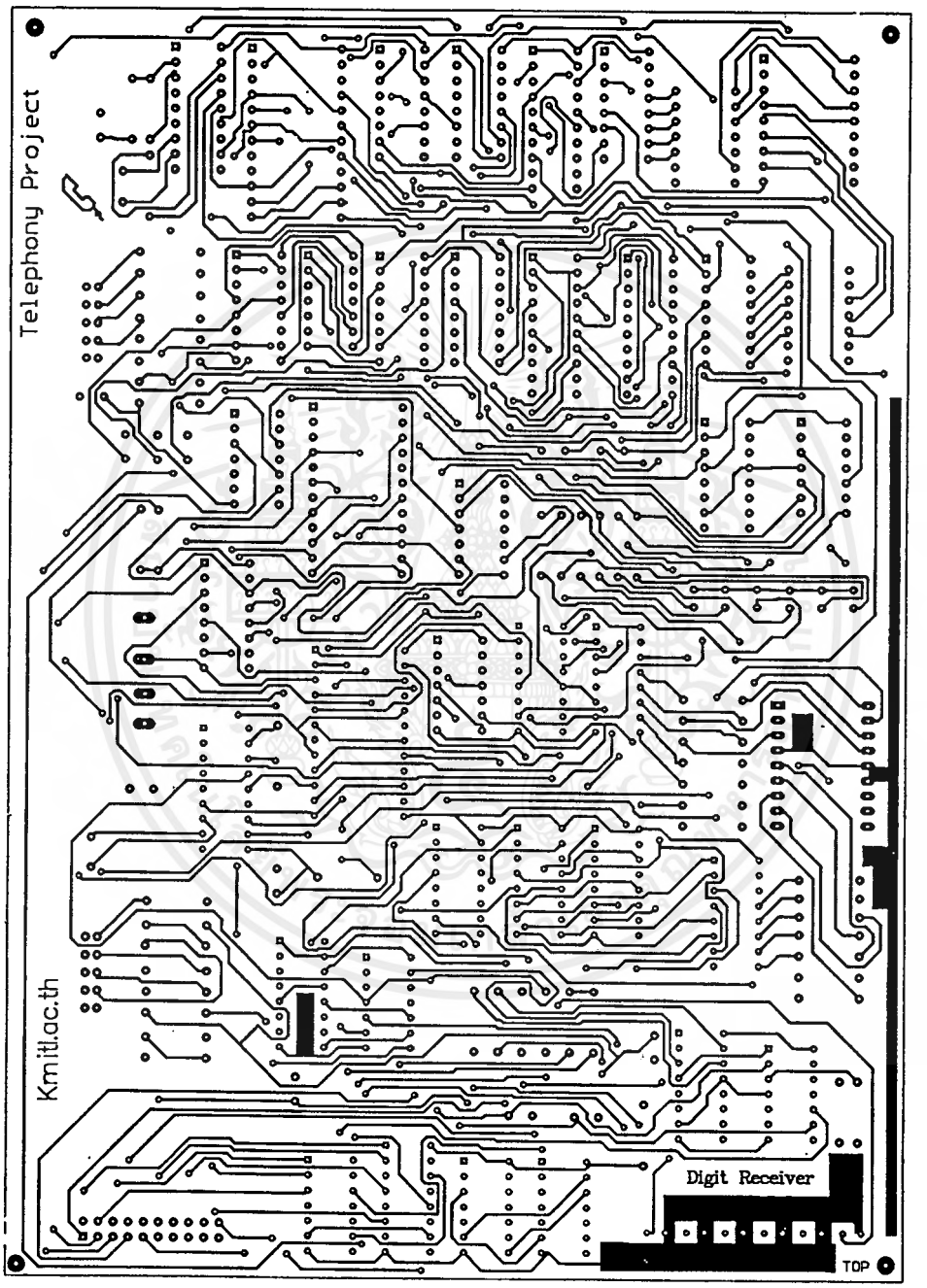
รูปที่ ค.26 วงจรภาคตรวจสอบเลขหมายปลายทางแบบโทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



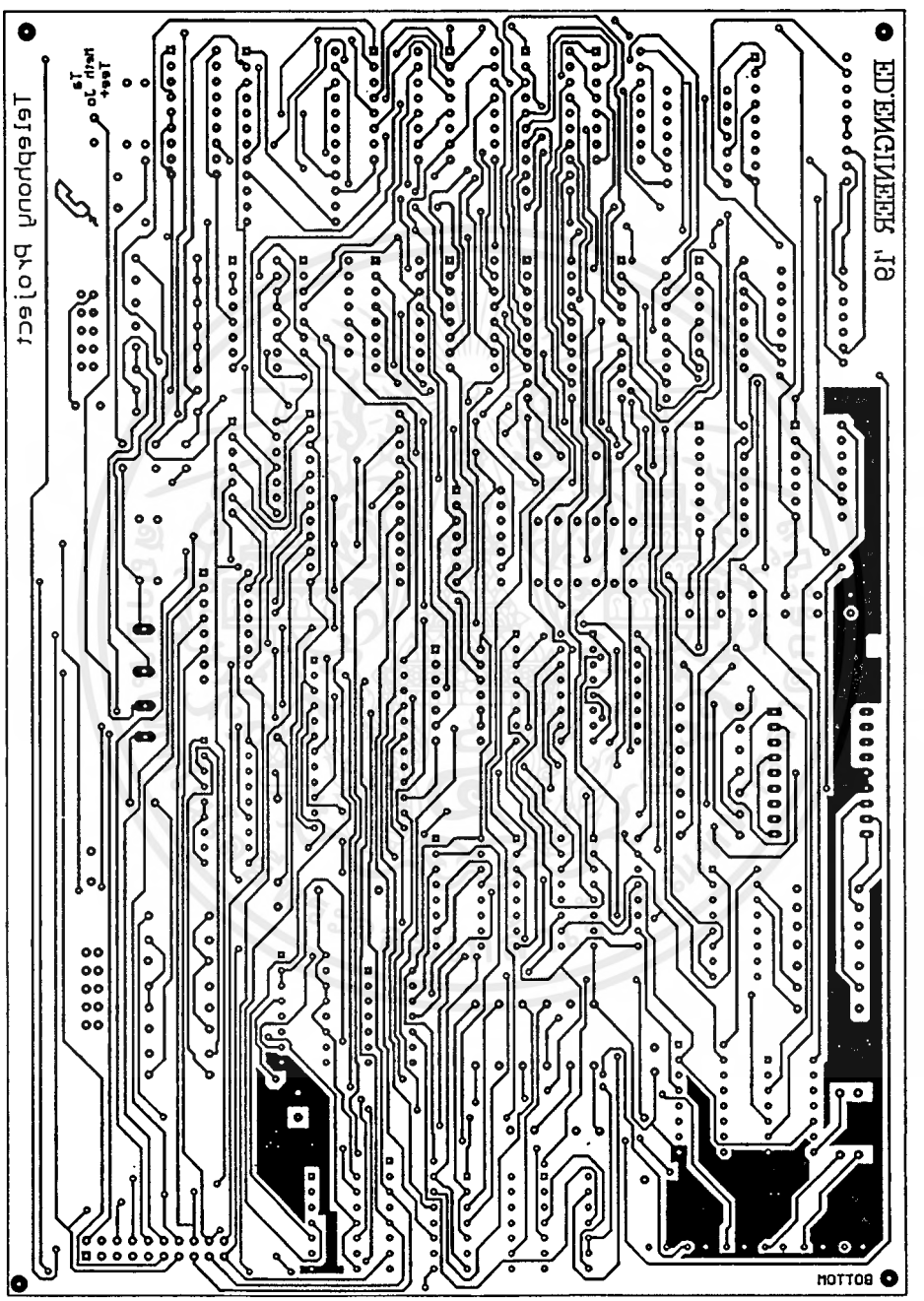
รูปที่ ค.27 วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



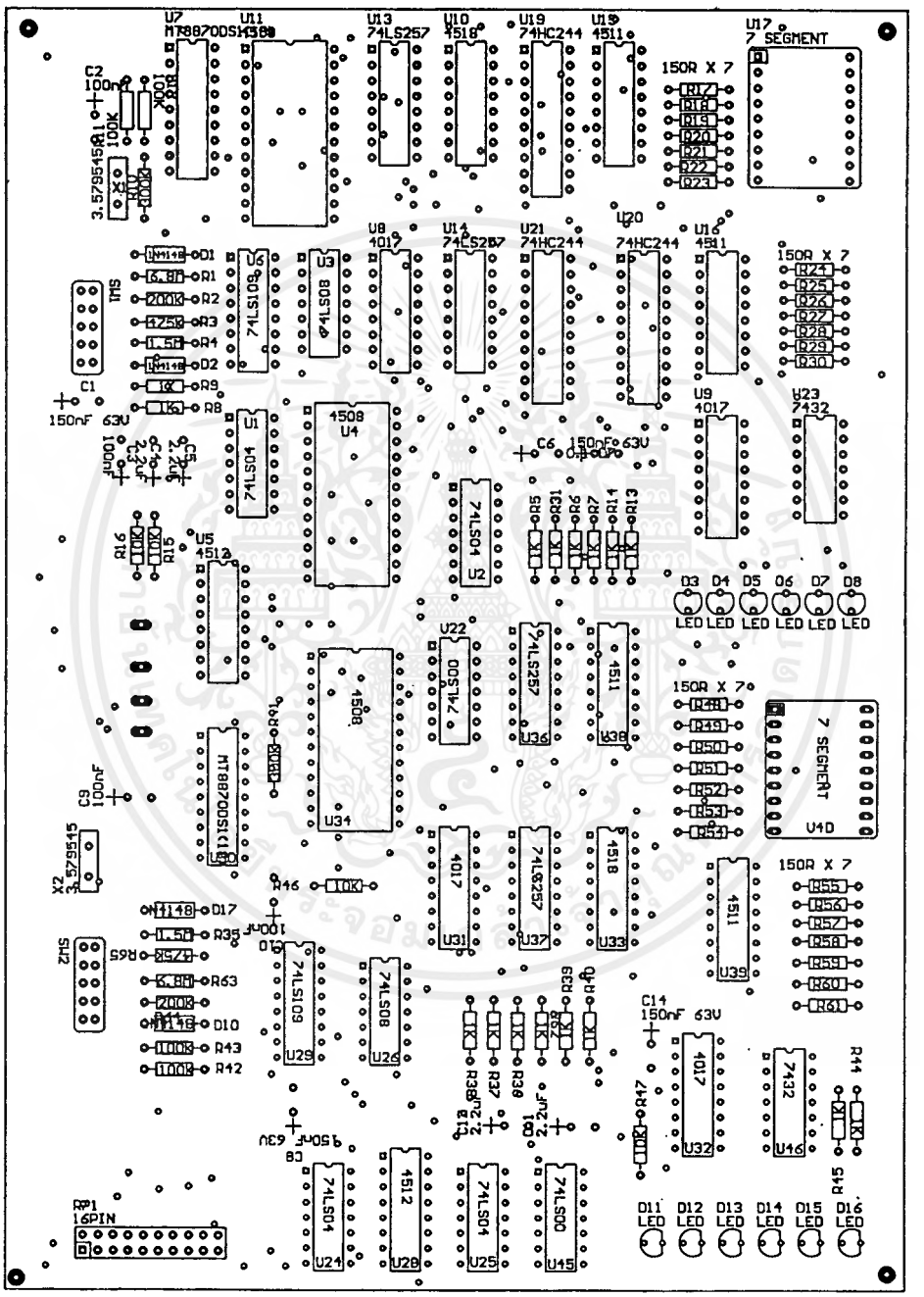
รูปที่ ค.28 ลายวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.29 ลายวงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.30 การวางอุปกรณ์วงจรตรวจสอบเลขหมายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานการทดลอง

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

Telephony Systems Tutor

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
รายละเอียดเกี่ยวกับชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ มีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับ ระบบชุมสายโทรศัพท์ และหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์ว่ามีการส่งสัญญาณ, การควบคุม, การติดต่อกันภายในระบบอย่างไร ชุดฝึกแต่ละชุดเป็นการแยกส่วนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ ออกเป็นส่วนๆ เพื่อง่ายในการศึกษาการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งการทำงานในแต่ละส่วนจะมีการแสดงผลการทำงานเพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการกระทำใดๆ เกิดขึ้น ทั้งนี้ยังมีจุดทดสอบเพื่อที่จะศึกษารูปสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในระบบชุมสายโทรศัพท์

การทำงานของชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ คอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่นำมาใช้ในชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้ เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของระบบ และใช้ในการเป็นส่วนแสดงผล

ส่วนประกอบชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย โทรศัพท์ทั้งหมด 8 เครื่อง และส่วนของชุดฝึกที่แบ่งเป็นภาคการทำงานอีก 7 ส่วน คือ

1. ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง (Tone Generator)
2. ชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและโทรศัพท์ของผู้ใช้ปลายทาง (Line Circuit)
3. ชุดตรวจสอบเลขหมายปลายทาง (Digit Receiver)
4. ชุดสวิตช์เมตริก (Switch Matrix)
5. ชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส (Control Interface)
6. ส่วนของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (Card I/O Port)
7. ชุดจ่ายไฟ (Power Supply)

ขีดความสามารถของชุดทดลอง

1. เป็นชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ที่สามารถใช้ได้ 8 ผู้ใช้
2. มีเส้นทางการติดต่อแบบ 2 ทรั้งค์ (สนทนาได้พร้อมกัน 4 ผู้ใช้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การรับเลขหมายได้ทั้งแบบความถี่คู่ และแบบพัลซ์
4. การส่งสัญญาณกระดิ่งที่ใช้ในระบบชุมสายโทรศัพท์ใช้แรงดัน 110 โวลต์ แต่ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ลดลงเหลือ 80 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
โทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์เบื้องต้น

โทรศัพท์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสนทนาโดยใช้สัญญาณไฟฟ้าระหว่างผู้พูดที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในระยะทางไกลๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพูดของผู้พูดต้นทางและปลายทางถูกเรียกว่า Terminal เสียง คือแรงดันคลื่นที่เดินทางไปในอากาศ ที่แต่ละ Terminal จะมีการเปลี่ยนแรงดันคลื่นให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยเครื่องส่งโทรศัพท์ซึ่งเรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณเสียงพูดและสัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปยัง Terminal และก็จะมีการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้านี้กลับไปเป็นคลื่นเสียงโดยแครื่องรับโทรศัพท์ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งที่ใช้ในงานนี้ที่ติดตั้งไว้ที่บ้านจะติดตั้งได้ง่าย คำว่า Terminal ถูกใช้ครอบคลุมไปถึงอุปกรณ์อื่นๆ โดยเริ่มจากโทรศัพท์เบื้องต้นไปจนถึงการสื่อสารที่ซับซ้อน

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสัญญาณไฟฟ้า ถูกสร้างโดยคลื่นเสียงที่ส่งเข้าไปในโทรศัพท์เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง นั่นก็คือเสียงมีการเดินทาง ในการต่อโทรศัพท์แบบเบื้องต้น 2 เครื่องเข้าด้วยกัน โดยการใช้คู่สายซึ่งเรียกว่า Line ในระยะทางที่ห่างกันไม่มาก อุปกรณ์อื่นที่อาจจะใช้ร่วมกันกับการส่งสัญญาณไฟฟ้า อาจเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณ Radio Links หรือไฟเบอร์ออฟติคเคเบิ้ล สำหรับการส่งสัญญาณอาจถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณวิทยุ หรือสัญญาณแสง แต่ทุกกรณีสัญญาณที่เข้าหรือออก Terminal จะเป็นสัญญาณไฟฟ้า

หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ปลายทางชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งไปในสาย และในทางกลับกันทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียงตามเดิม

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

1) ปากพูดและหูฟัง (Handset) ประกอบด้วย ปากพูดและหูฟังรวมอยู่ด้วยกัน

1.1) ปากพูด คือ เครื่องส่ง

1.2) หูฟัง คือ เครื่องรับ

2) กระดิ่ง (Ringing) คือ อุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณที่บอกว่ามีคนเรียกเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สวิตช์ตัดต่อ (Hook Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร

4) หน้าปัทม์ มีทั้งแบบหมุนและแบบกดปุ่ม

ชุมสายโทรศัพท์

ในปัจจุบันระบบชุมสายโทรศัพท์ที่มีใช้กันมีด้วยกัน 2 ระบบ คือ

1) ชุมสายระบบครอสบาร์ (Crossbar System)

2) ชุมสายระบบเอสพีซี (SPC)

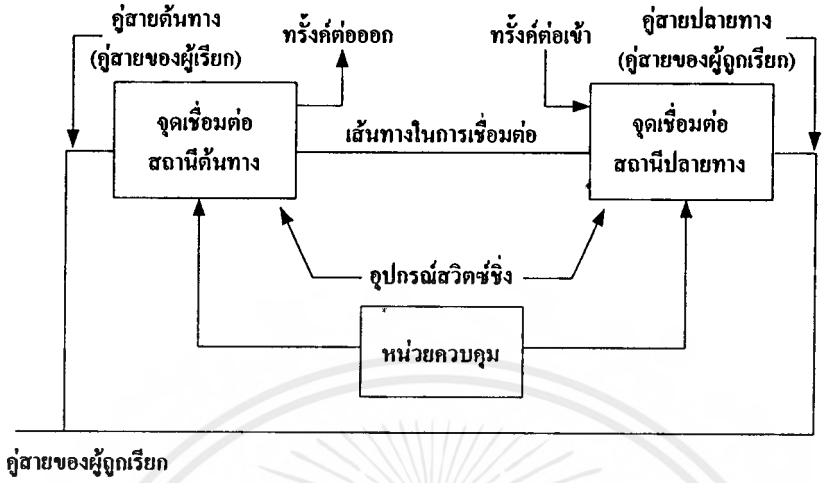
ซึ่งทั้งสองจะมีโครงสร้างพื้นฐานดังนี้

จากรูปที่ 2.1 เป็นวงจรพื้นฐานของระบบโทรศัพท์โดยทั่วไป คู่สายของผู้เรียกจะต่ออยู่ที่คู่สายผู้เรียก และเครื่องของผู้ถูกเรียกจะต่ออยู่กับคู่สายของผู้ถูกเรียก กรณีที่เป็นการต่อเข้าหรือออกจากชุมสายอื่น จุดของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกของแต่ละชุมสายจะทำงานร่วมกันเสมือนอยู่ในชุมสายเดียวกัน ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกจะถูกเชื่อมต่อถึงกันโดยผ่านเส้นทางภายในชุมสายนั้น โดยไม่ยุ่งเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างชุมสายเลย

การเชื่อมต่อไปยังชุมสายอื่น จะผ่านเคเบิลที่มีหลายคู่สายภายใน เรียกว่า ทรั้งค์ (Trunks) ทรั้งค์อาจเป็นเคเบิลโลหะ (Metallic Cables) สายมัลติเพล็กซ์ความถี่สูง, สายใยแก้วนำแสง (Optic Fiber) หรือตัวกลางอื่นๆ ที่มีหลายช่องสัญญาณ โดยทั่วไปทรั้งค์จะเป็นสายที่มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารได้ดีกว่าคู่สายธรรมดา มีการเชื่อมต่อที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อนต้องการการบำรุงรักษาที่ดีกว่า จึงมีราคาสูงกว่าคู่สายธรรมดา สายที่ใช้เชื่อมต่อภายในชุมสายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก จะถูกเรียกว่า จุดต่อ (Junctors) หรือทรั้งค์ภายในชุมสาย (Inter Office Trunks) ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจุดที่เชื่อมต่อและวิธีการที่ใช้เชื่อมต่อ

ภาคควบคุมเป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุมสายที่มีความสลับซับซ้อน และมีความฉลาดสามารถวิเคราะห์และประมวลผลได้รวดเร็ว เพื่อควบคุมระบบสวิตช์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียก ในชุมสายระบบใหม่ๆ ที่ใช้ในปัจจุบันจะมีภาคควบคุมที่มีความสามารถสูง มีความละเอียดในการควบคุมวงจรสวิตช์ที่เป็นลอจิกเกต แยกการควบคุมภาคของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด แต่ละชุมสายอาจมีภาคควบคุมหลายตัวช่วยกันทำงานเพื่อประสิทธิภาพที่สูงสุด โดยปกติเมื่อมีการเรียกมาจากผู้เช่า ชุมสายจะได้รับเลขหมายจากการถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ เลขหมายที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมเส้นทางจากผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก ถ้าเป็นการเรียกออกไปยังต่างชุมสายจะทำการต่อคู่สายผู้เรียกของชุมสายออกไปทางจุดเชื่อมต่อชุมสายอื่น เรียกว่าต่อเป็นระบบติดต่อทางไกล (Tandem) และเมื่อถึงชุมสายปลายทาง ก็จะต่อเข้ากับจุดต่อของชุมสายปลายทางเพื่อต่อไปยังคู่สายของผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

ความสามารถพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

ความสามรถพื้นฐานที่ชุมสายโทรศัพท์ที่จะต้องมี เพื่อที่จะสามารถให้บริการกับผู้ใช้ได้ ส่วนที่สำคัญจะต้องมีดังนี้

1. การรับสัญญาณ (Signal Reception)
2. การแปลความหมายของสัญญาณ (Signal Interpretation)
3. การเก็บและการแปลเลขหมาย (Storage and Number Interpretation)
4. การเลือกเส้นทาง (Path Selection)
5. การสังเกตการณ์และการควบคุมโครงข่าย (Network Path Provision and Control)
6. การส่งสัญญาณ (Signal Transmission)

ระบบโทรศัพท์สิ่งที่สำคัญ คือ ความสามารถของชุมสายโทรศัพท์ที่จะให้ผู้เรียกใช้งานโทรศัพท์ได้อย่างสะดวก จะต้องมีการพัฒนาในส่วนของชุมสายโทรศัพท์ให้สามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้ได้ ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาระบบชุมสายโทรศัพท์ให้มีความสามรถ และประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป

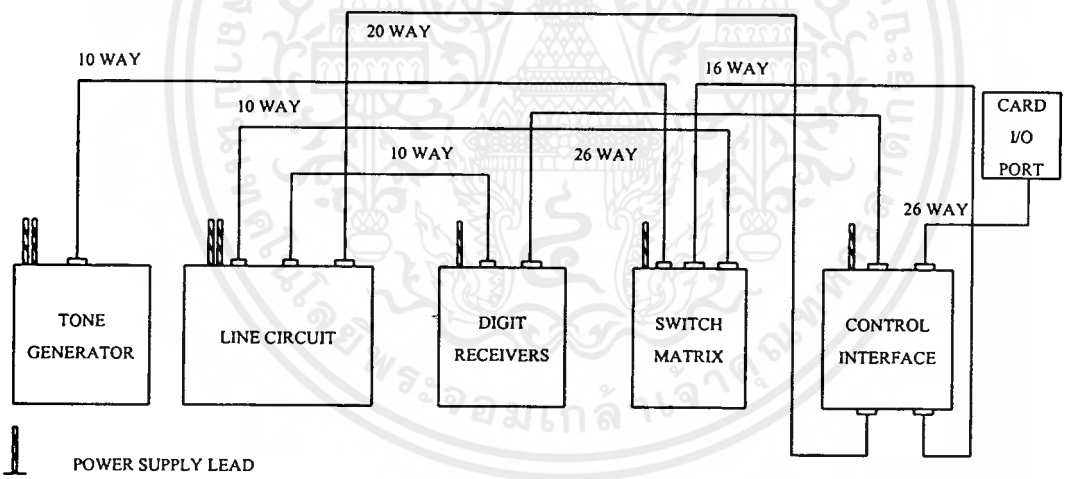
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การติดตั้งและการใช้งาน

การติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์เป็นชุดทดลองที่มีการแบ่งแยกการทำงานออกเป็นส่วนๆ เพื่อง่ายในการศึกษาระบบ แต่จะมีความยุ่งยากเล็กน้อยในการเชื่อมโยงแต่ละชุดการทดลองเข้าด้วยกัน เพื่อความถูกต้องในการใช้งานและป้องการการเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ ควรอ่านละเอียดต่อไปนี้ให้เข้าใจชัดเจนก่อนที่จะลงมือทำการทดลอง

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ซึ่งแบ่งเป็นชุดการทดลองทั้งหมด 6 ส่วนที่จะต้องทำการเชื่อมโยงกันดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

การเชื่อมโยงระหว่างชุดฝึกแต่ละชุดจะถูกเชื่อมโยงด้วยสายแพ (RIBBON) โดยสายแพที่ใช้นั้นมีอยู่ 2 ขนาดที่ใช้ คือ แบบ 10 เส้น และแบบ 26 เส้น จึงอาจจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ เพราะฉนั้นต้องตรวจสอบให้ถูกต้องตรงตามรูปที่ 3.1

ในการต่อสายเคเบิลเข้ากับ Connector ไม่ต้องใช้แรงมากเกินไป เพราะจะทำให้ Connector เสียหายได้ โดยเฉพาะกรณีที่ต่อเข้ากันไม่ได้ การใส่จะทำได้ง่าย โดยค่อยๆ ใส่ เมื่อใส่เสร็จแล้วให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันเข้าไปจะมีตัวล็อกปิดลงไปด้วย (Retaining Plug) เพื่อทำให้ Connector ที่ต่อแน่นขึ้น เมื่อต้องการที่จะถอดสายเคเบิลออก ให้ดันตัวล็อกออกก่อนแล้วจึงค่อยดึงสาย Connector ออก

การติดตั้งชุดแหล่งจ่ายไฟ

ชุดแหล่งจ่ายไฟเป็นชุดที่จะต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพราะเมื่อมีการต่อผิดพลาดขึ้นมา จะทำให้เกิดความเสียหายกับชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ได้ แต่ละชุดทดลองต้องถูกเชื่อมต่อเข้ากับชุดแหล่งจ่ายไฟ นอกจากชุดคอนโทรลอินเตอร์เฟส ที่ไม่ได้ต่อกับชุดแหล่งจ่ายไฟ แหล่งจ่ายไฟจะมีอยู่ 2 ชุดอยู่ในกล่องเดียวกัน คือ ชุดที่ผลิตไฟเลี้ยงวงจร +5,+15,-15 โวลต์ และชุดผลิตสัญญาณกระดิ่ง ใช้สายเคเบิลแบบ 8 เส้น และ 5 เส้น ชุดผลิตไฟเลี้ยงวงจรจะใช้สายเคเบิลแบบ 8 เส้น และชุดผลิตสัญญาณกระดิ่งจะใช้สายเคเบิลแบบ 5 เส้น สิ่งที่ควรระวังเป็นอย่างยิ่งก็คือ สายเคเบิลแบบ 5 เส้น สามารถต่อเข้า กับ Connector สำหรับสายเคเบิลแบบ 8 เส้นได้ เมื่อต่อผิดอาจเกิดความเสียหายได้

ในการต่อสายเคเบิลแบบ 5 เส้นซึ่งเป็นชุดผลิตสัญญาณกระดิ่ง จะต้องต่อกับชุด Tone Generator และ ชุด Line Circuit เท่านั้น

ข้อควรระวังในการติดตั้ง

1. การต่อสายแพเชื่อมต่อวงจรต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง
2. การต่อชุดฝึกเข้ากับชุดแหล่งจ่ายไฟจะต้องต่อให้ถูกต้องตามแบบของ Connector เท่านั้นเพื่อป้องกันชุดฝึกเสียหาย
3. จะต้องทำการติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ให้เสร็จ และตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนที่จะเปิดสวิตช์ชุดแหล่งจ่ายไฟ เพราะชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นั้นจะต้องใช้ไฟสูงเพื่อใช้เป็นสัญญาณกระดิ่ง และป้อนให้กับวงจรโทรศัพท์ จึงเป็นอันตรายอย่างยิ่งถ้ามีการต่อสายเคเบิล ขณะที่ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์กำลังทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
เรียนรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดพื้นฐาน

วัตถุประสงค์

1. นักศึกษาสามารถเข้าใจความหมายคำว่า Off – Hook, On – Hook และ Junctor
2. นักศึกษารู้ความหมายของสัญญาณสมาชิก
3. นักศึกษาสามารถอธิบายการเรียกใช้งานโทรศัพท์ กรณีการเรียกสำเร็จ, กรณีไม่พบเลขหมายหรือสายไม่ว่าง และช่วงที่แออัดได้

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในการใช้งานโทรศัพท์ เพื่อเป็นการง่ายในความเข้าใจขั้นตอนการใช้งานโทรศัพท์ และเป็นมาตราฐานที่ ชาติใดภาษาใดก็ใช้ได้ จึงใช้ลักษณะของสัญญาณเสียงที่ต่างกันเป็นการบอกถึงสภาวะการทำงานแต่ละขั้นตอนของการใช้งานโทรศัพท์

ทางชุมสายจึงกำหนดสัญญาณที่ใช้แจ้งสภาวะต่างๆ ไว้ เรียกว่า สัญญาณสมาชิก (Subscriber Signal) ประกอบด้วย

1. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone : DT) ใช้เพื่อให้ทราบว่า ให้หมุนหมายเลข
2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone : BT) ใช้เพื่อให้ทราบว่า ผู้รับกำลังใช้โทรศัพท์ ไม่สามารถติดต่อผู้รับได้
3. สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone : RBT) ใช้เพื่อบอกให้ผู้เรียกทราบว่าการต่อทุกขั้นตอนสำเร็จ
4. สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone : RGT) ใช้เมื่อการต่อของผู้เรียกสำเร็จ เครื่องชุมสายจะส่งสัญญาณแจ้งให้ผู้ถูกเรียกทราบ

