อินเตอร์โฟน

INTERPHONE

โดย

นายไพรัช ทองคำ 38013020

นายสุพรรณ เจริญศิริ 38013034

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

วัน เดือน ปี 18 ต.ค. 2541

เลขทะเบียน 039065

เลขเรียกหนังสือ T 10306 พ 9870

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039065

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อินเตอร์โฟน

INTERPHONE

ผู้จัดทำ

1.นายไพรัช ทองคำ 38013020

2.นายสุพรรณ เจริญศิริ 38013034

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรพล บุญจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์โฟน

INTERPHONE

โดย นายไพรัช ทองคำ 38013020

นายสุพรรณ เจริญศิริ 38013034

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

อินเตอร์โฟนเป็นระบบอินเตอร์คอมผ่านโทรศัพท์ประกอบไปด้วยภาคเบสสเตชั่น ภาครีโมตสเตชั่นและภาคตอบรับโทรศัพท์ สามารถติดตั้งชุดรีโมตสเตชั่นได้สูงสุด 10 ชุด ตอบรับการเรียกเข้าจากภายนอกด้วยและเรียกใช้คู่สายภายนอกด้วยสถานีใดก็ได้ สามารถโอนย้ายจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่งได้(ในอินเตอร์คอมโหมด) ในกรณีการเรียกเข้าจากสายภายนอกสามารถพักสายและโอนย้ายให้กับสถานีใดสถานีหนึ่งได้ด้วยอินเตอร์คอมโหมด เมื่อมีการใช้คู่สายหรือคู่สายไม่ว่างจะมี LED แสดงสถานะในทุกๆสถานี

Abstrack

Interphone is the intercom via telephone system which consits base station remote station and telephone answer.Interphone can install maximum 10 remote stations,call external line and answer by each remote station.When holding can transfer all station numbers by intercom mode.And have LED to display status all station numbers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน 2

ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน 2

เครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ 6

ชนิดของระบบสื่อสารสัญญาณ 9

โครงสร้างและหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ 20

การคิดเงินของชุมสายโทรศัพท์ 33

บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของวงจร 35

ภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร 35

ภาคเบสสเตชั่น 36

ภาคตรวจจับสัญญาณกริ่ง 36

ภาคควบคุมการต่อคู่สาย 37

ภาคโฮลสายโทรศัพท์ 41

ภาครีโมตสเตชั่น 43

ภาคถอดรหัส DTMF 43

ภาคควบคุมสัญญาณกริ่ง 44

ภาคควบคุมการส่งสัญญาณกับเบสสเตชั่น 45

ภาคตอบรับโทรศัพท์ 45

ภาคตรวจนับสัญญาณกริ่ง 46

ภาคตรวจสอบสัญญาณไม่ว่าง 46

ภาคบันทึกและเล่นกลับ 47

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 49

บทที่ 5 สรุป 57

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันโทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารชนิดหนึ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว โทรศัพท์นับวันจะเป็นสิ่งที่จำเป็นและขาดไม่ได้ในการทำงานด้านธุรกิจหรือแม้แต่ภายในบ้านเรือนก็เช่นเดียวกัน แต่ด้วยทั้งค่าโทรศัพท์และเลขหมายโทรศัพท์ที่ต้องทำการยื่นขอต่อองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยต้องเสียทั้งค่าใช้จ่ายและเวลาไม่น้อยเลยทีเดียว ดังนั้นในบ้านเรือนทั่วไปมักจะมีหมายเลขเพียง 1 หรือ 2 หมายเลขเท่านั้น

ปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอโครงงานภายใต้ชื่ออินเตอร์โฟนซึ่งเป็นระบบอินเตอร์คอมผ่านโทรศัพท์ สามารถแยกเลขหมายได้ถึง 10 เลขหมาย มีฟังก์ชันการใช้งานต่างๆซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารและประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน

โทรศัพท์นับเป็นอุปกรณ์สื่อสารซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์มาเป็นเวลากว่าศตวรรษ โดยในช่วงก่อนหน้าปี พ.ศ.2419 การสื่อสารข้อมูลระยะไกลจะอยู่ในรูปโทรเลขเท่านั้น จนกระทั่งได้มีการประดิษฐ์เครื่องโทรศัพท์ขึ้นโดย อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ ในปีดังกล่าว นับจากนั้นเป็นต้นมารูปแบบการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์ก็ได้รับการวิวัฒนาการขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านความสามารถของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ ความสามารถของชุมสายโทรศัพท์ ระบบสัญญาณสื่อสาร และรูปแบบการให้บริการที่หลากหลายขึ้น

<u>เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์</u>

เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์โดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นแบบกดปุ่มหรือแบบหมุน จะต้องมีความสามารถพื้นฐานในการติดต่อดังนี้

- สามารถร้องขอการใช้บริการโทรศัพท์จากเครือข่ายเมื่อมีการยกหูขึ้น
- แจ้งผู้ใช้บริการว่าเครือข่ายพร้อมให้บริการโดยส่งเสียงออกทางหูฟัง เรียกสัญญาณดังกล่าวว่า สัญญาณเสียงหมุนหมายเลข (dial tone)
- ส่งหมายเลขของเครื่องลูกข่ายปลายทางที่ต้องการเรียกไปยังเครือข่าย ซึ่งการป้อนเลขหมายโดยผู้ใช้บริการเป็นได้ทั้งแบบหมุนหรือกดปุ่ม
- แสดงสถานะของการเชื่อมต่อโดยใช้สัญญาณเสียงต่างชนิดกัน เช่นสัญญาณรอรับ หรือสัญญาณเลขหมายปลายทางไม่ว่าง
- แจ้งสายเข้าโดยใช้สัญญาณกริ่ง (ringing) หรือสัญญาณอื่นๆ
- แปลงสัญญาณเสียงจากผู้พูดเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งผ่านเข้าสู่เครือข่ายไปยังเครื่องลูกข่ายปลายทาง และแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งมาจากเครือข่ายเป็นสัญญาณเสียง
- แจ้งเครือข่ายว่าการสนทนาสิ้นสุดลงในทันทีที่ผู้ทำการเรียกวางหูโทรศัพท์

เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ในยุคแรกๆ จะเชื่อมต่อกันโดยไม่ผ่านชุมสายโทรศัพท์ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนเครื่องในขณะนั้นมีอยู่ไม่มาก แต่เมื่อจำนวนเครื่องลูกข่ายมีมากขึ้น การเชื่อมต่อโดยตรงในลักษณะดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาในการวางคู่สายซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลทำให้เห็นความจำเป็นในการนำชุมสายโทรศัพท์มาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ลูปท้องถิ่น</u> (Local loop)

เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับ CO หรือ Central Office ซึ่งภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์สลับสาย อุปกรณ์ควบคุมการรับส่งสัญญาณและระบบแบตเตอรี่ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังเครื่องลูกข่าย ดังแสดงในรูปที่ 1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่ายและ CO จะผ่านทางสายทองแดงสองเส้นต่อหนึ่งวงจร เรียกว่าลูปท้องถิ่น (Local Loop) โดยมีการเรียกสายเส้นหนึ่งว่า T (มาจากคำว่า TIP) และอีกเส้นหนึ่งว่า R (มาจากคำว่า RING)

(ก)แบบหมุน (ข)แบบกดปุ่ม

รูปที่ 1 แสดงชนิดของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์

อุปกรณ์สลับสายใน CO ทำหน้าที่ตอบสนองการร้องขอเชื่อมต่อวงจรจากเครื่องลูกข่ายซึ่งส่งเลขหมายปลายทางมาโดยใช้สัญญาณพัลซ์ (pulse) หรือสัญญาณเสียง (tone) แล้วแต่ชนิดของเครื่องลูกข่ายดังจะได้กล่าวถึงต่อไป เมื่อสร้างวงจรสื่อสารขึ้นแล้วเครื่องลูกข่ายต้นทางและปลายทางจะทำการสื่อสารกันโดยผ่านทางหม้อแปลงคับปลิ้งด้วยการใช้กระแสไฟฟ้าซึ่งถูกป้อนจาก CO ไปยังเครื่องลูกข่ายแต่ละด้าน

จากรูปที่ 2 ในช่วงปกติที่มิได้มีการสนทนา หูโทรศัพท์ (hadnset) จะถูกวางไว้บนแท่นวางน้ำหนักของหูโทรศัพท์จะกดลงบนสวิตช์ตัดต่อทำให้สวิตช์เปิดวงจร เรียกภาวะดังกล่าวว่า on-hook วงจรระหว่างเครื่องลูกข่ายและ CO จะถูกแยกออกจากกัน ยกเว้นวงจรในส่วนสัญญาณกริ่งของเครื่องลูกข่ายเท่านั้นที่มิได้ต่อผ่านสวิตช์ตัดต่อ โดยมีคาปาซิเตอร์ C ทำหน้าที่ป้องกันมิให้ไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านวงจร แต่จะยอมให้สัญญาณเรียกจากชุมสายซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับผ่านได้เท่านั้น ดังนั้นจึงไม่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลจาก CO มายังเครื่องลูกข่าย