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ ที่จะมีการแสดงผล และลักษณะของสัญญาณทุกขณะที่มีการกระทำใดๆ เกิดขึ้น เพื่อที่จะบอกให้รู้ว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจว่าสัญญาณแต่ละสัญญาณเรียกว่าสัญญาณอะไร และหมายถึงอะไร จากการทำงานของระบบโทรศัพท์เบื้องต้น โดยทั่วไปจะมีการนำโทรศัพท์มาต่อเข้ากับระบบ Switch Center ที่เรียกว่า Exchange

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียกใช้งานโทรศัพท์เป็นการที่ผู้เรียกทำการติดต่อไปยังผู้ถูกเรียก ซึ่งจะอาศัยชุมสายโทรศัพท์ให้ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก โดยการสร้างเส้นทางการติดต่อให้ การที่ผู้เรียกจะต้องแสดงความต้องการที่จะใช้งานโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์จึงกำหนดสภาวะการวางหู และยกหู (On – Hook และ Off – Hook) เพื่อที่ชุมสายจะได้ตรวจสอบได้ว่า ผู้เรียกใดต้องการใช้งานโทรศัพท์ เมื่อผู้เรียกแสดงความต้องการที่จะใช้โทรศัพท์โดยการยกหูโทรศัพท์ (Off – Hook) เมื่อชุมสายตรวจสอบการยกหูได้แล้ว จะส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) เพื่อให้ผู้เรียกทำการกดเลขหมายปลายทางที่ต้องการติดต่อ เมื่อชุมสายโทรศัพท์ทราบเลขหมายปลายทางแล้ว จะทำการสร้างเส้นทางการติดต่อ เพื่อที่จะทำให้ผู้ เรียกและผู้ถูกเรียกสามารถสนทนากันได้ แต่ในการเรียกใช้งานโทรศัพท์อาจมีบางกรณีที่ชุมสายโทรศัพท์ไม่สามารถที่จะทำการสร้างเส้นทางการติดต่อให้กับผู้เรียกได้ ในแต่ละสภาวะชุมสายก็จะทำการส่งสัญญาณลักษณะต่างๆ กัน เพื่อบอกให้กับผู้เรียกทราบสภาวะของชุมสายโทรศัพท์ ดังการทดลองต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 กรณีการเรียกสำเร็จ (สนทนากันได้)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย		
1.1 ชุด Line Circuit	1	ชุด
1.2 ชุด Digit Receivers	1	ชุด
1.3 ชุด Switch Matrix	1	ชุด
1.4 ชุด Control Interface	1	ชุด
1.5 ชุด Tone Generator	1	ชุด
1.6 ชุด Power Supply	1	ชุด
2. เครื่องโทรศัพท์	8	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อโทรศัพท์ทุกเครื่องเข้ากับ Socket ของชุด Line Circuit
2. ยกหูโทรศัพท์ (Handset) ของโทรศัพท์เลขหมาย 10 ขณะนี้โทรศัพท์ Off – Hook สังเกตว่ามีเสียงสัญญาณและการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้นบ้าง
3. หมุนหมายเลขโทรศัพท์ 15 มีการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้นบ้างเมื่อหมุนหมายเลขแต่ละครั้ง บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อโทรศัพท์เครื่องที่ 5 มีเสียงกระดิ่งดัง ให้ยก Handset ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ส่งคำพูดระหว่างโทรศัพท์ทั้งสองเครื่อง บันทึกผล
5. วาง Handset ทั้งสองเครื่อง และทดลองกับเครื่องอื่นๆ ให้สังเกตว่ามีเสียงสัญญาณใดเกิดขึ้นบ้าง เกิดขึ้นเมื่อใด และสิ้นสุดเมื่อใด

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 2 กรณีไม่พบเลขหมาย หรือสายไม่ว่าง

มีบางสถานการณ์ที่ผู้เรียกไม่สามารถเรียกไปยังผู้ถูกเรียกได้ สถานการณ์เหล่านั้น คือ

1. เมื่อหมุนเลขหมายแล้ว ไม่สามารถติดต่อได้ อันเนื่องมาจาก Exchange ไม่สามารถต่อให้ได้
2. เมื่อเลขหมายที่ต้องการต่อด้วย กำลังใช้งานอยู่
3. เมื่อ Exchange ไม่ต่อโทรศัพท์เลขหมายที่หมุน สาเหตุอาจเกิดจาก ไม่จ่ายค่าโทรศัพท์, อยู่ระหว่างการซ่อมแซม หรือเกิดจากการเสียหายของสายโทรศัพท์ก็ได้

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ยก Handset ของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 (หมายเลข 12) และหมุนหมายเลข 55 จะได้ยินเสียงที่บอกว่าไม่พบเลขหมาย (หมายเลข 55 เป็นหมายเลขที่ไม่ได้กำหนดไว้) บันทึกผลการทดลอง
2. วางโทรศัพท์เครื่องที่ 2 (On – Hook)
3. ยก Handset ของโทรศัพท์เครื่องที่ 5 (หมายเลข 15) และทำการเรียกจากโทรศัพท์เครื่องที่ 2 มายังหมายเลข 15 บันทึกผล
4. วาง Handset ของทั้งสองเครื่องลง (On – Hook)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เลื่อนสวิตช์ในชุดการทดลอง Line Circuit ที่ตำแหน่ง Termination detector 7 จะอยู่ที่ตำแหน่ง In จากโทรศัพท์หมายเลข 12 หมุนหมายเลข 17 ในขณะที่เครื่องหมายเลข 17 กำลังเตรียมพร้อมที่จะรับ ให้เลื่อนสวิตช์ที่ตำแหน่ง Termination detector มาที่ตำแหน่ง Out ให้สังเกตว่ามีอะไรเกิดขึ้น บันทึกผล
6. วาง Handset ทั้งสองเครื่อง แล้วทดลองกับเครื่องอื่นๆ ให้สังเกตว่ามีเสียงสัญญาณใดเกิดขึ้นบ้าง เกิดขึ้นเมื่อใด และสิ้นสุดเมื่อใด
7. เลื่อนสวิตช์ Termination detector กลับมาที่ตำแหน่ง In ตามเดิม
8. บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 3 ช่วงที่แออัด (Congestion)

ช่วงที่แออัด เป็นช่วงที่ Exchange ไม่สามารถต่อโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องให้ใช้ได้ เพราะทุก Junctor ถูกใช้งานหมด สถานการณ์นี้เราเรียกว่า ช่วงที่แออัด (Congestion)

1. ทำการเรียกจากหมายเลข 12 ไปยังหมายเลข 15 และเมื่อติดต่อกันได้แล้ววางโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องให้ Handset อยู่ในลักษณะ Off – Hook และทำการเรียกจากหมายเลข 13 ไปยังหมายเลข 17 เมื่อติดต่อได้แล้ว ให้วาง Handset อยู่ในลักษณะ Off – Hook เช่นกัน ซึ่งในขณะนี้ Junctor 0 และ 1 ได้ถูกใช้งานแล้ว ตรวจสอบได้โดยการสนทนาระหว่างคู่สายที่ต่อถึงกัน ซึ่งจะไม่มีการรบกวนจากผู้อื่น
2. ทำการยก Handset ของหมายเลข 14 แล้วทำการเรียกจากหมายเลข 11 ไปยังหมายเลข 18 บันทึกผลการทดลอง
3. สังเกต Junctor 2 ว่าขณะนี้มีอะไรเกิดขึ้น
4. วาง Handset ของเครื่องที่ 2 และ 5 ให้อยู่ในสภาวะ On – Hook สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโทรศัพท์เครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) จงอธิบายความหมายของสัญญาณต่อไปนี้

   1.1) สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

   1.2) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

   1.3) สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)

   1.4) สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)

2) สัญญาณแต่ละสัญญาณในข้อที่ 1 จะเกิดขึ้นเมื่อใด และสิ้นสุดลงเมื่อใด

3) Junctor คืออะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) จงอธิบายลักษณะของโทรศัพท์ที่มีการเรียกเสร็จสมบูรณ์ ว่ามีการติดต่ออย่างไรบ้าง ระหว่าง Exchange กับโทรศัพท์ในขณะที่ทำการเรียก

5) หมายเลขโทรศัพท์ที่กำหนดไว้ คือหมายเลข 10 ถึง 17 ถ้าผู้ใช้ต้องการเรียกจากหมายเลข 12 ไปยังหมายเลขต่อไปนี้ จงบอกถึงสัญญาณที่เกิดขึ้น

   5.1) หมายเลข 10

   5.2) หมายเลข 12

   5.3) หมายเลข 19

6) จงอธิบายความหมายของ " ช่วงเวลาแออัด "

7) สัญญาณดังต่อไปนี้เริ่มต้นเมื่อใด และสิ้นสุดลงเมื่อใด

   7.1) สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

   7.2) สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)

   7.3) สัญญาณกระดิ่ง (Alerting Tone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2

ลักษณะของสัญญาณ

วัตถุประสงค์

1. นักศึกษาเข้าใจความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้เป็นสัญญาณสมาชิก โดยการใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง
2. นักศึกษาเข้าใจการกำเนิดสัญญาณเสียงที่ชุมสายโทรศัพท์ใช้เป็นสัญญาณสมาชิก

ทฤษฎีเบื้องต้น

สัญญาณ Dial Tone, Engaged Tone, Ring Tone, Number Unobtainable Tone ซึ่งเป็นสัญญาณที่ทางชุมสายโทรศัพท์สร้างขึ้นมา เพื่อที่จะทำให้ผู้เรียกทราบว่ามีอะไรเกิดขึ้นขณะทำการเรียก

การกำเนิดสัญญาณเสียงใช้เป็นสัญญาณสมาชิกว่ามีลักษณะเช่นใด เพื่อที่จะส่งสัญญาณเหล่านี้จะส่งไปตามสายโทรศัพท์และทำให้ผู้เรียกได้ยินเสียง ซึ่งความถี่ของสัญญาณเสียงเหล่านี้เป็นความถี่มาตรฐาน ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงพูด 300 เฮิตรซ์ ถึง 3400 เฮิรตซ์

สัญญาณสมาชิก (Subscriber Signal)

สัญญาณสมาชิก คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสภาวะต่างๆ ไว้ให้ ประกอบด้วยสัญญาณให้หมุน (Dial Tone), สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone), สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone), สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) และสัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone) โดยสัญญาณต่างๆ ดังที่กล่าวมาจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะของแต่ละสัญญาณ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

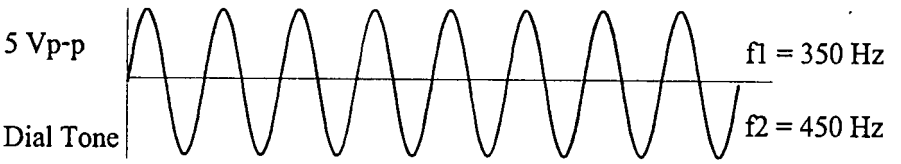
1) สัญญาณให้หมุน (Dial Tone หรือ DT)

สัญญาณให้หมุน ใช้เพื่อให้สมาชิกผู้เรียกทราบว่าหมุนเลขหมายได้แล้ว เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง เกิดจากการรวมความถี่ระหว่าง $f_1 = 350$ เฮิรตซ์ และ $f_2 = 450$ เฮิรตซ์

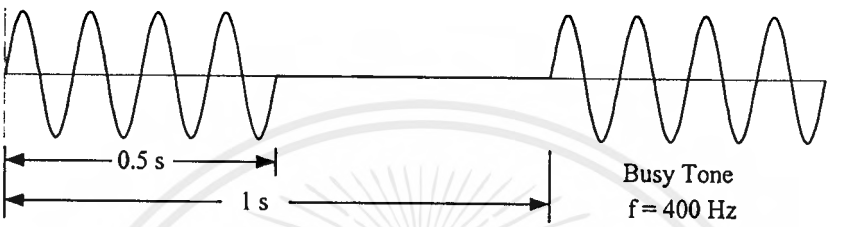
2) สัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone หรือ ET)

สัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง ใช้เพื่อเตือนสมาชิกผู้เรียกว่า ตอนที่เรียกนี้ชุมสายไม่ว่างควรวางหูก่อนสักระยะหนึ่งจึงเริ่มต่อใหม่ เป็นสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ มีจังหวะการส่ง 0.5 วินาที และหยุดส่ง 0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 สัญญาณให้หมุน



รูปที่ 2.2 สัญญาณไม่ว่าง

3) สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone หรือ RBT)

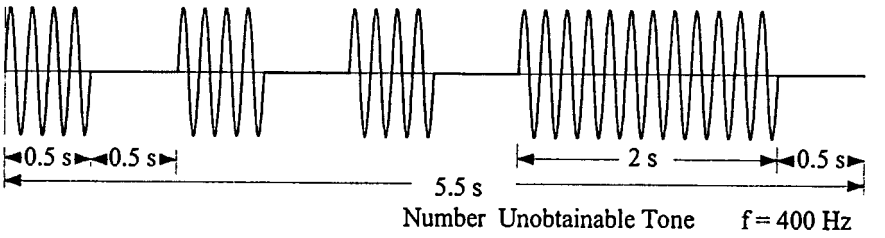
สัญญาณเรียกกลับ ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนสำเร็จ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้เรียกทราบเป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ ควบคู่ไปกับสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ แบบเอเอ็ม มีสัญญาณ 0.67 ถึง 1.5 วินาที ไม่มีสัญญาณ 2 ถึง 4 วินาที

รูปที่ 2.3 สัญญาณเรียกกลับ

4) สัญญาณไม่มีเลขหมาย (Number Unobtainable Tone หรือ NU Tone)

เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่าเลขหมายที่ผู้ใช้หมุนมาไม่มีใช้งานอยู่ ซึ่งสร้างมาจากสัญญาณที่มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ทำการส่งออกไปเป็นจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

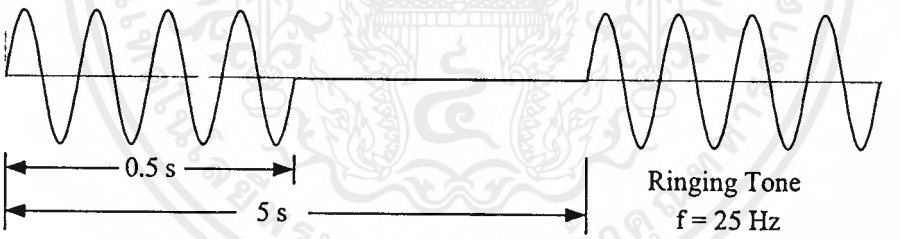


รูปที่ 2.4 สัญญาณไม่มีเลขหมาย

5) สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone หรือ RGT)

สัญญาณกระดิ่ง ใช้เมื่อการต่อของผู้เรียกดำเนินการสำเร็จ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์รับทราบเป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ ควบคู่ไปกับสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ แบบเอเอ็ม ซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกันกับสัญญาณกระดิ่ง คือเวลาที่ส่งสัญญาณและช่วงเวลาที่ไม่ส่งสัญญาณจะมีลักษณะที่เหมือนกัน สัญญาณดังกล่าวจะใช้ในการสั่นกระดิ่งของผู้ใช้โทรศัพท์ มีแรงดันประมาณ 75 – 110 โวลต์พีค (Vp)

สัญญาณที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อให้ได้เป็นสัญญาณไซน์



รูปที่ 2.5 สัญญาณกระดิ่ง

ตอนที่ 1 สัญญาณ Number Unobtainable Tone และ Engaged Tone

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย

1.1 ชุด Line Circuit	1	ชุด
1.2 ชุด Digit Receivers	1	ชุด
1.3 ชุด Switch Matrix	1	ชุด
1.4 ชุด Control Interface	1	ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

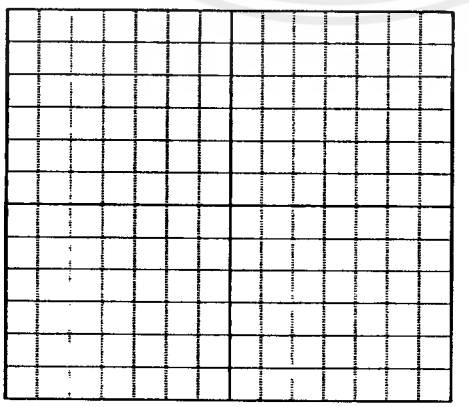
1.5 ชุด Tone Generator	1	ชุด
1.6 ชุด Power Supply	1	ชุด
2. เครื่องโทรศัพท์	8	เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป 2 Channel พร้อมสายวัด	1	เครื่อง

การทดลองที่ 1 Number Unobtainable และ Engaged Tones

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุด Tone Generator เข้ากับชุด Power Supply ทั้ง 2 ชุด และต้องแน่ใจก่อนว่าต่อสายครบก่อนเปิดเครื่อง
2. ต่อ Channel Y1 ของออสซิลโลสโคป เข้ากับ Socket จุด Number Unobtainable Tone (NU) ของชุดกำเนิดสัญญาณเสียง Tone Generator
3. วัดคาบเวลา และค่าขนาดยอดถึงยอด ของสัญญาณ Number Unobtainable Tone คำนวณหาค่าความถี่ของสัญญาณ พร้อมทั้งวาดรูปสัญญาณและอธิบายลักษณะของการเกิดรูปสัญญาณ บันทึกผล
4. ต่อ Channel Y2 ของออสซิสโลสโคป เข้ากับ Socket ที่จุด Engaged Tone (ET) ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง Tone Generator
5. ทำการทดลองตามข้อที่ 3

ตารางที่ 2.1 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

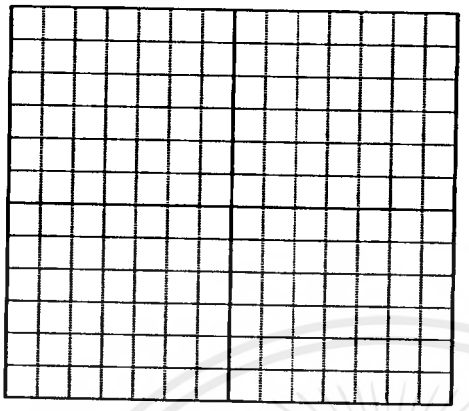
การทดลองที่ 2 Ring Tone และ Alerting Tone

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุด Tone Generator เข้ากับชุด Power Supply ทั้ง 2 ชุด และต้องแน่ใจก่อนว่าต่อสายครบก่อนเปิดเครื่อง
2. ต่อ Channel Y1 เข้ากับ Socket จุด Alerting Tone (AT) ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง และวัดคาบเวลา และค่าขนาดยอดถึงยอด ของสัญญาณ AT คำนวณหาค่าความถี่ของสัญญาณ พร้อมทั้งวาดรูปสัญญาณและอธิบายลักษณะการเกิดของรูปสัญญาณ บันทึกผลการทดลอง
3. ต่อ Channel Y2 เข้ากับ Socket จุด Ring Tone (RT) ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง และวัดคาบเวลา และค่าขนาดยอดถึงยอด ของสัญญาณ RT คำนวณหาค่าความถี่ของสัญญาณ พร้อมทั้งวาดรูปสัญญาณและอธิบายลักษณะการเกิดของรูปสัญญาณ บันทึกผลการทดลอง
4. ทำการเรียกจากโทรศัพท์หมายเลข 12 ไปยังโทรศัพท์หมายเลข 15 แต่ไม่ต้องรับที่โทรศัพท์หมายเลข 15 ให้ฟังเสียงสัญญาณ บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....
.....

ผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

การทดลองที่ 3 สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

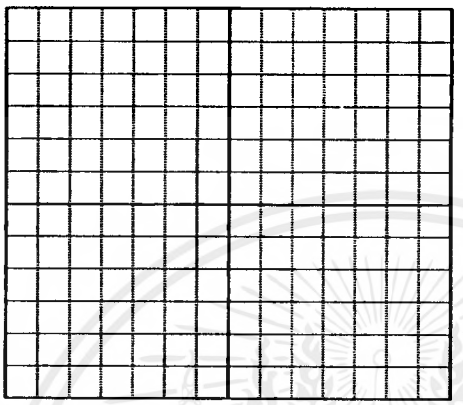
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์
2. ต่อ Cannel Y1 เข้ากับ Socket จุด Dial Tone (DT) ของเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (Tone Generator) ปรับ Volt/div และ Time/div เพื่อให้สามารถดูรูปคลื่นสัญญาณ Dial Tone ได้อย่างชัดเจน
3. สังเกตลักษณะของสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) วัดคาบเวลา และค่าขนาดยอดถึงยอดของสัญญาณ Dial Tone คำนวณหาค่าความถี่ พร้อมทั้งวาดรูปสัญญาณและอธิบายลักษณะการเกิดรูปสัญญาณ บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ยก Handset ของโทรศัพท์ขึ้นเพื่อฟังเสียงสัญญาณ Dial Tone เปรียบเทียบเสียง และรูปคลื่นสัญญาณ ว่ามีความแตกต่างกับสัญญาณอื่นๆ หรือไม่ อย่างไร

ตารางที่ 2.3 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายรายละเอียดของสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ใช้เป็นสัญญาณสมาชิก ดังต่อไปนี้
   1.1 สัญญาณให้หมุน (Dial Tone หรือ DT)
   1.2 สัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone หรือ ET)
   1.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ringing Back Tone หรือ RBT)
   1.4 สัญญาณไม่มีเลขหมาย (Number Unobtainable หรือ NU)
   1.5 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone หรือ RT)
2. เปรียบเทียบสัญญาณ Ringing และ Alerting ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
3. สัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) และสัญญาณไม่พบเลขหมาย แตกต่างกันอย่างไรบ้าง จงอธิบาย
4. เปรียบเทียบสัญญาณ NU และ ET ว่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
5. จงอธิบายการเกิดสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) พร้อมทั้งวาดรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3

LINE CIRCUIT

วัตถุประสงค์

1.เข้าใจการทำงานของวงจร Line Circuit

2.นักศึกษาสามารถเข้าใจการทำงานของวงจรโทรศัพท์ และการเชื่อมต่อสัญญาณของชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์

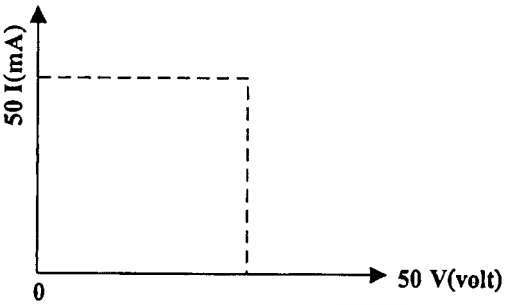
ทฤษฎีเบื้องต้น

ในขบวนการเรียกใช้งานโทรศัพท์ จะเกี่ยวข้องกับชุมสายโทรศัพท์ เมื่อจะทำการส่งข้อมูลระหว่างผู้เรียกและชุมสายโทรศัพท์ว่าต้องการเรียก ชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณเพื่อให้ผู้เรียกทราบว่าให้หมุนเลขหมายที่ต้องการ ถ้าผู้เรียกไม่ได้รอสัญญาณจากชุมสาย โดยการกดหมายเลขก่อน อาจทำให้อุปกรณ์ ชุมสายโทรศัพท์ ไม่พร้อมที่จะรับสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) ผลที่ตามมาคือ การเรียกไม่สำเร็จ เพราะความไม่เข้าใจของผู้เรียก

อุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างชุมสายกับโทรศัพท์ คือ วงจร Line Circuit ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบสภาวะการยกหูโทรศัพท์ (On – Hook) และการวางหูโทรศัพท์ (Off – Hook) โดยการตรวจสอบว่ามีกระแส DC ไหล เมื่อเป็นสภาวะยกหูโทรศัพท์ (off – hook) จะตรวจพบว่าสายที่ต่อเข้ากับโทรศัพท์ จะมีกระแสไหลผ่านคาปาซิเตอร์ เมื่อสัญญาณ Alerting ถูกต่อ ในการทดลองนี้ เป็นการศึกษาการทำงานของวงจร Line Circuit มีความสัมพันธ์กับการเรียกอย่างไร

ในระบบชุมสายโทรศัพท์ สายที่มาจากองค์การโทรศัพท์หรือสายนอก เรียกอีกชื่อว่า Co-line จะมีแรงดันต่างกันระหว่างกรณีวางหูโทรศัพท์ (เปิดวงจร) ประมาณ 48 โวลต์ (V) และกรณียกหูโทรศัพท์ (ปิดวงจร) มีค่าประมาณ 12 โวลต์ สาย Co-line เมื่อลัดวงจร (Short circuit) จะมีกระแสไหลผ่านไม่เกินค่าๆ หนึ่ง ประมาณไม่เกิน 45 มิลลิแอมป์ กรณีทั่วไปค่ากระแสจะอยู่ระหว่าง 18-45 มิลลิแอมป์ ความต้านทานภายในสายจะอยู่ในช่วง 200 - 1500 โอห์ม และมีการใช้สัญญาณต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบสถานะการทำงานในขณะนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กราฟแรงดันและกระแสในสาย Co-line

การทดลองที่ 1 ตรวจสอบสภาวะการยกหู (Off – Hook)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย

1.1 ชุด Line Circuit	1	ชุด
1.2 ชุด Digit Receivers	1	ชุด
1.3 ชุด Switch Matrix	1	ชุด
1.4 ชุด Control Interface	1	ชุด
1.5 ชุด Tone Generator	1	ชุด
1.6 ชุด Power Supply	1	ชุด

2. เครื่องโทรศัพท์ 8 เครื่อง
3. ออสซิโลสโคป 2 Channel พร้อมสายวัด 1 เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์
2. บันทึกผลของการ Detector Lamp ที่ชุด Line Circuit ลงในตารางที่ 1 ในขั้นการปฏิบัติต่อไปนี้ เพื่อความ เหมาะสมในการใส่ค่าลงในตาราง ให้ใช้ "1" แทน LED ติด และ "0" แทน LED ดับ เว้นแต่การใส่ข้อความเพิ่มเติม
3. บันทึกข้อมูล ขณะสภาวะปกติ
4. ยก Handset ของโทรศัพท์ หมายเลข 10 สังเกตการสร้างสภาวะ Off – Hook บันทึกผล
5. กดเลขหมายหลักแรกเป็นเลข "1" สังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้น บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

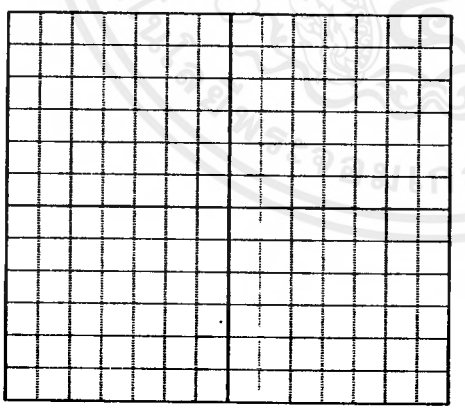
6. ส่งเสียงพูดเข้าไปใน Handset และสังเกตรูปคลื่นที่เกิดขึ้น บันทึกค่าแรงดันจากยอดถึงยอด ค่าเฉลี่ยและระดับของเสียงที่พูด
7. กดเลขหมายหลักที่สองเป็นเลข "7"
8. วาดรูปสัญญาณที่ Channel Y1 สังเกตรูปคลื่นที่เกิดขึ้นที่ Socket 7
9. ตอบการเรียก ที่โทรศัพท์หมายเลข 17 สังเกตว่าสัญญาณเสียงหมายเลข จะหายไป
10. พิจารณารูปคลื่นทั้ง 2 ของเสียงพูด ที่อยู่ในระหว่างสนทนา

ตารางที่ 3.1 บันทึกผลการทดลอง

LINE CIRCUIT LAMP TABLE (END - Calling Line)

Call Stage	Idle	Off-Hook	1st digit	2nd digit	Answer
Detector Lamp					
Loop					
Answer					
Termination					

ตารางที่ 3.2 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ตรวจสอบการยกหูขณะมีสัญญาณกระดิ่ง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ยกหูโทรศัพท์ (Handset) ของโทรศัพท์หมายเลข 10 และทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ 17 สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในชุด Line Circuit ว่ามี LED ดวงใดในชุด Line Circuitติดบ้าง บันทึกผลลงตารางที่ 3
2. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณกระดิ่งที่โทรศัพท์หมายเลข 17 ดัง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่โทรศัพท์หมายเลข 17 ดูว่ามี LED ดวงใดแสดงผลบ้าง
3. ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 17 สังเกตการเปลี่ยนแปลงต่อไปว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้าง
4. ทดลองสนทนาระหว่างโทรศัพท์ 2 เครื่อง

ตารางที่ 3.3 บันทึกผลการทดลอง

LINE CIRCUIT LAMP TABLE (END - Calling Line)

Call Stage	Idle	Off-Hook	1st digit	2nd digit	Answer
Detector Lamp					
Loop					
Answer					
Termination					

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจร Line Circuit ทำหน้าที่อะไรในชุมสายโทรศัพท์ จงอธิบาย
2. จงอธิบายความหมายของ LED ทั้งสามดวงในชุด Line Circuit (Loop Detector, Answer Detector, Termination Detector) ว่าแต่ละตัวมีหน้าที่อะไร และเกี่ยวข้องกับสัญญาณไฟฟ้าอย่างไร
3. ทำไมระบบโทรศัพท์ที่จัดให้นี้จึงต้องแยกสัญญาณ Alerting และ Ring Tone ออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การส่งสัญญาณเลขหมายแบบความถี่คู่และแบบพัลซ์

วัตถุประสงค์

1. นักศึกษาเข้าใจหลักการส่งสัญญาณเลขหมายแบบความถี่คู่และแบบพัลซ์
2. นักศึกษาเข้าใจความสัมพันธ์การส่งเลขหมายระหว่างผู้เรียกกับชุมสายโทรศัพท์

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องรับโทรศัพท์แบบธรรมดา (Private Telephone)

เครื่องรับโทรศัพท์แบบธรรมดา คือ เครื่องโทรศัพท์ที่ติดตั้งตามบ้านที่พักอาศัยหรือที่ทำงานขนาดเล็ก แบ่งออกได้ดังนี้

1) เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัทม์เป็นแบบกดปุ่ม ใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multi Frequency (DTMF) ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัทม์จะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว และ 3 หลัก บางแบบอาจจะมีถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่มหลักที่ 4 ขึ้นมา ความถี่ที่ใช้งานในแต่ละแถวและหลักจะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 แถวเรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) ความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 หลัก เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) การกดปุ่มที่เลขหมายใดๆ ที่จะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ออกมาคือ 770 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จะเป็น ±1.5 % สำหรับการผลิตความถี่ และ ±2% สำหรับการรับเลขหมาย

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม (DTMF Dialing)

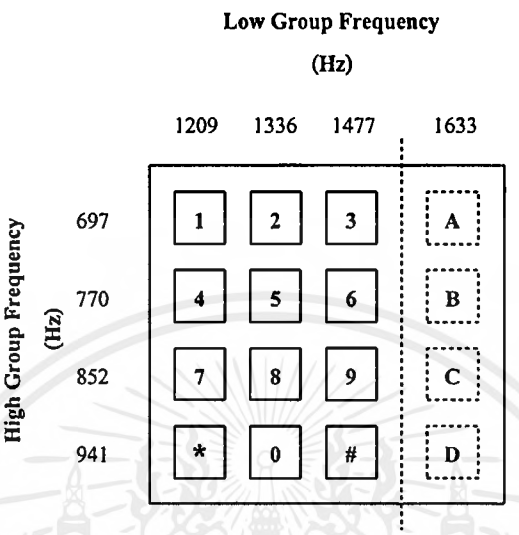
1) สามารถลดเวลาในการหมุนเลขหมายลงได้ ทำให้เวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งลดลงชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ Traffic ได้มากขึ้น

2) สามารถใช้วงจรโซลิดสเตทอิเล็กทรอนิคส์ (Solid-State Electronic) แทนอุปกรณ์ทางด้านกลไก (Mechanic) จึงทำให้มีความรวดเร็วและความแม่นยำในการส่งเลขหมายไปยังชุมสายปลายทาง

3) สามารถเพิ่มปุ่มกดได้อีก 4 ปุ่ม (แถวที่4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ Stored Program Control (SPC)



รูปที่ 4.1 หน้าปัทม์ของโทรศัพท์แบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้

2) เครื่องรับโทรศัพท์แบบหมุน

เครื่องรับโทรศัพท์แบบหมุนใช้หลักการคือ ผู้เรียกยกปากพูดหูฟัง ขึ้นจากที่รองรับ (Cradle) ทำให้สวิตซ์ตัดต่อปิดวงจรของสายเส้น Tip (T) และ Ring (R) ซึ่งเป็นผลทำให้วงจรของรีเลย์คอยล์ (Relay Coil) ในชุมสายโทรศัพท์ อุปกรณ์สวิตซ์ในชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) มายังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก เพื่อเป็นสัญญาณให้ผู้เรียกทราบว่าเริ่มหมุนเลขหมายได้แล้ว และชุมสายโทรศัพท์ก็พร้อมที่จะรับเลขหมายที่ผู้เรียกหมุน เมื่อผู้เรียกหมุนเลขหมายหนึ่ง เมื่อหมุนเสร็จแล้วและปล่อยมือ หน้าปัทม์ของเครื่องโทรศัพท์จะหมุนกลับที่เดิม ในขณะที่หน้าปัทม์หมุนที่เดิมจะมีผล คือ ทำให้ลูกเบี้ยว หมุนตาม การหมุนของลูกเบี้ยวนี้จะทำให้หน้าสัมผัส ปิดและเปิดวงจรจำนวนครั้งเท่ากับเลขหมายที่หมุน จากการที่หน้าสัมผัสปิดวงจร จะทำให้กระแสไหลได้เรียกว่ากระแสอิมพัลซ์ และเมื่อหน้าสัมผัสเปิดวงจรกระแสก็จะหยุดไหล การที่กระแสไหลและหยุดไหลนี้มีผลทำให้เกิดพัลซ์ ขึ้นและจำนวนพัลซ์ที่เกิดขึ้นก็จะมีจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน เช่น หมุนเลข 1 ก็จะเกิด 1 พัลซ์, หมุนเลข 5 จะเกิด 5 พัลซ์ และหมุนเลข 0 จะเกิด 10 พัลซ์ เป็นต้น

ความเร็วของหน้าปัทม์ (Dial Speed) ของเครื่องโทรศัพท์มีความสำคัญที่ต้องกำหนดให้อยู่ในมาตราฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยความเร็วของกระแสอิมพัลซ์ อัตราส่วนการตัด-ต่อ (Break Make Ratio) ของหน้าสัมผัส และช่วงเวลาหยุดของระหว่างเลขหมาย (Interdigit Interral) ตามปกติแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

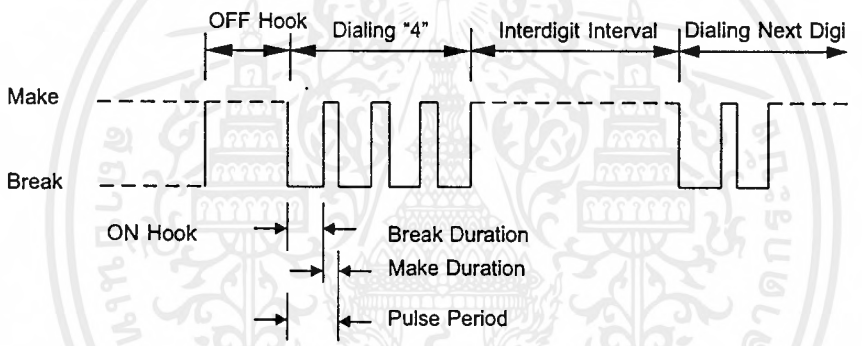
ความเร็วของกระแสอิมพัลซ์จะใช้อยู่ 2 ค่า คือ 10 และ 20 IPS (Impulse per Second) ส่วนค่ามาตรฐานสำหรับอัตราส่วนการตัด-ต่อ จะมีค่าเท่ากับ 2:1 ซึ่งหมาย ความว่าหน้าสัมผัสจะต้องตัดวงจรเป็นเวลา 2 หน่วยเวลา และต้องต่อวงจรเป็นเวลา 1 หน่วยเวลา

ในกรณีที่ความเร็วของอิมพัลซ์เป็น 10 IPS. ก็จะทำให้ค่าของคาบเวลาของพัลซ์ เป็น 100 มิลลิวินาที นั่นคือ

ช่วงเวลาของการตัดวงจร = 100 มิลลิวินาที × 2/3 = 66.6 มิลลิวินาที

ช่วงเวลาของการต่อวงจร = 100 มิลลิวินาที × 1/3 = 33.3 มิลลิวินาที

ส่วนช่วงเวลาหยุดระหว่างเลขหมาย โดยทั่วไปมีค่าเป็น 700 มิลลิวินาที ก็อาจใช้ได้ในช่วงตั้งแต่ 600 มิลลิวินาที ถึง 900 มิลลิวินาที



รูปที่ 4.2 พัลซ์ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนเลข 4

3. เปรียบเทียบเวลาการส่งเลขหมายแบบกดปุ่มและแบบหมุน

ระบบการส่งเลขหมายแบบกดปุ่ม เป็นการส่งแบบหมุน (พัลซ์) 100 มิลลิวินาที คือ 100 มิลลิวินาที คือ มีสัญญาณ 50 มิลลิวินาที

ในขณะที่ระบบใช้เวลาในการส่งเลขหมาย 1 ตัว คือ 60 มิลลิวินาที สลับกับ 40 มิลลิวินาที รวมด้วยช่องว่างระหว่างเลขแต่ละตัว (Interdigit) 700 มิลลิวินาที

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย

1.1 ชุด Line Circuit	1 ชุด
1.2 ชุด Digit Receivers	1 ชุด
1.3 ชุด Switch Matrix	1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ชุด Control Interface	1 ชุด
1.5 ชุด Tone Generator	1 ชุด
1.6 ชุด Power Supply	1 ชุด
2. เครื่องโทรศัพท์	8 เครื่อง
3. ออสซิโลสโคป 2 Channel พร้อมสายวัด	1 เครื่อง

การทดลองที่ 1 การรับเลขหมายแบบความถี่คู่

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ และตรวจสอบให้เรียบร้อย
2. ต่อโทรศัพท์ทุกเครื่องเข้ากับชุด Line Circuit เลือกการใช้งานโทรศัพท์ให้ส่งสัญญาณเลขหมายแบบความถี่คู่
3. ตรวจสอบว่าชุด Tone Generator และชุด Line Circuit ให้ต่อกับชุด Power Supply ก่อนเปิดสวิตช์ชุด Power Supply
4. ต่อ Channel Y1 เข้ากับ Socket หมายเลข 10 ของชุดสวิตช์เมตริก
5. ยก Handset ของโทรศัพท์หมายเลข 10 รอจนได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) กดหมายเลขโทรศัพท์หลักแรก 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในชุด Digit Receiver และวัดสัญญาณจากชุดสวิตช์เมตริก ที่หมายเลข 10 บันทึกผลลงตาราง
6. กดหมายเลขหลักที่สอง 5 วัดสัญญาณจากจุดทดสอบในชุดสวิตช์เมตริก สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

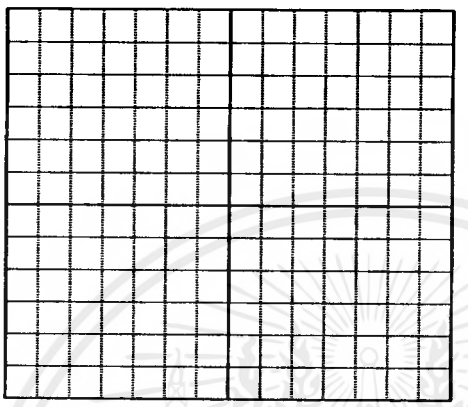
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขที่กดหมายเลขแรก .....

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

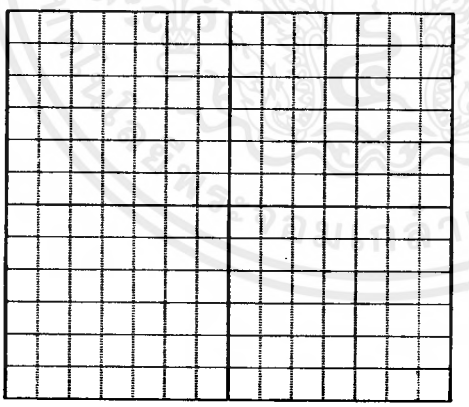
Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....

.....

หมายเลขที่กดหมายเลขที่สอง .....

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....

.....

การทดลองที่ 2 การส่งสัญญาณเลขหมายแบบพัลซ์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์
2. ต่อโทรศัพท์ทุกเครื่องเข้ากับ Socket ในชุด Line Circuit และเลือกการส่งสัญญาณเลขหมายแบบพัลซ์
3. ต่อ Channel Y1 เข้ากับจุดทดสอบเลขหมายที่ 17 ในชุดสวิตช์เมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ยกหูโทรศัพท์เครื่องหมายเลข 17 รอจนได้รับสัญญาณให้หมุน แล้วกดหมายเลขแรกเป็นเลข 9 สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งวัดค่ารูปคลื่นที่วัดได้ในชุดสวิตช์เมตริก บันทึกผล
5. กดหมายเลขอันดับที่ 2 วัดรูปสัญญาณที่จุดทดสอบหมายเลข 17 ในชุดสวิตช์เมตริก บันทึกค่าลงตาราง
6. กดเลขหมายอื่น สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

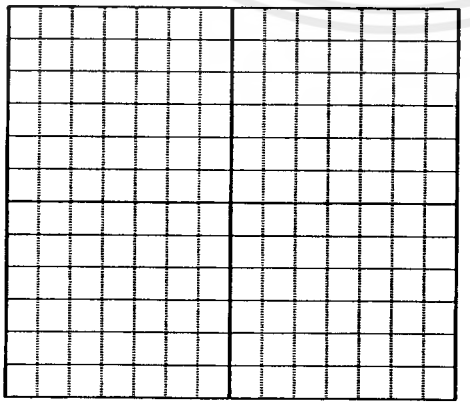
.....

.....

.....

หมายเลขที่กดหมายเลขแรก .....

ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

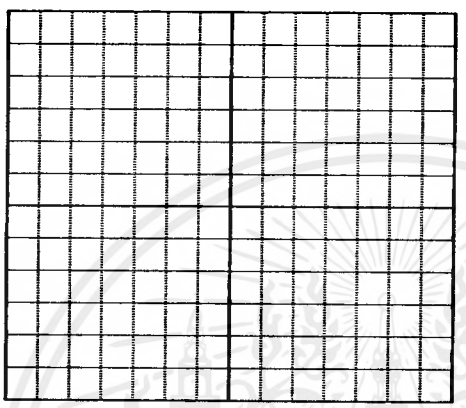
ลักษณะสัญญาณ.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขที่กดหมายเลขที่สอง .....

ตารางที่ 4.4 บันทึกผลการทดลอง



Volts/DIV =.....

Time/DIV =.....

Frequency =.....

ลักษณะสัญญาณ.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายลักษณะของสัญญาณเลขหมายแบบความถี่คู่ และแบบพัลซ์ พร้อมวาดรูปประกอบ
2. จงบอกข้อดีข้อเสียของการส่งสัญญาณเลขหมายแบบความถี่คู่ และแบบพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

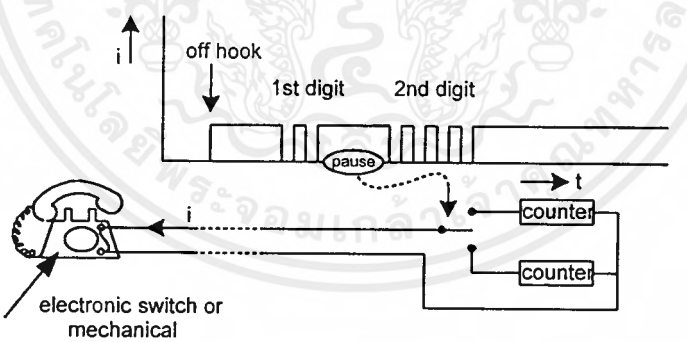
DIGIT RECEIVER

วัตถุประสงค์

1. นักศึกษาสามารถอธิบายความหมายของ Loop – disconnect Dialing ได้
2. นักศึกษาสามารถเข้าใจความหมายและประโยชน์ของ Inter – train pulse
3. นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการส่งสัญญาณเลขหมายโทรศัพท์

ทฤษฎีเบื้องต้น

วิธีที่ปฏิบัติที่ ผู้เรียกจะส่ง Digit นี้ ถูกเรียกว่าวิธี Loop – Disconnect Dialing โดยวิธีนี้แสดงดังในรูปที่ 1 จะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ปรากฏเมื่อผู้เรียกทำให้โทรศัพท์ Off – Hook และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะถูกขัดจังหวะให้เป็นสัญญาณพัลซ์ โดยจำนวนพัลซ์ ที่ปรากฏจะเท่ากับค่าของแต่ละ Digit



รูปที่ 5.1 การรับพัลซ์เลขหมาย

สำหรับ Digit ต่อไปสัญญาณช่วง Loop ที่อยู่ซ้ายสุด หรือคาบเวลานี้จะต้องมีค่าเป็น 3 เท่าของสัญญาณพัลซ์ คาบเวลาที่ต้องยาวกว่านี้เรียกว่า Inter – train Pulse การส่งสัญญาณด้วยวิธีนี้นิยมใช้กันมาก และได้นำมาใช้กับชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้

ในชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้ หมายเลขโทรศัพท์ที่ใช้มี 2 Digit ในทางปฏิบัติแล้วชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติจะมีจำนวน Digit มากกว่านี้ ในชุมสายโทรศัพท์ จะมีบางสิ่งที่สามารถบอกได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น trains of Pulse ซึ่งจะนำมาใช้ในการควบคุมขบวนการที่จะต่อ เรียกว่า Digit Receiver ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้ประกอบด้วย Digit Receiver 2 ตัว (DR0 และ DR1) ซึ่งจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการต่อสวิตช์ สัญญาณลอจิกจากที่หนึ่ง ถูกต่อส่งเข้าไปยัง Digit Receiver ทั้งสองแต่ไม่ใช่เวลาเดียวกัน โดยที่เวลาใดๆ ก็ตาม ก็จะถูกส่งเข้าไปทีละ Digit Receiver เท่านั้น

ในการทดลองนี้เราจะสังเกตที่ Digit Receiver ดูว่ามีข้อมูลลอจิกที่ไปกระทำต่อมันแต่ไม่ต้องสงสัยว่ามันทำงานอย่างไร (การควบคุมข้อมูลสัญญาณลอจิกนี้ขึ้นอยู่กับสถานะที่ทำการเรียกแต่ละครั้ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับโทรศัพท์ที่ใช้ในการเรียก) สำหรับในที่นี้ ลอจิกจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย
   - 1.1 ชุด Line Circuit 1 ชุด
   - 1.2 ชุด Digit Receivers 1 ชุด
   - 1.3 ชุด Switch Matrix 1 ชุด
   - 1.4 ชุด Control Interface 1 ชุด
   - 1.5 ชุด Tone Generator 1 ชุด
   - 1.6 ชุด Power Supply 1 ชุด
2. เครื่องโทรศัพท์ 8 เครื่อง

การทดลองที่ 1 การทำงานของ Digit Receiver

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อโทรศัพท์ทุกเครื่องเข้ากับ Socket ของชุด Line Circuit
2. เลือกการส่งสัญญาณเลขหมายแบบพัลซ์ กับโทรศัพท์ทุกเครื่อง
3. บันทึกผลลงตาราง 1 โดยที่แต่ละหลักจะกำหนดสถานะการทำงานในสภาวะที่แตกต่างกัน แต่ละแถวจะใช้สำหรับบอกถึงความแตกต่างที่ใช้ในชุด Digit Receiver ข้อมูลที่ใช้สำหรับกรณี Loop Signal นี้ให้ดูที่ Loop ของผู้เรียก ตารางการทดลองนี้ 1 หลัก ต่อ 1 ครั้ง โดยที่จะอ้างอิงกับ Digit Receiver ตัวบน การใส่ข้อมูลแต่ละครั้ง ให้ใช้ 1 แทนสภาวะการติดของ LED และ 0 แทนสภาวะการดับของ LED ในกรณีช่อง Stored Value ให้ใส่หมายเลขของอุปกรณ์โทรศัพท์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เริ่มบันทึกผลการทดลอง กรณีที่โทรศัพท์ทุกเครื่องวางอยู่เฉยๆ บันทึกผล
5. หลังจากยกหูโทรศัพท์ (ที่ไม่ใช่เครื่องหมายเลข 17) ให้อยู่ในสภาวะ Off – Hook บันทึกผลลงตารางการทดลอง
6. หลังจากที่หมุนเลขหมาย เลข "1" ถูกหมุนผ่านไปชั่วขณะหนึ่ง บันทึกผลลงตารางการทดลอง
7. หลังจากการเรียกได้รับการตอบรับ บันทึกผลลงตารางการทดลอง
8. หลังจากการเรียกสำเร็จเรียบร้อย (ทั้ง 2 เครื่องวางหู) บันทึกลงตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 บันทึกผลการทดลอง

	CALL STAGE					
INDICTOR LAMP	Idle	Off-hook	1st digit	2nd digit	Answer	Clear
LOOP SIGNALS						
Acess						
Claer						
Inter - Train Pulse Detector						
Counter Left-hand						
Right-hand						
Counter Left-hand						
Stored Value Left-hand						
Right-hand						

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 The Inter – train Pulse

ลำดับขั้นการทดลอง

1. วางหูโทรศัพท์ทุกเครื่องให้สนิท
2. ยกหูโทรศัพท์ เครื่องหมายเลข 10 ให้อยู่ในสภาวะ Off – Hook และสังเกตดูที่ Access Lamp ขณะที่ทำการกดหมายเลข 99 บันทึกผลการทดลอง
3. วางหูโทรศัพท์แล้วทำการทดสอบอีกครั้ง แต่ครั้งนี้ให้พิจารณาที่ Inter – Train Pulse Detector Lamp บันทึกผลการทดลอง
4. วางหูโทรศัพท์ลงอีกครั้ง และทำการทดสอบอีก ครั้งนี้ให้สังเกตความสัมพันธ์ระหว่าง Inter – Train Pulse Detector Lamp และที่ Counter ของทั้ง 2 Digit บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 3 การทำงานที่ไม่ปกติ

เป็นสิ่งจำเป็นที่ว่าความสัมพันธ์ ระหว่างคาบเวลา ระหว่างพัลซ์ และ Inter – train Pulse นั้นจะต้องถูกต้อง ต่อไปจะแสดงให้เห็นว่า อะไรจะเกิดขึ้นเมื่อความสัมพันธ์นี้ไม่ถูกต้อง ช่วงระหว่างคาบเวลา ของ Inter – train Pulse สามารถเปลี่ยนได้ โดยในชุด Digit Receiver แต่ละชุดได้กำหนดตำแหน่ง ให้เลือกไว้ 3 ตำแหน่ง โดยการเลือกสวิตช์ Pulse duration

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ปรับตำแหน่งสวิตช์ของ Digit receiver ตัวบนไว้ที่ 30 mS โทรศัพท์ทุกเครื่องยัง On –Hook
2. ยก Handset ของโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งให้ Off – Hook แล้วหมุนหมายเลข 9 ตัวเดียวก่อน ให้สังเกตว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้าง และเลขหมายที่แสดงผลที่ Counter เป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เนื่องจากว่า Inter – train Pulse ถูกตั้งไว้ในช่วงสั้นๆ มันจึงคิดว่าช่วงระหว่างแต่ละพัลซ์คือ Inter – train Pulse ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แต่ให้หมุนเลขหมายอื่นแทน
4. ปรับสวิตช์ของ Digit Receiver ตัวบนไว้ที่ 1000 mS ยก Handset ของโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งแล้วหมุนหมายเลขทั้ง 2 Digit อย่างรวดเร็ว ให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง และการแสดงผลที่ Counter
5. ทำการทดลองซ้ำจนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 4 การรับสัญญาณของ Digit Receiver

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ในการทดลองนี้กำหนดให้ใช้โทรศัพท์ 3 เครื่องโดยใช้เครื่องหมายเลข 10, 11 และ12 ส่วนเครื่องอื่นๆ ให้วางหูให้สนิท
2. พิจารณาตารางที่ 1 โดยทำการทดลองให้โทรศัพท์ทั้ง 3 เครื่องอยู่ในสภาวะ On/Off – Hook ตามที่ตารางกำหนด และบันทึกผล ที่เกิดขึ้นลงในช่องทางขวามือ โดยที่โทรศัพท์ทั้ง 3 เครื่องจะต่อเข้ากับ Digit Receiver ถ้าไม่ได้ต่อเข้ากับ Digit Receiver ให้ใส่ “0” ถ้าเครื่องใดต่อเข้ากับ Digit Receiver ชุดใดก็ให้ใส่หมายเลขโทรศัพท์ของเครื่องนั้นลงในช่องนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 บันทึกผลการทดลอง

Telephone On/off-hook			Digit Receiver Accessed	
1st	2nd	3rd	DR 0	DR 1
on	on	on		
off	on	on		
off	off	on		
on	off	on		
on	off	on		
on	off	off		
off	off	off		
off	on	off		
on	on	on		

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. กรณีใดที่ทำให้ LED แสดงสภาวะ “Clear Detector” ของ Digit Receiver ติดสว่าง
2. จงอธิบายว่า Digit Receiver มีการกำหนดเลือกสายอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

SWITCH MATRIX

วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของ Switch Matrix ในชุมสายโทรศัพท์
2. เข้าใจความสัมพันธ์ของ Junctors กับการต่อใช้งานกับโทรศัพท์ และวงจรผลิตความถี่เสียง (Tone Generator)

ทฤษฎีเบื้องต้น

ระบบชุมสายโทรศัพท์สมัยแรกๆ ในการต่อโทรศัพท์เข้ากันจะต้องใช้สวิตช์จำนวนมาก ซึ่งในความเป็นจริงแล้วโทรศัพท์จะใช้งานติดต่อกันจริง มีโทรศัพท์เพียงไม่กี่เครื่องเท่านั้นของโทรศัพท์ทั้งหมด ถึงแม้จะเป็นจำนวนไม่กี่เครื่องทางชุมสายโทรศัพท์ก็จะต้องทำการติดตั้งให้เพียงพอกับความต้องการ ในการที่จะติดต่อถึงกันในเวลาเดียวกัน และจะต้องทำให้โทรศัพท์แต่ละเครื่องติดต่อถึงกันด้วย Switch Matrix เป็นชุดที่สร้างขึ้นมาเพื่อลดจำนวนสวิตช์ลง โดยที่ความสามารถและประสิทธิภาพในการต่อโทรศัพท์ให้กับผู้ใช้ได้เหมือนเดิม

Switch Matrix คือการกำหนด Junctors เพื่อใช้งาน ซึ่งเป็นทางผ่านของเสียงพูดและสัญญาณ การสร้างสัญญาณของเสียงพูด อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการต่อระหว่างโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นในการส่งสัญญาณอย่างยิ่ง อุปกรณ์เหล่านี้ถูเรียกว่า Junctors เป็นจุดรวมของสวิตช์ในลักษณะที่เป็นแบบ Matrix คือสวิตช์ที่ถูกต่อร่วมกันอยู่ในลักษณะเป็นแถวที่จะใช้ร่วมกัน ในการทดลองนี้จะได้รู้จักกับ Switch Matrix ที่ใช้งาน และ Junctors ใช้กับขบวนการเรียก และทำหน้าที่ระหว่าโทรศัพท์กับ Tone Generator อย่างไร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย

1.1 ชุด Line Circuit	1 ชุด
1.2 ชุด Digit Receivers	1 ชุด
1.3 ชุด Switch Matrix	1 ชุด
1.4 ชุด Control Interface	1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ชุด Tone Generator	1 ชุด
1.6 ชุด Power Supply	1 ชุด
2. เครื่องโทรศัพท์	8 เครื่อง

การทดลองที่ 1 การสร้าง Junctors ที่ใช้เป็นเส้นทางของเสียง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ทำการติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์
2. ต่อโทรศัพท์ทั้ง 6 เครื่องเข้ากับ Socket "0" ถึง "5" ในชุด Line Circuit
3. เปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟทั้ง 2 ชุด ที่สวิตช์จะมีแสงสว่างเกิดขึ้นตรวจสอบที่ชุด Digit Receiver ว่ามี LED ติดที่ Clear detector และ Counter ทั้ง 2 ชุดเป็น "00"
4. ทำให้โทรศัพท์ทุกเครื่อง On – Hook
5. ยกโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งให้ Off – Hook และบันทึกผลของ LED ในชุด Switch Matrix ว่ามีดวงใดที่ติด
6. หมุนเลขหมายของ Digit แรก และบันทึกผลของ LED ใดที่ติด
7. ทำการทดลองจนครบทุกเครื่อง ผลของสวิตช์ใน Matrix บอกให้รู้ว่า Junctors ถูกใช้ในการเรียกโทรศัพท์ และประกอบกับการติดต่อสวิตช์ของ Dial Tone ด้วย

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการทดลอง

	DTMF	RT	NU	DT	0	1	2	3	4	5	6	7
Off-Hook												
1st digit												

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 การทำงานของสวิตช์เมตริกซ์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์และต่อโทรศัพท์ทุกเครื่องเข้ากับ Socket ในชุด Line Circuit
2. ให้ทำการเรียก และบันทึกผลลงตารางที่ 2 ให้บันทึกการทำงานของ Junctors แต่ละสถานะที่สัมพันธ์กัน โดยที่ชุด Switch Matrix

ตารางที่ 6.2 บันทึกผลการทดลอง

	CALL STATUS			
CALL STAGE	Successful	Req'd.Line Buy	No.Unobtainable	INDICATOR
Caller Line Off-hook				
				Caller's Junctor
				EN Calling Line
				Tone
				EN Req'd.Line
1'st Digit Dialled				
				Caller's Junctor
				EN Calling Line
				Tone
				EN Req'd.Line
2nd Digit Dialled				
				Caller's Junctor
				EN Calling Line
				Tone
				EN Req'd.Line
2nd Digit Dialled				
		* ** ***		Caller's Junctor
				EN Calling Line
				Tone
		NOT APPLICABLE	NOT APPLICABLE	EN Req'd.Line
Req'd.Line Off-hook (conversation state)				
				Caller's Junctor
				EN Calling Line
				Tone
				EN Req'd.Line
Req'd.Line Off-hook (idle)				
				Caller's Junctor
				EN Calling Line
				Tone
				EN Req'd.Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 การทำงานของสวิตช์เมตริกซ์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ให้วาง Handset ของโทรศัพท์ของทุกเครื่อง Off – Hook
2. ให้โทรศัพท์เครื่องหมายเลขที่ 10 ติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องหมายเลขที่ 14 และเครื่องหมายเลขที่ 12 ติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องหมายเลขที่ 15 และให้คงสภาวะ Off – Hook ไว้
3. ยก Handset โทรศัพท์อีกเครื่อง มีการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้น บันทึกผล