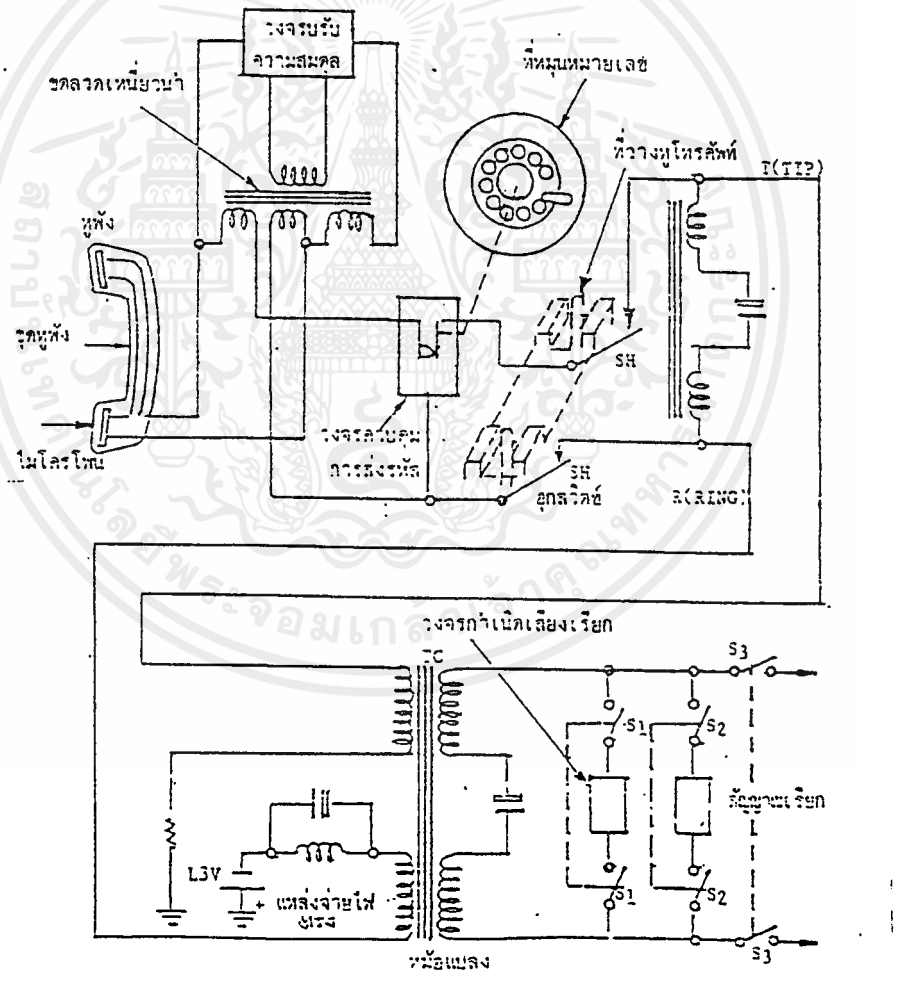
เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ สปริงซึ่งติดตั้งอยู่กับสวิตช์ตัดต่อจะดันสวิตช์ขึ้นทำให้เกิดการปิดวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่ายและ CO เกิดการครบวงจรทำให้มีกระแสไฟตรงไหลผ่านลูปท้องถิ่น เรียกภาวะนี้ว่า off - hook สัญญาณ off - hook จะถูกส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้ใช้บริการต้องการสร้างวงจรสื่อสารขึ้น ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณแจ้งให้หมุนหมายเลข (dial tone) กลับไปเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าชุมสายพร้อมรับเลขหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายทางแล้ว การส่งเลขหมายจากเครื่องลูกข่ายกลับไปยังชุมสายเป็นไปได้ 2 ลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ ดังนี้

การส่งเลขหมายโดยใช้สัญญาณพัลซ์

เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์รุ่นเก่าซึ่งเป็นแบบหน้าปัดหมุนจะใช้วิธีการส่งเลขหมายโดยสัญญาณพัลซ์ โดยการหมุนเลขหมายแต่ละเลขจะเป็นการทำให้สวิตช์ตัดต่อส่งพัลซ์ซึ่งมีจำนวนลูกสัมพันธ์กับเลขหมายที่หมุนเช่น ส่งพัลซ์ 2 ลูกในกรณีที่หมุนหมายเลข2คาบเวลาของพัลซ์แต่ละลูกจะมีค่าคงที่และมีค่าน้อยกว่าช่วงเวลาห่างระหว่างพัลซ์ลูกสุดท้ายของเลขหมายและพัลซ์ลูกแรกของเลขหมายถัดไป เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการถอดรหัสเลขหมายที่ชุมสาย