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 4 Application of Tones

1. เริ่มต้นด้วยโทรศัพท์ทุกเครื่อง On – Hook
2. ยก Handset ขึ้น 3 เครื่อง แล้วให้ฟังเสียงว่ามีสัญญาณอะไร และสังเกตที่ชุด Switch Matrix ว่ามีสัญญาณอะไรเกิดขึ้นบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. Switch Matrix ทำหน้าที่อะไร ในระบบชุมสายโทรศัพท์ จงอธิบาย
2. จงอธิบาย ความหมายของ Junctor 0, Junctor 1 และ Junctor 2 ในชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์นี้ว่าแต่ละ Junctors ทำหน้าที่อะไร
3. ถ้าโทรศัพท์กำลังรับสัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone) และมี Junctors ที่ว่างขึ้นมาจะมีอะไรเกิดขึ้น
4. ถ้ามีโทรศัพท์หมายเลข 11 และหมายเลข 15 ได้รับสัญญาณบอกช่องทางไม่ว่าง (Engaged Tone) เมื่อมี Junctors ว่างเกิดขึ้น โทรศัพท์เครื่องใดจะได้ต่อกับ Junctors ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7

DISPLAY FORMAT

วัตถุประสงค์

1. นักศึกษาสามารถเข้าใจการแสดงผลที่จอภาพ
2. นักศึกษาเข้าใจข้อมูลที่เก็บในคอมพิวเตอร์เกี่ยวข้องกับ ในส่วนอื่นของระบบโทรศัพท์
3. นักศึกษาเข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

ทฤษฎีเบื้องต้น

ความสำคัญของคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่จัดไว้เพื่อให้เกิดความง่าย และสะดวกที่จะทำให้จำได้ คอมพิวเตอร์สามารถแสดงถึงส่วนที่ยุ่งยากซับซ้อน และแสดงว่าเกิดอะไรขึ้นในระบบขณะนั้น ในการทดลองนี้เป็นการแสดงผลที่จอภาพของคอมพิวเตอร์อย่างชัดเจน และติดตามดูว่าขณะนี้คอมพิวเตอร์กำลังทำอะไร และคอมพิวเตอร์นี้ไปเกี่ยวข้องกับระบบการทำงานอย่างไร และให้คิดเปรียบเทียบกับระบบที่มนุษย์เราใช้งานอยู่ในปัจจุบัน กับการทดลองนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย
   - 1.1 ชุด Line Circuit — 1 ชุด
   - 1.2 ชุด Digit Receivers — 1 ชุด
   - 1.3 ชุด Switch Matrix — 1 ชุด
   - 1.4 ชุด Control Interface — 1 ชุด
   - 1.5 ชุด Tone Generator — 1 ชุด
   - 1.6 ชุด Power Supply — 1 ชุด
2. เครื่องโทรศัพท์ — 8 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 ขั้นตอนการเรียก Progress of a Call

1. ติดตั้งชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์
2. ต่อโทรศัพท์เข้ากับ Socket "0" ถึง "5" ของชุด Line Circuit
3. เปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟทั้ง 2 ชุด ที่สวิตช์จะมีแสงสว่างเกิดขึ้นตรวจสอบที่ชุด Digit Receiver ว่ามีหลอดไฟติดที่ Clear Detector และที่ Counter ทั้ง 2 ชุดเป็น "00"
4. ยก Handset ของโทรศัพท์ขึ้น และสังเกตว่ามีอะไรเปลี่ยนแปลงที่หน้าจอภาพ เราสามารถวาง Handset แล้วยกขึ้นมาอีกครั้งก็ได้ จนแน่ใจว่าเกิดอะไรขึ้น
5. วาง Handset ลงและทดลองกับเครื่อง อื่นๆ ดูบ้าง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และบันทึกผลการทดลอง
6. เริ่มทำการเรียกหมุนหมายเลข 2 หลัก อย่างต่อเนื่องดูที่คอลัมน์ ผู้เรียก (Caller) และผู้ถูกเรียก (Required) เพื่อดูการทำงานแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียก
7. ทำการต่อโทรศัพท์ 2 เครื่องเพื่อสนทนากันและทำการบันทึกผลที่เกิดขึ้นบนจอภาพทุกขั้นตอน
8. ขั้นสุดท้ายต่อโทรศัพท์ 4 เครื่องให้สนทนากัน 2 คู่แล้วยก Handset ของเครื่องที่ 5 บันทึกผล โดยดูข้อมูลที่ปรากฏบนจอภาพ

หมายเหตุ จะต้องสังเกตเกี่ยวกับสิ่งที่แสดงบน Off – Hook Map, Busy Line Map และ Alerting Map

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 บันทึกผลการทดลอง

	STGES IN THE CALL PROCESS (C = CALL;R = REQUIRD LINE)					
	Off Hook C	1st digit C	2nd digit C	Alert R	Conversation C	R
DIRECTORY NOS						
EQUIPMENT NOS						
OFF - HOOK MAP						
BUSY LINE MAP						
SWITCH J0						
MAP J1						
JE						
TONES						
JUNC. STATE						
CALLING LINE						
CALLING STATE						
FIRT STATE						
SECOND DIGIT						
REQUIRED LINE						
ALERTING MAP						
CONGESTN MAP						

การทดลองที่ 2 The Call State

ลำดับขั้นการทดลอง

1. พิจารณาจากตารางบันทึกผล ว่ามีการบันทึกอยู่ 2 ช่อง แต่ละช่องคือ Junctor ดังตารางที่ 2 เริ่มทำการบันทึกโดยในขณะที่ระบบอยู่เฉยๆ ตารางบันทึกการเรียกจะแสดงผลบนพื้นที่ว่างเปล่า (Blank) ซึ่งอยู่ใต้หัวข้อ Junctor 0 และ Junctor 1 ดังการแสดงรายละเอียดทางด้านซ้าย ให้บันทึกผลที่เกิดขึ้น ที่เกี่ยวข้องกับการเรียก (Call State) จะใช้ทับศัพท์คำว่า Call State
2. ทำการบันทึกหมายเลขที่ปรากฏในตารางขณะที่การเรียกโทรศัพท์ขณะวางหู (On – Hook)
3. ทำการบันทึกหมายเลขที่ปรากฏในตารางเมื่อมีการรับเลขหมายหลัก (Digit)แรกแล้ว
4. ทำการบันทึกเลขหมายที่ปรากฏในตารางเมื่อมีการรับเลขหมายหลัก (Digit) ที่สองแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.2 บันทึกการเรียก

JUNC. STATE 0	JUNCTOR 0	JUNCTOR 1
CALLING LINE		
CALL STATE		
FIRST DIGIT		
REQUIRED LINE		

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 3 Switch Matrix Control

ทำการเรียกโทรศัพท์ หนึ่งหรือสองคู่สาย สังเกตความสัมพันธ์ระหว่าง LED ที่ติดบนชุด Switch Matrix และการแสดงผลที่จอภาพ

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.3 Switch Map

Tel.	0	1	2	3	4	5	6	7
EN								
J0								
J1								
EN/EET								
Tones								
Alerting								

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการส่งเลขหมายของโทรศัพท์ผู้เรียกและการรับเลขหมายของชุมสายโทรศัพท์
2. สำนักงาน 2 แห่งต้องการเปลี่ยนสำนักงานกันแต่ ต้องการที่จะใช้หมายเลขโทรศัพท์เดิมในระบบชุมสายโทรศัพท์สามารถที่จะทำได้หรือไม่ ถ้าทำได้จะต้องทำอย่างไรบ้าง
3. จงอธิบายการสร้างเส้นทางการสนทนาของชุมสายโทรศัพท์ ที่ทำการแบ่งเป็น Junctor จงอธิบายความหมายของแต่ละ Junctor ในชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ว่าแต่ละ Junctor มีการทำงานอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

SN54/74LS259

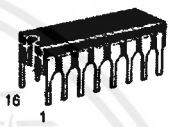
8-BIT ADDRESSABLE LATCH

8-BIT ADDRESSABLE LATCH

LOW POWER SCHOTTKY

The SN54/74LS259 is a high-speed 8-Bit Addressable Latch designed for general purpose storage applications in digital systems. It is a multifunctional device capable of storing single line data in eight addressable latches, and also a 1-of-8 decoder and demultiplexer with active HIGH outputs. The device also incorporates an active LOW common Clear for resetting all latches, as well as, an active LOW Enable.

- Serial-to-Parallel Conversion
- Eight Bits of Storage With Output of Each Bit Available
- Random (Addressable) Data Entry
- Active High Demultiplexing or Decoding Capability
- Easily Expandable
- Common Clear

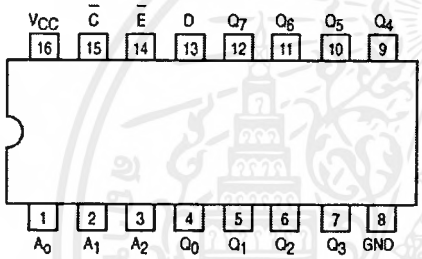


J SUFFIX
CERAMIC
CASE 620-09

N SUFFIX
PLASTIC
CASE 648-08

D SUFFIX
SOIC
CASE 751B-03

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



PIN NAMES

		LOADING (Note a) HIGH	LOW
A_0, A_1, A_2	Address Inputs	0.5 U.L.	0.25 U.L.
D	Data Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
$\overline{E}$	Enable (Active LOW) Input	1.0 U.L.	0.5 U.L.
C	Clear (Active LOW) Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q_0 to Q_7	Parallel Latch Outputs (Note b)	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

NOTES:
a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 ∞A HIGH/1.6 mA LOW.
b) The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXD	SOIC

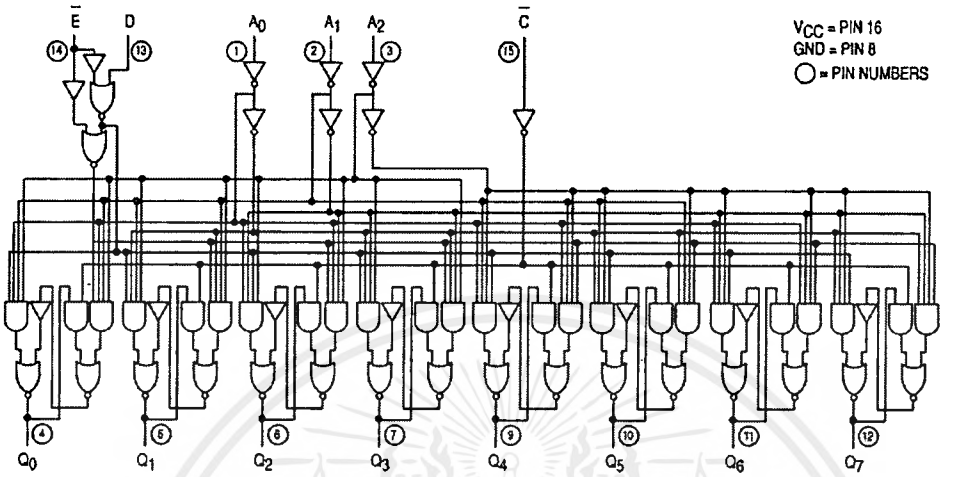
GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	−55 0	25 25	125 70	°C
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS259

LOGIC DIAGRAM



FUNCTIONAL DESCRIPTION

The SN54/74LS259 has four modes of operation as shown in the mode selection table. In the addressable latch mode, data on the Data line (D) is written into the addressed latch.The addressed latch will follow the data input with all non-addressed latches remaining in their previous states. In the memory mode, all latches remain in their previous state and are unaffected by the Data or Address inputs.

In the one-of-eight decoding or demultiplexing mode, the addressed output will follow the state of the D input with all other inputs in the LOW state. In the clear mode all outputs are LOW and unaffected by the address and data inputs.

When operating the SN54/74LS259 as an addressable latch, changing more then one bit of the address could impose a transient wrong address. Therefore, this should only be done while in the memory mode.

The truth table below summarizes the operations.

MODE SELECTION

E	C	MODE
L	H	Addressable Latch
H	H	Memory
L	L	Active HIGH Eight-Channel Demultiplexer
H	L	Clear

TRUTH TABLE

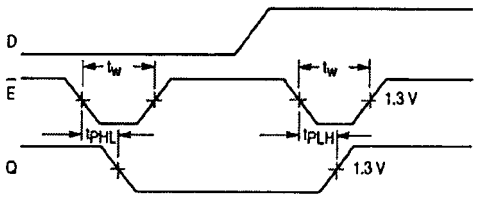
PRESENT OUTPUT STATES

C	E	D	A_0	A_1	A_2	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	MODE
L	H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	Clear
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	Demultiplex
L	L	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H	
H	H	X	X	X	X	Q_{N-1}	→							Memory
H	L	L	L	L	L	L	Q_{N-1}	Q_{N-1}	Q_{N-1}	→				Addressable Latch
H	L	H	L	L	L	H	Q_{N-1}	Q_{N-1}	→					
H	L	L	H	L	L	Q_{N-1}	L	Q_{N-1}	→					
H	L	H	H	L	L	Q_{N-1}	H	Q_{N-1}	→					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
•	•	•		•					•					
H	L	L	H	H	H	Q_{N-1}	→					Q_{N-1}	L	
H	L	H	H	H	H	Q_{N-1}	→					Q_{N-1}	H	

X = Don't Care Condition
L = LOW Voltage Level
H = HIGH Voltage Level
Q_{N-1} = Previous Output State

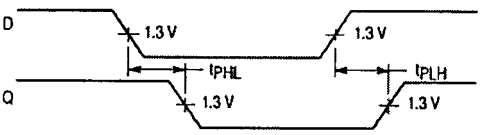
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS



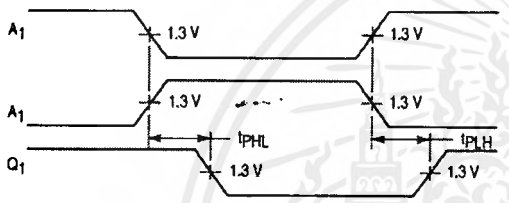
OTHER CONDITIONS: $\overline{C}$ = H, A = STABLE

Figure 1. Turn-on and Turn-off Delays, Enable To Output and Enable Pulse Width



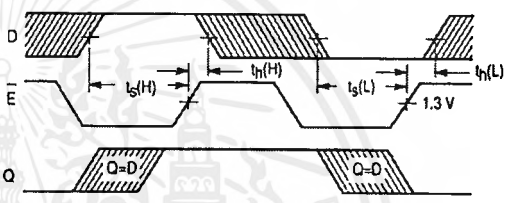
OTHER CONDITIONS: $\overline{E}$ = L, $\overline{C}$ = H, A = STABLE

Figure 2. Turn-on and Turn-off Delays, Data to Output



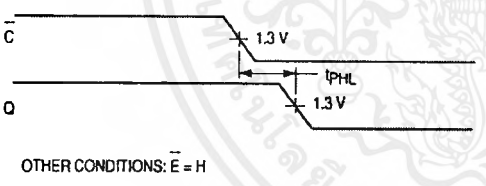
OTHER CONDITIONS: $\overline{E}$ = L, $\overline{C}$ = L, D = H

Figure 3. Turn-on and Turn-off Delays, Address to Output



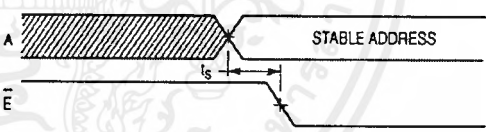
OTHER CONDITIONS: $\overline{C}$ = H, A = STABLE

Figure 4. Setup and Hold Time, Data to Enable



OTHER CONDITIONS: $\overline{E}$ = H

Figure 5. Turn-on Delay, Clear to Output



OTHER CONDITIONS: $\overline{C}$ = H

Figure 6. Setup Time, Address to Enable (See Notes 1 and 2)

NOTES:
1. The Address to Enable Setup Time is the time before the HIGH-to-LOW Enable transition that the Address must be stable so that the correct latch is addressed and the other latches are not affected.
2. The shaded areas indicate when the inputs are permitted to change for predictable output performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS259

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX, V_{IN} = V_{IH} or V_{IL} per Truth Table	
		74	2.7	3.5		V		
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	I_{OL} = 8.0 mA	
I_{IH}	Input HIGH Current				20	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
					0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current				−0.4	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)		−20		−100	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current				36	mA	V_{CC} = MAX	

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH} t_{PHL}	Turn-Off Delay, Enable to Output Turn-On Delay, Enable to Output		22 15	35 24	ns ns	C_L = 15 pF
t_{PLH} t_{PHL}	Turn-Off Delay, Data to Output Turn-On Delay, Data to Output		20 13	32 21	ns ns	
t_{PLH} t_{PHL}	Turn-Off Delay, Address to Output Turn-On Delay, Address to Output		24 18	38 29	ns ns	
t_{PHL}	Turn-On Delay, Clear to Output		17	27	ns	

AC SET-UP REQUIREMENTS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits Min	Typ	Max	Unit
t_s	Input Setup Time	20			ns
t_W	Pulse Width, Clear or Enable	15			ns
t_h	Hold Time, Data	5.0			ns
t_h	Hold Time, Address	20			ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Family Specifications HEF, HEC
- The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Package Outlines/Information HEF, HEC

HEF4017B
MSI
5-stage Johnson counter

Product specification
File under Integrated Circuits, IC04

January 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5-stage Johnson counter

HEF4017B
MSI

DESCRIPTION

The HEF4017B is a 5-stage Johnson decade counter with ten spike-free decoded active HIGH outputs (O_0 to O_9), an active LOW output from the most significant flip-flop ($\overline{O}_{5-9}$), active HIGH and active LOW clock inputs (CP_0, $\overline{CP}_1$) and an overriding asynchronous master reset input (MR).

The counter is advanced by either a LOW to HIGH transition at CP_0 while $\overline{CP}_1$ is LOW or a HIGH to LOW transition at $\overline{CP}_1$ while CP_0 is HIGH (see also function table).

When cascading counters, the $\overline{O}_{5-9}$ output, which is LOW while the counter is in states 5, 6, 7, 8 and 9, can be used to drive the CP_0 input of the next counter.

A HIGH on MR resets the counter to zero ($O_0 = \overline{O}_{5-9}$ = HIGH; O_1 to O_9 = LOW) independent of the clock inputs (CP_0, $\overline{CP}_1$).

Automatic code correction of the counter is provided by an internal circuit: following any illegal code the counter returns to a proper counting mode within 11 clock pulses.

Schmitt-trigger action in the clock input makes the circuit highly tolerant to slower clock rise and fall times.

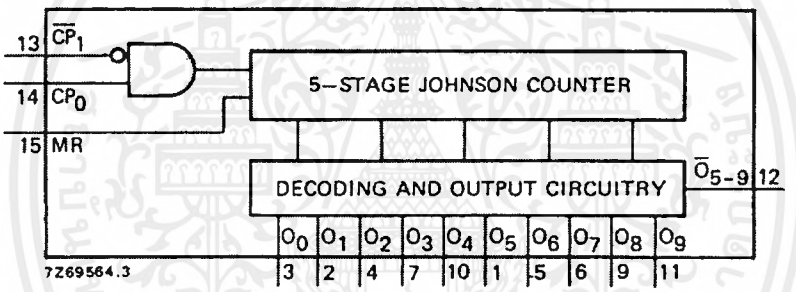


Fig.1 Functional diagram.

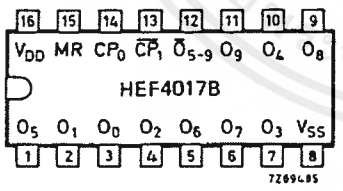


Fig.2 Pinning diagram.

PINNING

CP_0	clock input (LOW to HIGH triggered)
$\overline{CP}_1$	clock input (HIGH to LOW triggered)
MR	master reset input
O_0 to O_9	decoded outputs
$\overline{O}_{5-9}$	carry output (active LOW)

FAMILY DATA, I_{DD} LIMITS category MSI

See Family Specifications

HEF4017BP(N): 16-lead DIL; plastic (SOT38-1)
HEF4017BD(F): 16-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT74)
HEF4017BT(D): 16-lead SO; plastic (SOT109-1)
( ): Package Designator North America

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

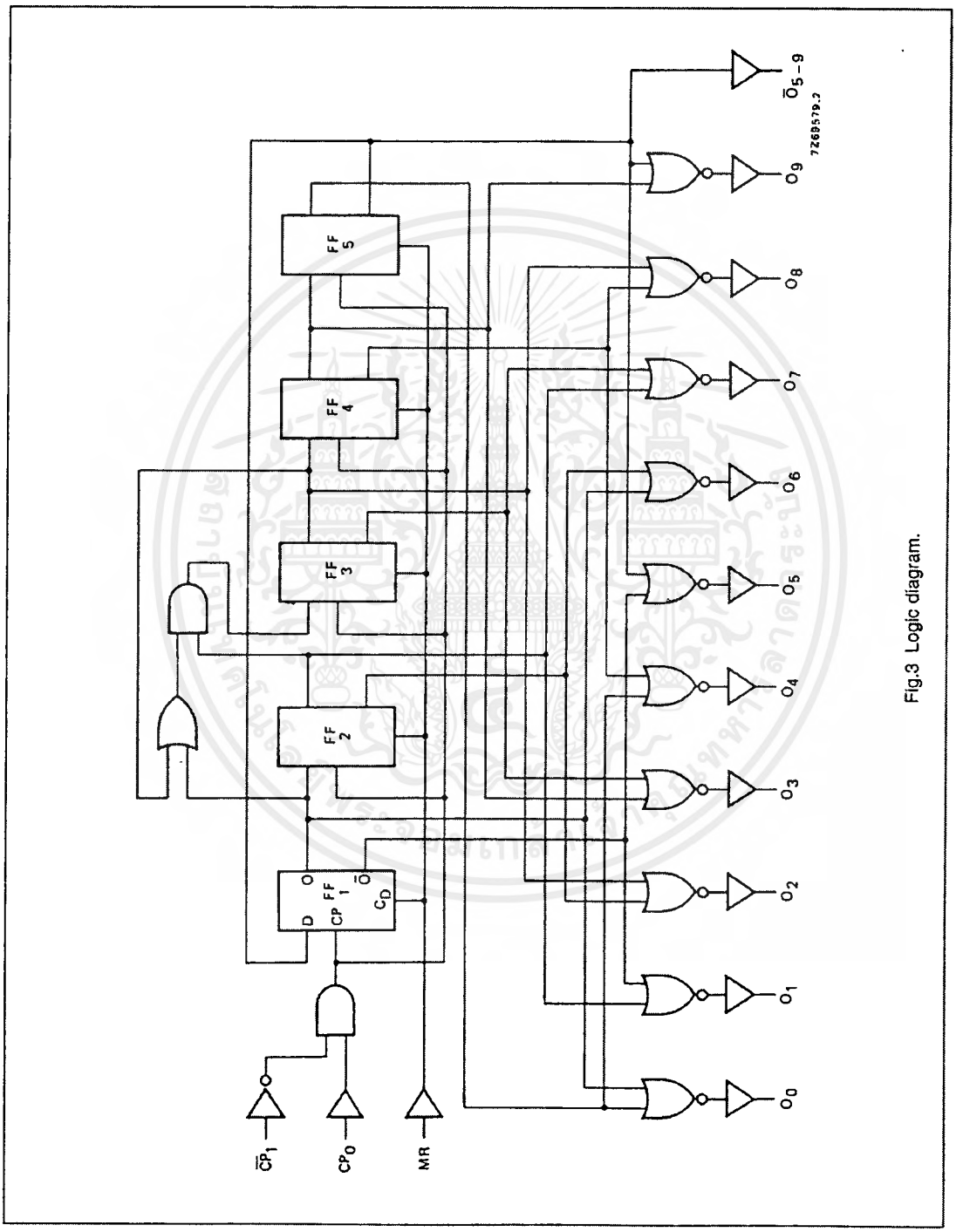


Fig.3 Logic diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTION TABLE

MR	CP_0	$\overline{CP}_1$	OPERATION
H	X	X	$O_0 = \overline{O}_{5\text{-}9}$ = H; O_1 to O_9 = L
L	H	↘	Counter advances
L	↗	L	Counter advances
L	L	X	No change
L	X	H	No change
L	H	↗	No change
L	↘	L	No change

Notes

1. H = HIGH state (the more positive voltage)
2. L = LOW state (the less positive voltage)
3. X = state is immaterial
4. ↗ = positive-going transition
5. ↘ = negative-going transition

AC CHARACTERISTICS

V_{SS} = 0 V; T_{amb} = 25 °C; C_L = 50 pF; input transition times ≤ 20 ns

	V_{DD} V	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.		TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA
Propagation delays							
CP_0, $\overline{CP}_1$ → O_0 to O_9	5			140	280	ns	113 ns + (0,55 ns/pF) C_L
HIGH to LOW	10	t_{PHL}		55	110	ns	44 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			40	80	ns	32 ns + (0,16 ns/pF) C_L
	5			125	250	ns	98 ns + (0,55 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	10	t_{PLH}		50	100	ns	39 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			40	80	ns	32 ns + (0,16 ns/pF) C_L
CP_0, $\overline{CP}_1$ → $\overline{O}_{5\text{-}9}$	5			145	290	ns	118 ns + (0,55 ns/pF) C_L
HIGH to LOW	10	t_{PHL}		55	110	ns	44 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			40	80	ns	32 ns + (0,16 ns/pF) C_L
	5			125	250	ns	98 ns + (0,55 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	10	t_{PLH}		50	100	ns	39 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			40	80	ns	32 ns + (0,16 ns/pF) C_L
MR → O_1 to O_9	5			115	230	ns	88 ns + (0,55 ns/pF) C_L
HIGH to LOW	10	t_{PHL}		50	100	ns	39 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			35	70	ns	27 ns + (0,16 ns/pF) C_L
MR → $\overline{O}_{5\text{-}9}$	5			110	220	ns	83 ns + (0,55 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	10	t_{PLH}		45	90	ns	34 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			35	70	ns	27 ns + (0,16 ns/pF) C_L
MR → O_0	5			130	260	ns	103 ns + (0,55 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	10	t_{PLH}		55	105	ns	44 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15			40	75	ns	32 ns + (0,16 ns/pF) C_L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	V_{DD} V	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.		TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA
Output transition times HIGH to LOW	5	t_{THL}		60	120	ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C_L
	10			30	60	ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C_L
	15			20	40	ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	5	t_{TLH}		60	120	ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C_L
	10			30	60	ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C_L
	15			20	40	ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C_L

AC CHARACTERISTICS

V_{SS} = 0 V; T_{amb} = 25 °C; C_L = 50 pF; input transition times ≤ 20 ns

	V_{DD} V	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.		
Hold times $CP_0 \rightarrow \overline{CP}_1$	5	t_{hold}	90	45		ns	see also waveforms Figs 4 and 5
	10		40	20		ns	
	15		20	10		ns	
$\overline{CP}_1 \rightarrow CP_0$	5	t_{hold}	80	40		ns	
	10		40	20		ns	
	15		30	10		ns	
Minimum clock pulse width: CP_0 = LOW; $\overline{CP}_1$ = HIGH	5	t_{WCPL} = t_{WCPH}	80	40		ns	
	10		40	20		ns	
	15		30	15		ns	
Minimum MR pulse width; HIGH	5	t_{WMRH}	50	25		ns	
	10		30	15		ns	
	15		20	10		ns	
Recovery time for MR	5	t_{RMR}	60	30		ns	
	10		30	15		ns	
	15		20	10		ns	
Maximum clock pulse frequency	5	f_{max}	6	12		MHz	
	10		12	24		MHz	
	15		15	30		MHz	

	V_{DD} V	TYPICAL FORMULA FOR P (μW)	
Dynamic power dissipation per package (P)	5	$500\ f_i + \Sigma\ (f_o C_L) \times V_{DD}^2$	where f_i = input freq. (MHz) f_o = output freq. (MHz) C_L = load cap. (pF) $\Sigma\ (f_o C_L)$ = sum of outputs V_{DD} = supply voltage (V)
	10	$2200\ f_i + \Sigma\ (f_o C_L) \times V_{DD}^2$	
	15	$6000\ f_i + \Sigma\ (f_o C_L) \times V_{DD}^2$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

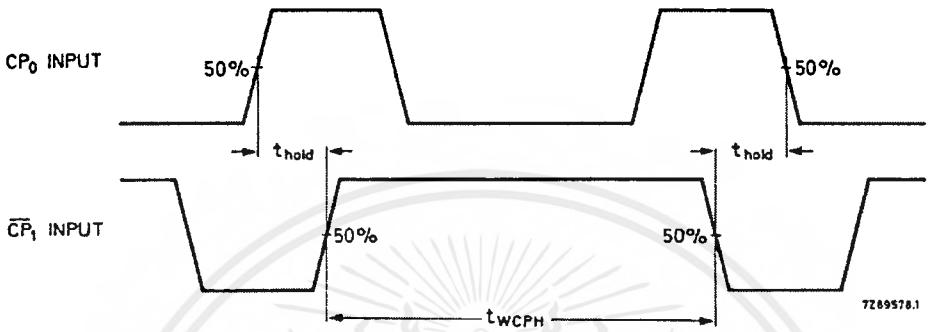
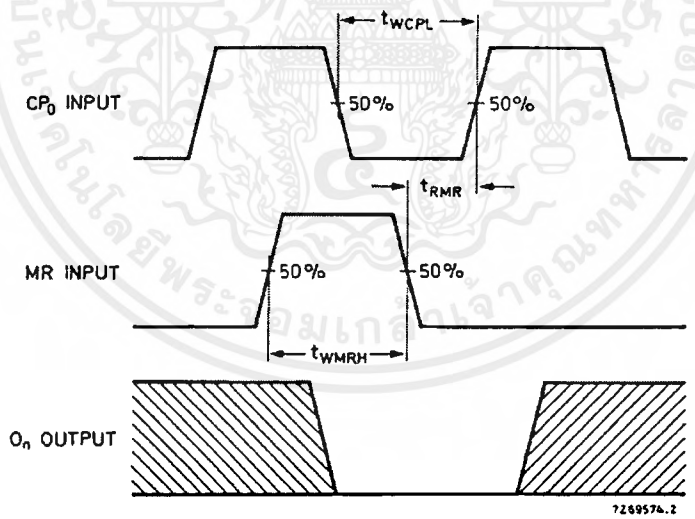


Fig.4 Waveforms showing hold times for CP_0 to $\overline{CP}_1$ and $\overline{CP}_1$ to CP_0. Hold times are shown as positive values, but may be specified as negative values.



Conditions: $\overline{CP}_1$ = LOW while CP_0 is triggered on a LOW to HIGH transition. t_{WCP} and t_{RMR} also apply when CP_0 = HIGH and $\overline{CP}_1$ is triggered on a HIGH to LOW transition.

Fig.5 Waveforms showing recovery time for MR; minimum CP_0 and MR pulse widths.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

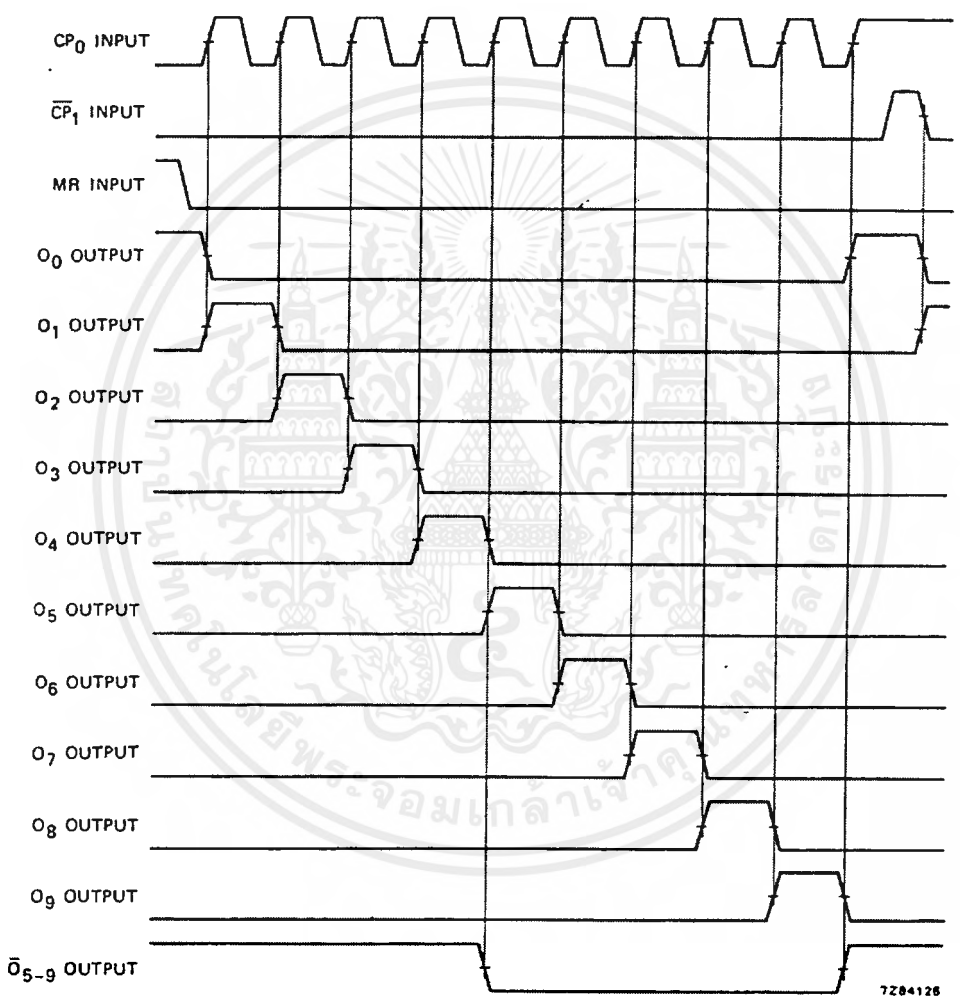


Fig.6 Timing diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

Some examples of applications for the HEF4017B are:

- Decade counter with decimal decoding
- 1 out of n decoding counter (when cascaded)
- Sequential controller
- Timer.

Figure 7 shows a technique for extending the number of decoded output states for the HEF4017B. Decoded outputs are sequential within each stage and from stage to stage, with no dead time (except propagation delay).

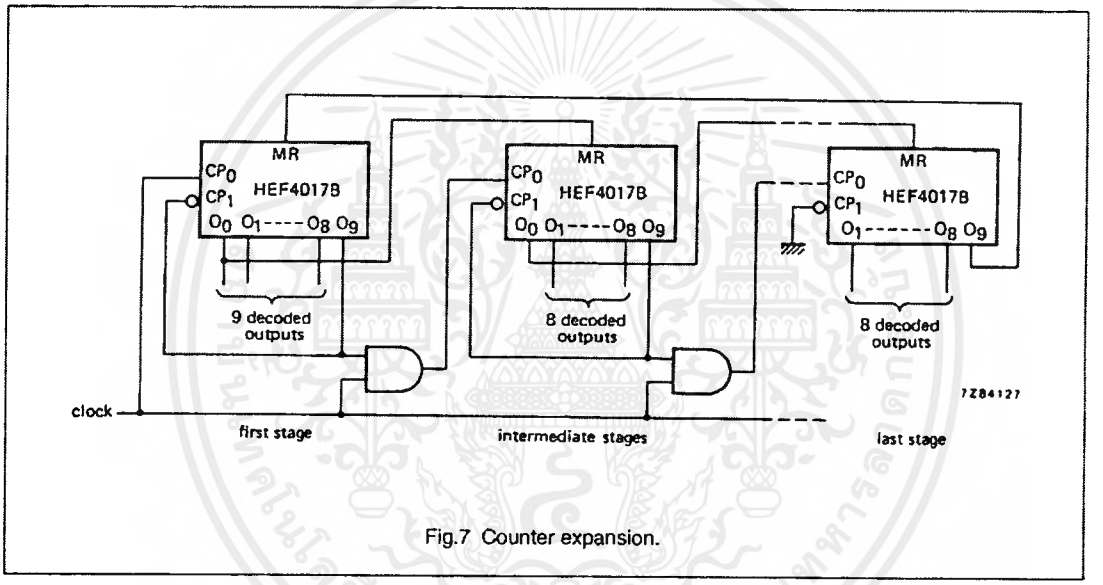


Fig.7 Counter expansion.

Note

It is essential not to enable the counter on $\overline{CP}_1$ when CP_0 is HIGH, or on CP_0 when $\overline{CP}_1$ is LOW, as the this would cause an extra count.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

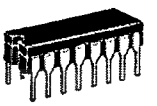
MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

MC14518B
MC14520B

Dual Up Counters

The MC14518B dual BCD counter and the MC14520B dual binary counter are constructed with MOS P–channel and N–channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. Each consists of two identical, independent, internally synchronous 4–stage counters. The counter stages are type D flip–flops, with interchangeable Clock and Enable lines for incrementing on either the positive–going or negative–going transition as required when cascading multiple stages. Each counter can be cleared by applying a high level on the Reset line. In addition, the MC14518B will count out of all undefined states within two clock periods. These complementary MOS up counters find primary use in multi–stage synchronous or ripple counting applications requiring low power dissipation and/or high noise immunity.

- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Internally Synchronous for High Internal and External Speeds
- Logic Edge–Clocked Design — Incremented on Positive Transition of Clock or Negative Transition on Enable
- Capable of Driving Two Low–power TTL Loads or One Low–power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620

P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648

DW SUFFIX
SOIC
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBDW	SOIC

T_A = – 55° to 125°C for all packages.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	– 0.5 to + 18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	– 65 to + 150	°C
T_L	Lead Temperature (8–Second Soldering)	260	°C

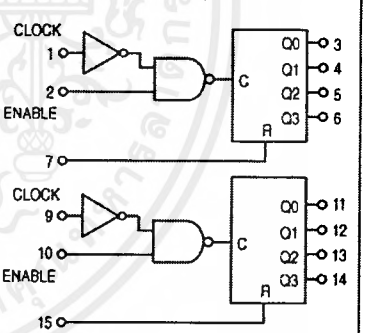
* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: – 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: – 12 mW/°C From 100°C To 125°C

TRUTH TABLE

Clock	Enable	Reset	Action
↑	1	0	Increment Counter
0	↓	0	Increment Counter
↓	X	0	No Change
X	↑	0	No Change
↑	0	0	No Change
1	↓	0	No Change
X	X	1	Q0 thru Q3 = 0

X = Don't Care

BLOCK DIAGRAM



V_{DD} = PIN 16
V_{SS} = PIN 8

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high–impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

REV 3
1/94

© Motorola, Inc. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	−55°C Min	−55°C Max	25°C Min	25°C Typ #	25°C Max	125°C Min	125°C Max	Unit
Output Voltage "0" Level V_{in} = V_{DD} or 0	V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
"1" Level V_{in} = 0 or V_{DD}	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage "0" Level	V_{IL}									Vdc
(V_O = 4.5 or 0.5 Vdc)		5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	
(V_O = 9.0 or 1.0 Vdc)		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
(V_O = 13.5 or 1.5 Vdc)		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
"1" Level	V_{IH}									Vdc
(V_O = 0.5 or 4.5 Vdc)		5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	
(V_O = 1.0 or 9.0 Vdc)		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
(V_O = 1.5 or 13.5 Vdc)		15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current	I_{OH}									mAdc
(V_{OH} = 2.5 Vdc) Source		5.0	−3.0	—	−2.4	−4.2	—	−1.7	—	
(V_{OH} = 4.6 Vdc)		5.0	−0.64	—	−0.51	−0.88	—	−0.36	—	
(V_{OH} = 9.5 Vdc)		10	−1.6	—	−1.3	−2.25	—	−0.9	—	
(V_{OH} = 13.5 Vdc)		15	−4.2	—	−3.4	−8.8	—	−2.4	—	
(V_{OL} = 0.4 Vdc) Sink	I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
(V_{OL} = 0.5 Vdc)		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
(V_{OL} = 1.5 Vdc)		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I_{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	∞Adc
Input Capacitance (V_{in} = 0)	C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I_{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	∞Adc
		10	—	10	—	0.010	10	—	300	
		15	—	20	—	0.015	20	—	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C_L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I_T	5.0	I_T = (0.6 ∞A/kHz) f + I_{DD}							∞Adc
		10	I_T = (1.2 ∞A/kHz) f + I_{DD}							
		15	I_T = (1.7 ∞A/kHz) f + I_{DD}							

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

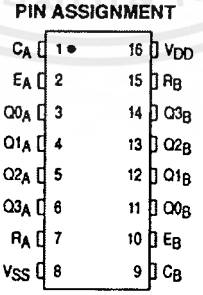
**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50\ pF) + (C_L - 50)\ Vfk$$

where: I_T is in ∞A (per package), C_L in pF, $V = (V_{DD} - V_{SS})$ in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Characteristic	Symbol	V_{DD}	All Types			Unit
			Min	Typ #	Max	
Output Rise and Fall Time	t_{TLH}, t_{THL}					ns
t_{TLH}, t_{THL} = (1.5 ns/pF) C_L + 25 ns		5.0	—	100	200	
t_{TLH}, t_{THL} = (0.75 ns/pF) C_L + 12.5 ns		10	—	50	100	
t_{TLH}, t_{THL} = (0.55 ns/pF) C_L + 9.5 ns		15	—	40	80	
Propagation Delay Time	t_{PLH}, t_{PHL}					ns
Clock to Q/Enable to Q						
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 215 ns		5.0	—	280	560	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 97 ns		10	—	115	230	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 75 ns		15	—	80	160	
Reset to Q	t_{PHL}					ns
t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 265 ns		5.0	—	330	650	
t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 117 ns		10	—	130	230	
t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 95 ns		15	—	90	170	
Clock Pulse Width	$t_{w(H)}$	5.0	200	100	—	ns
	$t_{w(L)}$	10	100	50	—	
		15	70	35	—	
Clock Pulse Frequency	f_{cl}	5.0	—	2.5	1.5	MHz
		10	—	6.0	3.0	
		15	—	8.0	4.0	
Clock or Enable Rise and Fall Time	t_{THL}, t_{TLH}	5.0	—	—	15	µs
		10	—	—	5	
		15	—	—	4	
Enable Pulse Width	$t_{WH(E)}$	5.0	440	220	—	ns
		10	200	100	—	
		15	140	70	—	
Reset Pulse Width	$t_{WH(R)}$	5.0	280	125	—	ns
		10	120	55	—	
		15	90	40	—	
Reset Removal Time	t_{rem}	5.0	−5	−45	—	ns
		10	15	−15	—	
		15	20	−5	—	

* The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.
#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

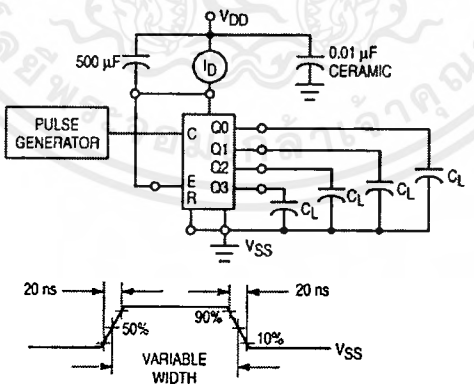


Figure 1. Power Dissipation Test Circuit and Waveform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

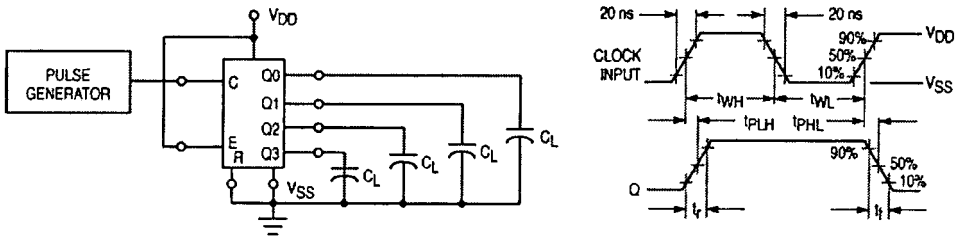


Figure 2. Switching Time Test Circuit and Waveforms

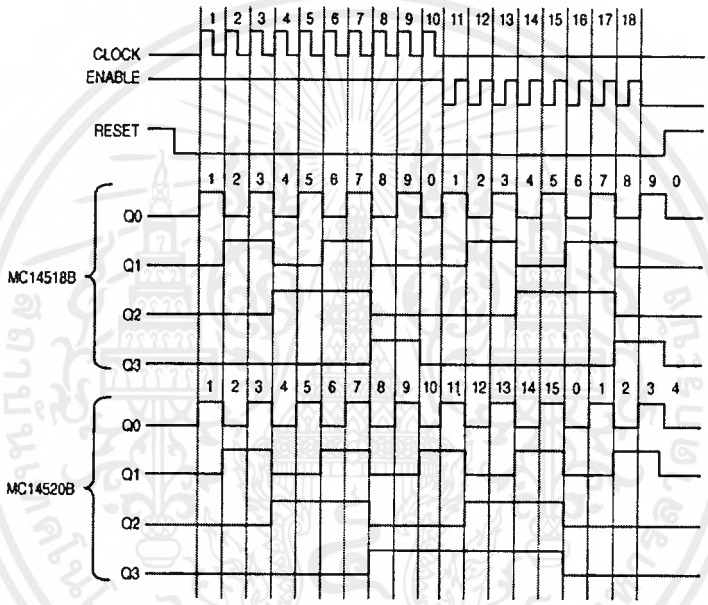


Figure 3. Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

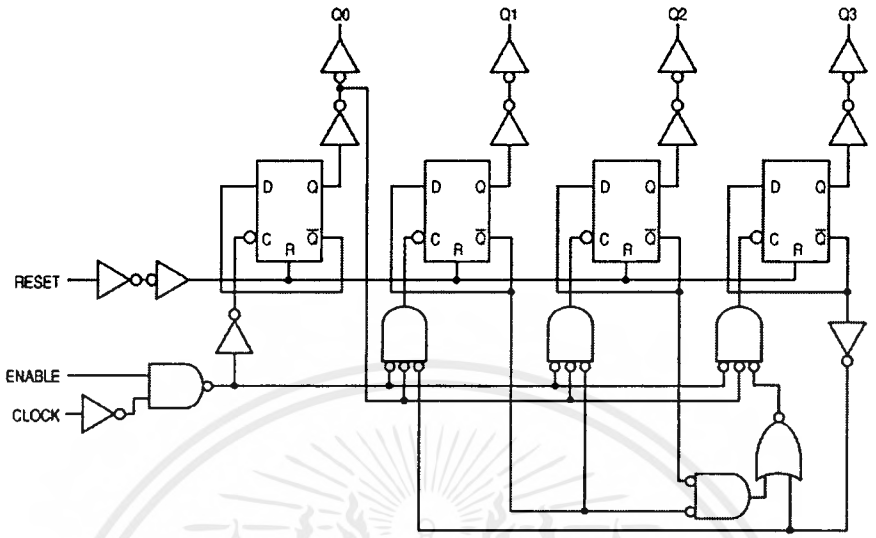


Figure 4. Decade Counter (MC14518B) Logic Diagram (1/2 of Device Shown)

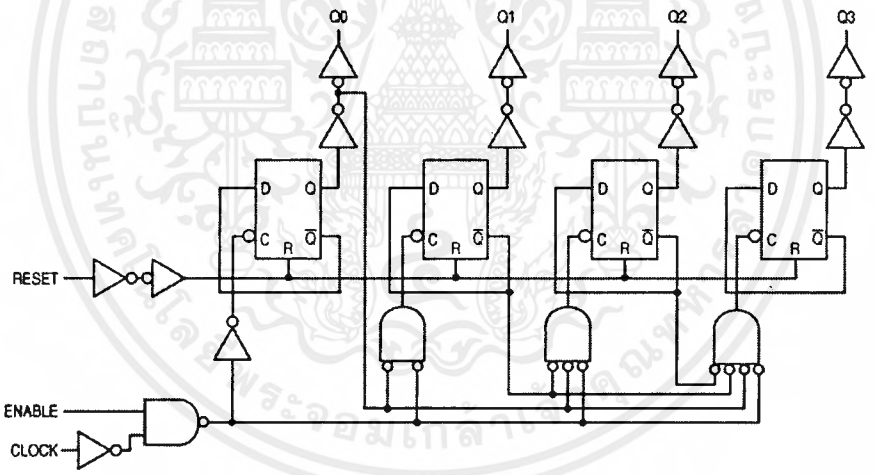
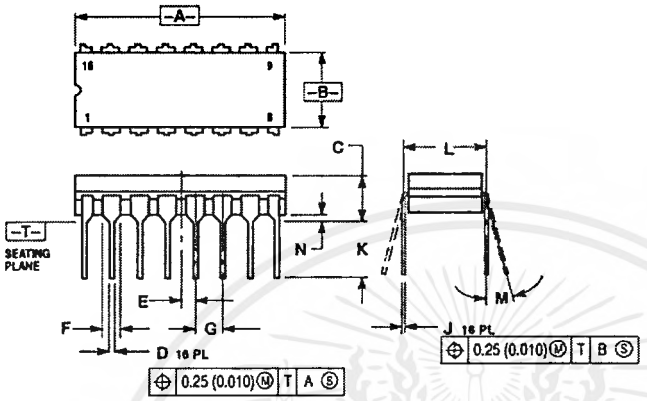


Figure 5. Binary Counter (MC14520B) Logic Diagram (1/2 of Device Shown)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

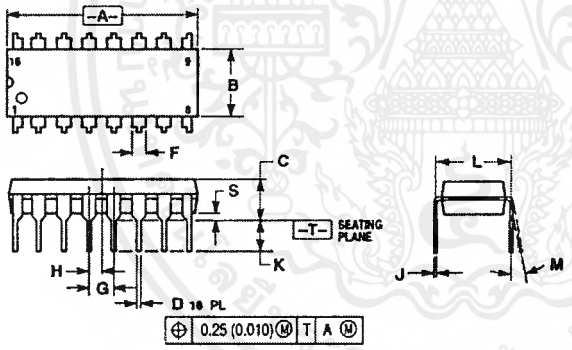
L SUFFIX
CERAMIC DIP PACKAGE
CASE 620–10
ISSUE V



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION F MAY NARROW TO 0.76 (0.030) WHERE THE LEAD ENTERS THE CERAMIC BODY.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.750	0.785	19.05	19.93
B	0.240	0.295	6.10	7.49
C	—	0.200	—	5.08
D	0.015	0.020	0.39	0.50
E	0.050 BSC		1.27 BSC	
F	0.055	0.065	1.40	1.65
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.125	0.170	3.18	4.31
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.020	0.040	0.51	1.01

P SUFFIX
PLASTIC DIP PACKAGE
CASE 648–08
ISSUE R



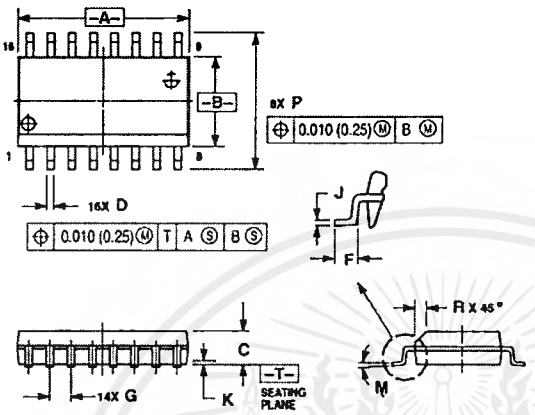
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

DW SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751G–02
ISSUE A



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	10.15	10.45	0.400	0.411
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.50	0.90	0.020	0.035
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.25	0.32	0.010	0.012
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	10.05	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and ⋆M are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1–800–441–2447 or 602–303–5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602–244–6609
INTERNET: http://Design–NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi–SPD–JLDC, 6F Seibu–Butsuryu–Center, 3–14–2 Tatsumi Koto–Ku, Tokyo 135, Japan. 03–81–3521–8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852–26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL®

ISO-CMOS MT8816
8 x 16 Analog Switch Array

ISSUE 2 November 1988

Features

- Internal control latches and address decoder
- Short set-up and hold times
- Wide operating voltage: 4.5V to 13.2V
- 12Vpp analog signal capability
- R_{ON} 65Ω max. @ V_{DD}=12V, 25°C
- ΔR_{ON} ≤10Ω @ V_{DD}=12V, 25°C
- Full CMOS switch for low distortion
- Minimum feedthrough and crosstalk
- Separate analog and digital reference supplies
- Low power consumption ISO-CMOS technology

Applications

- Key systems
- PBX systems
- Mobile radio
- Test equipment/instrumentation
- Analog/digital multiplexers
- Audio/Video switching

Ordering Information

MT8816AC	40 Pin Ceramic DIP
MT8816AE	40 Pin Plastic DIP
MT8816AP	44 Pin PLCC

-40° to 85°C

Description

The Mitel MT8816 is fabricated in MITEL's ISO-CMOS technology providing low power dissipation and high reliability. The device contains a 8 x 16 array of crosspoint switches along with a 7 to 128 line decoder and latch circuits. Any one of the 128 switches can be addressed by selecting the appropriate seven address bits. The selected switch can be turned on or off by applying a logical one or zero to the DATA input. V_{SS} is the ground refer-ence of the digital inputs. The range of the analog signal is from V_{DD} to V_{EE}. Chip Select (CS) allows the crosspoint array to be cascaded for matrix expansion.

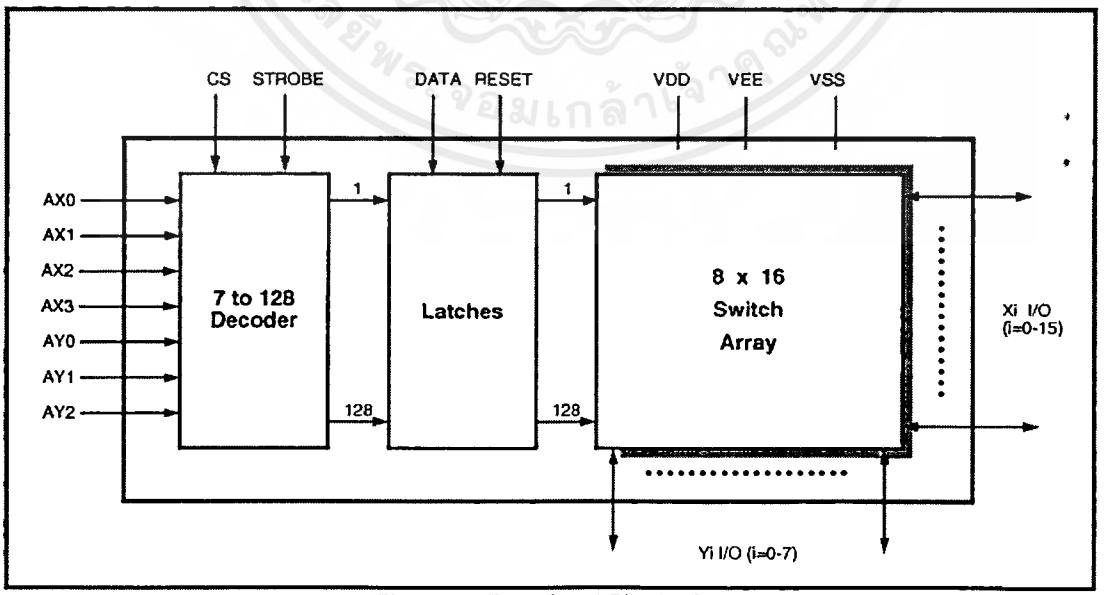


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

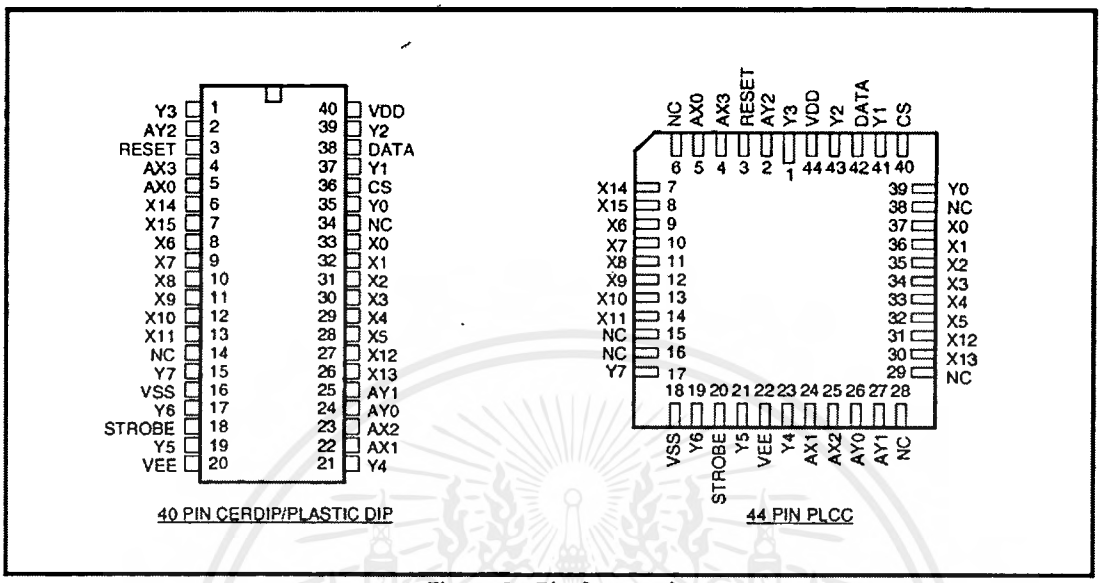


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #*	Name	Description
1	Y3	**Y3 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y3 column of the switch array.
2	AY2	**Y2 Address Line (Input).**
3	RESET	**Master RESET (Input):** this is used to turn off all switches regardless of the condition of CS. Active High.
4,5	AX3,AX0	**X3 and X0 Address Lines (Inputs).**
6,7	X14, X15	**X14 and X15 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X14 and X15 rows of the switch array.
8-13	X6-X11	**X6-X11 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X6-X11 rows of the switch array.
14	NC	**No Connection**
15	Y7	**Y7 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y7 column of the switch array.
16	V_{SS}	**Digital Ground Reference.**
17	Y6	**Y6 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y6 column of the switch array.
18	STROBE	**STROBE (Input):** enables function selected by address and data. Address must be stable before STROBE goes high and DATA must be stable on the falling edge of the STROBE. Active High.
19	Y5	**Y5 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y5 column of the switch array.
20	V_{EE}	**Negative Power Supply.**
21	Y4	**Y4 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y4 column of the switch array.
22, 23	AX1,AX2	**X1 and X2 Address Lines (Inputs).**
24, 25	AY0,AY1	**Y0 and Y1 Address Lines (Inputs).**

* Plastic DIP and CERDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (continued)

Pin #*	Name	Description
26, 27	X13, X12	**X13 and X12 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X13 and X12 rows of the switch array.
28 - 33	X5-X0	**X5-X0 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X5-X0 rows of the switch array.
34	NC	**No Connection.**
35	Y0	**Y0 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y0 column of the switch array.
36	CS	**Chip Select (Input):** this is used to select the device. Active High.
37	Y1	**Y1 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y1 column of the switch array.
38	DATA	**DATA (Input):** a logic high input will turn on the selected switch and a logic low will turn off the selected switch. Active High.
39	Y2	**Y2 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y2 column of the switch array.
40	V_{DD}	**Positive Power Supply.**

* Plastic DIP and CERDIP only

Functional Description

The MT8816 is an analog switch matrix with an array size of 8 x 16. The switch array is arranged such that there are 8 columns by 16 rows. The columns are referred to as the Y inputs/outputs and the rows are the X inputs/outputs. The crosspoint analog switch array will interconnect any X I/O with any Y I/O when turned on and provide a high degree of isolation when turned off. The control memory consists of a 128 bit write only RAM in which the bits are selected by the address inputs (AY0-AY2, AX0-AX3). Data is presented to the memory on the DATA input. Data is asynchronously written into memory whenever both the CS (Chip Select) and STROBE inputs are high and are latched on the falling edge of STROBE. A logical "1" written into a memory cell turns the corresponding crosspoint switch on and a logical "0" turns the crosspoint off. Only the crosspoint switches corresponding to the addressed memory location are altered when data is written into memory. The remaining switches retain their previous states. Any combination of X and Y inputs/outputs can be interconnected by establishing appropriate patterns in the control memory. A logical "1" on the RESET input will asynchronously return all memory locations to logical "0" turning off all crosspoint switches regardless of whether CS is high or low. Two voltage reference pins (V_{SS} and V_{EE}) are provided for the MT8816 to enable switching of negative analog signals. The range for digital signals is from V_{DD} to V_{SS} while the range for analog signals is from V_{DD} to V_{EE}. V_{SS} and V_{EE} pins can be tied together if a single voltage reference is needed.