รูปที่ 2 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์และ CO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งเลขหมายโดยใช้สัญญาณเสียง

เป็นการส่งสัญญาณซึ่งถูกนำมาใช้งานในโทรศัพท์รุ่นใหม่ทั่วไป โดยใช้สัญญาณเสียงในย่านแบนด์วิดของเสียงสนทนาแทนเลขหมายโทรศัพท์ที่ต้องการส่งซึ่งจะใช้ได้กับ CO ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงแล้วเท่านั้นการส่งสัญญาณชนิดนี้จะใช้ชุดกดปุ่มซึ่งมีอยู่ 12 ปุ่ม ประกอบด้วยหมายเลข 0 ถึง 9 รวมทั้งเครื่องหมาย * และ # การกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งเหล่านี้จะเป็นการกระตุ้นให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งควบคุมการกดปุ่มสร้างสัญญาณเสียงซึ่งเกิดจากการผสมสัญญาณไซน์ 2 ความถี่เพื่อแทนเลขหมายที่กดนั้น

หลังจากผู้ใช้โทรศัพท์ทำการส่งเลขหมายเป็นที่เรียบร้อยแล้ว CO จะทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อระหว่างผู้เรียกและเลขหมายปลายทางโดยใช้อุปกรณ์สวิตชิ่งภายในเป็นตัวเชื่อมต่อ หากผู้รับสายปลายทางกำลังยกหูอยู่ในช่วงที่มีการขอเชื่อมต่อกับหมายเลขอื่นในกรณีนี้ CO จะส่งสัญญาณสายไม่ว่าง (busy tone) กลับไปยังผู้เรียกต้นทาง แต่ถ้าหากคู่สายปลายทางมิได้ถูกใช้งาน CO จะสร้างสัญญาณกระดิ่ง (ringing signal) ส่งไปยังเครื่องลูกข่ายของผู้ถูกเรียก และส่งสัญญาณกระดิ่งย้อนกลับ (ringback tone) ไปยังเครื่องลูกข่ายของผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่ากำลังอยู่ในระหว่างการเรียก เมื่อผู้ถูกเรียกปลายทางทำการยกหูรับสาย จะถือว่าลูปท้องถิ่นทางด้านผู้ถูกเรียกเกิดการครบวงจร เนื่องจากมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นและไฟกระแสตรงไหลผ่านลูปปลายทาง COจะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่งย้อนกลับไปทันที จากช่วงนี้ไปเป็นช่วงการสนทนาของคู่สนทนา

ส่วนของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ซึ่งใช้รับสัญญาณเสียงจากผู้พูดเรียกว่าชุดส่งสัญญาณ (transmitter) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงพูดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดค่ากระแสไฟฟ้าภายในลูปท้องถิ่นจะสัมพันธ์กับระดับเสียงของผู้พูด สำหรับส่วนของเครื่องลูกข่ายที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้กลับมาเป็นเสียงพูดซึ่งสามารถรับฟังได้เรียกว่าชุดรับสัญญาณ (reciever) สัญญาณซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยชุดส่งสัญญาณจะถูกส่งผ่านลูปท้องถิ่นในรูปของกระแสไฟฟ้าไปยังชุดรับสัญญาณของเครื่องลูกข่ายปลายทาง ภายในเครื่องลูกข่ายปลายทางของผู้เรียกจะมีการป้อนสัญญาณจากชุดส่งสัญญาณในระดับที่ไม่สูงมากนักกลับไปยังชุดรับสัญญาณของเครื่องเดียวกัน เรียกสัญญาณดังกล่าวว่า ไซด์โทน (side tone)

ไซด์โทนนับเป็นสัญญาณที่มีความจำเป็นซึ่งใช้แจ้งให้ผู้พูดทราบว่าระดับเสียงของตนนั้นดังมากหรือน้อยเกินไป การปรับระดับสัญญาณไซด์โทนนับเป็นสิ่งจำเป็นมาก ไซด์โทนที่มีขนาดแรงเกินไปจะทำให้ผู้พูดพูดเบาเกินไปเนื่องจากการตัดสินระดับเสียงของตนที่ได้ยิน และไซด์โทนที่เบาเกินไปจะทำให้ผู้พูดพูดเสียงดังเกินไปจนกลายเป็นเสียงตะโกน

เมื่อการสนทนาสิ้นสุดลง คู่สนทนาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งทำการวางหูก่อนฝ่ายตรงกันข้าม สัญญาณ on - hook ที่ได้จากการวางหู (ไม่มีกระแสตรงไหลผ่านลูปท้องถิ่น) จะถูกส่งไปยัง CO เพื่อแจ้งให้

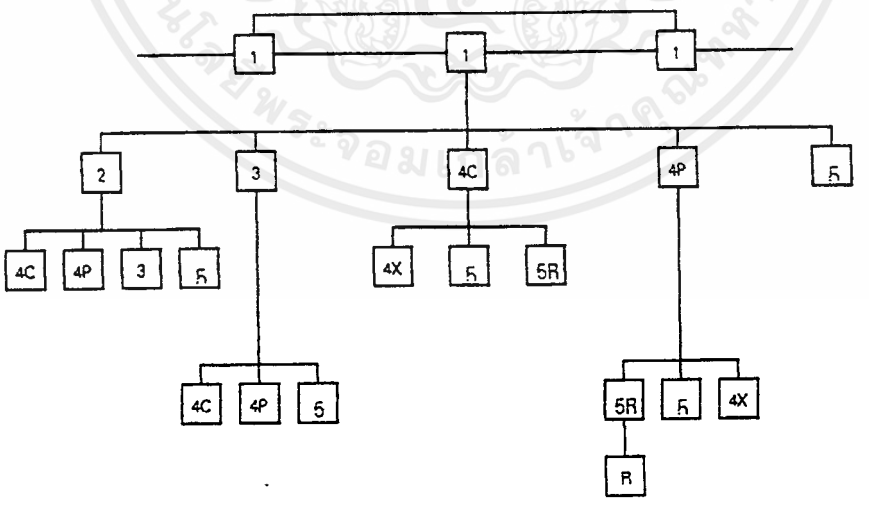
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CO ยกเลิกวงจรการเชื่อมต่อ สำหรับ CO บางแห่งจะปลดวงจรการเชื่อมต่อทันทีไม่ว่าคู่สนทนาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งวางหูโทรศัพท์ แต่ CO บางแห่งจะปลดวงจรเมื่อเฉพาะผู้ทำการเรียกวางหูเท่านั้น

โดยทั่วไปอุปกรณ์ CO แต่ละแห่งจะสามารถรองรับเลขหมายสูงสุดได้เพียง 10,000 เลขหมายเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วจำนวนเลขหมายมีสูงกว่านี้มากและในบางครั้งการติดต่อสนทนาของคู่สนทนาจำเป็นต้องผ่าน CO หลายตัวเนื่องจากอยู่ในพื้นที่ซึ่งห่างไกลกันมาก ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาได้มีการกำหนดโครงสร้างการเชื่อมต่อโทรศัพท์ขึ้นอย่างซับซ้อนเพื่อรองรับความคล่องตัวในการติดต่อสื่อสารให้เป็นไปได้ตามความต้องการ

เครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ

โดยทั่วไปเครื่องลูกข่ายของผู้ใช้บริการจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับ EO สำหรับการเชื่อมต่อวงจรสื่อสารทางไกลจะกระทำผ่านชุมสายในระดับที่ 4,3,2 และ 1 ตามลำดับ ชุมสายระดับ 4X ซึ่งเป็นชุมสายกลุ่มที่ถูกกำหนดขึ้นมาใหม่เป็นชุมสายดิจิตอลซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อกับชุมสายประเภท RSU ซึ่งเป็นตู้ชุมสายเล็กๆ ติดตั้งตามชุมชน (เป็นตู้เหล็กทึบสีเขียวในบ้านเรา) สามารถเชื่อมต่อเลขหมายให้ผู้ใช้บริการเข้ากับชุมสายแบบ 4X ได้เช่นเดียวกับชุมสายระดับ 4 และ 5 รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างของเครือข่ายชุมสายโทรศัพท์สาธารณะซึ่งใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ ซึ่งมีการวางแนวทางในการเรียกขานเป็นลำดับชั้น (class) และชื่อเรียก (name) เพื่อเป็นการกำหนดและอธิบายหน้าที่การทำงานของชุมสายแต่ละชนิด ทั้งนี้มีการแสดงรายละเอียดการเรียกขานในตารางที่ 1