Address Decode

The seven address inputs along with the STROBE and CS (Chip Select) are logically ANDed to form an enable signal for the resettable transparent latches. The DATA input is buffered and is used as the input to all latches. To write to a location, RESET must be low and CS must go high while the address and data are set up. Then the STROBE input is set high and then low causing the data to be latched. The data can be changed while STROBE is high, however, the corresponding switch will turn on and off in accordance with the DATA input. DATA must be stable on the falling edge of STROBE in order for correct data to be written to the latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8816 ISO-CMOS

Absolute Maximum Ratings* - Voltages are with respect to V_{EE} unless otherwise stated.

	Parameter		Symbol	Min	Max	Units
1	Supply Voltage		V_{DD} V_{SS}	-0.3 -0.3	16.0 V_{DD}+0.3	V V
2	Analog Input Voltage		V_{INA}	-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Digital Input Voltage		V_{IN}	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
4	Current on any I/O Pin		I		±15	mA
5	Storage Temperature		T_S	-65	+150	°C
6	Package Power Dissipation	PLASTIC DIP CERDIP	P_D P_D		0.6 1.0	W W

* Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to V_{EE} unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	Operating Temperature	T_O	-40	25	85	°C	
2	Supply Voltage	V_{DD} V_{SS}	4.5 V_{EE}		13.2 V_{DD}-4.5	V V	
3	Analog Input Voltage	V_{INA}	V_{EE}		V_{DD}	V	
4	Digital Input Voltage	V_{IN}	V_{SS}		V_{DD}	V	

DC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to V_{EE}=V_{SS}=0V, V_{DD} =12V unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Quiescent Supply Current	I_{DD}		1	100	µA	All digital inputs at V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
				0.4	1.5	mA	All digital inputs at V_{IN}=2.4V + V_{SS}; V_{SS}=7.0V
				5	15	mA	All digital inputs at V_{IN}=3.4V
2	Off-state Leakage Current (See G.9 in Appendix)	I_{OFF}		±1	±500	nA	$\|V_{Xi} - V_{Yj}\| = V_{DD} - V_{EE}$ See Appendix, Fig. A.1
3	Input Logic "0" level	V_{IL}			0.8+V_{SS}	V	V_{SS}=7.5V; V_{EE}=0V
4	Input Logic "1" level	V_{IH}	2.0+V_{SS}			V	V_{SS}=6.5V; V_{EE}=0V
5	Input Logic "1" level	V_{IH}	3.3			V	
6	Input Leakage (digital pins)	I_{LEAK}		0.1	10	µA	All digital inputs at V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}

† DC Electrical Characteristics are over recommended temperature range.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics- Switch Resistance - V_{DC} is the external DC offset applied at the analog I/O pins.

	Characteristics	Sym	25°C		70°C		85°C		Units	Test Conditions
			Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max		
1	On-state V_{DD}=12V Resistance V_{DD}=10V V_{DD}= 5V (See G.1, G.2, G.3 in Appendix)	R_{ON}	45 55 120	65 75 185		75 85 215		80 90 225	Ω Ω Ω	V_{SS}=V_{EE}=0V,V_{DC}=V_{DD}/2, $\|V_{Xi}$-$V_{Yj}\|$ = 0.4V See Appendix, Fig. A.2
2	Difference in on-state resistance between two switches (See G.4 in Appendix)	ΔR_{ON}	5	10		10		10	Ω	V_{DD}=12V, V_{SS}=V_{EE}=0, V_{DC}=V_{DD}/2, $\|V_{Xi}$-$V_{Yj}\|$ = 0.4V See Appendix, Fig. A.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Crosspoint Performance

Voltages are with respect to V_{DD}=5V, V_{SS}=0V, V_{EE}=-7V, unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Switch I/O Capacitance	C_S		20		pF	f=1 MHz
2	Feedthrough Capacitance	C_F		0.2		pF	f=1 MHz
3	Frequency Response Channel "ON" 20LOG(V_{OUT}/V_{XI})=-3dB	F_{3dB}		45		MHz	Switch is "ON"; V_{INA} = 2Vpp sinewave; R_L = 1kΩ See Appendix, Fig. A.3
4	Total Harmonic Distortion (See G.5, G.6 in Appendix)	THD		0.01		%	Switch is "ON"; V_{INA} = 2Vpp sinewave f= 1kHz; R_L=1kΩ
5	Feedthrough Channel "OFF" Feed.=20LOG (V_{OUT}/V_{XI}) (See G.8 in Appendix)	FDT		-95		dB	All Switches "OFF"; V_{INA}= 2Vpp sinewave f= 1kHz; R_L= 1kΩ. See Appendix, Fig. A.4
6	Crosstalk between any two channels for switches Xi-Yi and Xj-Yj. Xtalk=20LOG (V_{Yj}/V_{XI}). (See G.7 in Appendix).	X_{talk}		-45		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 10MHz; R_L = 75Ω
				-90		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 10kHz; R_L = 600Ω.
				-85		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 10kHz; R_L = 1kΩ.
				-80		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 1kHz; R_L = 10kΩ. Refer to Appendix, Fig. A.5 for test circuit.
7	Propagation delay through switch	t_{PS}			30	ns	R_L=1kΩ; C_L=50pF

† Timing is over recommended temperature range. See Fig. 3 for control and I/O timing details.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.
Crosstalk measurements are for Plastic DIPS only. crosstalk values for PLCC packages are approximately 5dB better.

AC Electrical Characteristics† - Control and I/O Timings

Voltages are with respect to V_{DD}=5V, V_{SS}=0V, V_{EE}=-7V, unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Control Input crosstalk to switch (for CS, DATA, STROBE, Address)	CX_{talk}		30		mVpp	V_{IN}=3V squarewave; R_{IN}=1kΩ, R_L=10kΩ. See Appendix, Fig. A.6
2	Digital Input Capacitance	C_{DI}		10		pF	f=1MHz
3	Switching Frequency	F_O			20	MHz	
4	Setup Time DATA to STROBE	t_{DS}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
5	Hold Time DATA to STROBE	t_{DH}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
6	Setup Time Address to STROBE	t_{AS}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
7	Hold Time Address to STROBE	t_{AH}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
8	Setup Time CS to STROBE	t_{CSS}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
9	Hold Time CS to STROBE	t_{CSH}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
10	STROBE Pulse Width	t_{SPW}	20			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
11	RESET Pulse Width	t_{RPW}	40			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
12	STROBE to Switch Status Delay	t_S		40	100	ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
13	DATA to Switch Status Delay	t_D		50	100	ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ
14	RESET to Switch Status Delay	t_R		35	100	ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ⓘ

† Timing is over recommended temperature range. See Fig. 3 for control and I/O timing details.
Digital Input rise time (tr) and fall time (tf) = 5ns.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.
ⓘ Refer to Appendix, Fig. A.7 for test circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

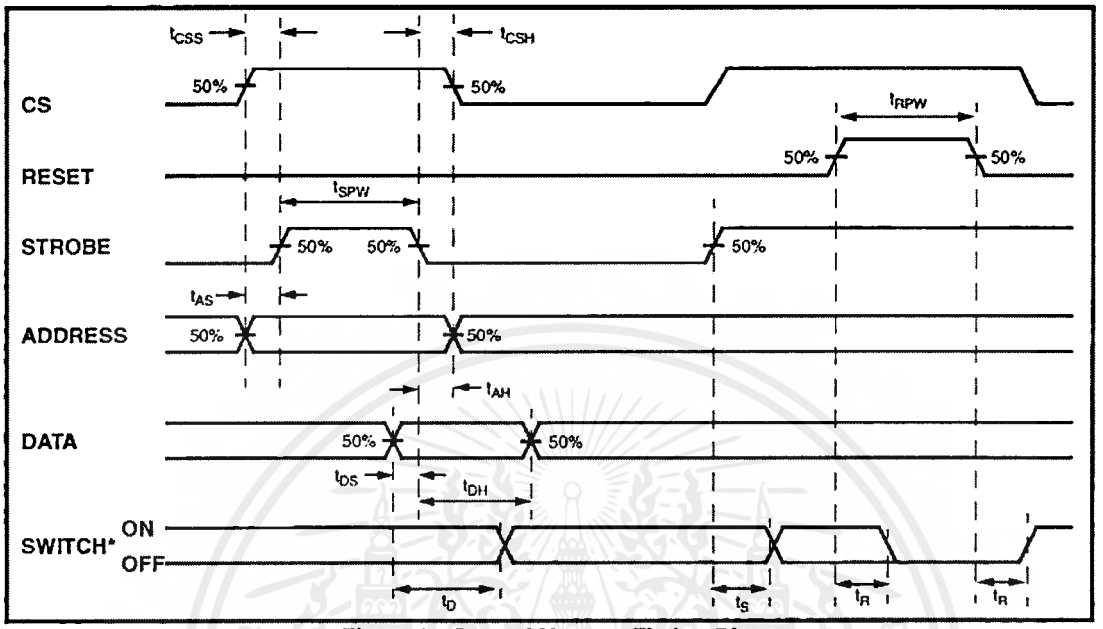


Figure 3 - Control Memory Timing Diagram

* See Appendix, Fig. A.7 for switching waveform

AX0	AX1	AX2	AX3	AY0	AY1	AY2	Connection*
0	0	0	0	0	0	0	X0-Y0
1	0	0	0	0	0	0	X1-Y0
0	1	0	0	0	0	0	X2-Y0
1	1	0	0	0	0	0	X3-Y0
0	0	1	0	0	0	0	X4-Y0
1	0	1	0	0	0	0	X5-Y0
0	1	1	0	0	0	0	X12-Y0
1	1	1	0	0	0	0	X13-Y0
0	0	0	1	0	0	0	X6-Y0
1	0	0	1	0	0	0	X7-Y0
0	1	0	1	0	0	0	X8-Y0
1	1	0	1	0	0	0	X9-Y0
0	0	1	1	0	0	0	X10-Y0
1	0	1	1	0	0	0	X11-Y0
0	1	1	1	0	0	0	X14-Y0
1	1	1	1	0	0	0	X15-Y0
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	1 ↓ 1	0 ↓ 0	0 ↓ 0	X0-Y1 ↓ X15-Y1
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	0 ↓ 0	X0-Y2 ↓ X15-Y2
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	1 ↓ 1	1 ↓ 1	0 ↓ 0	X0-Y3 ↓ X15-Y3
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 0	0 ↓ 0	1 ↓ 1	X0-Y4 ↓ X15-Y4
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	1 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	X0-Y5 ↓ X15-Y5
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	1 ↓ 1	X0-Y6 ↓ X15-Y6
0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	1 ↓ 1	1 ↓ 1	1 ↓ 1	X0-Y7 ↓ X15-Y7

Table 1. Address Decode Truth Table

* Switch connections are not in ascending order

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8816 ISO-CMOS

Absolute Maximum Ratings* - Voltages are with respect to V_{EE} unless otherwise stated.

	Parameter		Symbol	Min	Max	Units
1	Supply Voltage		V_{DD} V_{SS}	-0.3 -0.3	16.0 V_{DD}+0.3	V V
2	Analog Input Voltage		V_{INA}	-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Digital Input Voltage		V_{IN}	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
4	Current on any I/O Pin		I		±15	mA
5	Storage Temperature		T_S	-65	+150	°C
6	Package Power Dissipation	PLASTIC DIP CERDIP	P_D P_D		0.6 1.0	W W

* Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to V_{EE} unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	Operating Temperature	T_O	-40	25	85	°C	
2	Supply Voltage	V_{DD} V_{SS}	4.5 V_{EE}		13.2 V_{DD}-4.5	V V	
3	Analog Input Voltage	V_{INA}	V_{EE}		V_{DD}	V	
4	Digital Input Voltage	V_{IN}	V_{SS}		V_{DD}	V	

DC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to V_{EE}=V_{SS}=0V, V_{DD} =12V unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Quiescent Supply Current	I_{DD}		1	100	µA	All digital inputs at V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
				0.4	1.5	mA	All digital inputs at V_{IN}=2.4V + V_{SS}; V_{SS}=7.0V
				5	15	mA	All digital inputs at V_{IN}=3.4V
2	Off-state Leakage Current (See G.9 in Appendix)	I_{OFF}		±1	±500	nA	$\|V_{Xi} - V_{Yj}\| = V_{DD} - V_{EE}$ See Appendix, Fig. A.1
3	Input Logic "0" level	V_{IL}			0.8+V_{SS}	V	V_{SS}=7.5V; V_{EE}=0V
4	Input Logic "1" level	V_{IH}	2.0+V_{SS}			V	V_{SS}=6.5V; V_{EE}=0V
5	Input Logic "1" level	V_{IH}	3.3			V	
6	Input Leakage (digital pins)	I_{LEAK}		0.1	10	µA	All digital inputs at V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}

† DC Electrical Characteristics are over recommended temperature range.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics- Switch Resistance - V_{DC} is the external DC offset applied at the analog I/O pins.

	Characteristics	Sym	25°C		70°C		85°C		Units	Test Conditions
			Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max		
1	On-state V_{DD}=12V Resistance V_{DD}=10V V_{DD}= 5V (See G.1, G.2, G.3 in Appendix)	R_{ON}	45 55 120	65 75 185		75 85 215		80 90 225	Ω Ω Ω	V_{SS}=V_{EE}=0V,V_{DC}=V_{DD}/2, $\|V_{Xi}$-$V_{Yj}\|$ = 0.4V See Appendix, Fig. A.2
2	Difference in on-state resistance between two switches (See G.4 in Appendix)	ΔR_{ON}	5	10		10		10	Ω	V_{DD}=12V, V_{SS}=V_{EE}=0, V_{DC}=V_{DD}/2, $\|V_{Xi}$-$V_{Yj}\|$ = 0.4V See Appendix, Fig. A.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL

ISO²-CMOS MT88L70
3 Volt Integrated DTMF Receiver

ISSUE 2 May 1995

Features

- 2.7 - 3.6 volt operation
- Complete DTMF receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Functionally compatible with Mitel's MT8870D

Ordering Information

MT88L70AC	18 Pin Ceramic DIP
MT88L70AE	18 Pin Plastic DIP
MT88L70AS	18 Pin SOIC
MT88L70AN	20 Pin SSOP
MT88L70AT	20 Pin TSSOP

-40 °C to + 85 °C

Applications

- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

Description

The MT88L70 is a complete 3 Volt, DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

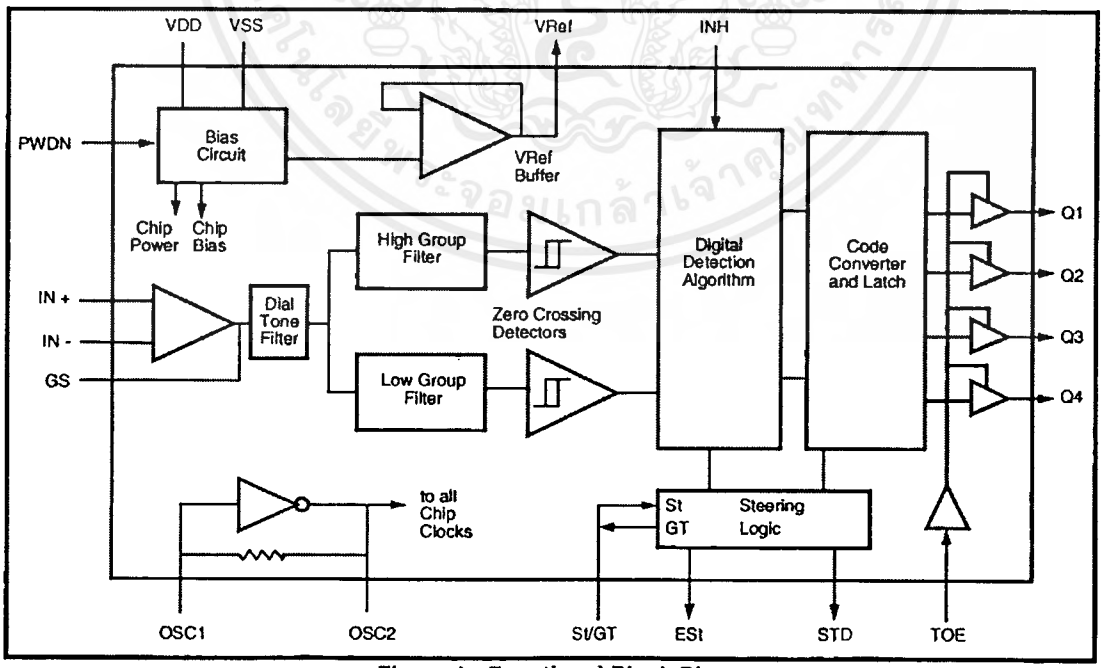


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT88L70

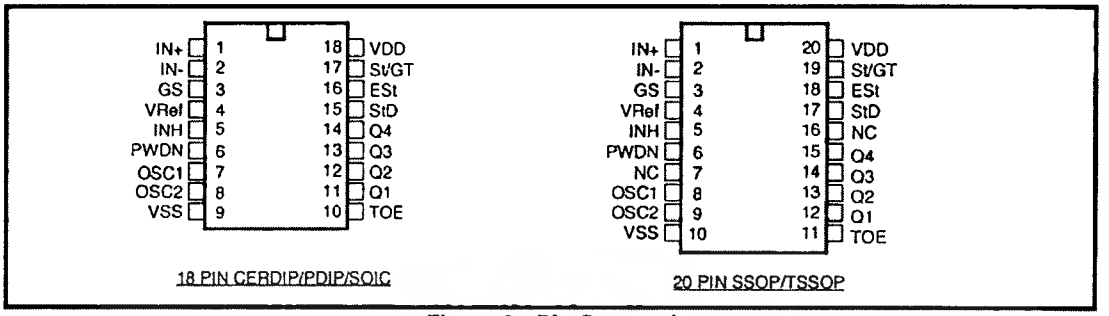


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	**Non-Inverting Op-Amp (Input).**
2	2	IN-	**Inverting Op-Amp (Input).**
3	3	GS	**Gain Select.** Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V_{Ref}	**Reference Voltage (Output).** Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Figure 5 and Figure 6).
5	5	INH	**Inhibit (Input).** Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	**Power Down (Input).** Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	**Clock (Input).**
8	9	OSC2	**Clock (Output).** A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V_{SS}	**Ground (Input).** 0V typical.
10	11	TOE	**Three Staté Output Enable (Input).** Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	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	17	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	18	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	19	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	20	V_{DD}	**Positive power supply (Input).** +3V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT88L70 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance, with 3 volt operation. 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. 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 3) 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 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.

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

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 3 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 7) 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.

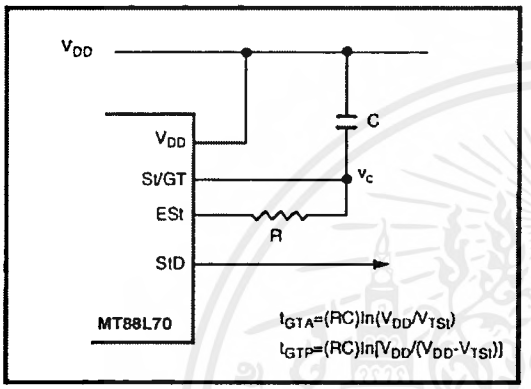


Figure 3 - Basic Steering Circuit

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 drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 4.

Power-down and Inhibit Mode

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

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

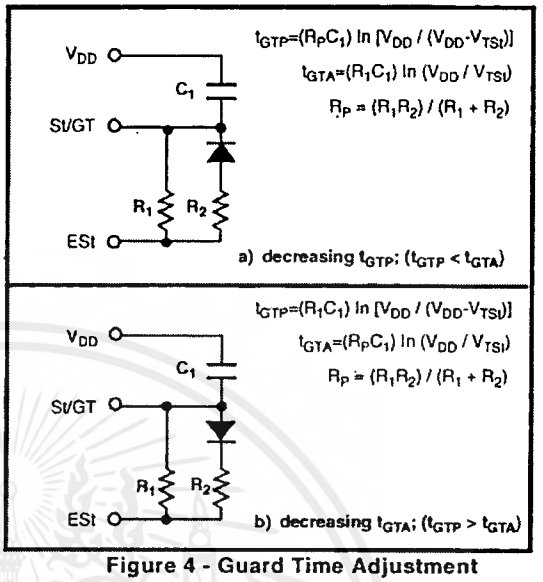


Figure 4 - Guard Time Adjustment

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT88L70 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,

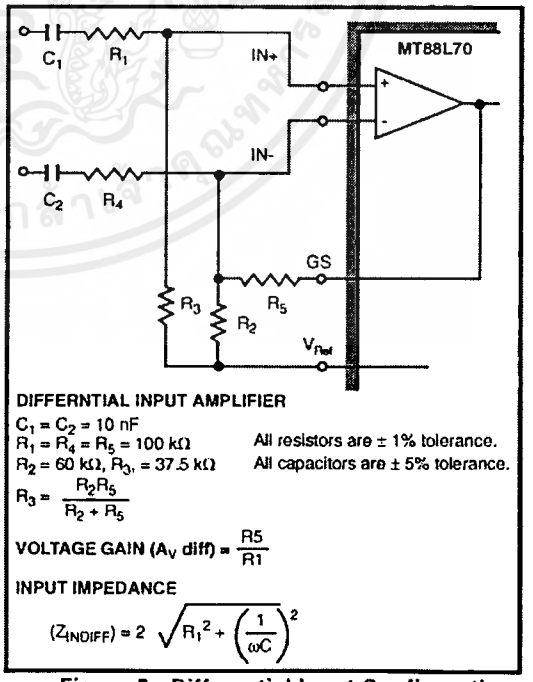


Figure 5 - Differential Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

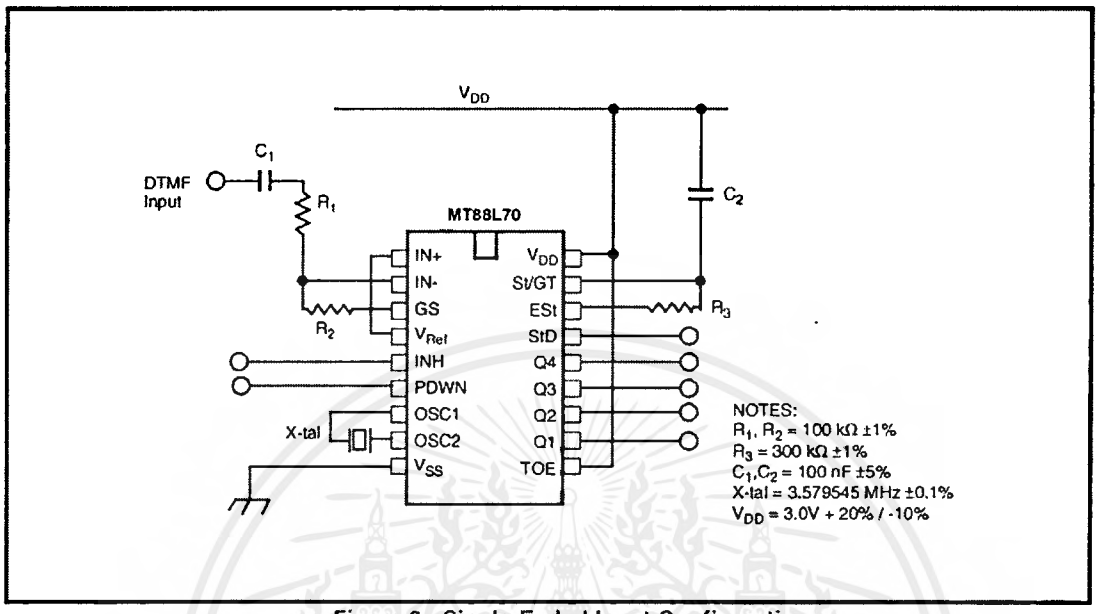


Figure 6 - Single-Ended Input Configuration

the input pins are connected as shown in Figure 6 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $1/2V_{DD}$. Figure 5 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5.

Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is connected as shown in Figure 6 (Single-ended Input Configuration).

Applications

A single-ended input configuration is shown in Figure 6. For applications with differential signal inputs the circuit shown in Figure 5 may be used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT88L70

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		7	V
2	Voltage on any pin	V_I	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		500	mW

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

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

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	2.7	3.0	3.6	V	
2	Operating Temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq.Tolerance	Δfc		±0.1		%	

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

DC Electrical Characteristics - V_{DD}=3.0V+ 20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	SUPPLY	Standby supply current	I_{DDQ}		1	10	µA	PWDN=V_{DD}
2		Operating supply current	I_{DD}		2.0	5.5	mA	
3		Power consumption	P_O		6		mW	f_c=3.579545 MHz
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	2.1			V	V_{DD}=3.0V
5		Low level input voltage	V_{IL}			0.9	V	V_{DD}=3.0V
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.05	5	µA	V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		4	15	µA	TOE (pin 10)=0, V_{DD}=3.0V
8		Pull down (sink) current	I_{SI}		15	40	µA	INH=V_{DD}, PWDN=V_{DD}, V_{DD}=3.0V
9		Input impedance (IN+, IN-)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{TSt}		0.465V_{DD}		V	
11	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			V_{SS}+0.03	V	No load
12		High level output voltage	V_{OH}	V_{DD}-0.03			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.5	8		mA	V_{OUT}=0.4 V
14		Output high (source) current	I_{OH}	1.0	3.0		mA	V_{OUT}=3.6 V, V_{DD}=3.6V
15		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}		0.512V_{DD}		V	No load
16		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1		kΩ	

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics - V_{DD}=3.0V+20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, 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	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	V_{SS} + 0.75 V ≤ V_{IN} ≤ V_{DD}-0.75 biased at V_{Ref} =1.5 V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O		2.2		V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}		1.5		V_{pp}	No Load

AC Electrical Characteristics - V_{DD}=3.0V +20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, using Test Circuit shown in Fig. 6.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1		Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-34 15.4		-4.0 489	dBm mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9 Min @ V_{DD}=3.6V Max @ V_{DD}=2.7V
2		Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3		Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4		Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2,3,5,9
5		Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
6		Third zone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
7		Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
8		Dial zone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT88L70

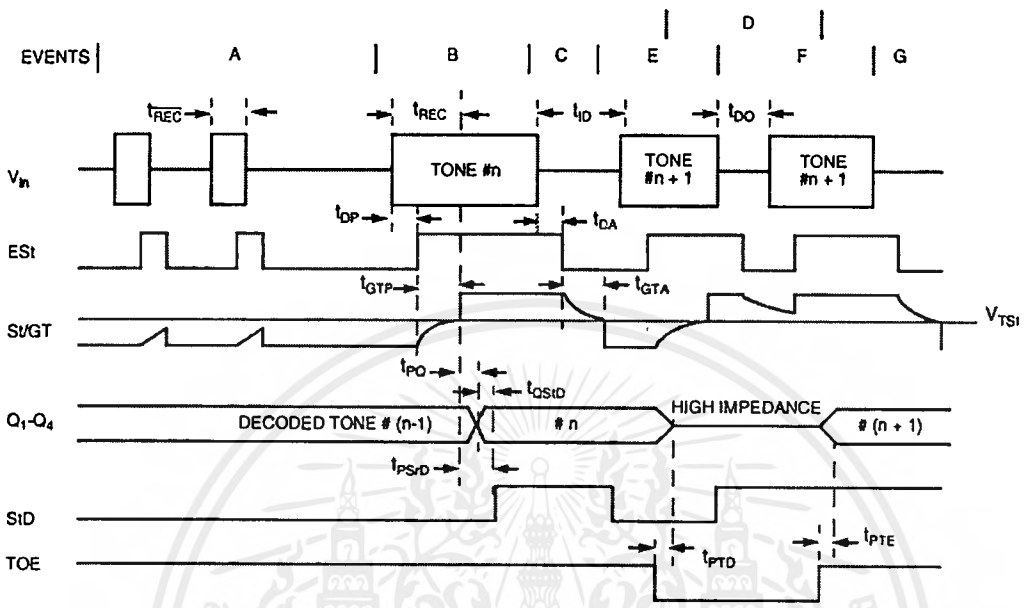
AC Electrical Characteristics - V_{DD}=3.0V+20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C, using Test Circuit shown in Figure 6.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}			11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}			20	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		5.0		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		130		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			15	pF	

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

*NOTES:
1. Used for guard-time calculation purposes only and tested at -4dBm.
2. These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
3. With valid tone present at input. t_{PU} equals time from PDWN going low until ESt going high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MINIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 7 - Timing Diagram

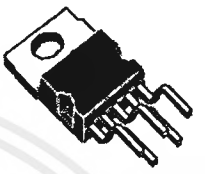
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TDA2030

14W Hi-Fi AUDIO AMPLIFIER

DESCRIPTION

The TDA2030 is a monolithic integrated circuit in Pentawatt® package, intended for use as a low frequency class AB amplifier. Typically it provides 14W output power (d = 0.5%) at 14V/4Ω; at ± 14V or 28V, the guaranteed output power is 12W on a 4Ω load and 8W on a 8Ω (DIN45500).
The TDA2030 provides high output current and has very low harmonic and cross-over distortion.
Further the device incorporates an original (and patented) short circuit protection system comprising an arrangement for automatically limiting the dissipated power so as to keep the working point of the output transistors within their safe operating area. A conventional thermal shut-down system is also included.



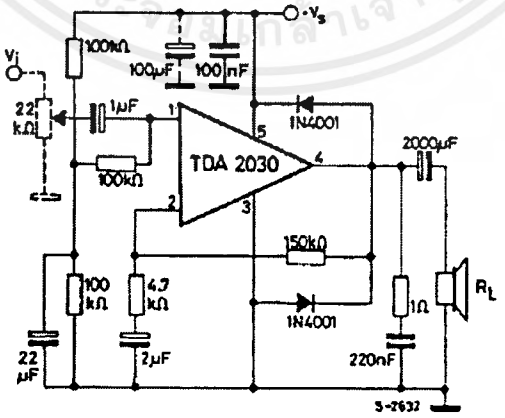
Pentawatt

ORDERING NUMBERS : TDA2030H
TDA2030V

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

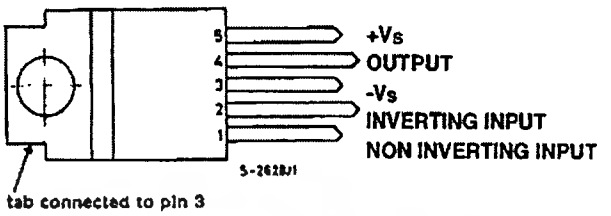
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply voltage	± 18 (36)	V
V_i	Input voltage	V_s	
V_i	Differential input voltage	± 15	V
I_o	Output peak current (internally limited)	3.5	A
P_{tot}	Power dissipation at T_{case} = 90°C	20	W
T_{stg}, T_j	Stoprage and junction temperature	-40 to 150	°C

TYPICAL APPLICATION

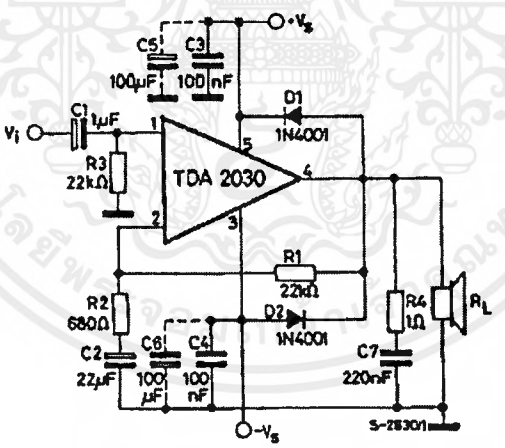


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONNECTION (top view)



TEST CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		Value	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal resistance junction-case	max	3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the test circuit, $V_s = \pm 14V$, $T_{amb} = 25°C$ unless otherwise specified) for single Supply refer to fig. 15 Vs = 28V

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply voltage		± 6 12		± 18 36	V
I_d	Quiescent drain current	$V_s = \pm 18V$ (Vs = 36V)		40	60	mA
I_b	Input bias current			0.2	2	∝A
V_{os}	Input offset voltage			± 2	± 20	mV
I_{os}	Input offset current			± 20	± 200	nA
P_o	Output power	d = 0.5% G_v = 30 dB f = 40 to 15,000 Hz R_L = 4© R_L = 8©	 12 8	 14 9		 W W
		d = 10% G_v = 30 dB f = 1 KHz R_L = 4© R_L = 8©		 18 11		 W W
d	Distortion	P_o = 0.1 to 12W R_L = 4© G_v = 30 dB f = 40 to 15,000 Hz		0.2	0.5	%
		P_o = 0.1 to 8W R_L = 8© G_v = 30 dB f = 40 to 15,000 Hz		0.1	0.5	%
B	Power Bandwidth (-3 dB)	G_v = 30 dB P_o = 12W R_L = 4©	10 to 140,000			Hz
R_i	Input resistance (pin 1)		0.5	5		M©
G_v	Voltage gain (open loop)			90		dB
G_v	Voltage gain (closed loop)	f = 1 kHz	29.5	30	30.5	dB
e_N	Input noise voltage	B = 22 Hz to 22 KHz		3	10	∝V
i_N	Input noise current			80	200	pA
SVR	Supply voltage rejection	R_L = 4© G_v = 30 dB R_g = 22 k© V_{ripple} = 0.5 V_{eff} f_{ripple} = 100 Hz	40	50		dB
I_d	Drain current	P_o = 14W R_L = 4© P_o = W R_L = 8©		900 500		mA mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Output power vs. supply voltage

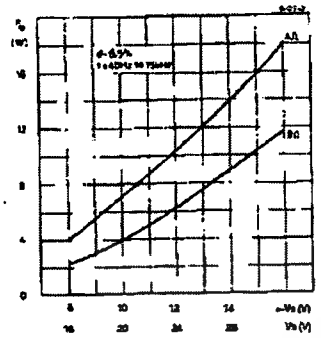


Figure 2. Output power vs. supply voltage

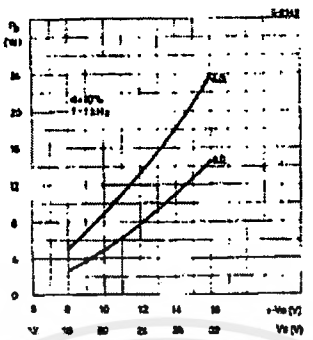


Figure 3. Distortion vs. output power

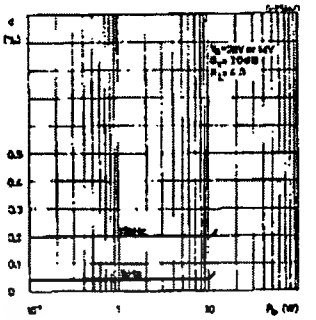


Figure 4. Distortion vs. output power

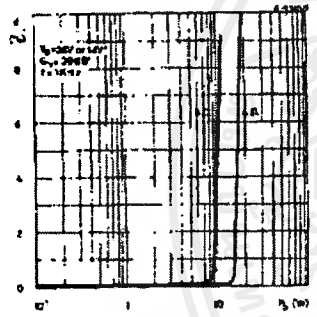


Figure 5. Distortion vs. output power

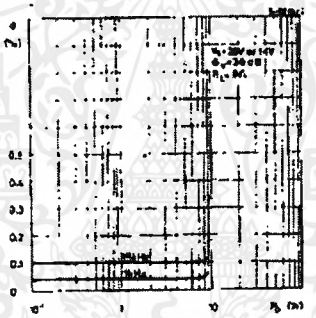


Figure 6. Distortion vs. frequency

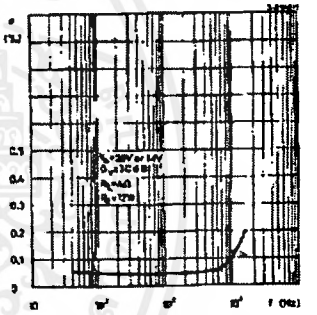


Figure 7. Distortion vs. frequency

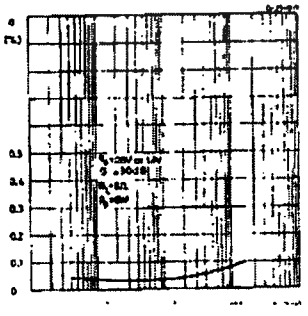


Figure 8. Frequency response with different values of the rolloff capacitor C8 (see fig. 13)

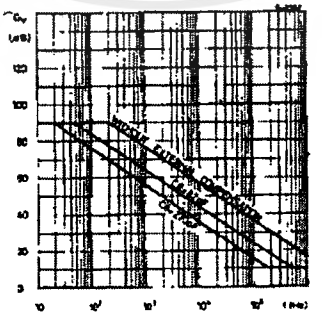
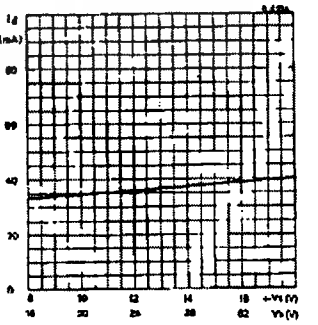


Figure 9. Quiescent current vs. supply voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10. Supply voltage rejection vs. voltage gain

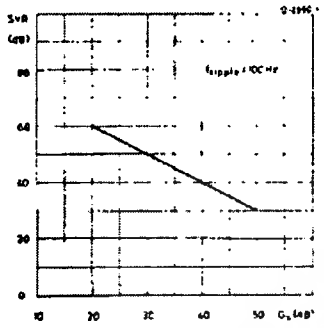


Figure 11. Power dissipation and efficiency vs. output power

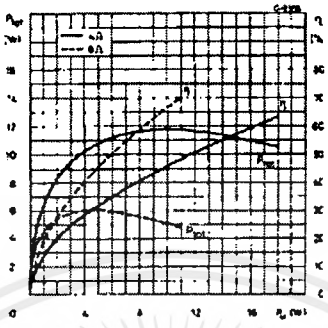
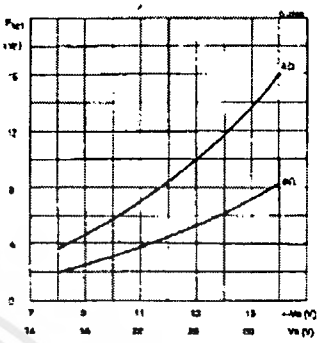


Figure 12. Maximum power dissipation vs. supply voltage (sine wave operation)



APPLICATION INFORMATION

Figure 13. Typical amplifier with split power supply

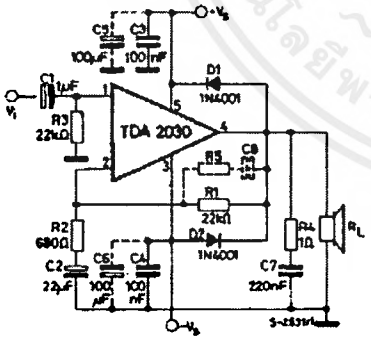
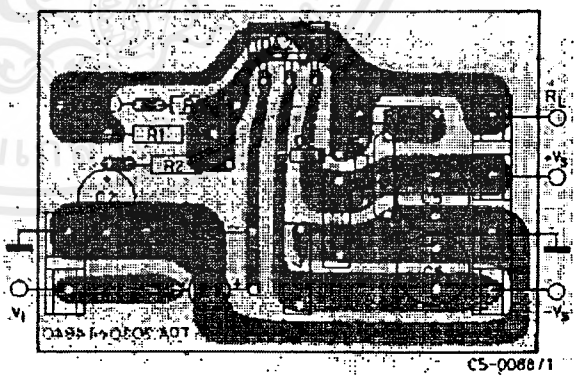


Figure 14. P.C. board and component layout for the circuit of fig. 13 (1 : 1 scale)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION (continued)

Figure 15. Typical amplifier with single power supply

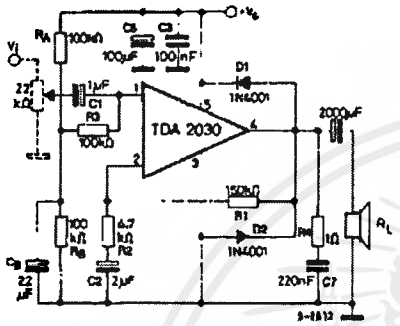


Figure 16. P.C. board and component layout for the circuit of fig. 15 (1 : 1 scale)

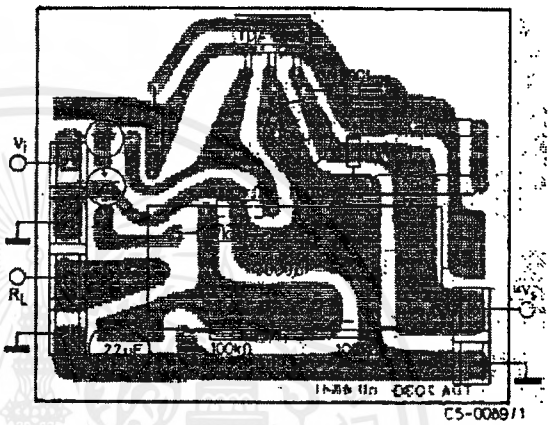
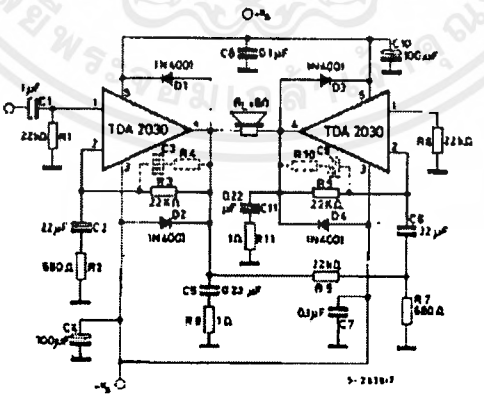


Figure 17. Bridge amplifier configuration with split power supply (P_o = 28W, V_s = ±14V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRACTICAL CONSIDERATIONS

Printed circuit board

The layout shown in Fig. 16 should be adopted by the designers. If different layouts are used, the ground points of input 1 and input 2 must be well decoupled from the ground return of the output in which a high current flows.

Assembly suggestion

No electrical isolation is needed between the package and the heatsink with single supply voltage configuration.

Application suggestions

The recommended values of the components are those shown on application circuit of fig. 13. Different values can be used. The following table can help the designer.

Component	Recomm. value	Purpose	Larger than recommended value	Smaller than recommended value
R1	22 kΩ	Closed loop gain setting	Increase of gain	Decrease of gain (*)
R2	680 Ω	Closed loop gain setting	Decrease of gain (*)	Increase of gain
R3	22 kΩ	Non inverting input biasing	Increase of input impedance	Decrease of input impedance
R4	1 Ω	Frequency stability	Danger of osccilat. at high frequencies with induct. loads	
R5	≅ 3 R2	Upper frequency cutoff	Poor high frequencies attenuation	Danger of oscillation
C1	1 µF	Input DC decoupling		Increase of low frequencies cutoff
C2	22 µF	Inverting DC decoupling		Increase of low frequencies cutoff
C3, C4	0.1 µF	Supply voltage bypass		Danger of oscillation
C5, C6	100 µF	Supply voltage bypass		Danger of oscillation
C7	0.22 µF	Frequency stability		Danger of oscillation
C8	$\cong \frac{1}{2\pi\ B\ R1}$	Upper frequency cutoff	Smaller bandwidth	Larger bandwidth
D1, D2	1N4001	To protect the device against output voltage spikes		

(*) Closed loop gain must be higher than 24dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE SUPPLY APPLICATION

Component	Recomm. value	Purpose	Larger than recommended value	Smaller than recommended value
R1	150 kΩ	Closed loop gain setting	Increase of gain	Decrease of gain (*)
R2	4.7 kΩ	Closed loop gain setting	Decrease of gain (*)	Increase of gain
R3	100 kΩ	Non inverting input biasing	Increase of input impedance	Decrease of input impedance
R4	1 Ω	Frequency stability	Danger of osccilat. at high frequencies with induct. loads	
R_A/R_B	100 kΩ	Non inverting input Biasing		Power Consumption
C1	1 µF	Input DC decoupling		Increase of low frequencies cutoff
C2	22 µF	Inverting DC decoupling		Increase of low frequencies cutoff
C3	0.1 µF	Supply voltage bypass		Danger of oscillation
C5	100 µF	Supply voltage bypass		Danger of oscillation
C7	0.22 µF	Frequency stability		Danger of oscillation
C8	$\cong \frac{1}{2\pi\ B\ R1}$	Upper frequency cutoff	Smaller bandwidth	Larger bandwidth
D1, D2	1N4001	To protect the device against output voltage spikes		

(*) Closed loop gain must be higher than 24dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHORT CIRCUIT PROTECTION

The TDA2030 has an original circuit which limits the current of the output transistors. Fig. 18 shows that the maximum output current is a function of the collector emitter voltage; hence the output transistors work within their safe operating area (Fig. 2). This function can therefore be considered as being peak power limiting rather than simple current limiting.
It reduces the possibility that the device gets damaged during an accidental short circuit from AC output to ground.

Figure 18. Maximum output current vs. voltage [V_{CEsat}] across each output transistor

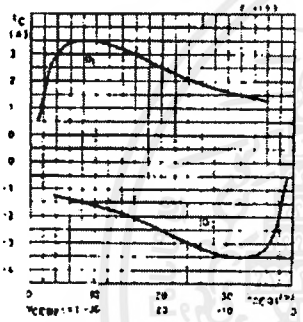
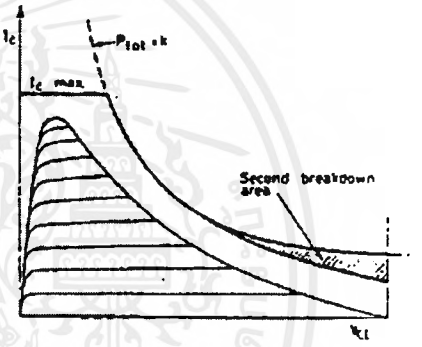


Figure 19. Safe operating area and collector characteristics of the protected power transistor



THERMAL SHUT-DOWN

The presence of a thermal limiting circuit offers the following advantages:

1. An overload on the output (even if it is permanent), or an abovelimit ambient temperature can be easily supported since the T_j cannot be higher than 150°C.
2. The heatsink can have a smaller factor of safety compared with that of a conventional circuit. There is no possibility of device damage due to high junction temperature. If for any reason, the junction temperature increases up to 150°C, the thermal shut-down simply reduces the power dissipation at the current consumption.

The maximum allowable power dissipation depends upon the size of the external heatsink (i.e. its thermal resistance); fig. 22 shows this dissipable power as a function of ambient temperature for different thermal resistance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 20. Output power and drain current vs. case temperature ($R_L = 4\Omega$)

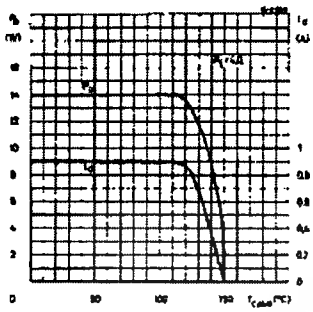


Figure 21. Output power and drain current vs. case temperature ($R_L = 8\Omega$)

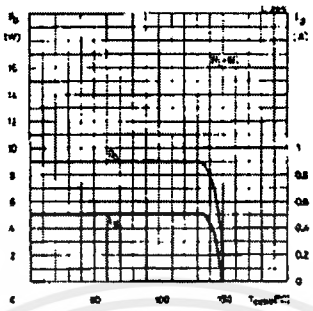


Figure 22. Maximum allowable power dissipation vs. ambient temperature

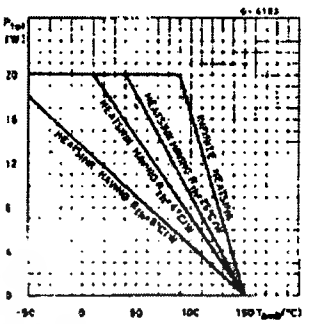
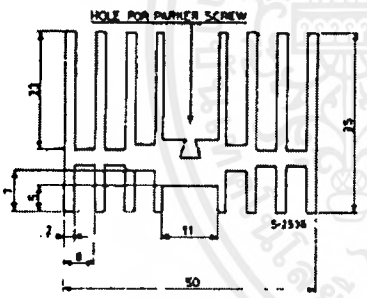


Figure 23. Example of heat-sink



Dimension : suggestion.

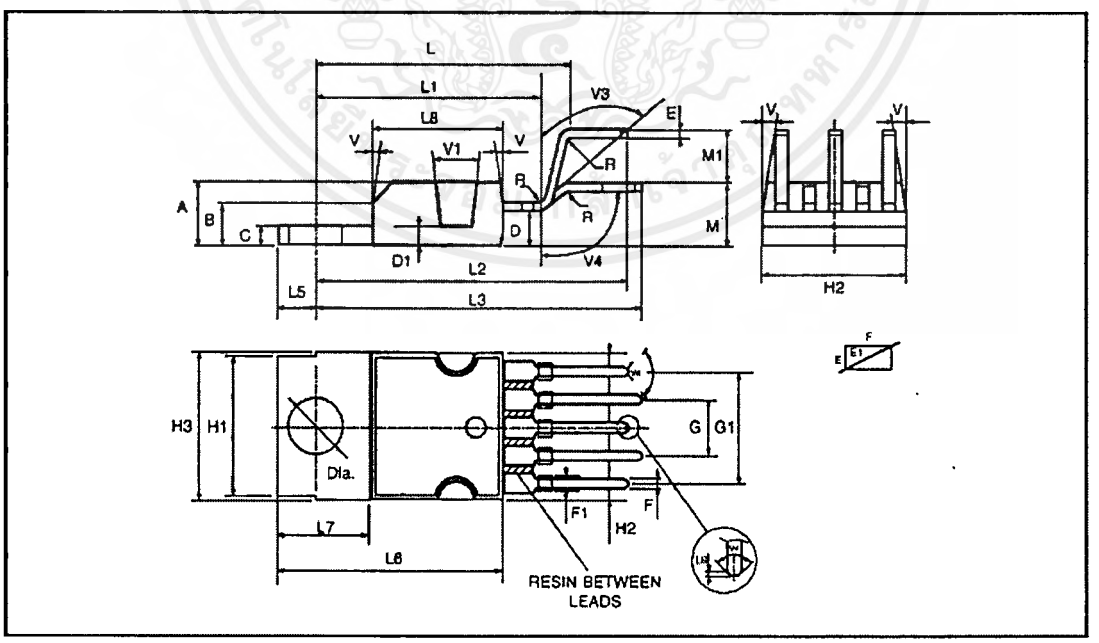
The following table shows the length that the heatsink in fig. 23 must have for several values of P_{tot} and R_{th}.

Ptot (W)	12	8	6
Length of heatsink (mm)	60	40	30
Rth of heatsink (5 C/W)	4.2	6.2	8.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PENTAWATT PACKAGE MECHANICAL DATA

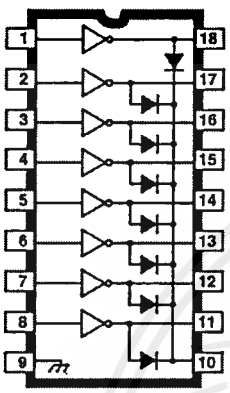
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			4.8			0.189
C			1.37			0.054
D	2.4		2.8	0.094		0.110
D1	1.2		1.35	0.047		0.053
E	0.35		0.55	0.014		0.022
E1	0.76		1.19	0.030		0.047
F	0.8		1.05	0.031		0.041
F1	1		1.4	0.039		0.055
G	3.2	3.4	3.6	0.126	0.134	0.142
G1	6.6	6.8	7	0.260	0.268	0.276
H2			10.4			0.409
H3	10.05		10.4	0.396		0.409
L	17.55	17.85	18.15	0.691	0.703	0.715
L1	15.55	15.75	15.95	0.612	0.620	0.628
L2	21.2	21.4	21.6	0.831	0.843	0.850
L3	22.3	22.5	22.7	0.878	0.886	0.894
L4			1.29			0.051
L5	2.6		3	0.102		0.118
L6	15.1		15.8	0.594		0.622
L7	6		6.6	0.236		0.260
L9		0.2			0.008	
M	4.23	4.5	4.75	0.167	0.177	0.187
M1	3.75	4	4.25	0.148	0.157	0.167
V4	40° (typ.)					
Dia	3.65		3.85	0.144		0.152



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2803 THRU 2824

HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Dwg. No. A-10,322A

Note that the ULx28xxA series (dual in-line package) and ULx28xxLW series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, V_{CE}
- (x2803x and x2804x) ..... 50 V
- (x2823x and x2824x) ..... 95 V

Input Voltage, V_{IN} ..... 30 V

Continuous Output Current, I_C .... 500 mA

Continuous Input Current, I_{IN} ..... 25 mA

Power Dissipation, P_D
- (one Darlington pair) ..... 1.0 W
- (total package) ..... See Graph

Operating Temperature Range, T_A
- Prefix 'ULN' ..... -20°C to +85°C
- Prefix 'ULQ' ..... -40°C to +85°C

Storage Temperature Range,
- T_S ..... -55°C to +150°C

Featuring continuous load current ratings to 500 mA for each of the drivers, the Series ULN28xxA/LW and ULQ28xxA/LW high-voltage, high-current Darlington arrays are ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads. Typical power loads totaling over 260 W (350 mA x 8, 95 V) can be controlled at an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULx2803A, ULx2803LW, ULx2823A, and ULN2823LW have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULx2804A, ULx2804LW, ULx2824A, and ULN2824LW have series input resistors for operation directly from 6 V to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULx2803A/LW and ULx2804A/LW are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULx2823A/LW and ULx2824A/LW will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 18-pin dual in-line plastic packages (suffix 'A') or 18-lead small-outline plastic packages (suffix 'LW'). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. Prefix 'ULN' devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C; prefix 'ULQ' devices are rated for operation to -40°C.

FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Package or Wide-Body Small-Outline Package

x = Character to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

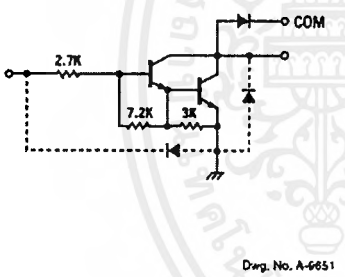
DEVICE PART NUMBER DESIGNATION

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_{C(MAX)}$	500 mA	500 mA
Logic	Part Number	
5V TTL, CMOS	ULN2803A* ULN2803LW*	ULN2823A* ULN2823LW
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2804A* ULN2804LW*	ULN2824A* ULN2824LW

* Also available for operation between -40°C and +85°C. To order, change prefix from 'ULN' to 'ULQ'.