รูปที่ 3 โครงสร้างการจัดเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อชุมสายระดับต่างๆเข้าด้วยกันเป็นไปในรูปของโครงสร้างแบบต้นไม้ดังรูปที่ 3 แต่ละชุมสายจะถูกกำหนดขอบเขตการทำงานให้เหมาะสมกับตำแหน่งภายในโครงสร้าง สำหรับการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้ใช้บริการซึ่งไม่สามารถทำได้โดยชุมสายระดับล่างจะถูกส่งให้เป็นหน้าที่ของชุมสายในระดับสูงขึ้นไปโดย Regional Center หรือ RC นับเป็นรากฐานของโครงสร้างแบบต้นไม้ มีชุมสายที่เป็นกิ่งก้านอันได้แก่ชุมสายระดับ 2.3,4.4X และ 5 แต่ละชุมสายจะมีการเชื่อมต่อกับชุมสายอื่นมากกว่าหนึ่งชุมสาย ซึ่งการเชื่อมต่อในทางปฏิบัติมีความซับซ้อนมากกว่าที่แสดงในรูปที่ 3 มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปริมาณการสื่อสารที่ผ่านเข้าและออกจากชุมสายเหล่านั้น เครือข่ายโทรศัพท์จะทำการสร้างวงจรเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการโดยพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากชุมสายระดับ 5 ของผู้เรียกไปยังชุมสายระดับ 5 ของผู้ถูกเรียก ทั้งนี้เครือข่ายจะเลือกใช้วงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสายที่เชื่อมต่อชุมสายทั้งสองเข้าโดยตรงก่อนเป็นอันดับแรก ในกรณีที่วงจรเชื่อมโยงนั้นไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากวงจรสื่อสารเต็ม เครือข่ายจะเลือกวงจรเชื่อมโยงอันดับถัดไป กระบวนการดังกล่าวเกิดจากการตัดสินใจเลือกเส้นทางโดยวงจรควบคุมดิจิตอลภายในชุมสายแต่ละแห่งซึ่งเป็นไปตามข้อมูลการเลือกใช้วงจรเชื่อมโยงที่เก็บในหน่วยความจำ

รหัส	ระดับชั้น	ชื่อเรียก	ชื่อย่อ
1	1	Regiinal Center	RC
2	2	Sectional Center	SC
3	3	Primary Center	PC
4	4C	Toll Center	TC
4P	4P	Toll Point	TP
4X	4X	Intermediate Point	IP
5	5	End Offiice	EO
5R		End Office with Remote Switching Unit	
R		Remote Switching Unit	RSU

ตารางที่ 1 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณควบคุมซึ่งใช้ในการสร้างการเชื่อมต่อของวงจรโทรศัพท์และสัญญาณเสียงการสนทนาจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสัญญาณ (transmission system) ผ่านเส้นทางการสื่อสารหลายรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ ทั้งนี้สามารถแบ่งรูปแบบการจัดวางเส้นทางออกได้เป็น 3 ประเภท คือ แบบ Local , Exchange Area และ Long-Hual ดังแสดงในรูป 4 ถึงรูปที่ 6

เครือข่าย LOCAL

เครือข่าย Local แสดงดังในรูปที่ 4 เป็นเครือข่ายการเชื่อมต่อของโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยหรืออาคารสำนักงานในพื้นที่เดียวกันโดยใช้ CO ร่วมกัน การวางคู่สายไปยังเครื่องลูกข่ายจะเป็นไปในลักษณะคล้ายกิ่งก้านสาขาของต้นไม้กระจายคู่สายออกจากศูนย์คู่สาย (wire center) ไปยังพื้นที่บริการ (service area) ซึ่งมีการนิยามขนาดประมาณ 12 ตารางไมล์สำหรับในเมือง หรือ 130 ตารางไมล์สำหรับพื้นที่ต่างจังหวัด มักพบว่าพื้นที่ให้บริการหนึ่งๆ ในเขตเมืองจะใช้ศูนย์คู่สายมากกว่าฯงศูนย์ แต่ในต่างจังหวัดศูนย์คู่สายเดียวก็สามารถรองรับหนึ่งพื้นที่ให้บริการได้ ศูนย์คู่สายในเขตเมืองหนึ่งศูนย์จะรองรับคู่สายปลายทางได้ 41.000 เลขหมายและมีวงจรเชื่อมโยงไปยังชุมสายอื่น 5.000 วงจร

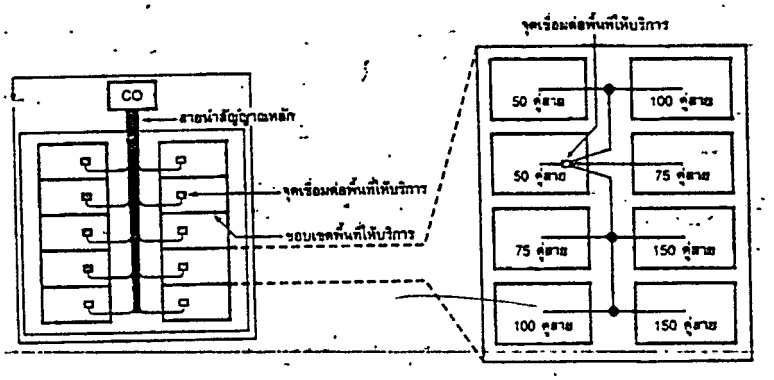
เครือข่าย Exchange Area

เป็นเครือข่ายที่มีขนาดอยู่ระหว่างเครือข่าย Local และเครือข่าย Long-Hual ดังแสดงในรูปที่ 5 แต่ละชุมสายจะต่อเชื่อมโยงกันผ่านระบบสื่อสัญญาณซึ่งประกอบด้วยวงจรสายเคเบิ้ล วงจรคลื่นไมโครเวฟวงจรผ่านสายไฟเบอร์ออปติกโดยทั่วไปเครือข่าย Exchange Area จะเชื่อมต่อชุมสายท้องถิ่น (Local exchange) กับชุมสายแทนเด็ม (tandem exchange) ซึ่งเป็นชุมสายที่ให้บริการต่อผ่านระหว่างชุมสายท้องถิ่นในกรณีที่วงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสายท้องถิ่นไม่ว่าง หรือกล่าวได้ว่าเป็นชุมสายที่ให้บริการกับชุมสายท้องถิ่นดังที่ชุมสายท้องถิ่นให้บริการการผู้ใช้บริการ

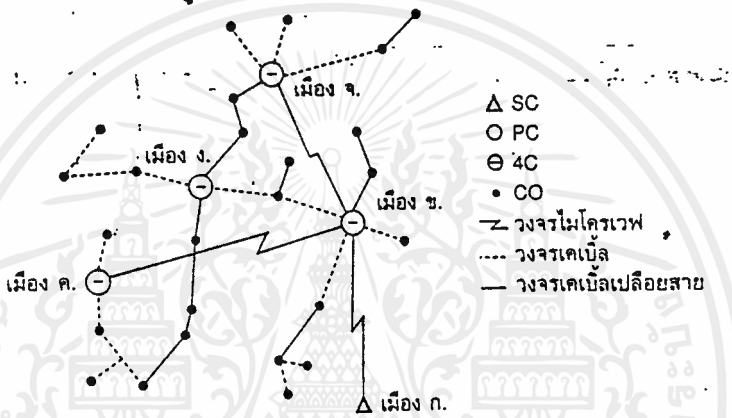
เครือข่าย Long-Hual

ในเครือข่ายแบบ Long-Hual ชุมสายท้องถิ่นจะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยผ่านทางชุมสายต่อผ่านทางไกล (toll exchange) ดังแสดงในรูปที่ 6 สำหรับวงจรเชื่อมโยงที่ใช้ในเครือข่ายแบบนี้จะเป็นจำนวนช่องสื่อสารสูง โดยมากมักเป็นสายเคเบิ้ลและวงจรไมโครเวฟ แต่สำหรับในบางเส้นทางที่ต้องการจำนวนช่องสื่อสารสูงมากๆก็จะใช้ตัวกลางในการเชื่อมต่อเป็นไฟเบอร์ออปติกความจุสูงมาก

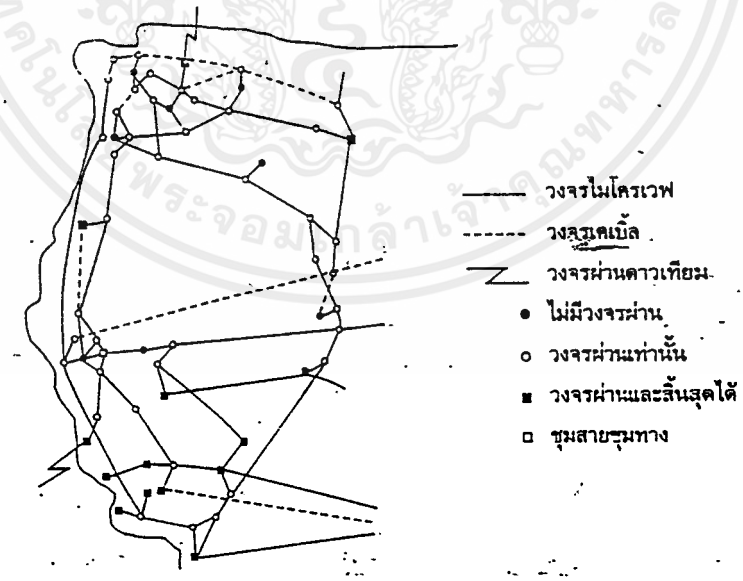
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงเครือข่าย LOCAL