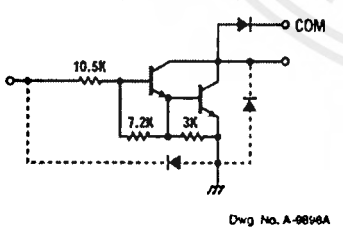
PARTIAL SCHEMATICS

ULx28x3A/LW (Each Driver)

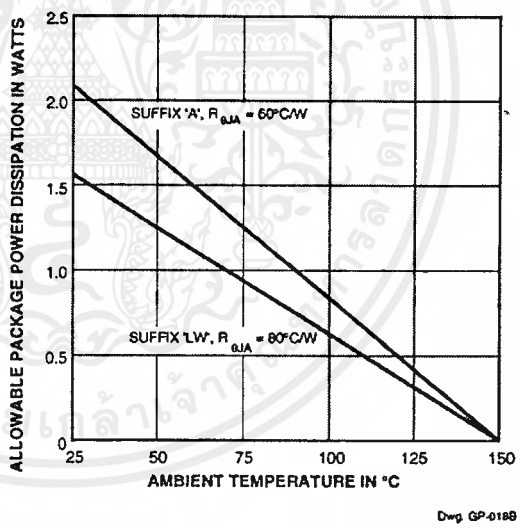


Dwg. No. A-6651

ULx28x4A/LW (Each Driver)



Dwg. No. A-9696A



Dwg. GP-018B

x = Character to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

Types ULx2803A, ULx2803LW, ULx2804A, and ULx2804LW
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	V_{CE} = 50 V, T_A = 25°C	—	< 1	50	mA
				V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C	—	< 1	100	mA
		1B	ULx2804x	V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C, V_{IN} = 1.0 V	—	< 5	500	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	I_C = 100 mA, I_B = 250 mA	—	0.9	1.1	V
				I_C = 200 mA, I_B = 350 mA	—	1.1	1.3	V
				I_C = 350 mA, I_B = 500 mA	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULx2803x	V_{IN} = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
			ULx2804x	V_{IN} = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V_{IN} = 12 V	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	I_C = 500 mA, T_A = 70°C	50	65	—	mA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULx2803x	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	2.4	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA	—	—	2.7	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA	—	—	3.0	V
			ULx2804x	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA	—	—	5.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	6.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA	—	—	7.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA	—	—	8.0	V
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	ms
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	ms
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	V_R = 50 V, T_A = 25°C	—	—	50	mA
				V_R = 50 V, T_A = 70°C	—	—	100	mA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	I_F = 350 mA	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes prefix to operating temperature range: ULN = -20°C to +85°C. ULQ = -40°C to +85°C and a suffix to identify package style: A = DIP, LW = SOIC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

Types ULx2823A, ULN2823LW, ULx2824A, and ULN2824LW
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	V_{CE} = 95 V, T_A = 25°C	—	< 1	50	mA
				V_{CE} = 95 V, T_A = 70°C	—	< 1	100	mA
		1B	ULx2824x	V_{CE} = 95 V, T_A = 70°C, V_{IN} = 1.0 V	—	< 5	500	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	I_C = 100 mA, I_B = 250 mA	—	0.9	1.1	V
				I_C = 200 mA, I_B = 350 mA	—	1.1	1.3	V
				I_C = 350 mA, I_B = 500 mA	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULx2823x	V_{IN} = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
			ULx2824x	V_{IN} = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V_{IN} = 12 V	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	I_C = 500 mA, T_A = 70°C	50	65	—	mA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULx2823x	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	2.4	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA	—	—	2.7	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA	—	—	3.0	V
			ULx2824x	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA	—	—	5.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	6.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA	—	—	7.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA	—	—	8.0	V
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	ms
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	ms
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	V_R = 95 V, T_A = 25°C	—	—	50	mA
				V_R = 95 V, T_A = 70°C	—	—	100	mA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	I_F = 350 mA	—	1.7	2.0	V

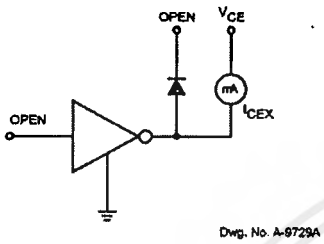
Complete part number includes prefix to operating temperature range: ULN = -20°C to +85°C, ULQ = -40°C to +85°C and a suffix to identify package style: A = DIP, LW = SOIC. Note that the ULQ2823LW and ULQ2824LW are not presently available.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

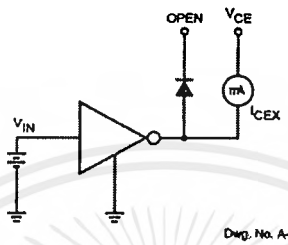
TEST FIGURES

FIGURE 1A



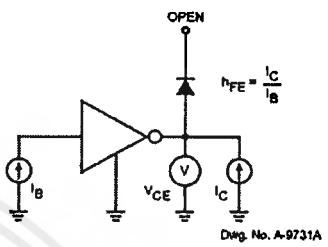
Dwg. No. A-9729A

FIGURE 1B



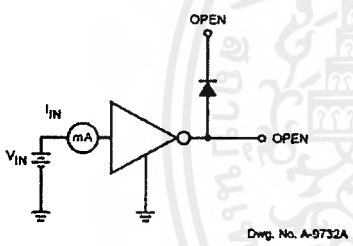
Dwg. No. A-9730A

FIGURE 2



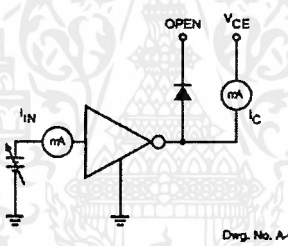
Dwg. No. A-9731A

FIGURE 3



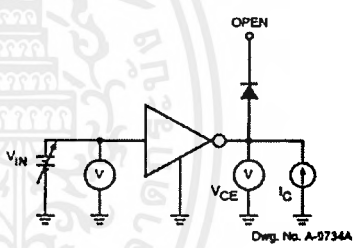
Dwg. No. A-9732A

FIGURE 4



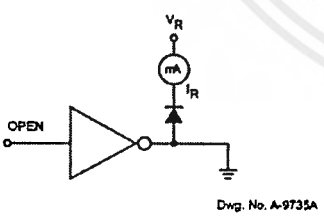
Dwg. No. A-9733A

FIGURE 5



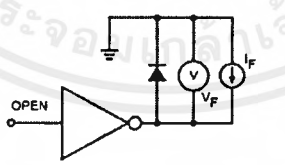
Dwg. No. A-9734A

FIGURE 6



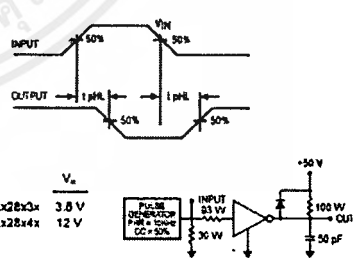
Dwg. No. A-9735A

FIGURE 7



Dwg. No. A-9736A

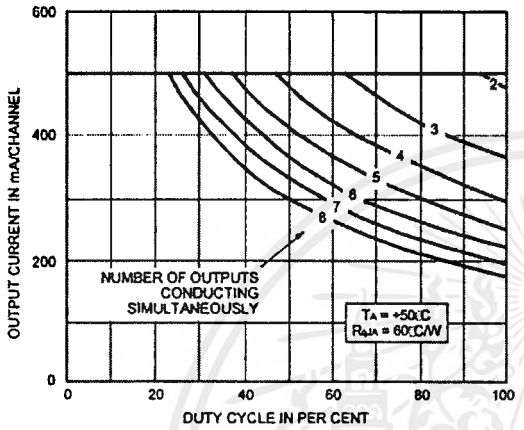
FIGURE 8



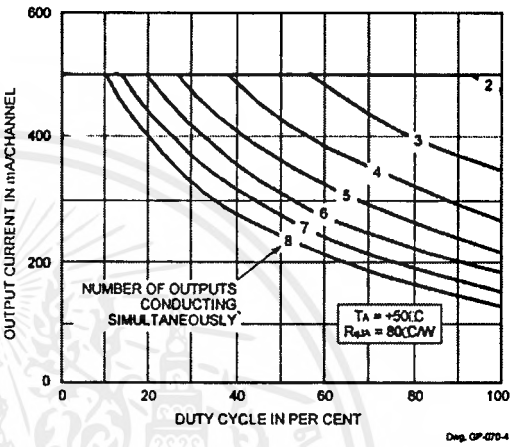
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

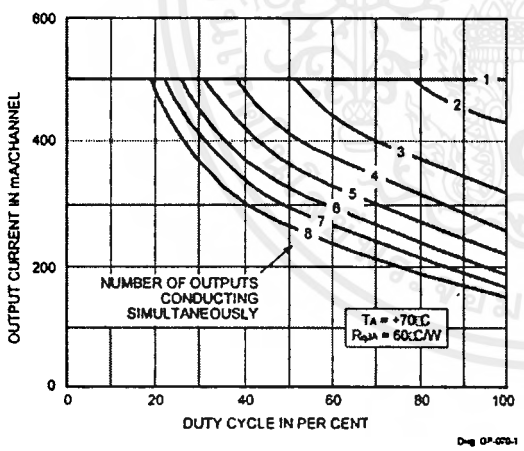
2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

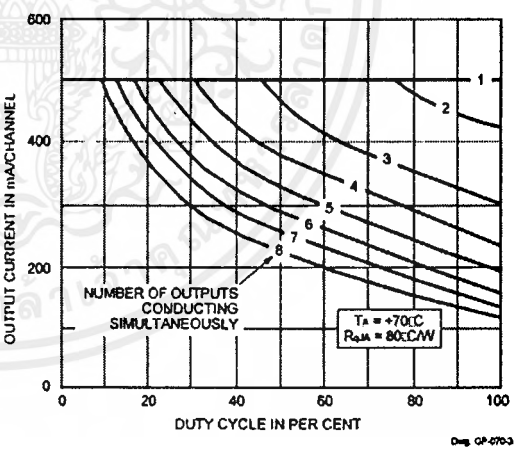
ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE
ULx28xxA



ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE
ULx28xxLW







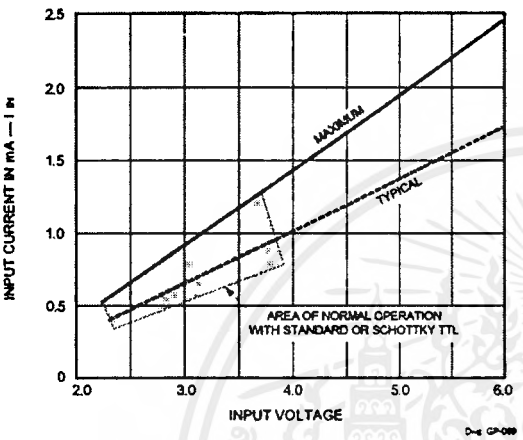
x = Characters to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

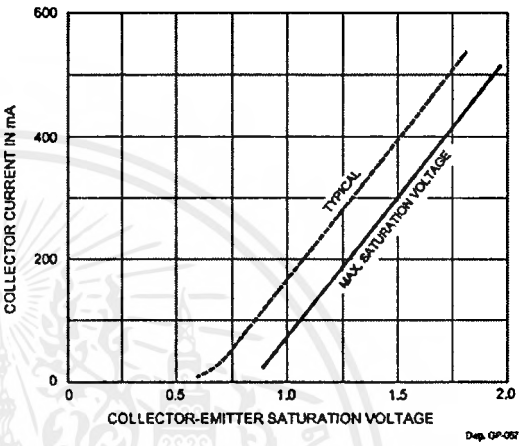
2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

INPUT CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE

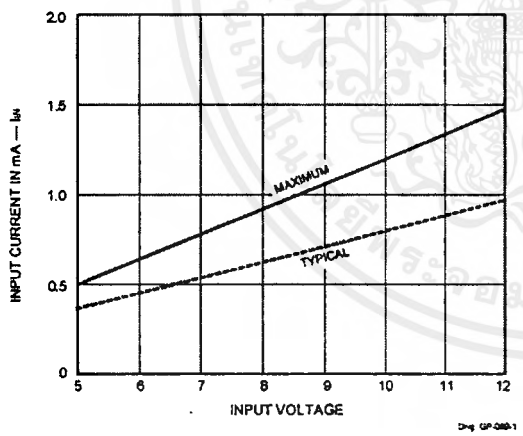
ULx28x3x



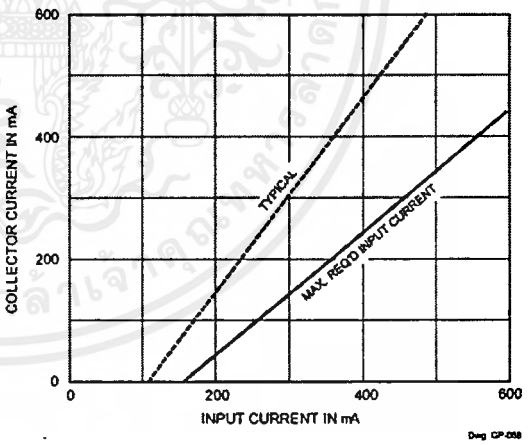
SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF COLLECTOR CURRENT



ULx28x4x



COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT



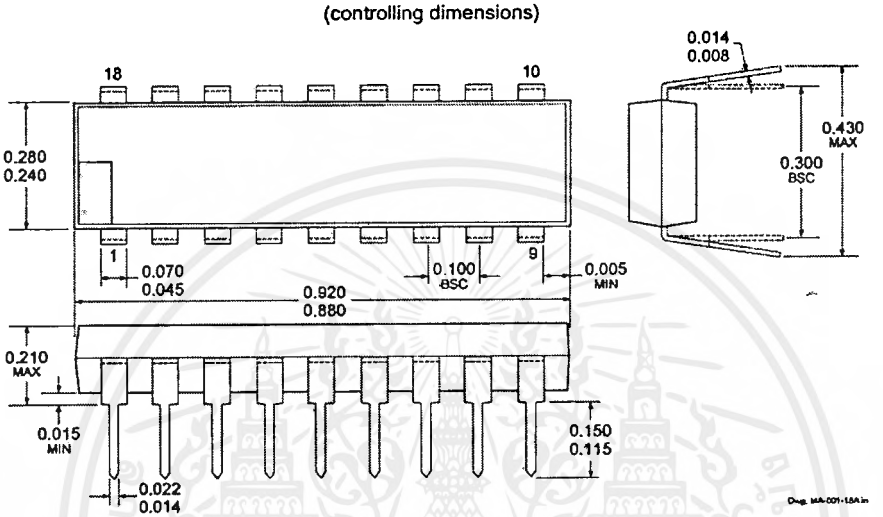
x = Characters to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

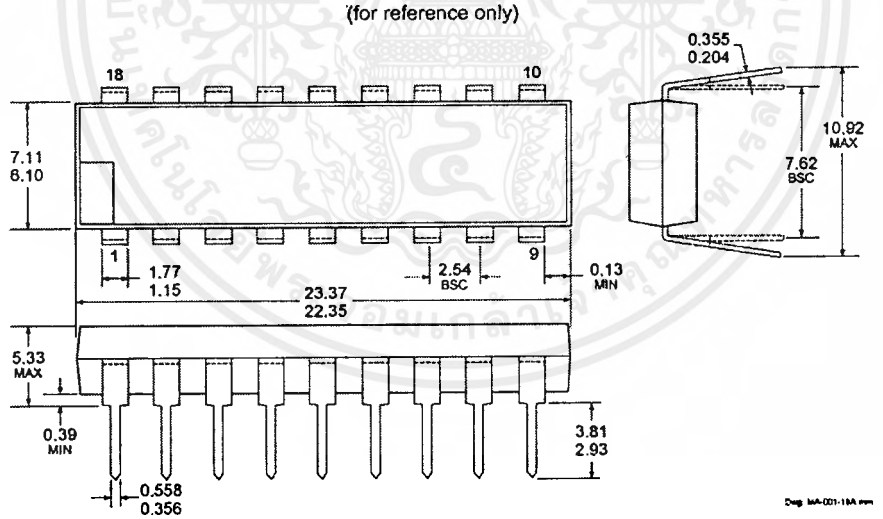
2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

PACKAGE DESIGNATOR "A" DIMENSIONS

Dimensions in Inches
(controlling dimensions)



Dimensions in Millimeters
(for reference only)



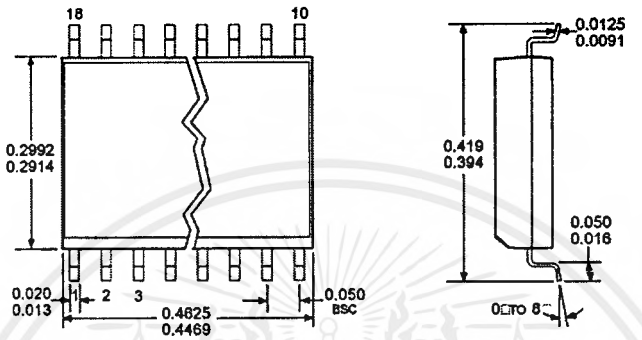
NOTES: 1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.
2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
3. Lead thickness is measured at seating plane or below.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

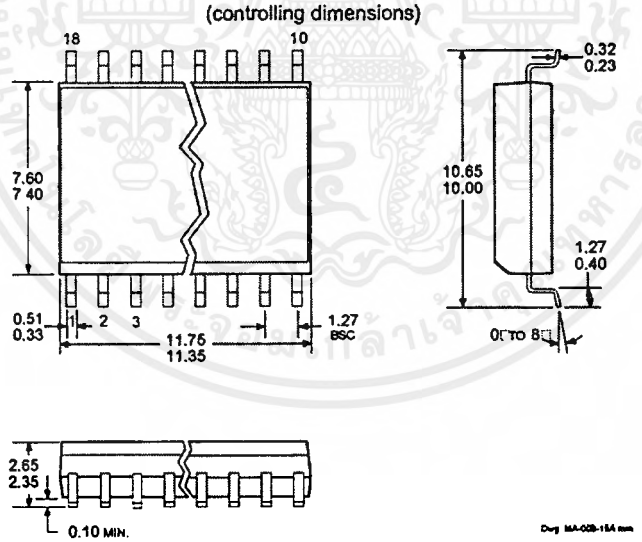
2803 THRU 2824
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

PACKAGE DESIGNATOR "LW" DIMENSIONS

Dimensions in Inches
(for reference only)



Dimensions in Millimeters
(controlling dimensions)



NOTES: 1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.
2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งานชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์
TELEPHONY SESTEMS TUTOR

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ เป็นชุดฝึกซึ่งใช้ในการจำลองการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์ สามารถสร้างสัญญาณโทรศัพท์ และส่งสัญญาณได้โดยควบคุมการติดต่อภายในด้วยระบบ Auto Matrix Exchange และสามารถทดสอบสัญญาณในแต่ละจุดการทำงานที่จุดทดสอบสัญญาณ (Test Point; TP) ซึ่งอยู่บนหน้ากล่องของชุดฝึก

ชุดฝึกชุมสายโทรศัพท์ ประกอบด้วย 7 ส่วน ดังนี้

1) Line Circuit
2) Digit Receivers
3) Switch Matrix
4) Control Interface
5) Tone Generator
6) Power Supply
7) Sotfware Disk

1. Line Circuit

1.1) ส่วนประกอบด้านบน ประกอบด้วย

CONNECTOR : เป็นช่องเสียบต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ 8 เครื่อง แต่ละ Line จะมีการตรวจสอบสถานะการทำงาน

LOOP DETECTOR : แสดงขณะที่โทรศัพท์อยู่ในสภาวะ Off – Hook ซึ่งจะแสดงเมื่อมีสัญญาณไฟกระแสตรงไหลผ่านโทรศัพท์

ANSWER DETECTOR : จะแสดงขณะที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก อยู่ในสภาวะ Off - Hook จะแสดงเมื่ออยู่ในสภาวะมีสัญญาณกระดิ่งโดยที่มีสัญญาณไฟกระแสตรงไหลผ่านโทรศัพท์

TERMINATION DETECTOR : แสดงสภาวะขณะที่โทรศัพท์ไม่ได้ต่อกับสาย แสดงเมื่อคาปาซิเตอร์ต่อกับสายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ส่วนประกอบด้านหลัง ประกอบด้วย

CONNECTOR 1 : ต่อออกจากชุด Line Circuit ไปชุด Switch Matrix ที่ Connector 7

CONNECTOR 2 : ต่อออกจากชุด Line Circuit ไปชุด Control Interface ที่ Connector 11

CONNECTOR 3 : ต่อออกจากชุด Line Circuit ไปชุด Digit Receiver ที่ Connector 4

2. Digit Receiver

2.1 ส่วนประกอบด้านบน ประกอบด้วย

LOOP SIGNAL : แสดงลำดับของสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ จะแสดงเมื่อมีการส่งสัญญาณผ่าน Line Circuit

DTMF FROM J0 : เส้นทางของสัญญาณโทรศัพท์ที่มาจาก Junctor 0

DTMF FROM J1 : เส้นทางของสัญญาณโทรศัพท์ที่มาจาก Junctor 1

DTMF RECEIVERS : รับสัญญาณโทรศัพท์จาก Junctor ของชุมสายที่เป็นระบบความถี่คู่ แล้วทำการเปลี่ยนสัญญาณที่เป็นความถี่คู่ ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ IC เบอร์ MT8870

PULSE RECEIVERS : รับสัญญาณโทรศัพท์จาก Junctor ของชุมสายที่เป็นระบบพัลซ์ มาผ่านวงจรนับเพื่อนับจำนวนพัลซ์ แล้วเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

TONE/PULSE INDICATOR : เป็นสวิตช์ที่ใช้แสดงเส้นทางของสัญญาณโทรศัพท์ ว่าเป็นระบบความถี่คู่ หรือเป็นระบบพัลซ์ เพื่อนำสัญญาณที่เป็นสัญญาณดิจิตอลส่งไปยังตัวแสดงผล 7 ส่วน เป็นตัวเลข

CALLED NUMBER : เป็นตัวแสดงเลขหมายปลายทางที่ต้องการเรียก หรือที่จะติดต่อด้วย

2.2 ส่วนประกอบด้านหลัง ประกอบด้วย

CONNECTOR 4 : รับสัญญาณโทรศัพท์จากชุด Line Circuit ที่ Connector 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONNECTOR 5 : เชื่อมต่อไปยังชุด Control Interface เพื่อติดต่อกับสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์โดยต่อที่ Connector 10

3. Switch Matrix

3.1 ส่วนประกอบด้านบน ประกอบด้วย

JUNCTOR 0 : เป็นเส้นทางของสัญญาณโทรศัพท์ช่องทางแรก

JUNCTOR 1 : เส้นทางของสัญญาณโทรศัพท์ช่องที่ 2 ชุด Switch Matrix จะทำการตัดต่อคู่สายโทรศัพท์โดยผ่านการควบคุมการติดต่อจากชุด Control Interface ซึ่งบนกล่องชุด Switch Matrix นี้ จะแสดงให้เห็นว่าในขณะนี้สัญญาณใดถูกต่อใช้งานบ้าง

JUNCTOR 2 : เป็น Junctor สำหรับบอกสถานะเส้นทางการติดต่อไม่ว่าง ซึ่งเครื่องของผู้เรียกจะถูกต่อไปยัง Junctor 2 และจะถูกต่อเข้ากับสัญญาณบอกสถานะสายไม่ว่าง

3.2 ส่วนประกอบด้านหลัง ประกอบด้วย

CONNECTOR 6 : เป็น Connector Input จะรับเอาสัญญาณเสียง บอกสถานะต่างๆ จากชุด Tone Generator ที่ Connector 12

CONNECTOR 7 : เป็น Connector ที่รับสัญญาณจาก Junctor ว่าเส้นทางใดที่ติดต่อกันอยู่ที่ Connector 1

CONNECTOR 8 : เป็นสัญญาณควบคุมการติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ กับสัญญาณโทรศัพท์ที่ Connector 9

4. Control Interface

4.1 ส่วนประกอบด้านบน ประกอบด้วย

MAIN CONTROL DECODER : ใช้ติดต่อสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ต B จำนวน 4 บิต คือ PB4, PB5, PB6, PB7 และ 1 บิต คือ CB2 จากพอร์ต-C เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของแต่ละภาคให้ทำงาน ซึ่งใช้ 74LS154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUFFER CONTROL DECODER : ได้รับสัญญาณควบคุมจากพอร์ต B จำนวน 4 บิตคือ PB3, PB2, PB1, PB0 และจากพอร์ต-C CB2 นำสัญญาณควบคุมจาก Buffer Control Decoder ส่งออกไปใช้ โดยผ่านทางพอร์ต A

4.2 ส่วนประกอบด้านหลังบน ประกอบด้วย

CONNECTOR 9 : ต่อไปยังชุด Switch Matrix ที่ Connector 8

CONNECTOR 10 : ต่อไปยังชุด Digit Receiver ที่ Connector 5

CONNECTOR 11 : ต่อไปยังชุด Line circuit ที่ Connector 2

5. Tone Generator

ชุด Tone generator เป็นส่วนที่สร้างสัญญาณโทรศัพท์ต่างๆ ดังนี้

1. Dial Tone
2. Ring Tone
3. Engaged Tone
4. Number Unobtainable
5. Equipment Engaged

Dial Tone : สัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่า ให้เริ่มหมุนหมายเลขที่ต้องการเรียกได้

Ring Tone : สัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่า หมายเลขที่เรียกไปนั้นพร้อม หรือว่าง ให้รอ จะมีผู้มารับสาย

Engaged Tone : สัญญาณที่บอกให้บอกผู้ใช้ทราบว่า หมายเลขที่เรียกไปนั้นกำลังใช้งานอยู่ ให้วางหูฟังและพยายามเรียกใหม่อีกครั้ง

Number Unobtainable : สัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่า หมายเลขที่เรียกนั่นไม่มี

Equipment Engaged : สัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่า มีผู้ใช้สายจำนวนมากในขณะนี้ ทำให้ไม่ว่าง ให้รอจนกว่าจะมีเสียงสัญญาณให้หมุนแล้วจึงหมุนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ส่วนประกอบด้านบน ประกอบด้วย

TONE LOGIC GATE : เป็นตัวผลิตสัญญาณเสียงนำไปมอดูเลตกับความถี่ 25 Hz ผ่านวงจร Low-pass Filter แล้วขยายให้เป็นสัญญาณ Alerting ใช้ขับกระดิ่งให้ดัง

CADENCE GENERATOR : เป็นตัวกำหนดจังหวะ ให้กับการรสร้างสัญญาณเสียงต่างๆ เรียกว่าเป็นสัญญาณอ้างอิง ในการผลิตสัญญาณ มีความถี่ 10 เฮิรตซ์. และยังใช้เป็นสัญญาณ Ring Tone เมื่อนำไปผ่านวงจร Low-pass Filter

350Hz, 450Hz : เป็นความถี่ที่ใช้ผลิตสัญญาณ Dial Tone โดยนำทั้งสองความถี่ไปผ่านวงจร Low-pass Filter แล้วรวมกันเป็นสัญญาณเดียว

400Hz : สัญญาณ Number Unobtainable Tone ใช้แสดงเมื่ออยู่ในสภาวะหมายเลขที่เรียกไปไม่มี ความถี่ 400 เฮิรตซ์

5.2 ส่วนประกอบด้านหลัง ประกอบด้วย

CONNECTOR 12 : ต่อไปยังชุด Switch Matrix ที่ Connector 6

6. Power Supply

6.1 ส่วนประกอบด้านหน้า ประกอบด้วย

POWER : เป็นสวิตซ์ปิด/เปิด การทำงานของชุด Power Supply

+15V : เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง +15V

-15V : เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง –15V

0V : เป็นกราวด์ของชุดจ่ายไฟเลี้ยง

6.2 ส่วนประกอบด้านหลัง ประกอบด้วย

FUSE : เป็นตัดไฟ เมื่อมีการช็อตกันของวงจรหรือเมื่อมีไฟเกินเข้ามาในชุด Power Supply

หมายเหตุ : ชุดจ่ายไฟเลี้ยงต้องต่อไปทุกชุด

Jackแบบ DIN 8 ขา ต่อไปยังชุดฝึกทุกชุด

Jackแบบ DIN5ขาต่อไปยังชุด Tone Generator และชุด Line Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์ และทินกร ดุ๊ก. **การอินเทอร์เฟส IBM PC.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. ม.ป.ป.

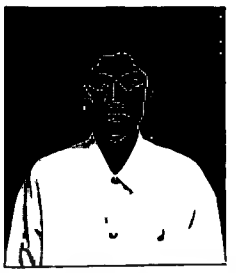
ธรรมศักดิ์ ด่านกุล และคณะ. **"เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ."** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

ธวัชชัย เลื่อนฉวี. **เทคโนโลยีโทรศัพท์.** กรุงเทพฯ : บันเทิงการพิมพ์. 2533

วิสันต์ อาชาเดโชพล. **ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



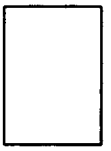
ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวกัลยาณี บุญชู
วันเดือนปีเกิด	21 มิถุนายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดปราจีนบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	69 หมู่ 11 ต.เนินหอม
	อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี 25230
ที่อยู่ปัจจุบัน	69 หมู่ 11 ต.เนินหอม
	อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี 25230
โทรศัพท์	037-407201, เพจเจอร์ 1188-4143194

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านเนินหอม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปราจีนกัลยาณี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่เคยได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	ทุนกู้ยืมรัฐบาล
คติพจน์	อะไรที่คิดว่าทำดีแล้ว ทำถูกต้องแล้วจงทำต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายจิรวัฒณ์ อุนสวัสดิ์อาภา
วันเดือนปีเกิด	26 มิถุนายน 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดอุทัยธานี
ภูมิลำเนาเดิม	8/39 ถ.บริรักษ์ ต.อุทัยใหม่
	อ.เมือง จ.อุทัยธานี 61000
ที่อยู่ปัจจุบัน	8/39 ถ.บริรักษ์ ต.อุทัยใหม่
	อ.เมือง จ.อุทัยธานี 61000
โทรศัพท์	056-520245

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลเมืองอุทัยธานี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอุทัยวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่เคยได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ชีวิตคือการเรียนรู้ เสาะแสวงหา เพื่อพัฒนาตนเอง
	และเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายประวัติ ชิ้นสวัสดิ์
วันเดือนปีเกิด	6 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี
ภูมิลำเนาเดิม	220/1 ซ.เวียงพิงค์ ถ.อุดรดุษฎี ต.หมากแห้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
ที่อยู่ปัจจุบัน	220/1 ซ.เวียงพิงค์ ถ.อุดรดุษฎี ต.หมากแห้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
โทรศัพท์	042-241900, เพจเจอร์ 1188-5505065
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนสตรีอุดมวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่เคยได้รับรางวัล	รองชนะเลิศประกวดสิ่งประดิษฐ์คนรุ่นใหม่
ทุนการศึกษา	ทุนกู้ยืมรัฐบาล
คติพจน์	พยายามช่วยตนเอง ก่อนให้คนอื่นช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสุเมธ แซ่เอี้ยว
วันเดือนปีเกิด	29 ธันวาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ภูมิลำเนาเดิม	442/222 ถ.ตลาดใหม่ ต.ตลาด อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000
ที่อยู่ปัจจุบัน	442/222 ถ.ตลาดใหม่ ต.ตลาด อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000
โทรศัพท์	077-282339, เพจเจอร์ 152-117900

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทพมิตรศึกษา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพมิตรศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่เคยได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	มีมีสิ่งใดยิ่งใหญ่เท่า “น้ำใจ” ของสหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้