รูปที่ 5 แสดงเครือข่าย Exchang Area



รูปที่ 6 แสดงเครือข่าย Long-Haul

ชนิดของระบบสื่อสารสัญญาณ

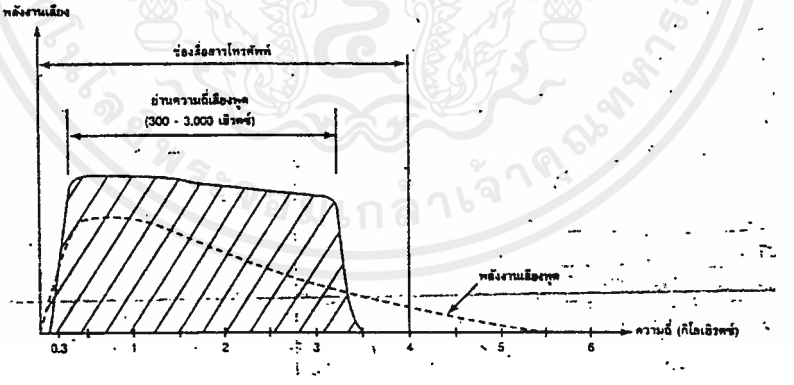
ดังที่ได้กล่าวมาในตอนต้นว่า นอกจากสัญญาณที่ถูกส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณเสียงสนทนาของผู้ใช้บริการแล้ว ยังมีสัญญาณซึ่งใช้ควบคุมการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียกและ

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ถูกเรียก เช่น สัญญาณเสียงหมุนเลขหมาย สัญญาณการส่งเลขหมายซึ่งแบ่งออกเป็นสัญญาณพัลซ์และสัญญาณเสียง สัญญาณแจ้งเลขหมายปลายทางไม่ว่าง และสัญญาณกระดิ่งย้อนกลับ ทั้งหมดนี้เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมและแจ้งสถานะของการเชื่อมต่อวงจร โดยมีการกำหนดเรียกว่าสัญญาณควบคุม (control signal) ซึ่งอาจจะเป็นสัญญาณอะนาลอกในรูปของโทนเสียง หรือเป็นสัญญาณดิจิตอลในรูปของการปิด เปิดวงจรลูปท้องถิ่น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าสัญญาณที่ปรากฏบนลูปท้องถิ่นจะมีทั้งสัญญาณเสียงอะนาลอก สัญญาณควบคุมอะนาลอก และสัญญาณควบคุมดิจิตอลที่เป็นการเปิด ปิดวงจร ในที่นี้จะได้กล่าวถึงคุณลักษณะและรูปแบบการส่งสัญญาณแต่ละประเภทดังนี้

การส่งสัญญาณแบบอะนาลอก

1.สัญญาณเสียงอะนาลอก เป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งระดับสัญญาณและและความถี่ของสัญญาเสียงพูดสำหรับการสนทนานับเป็นเสียงสัญญาณอะนาลอก รูปที่ 7 แสดงถึงการกระจายของระดับพลังงานเสียงพูดโดยทั่วไป แกนตั้งแสดงถึงระดับพลังงาน และแกนนอนแสดงถึงย่านความถี่ จากรูปพบว่าย่านความถี่ซึ่งใช้ในย่านเสียงพูดจะมีค่าตั้งแต่ช่วงความถี่ 100 เฮิรตซ์ ขึ้นไปจนสูงกว่า 6,000 เฮิรตซ์ แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงความถี่ที่ระดับพลังงานเสียงปรากฏเด่นชัดแล้วพบว่าอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 เฮิรตซ์ จนถึง 3,000 เฮิรตซ์ (พื้นที่แรเงาใต้เส้นทึบ)

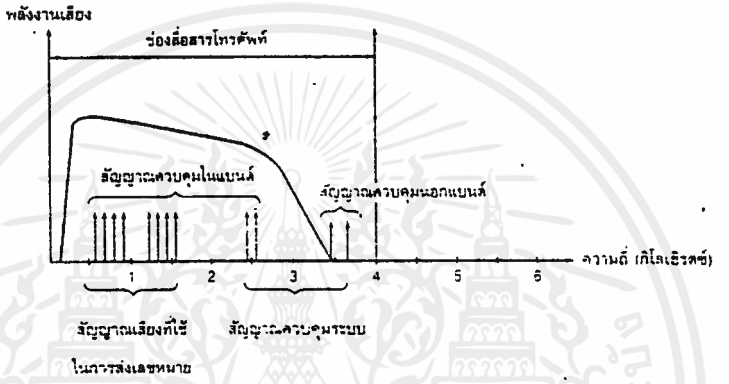


รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานเสียงและย่านความถี่

ในการลดระดับของสัญญาณรบกวนซึ่งอาจสอดแทรกระหว่างการสนทนาหรือรบกวนการส่งสัญญาณควบคุมระบบโทรศัพท์จึงมีการกำหนดให้วงจรซึ่งทำหน้าที่รับส่งสัญญาณโทรศัพท์ยอมให้สัญญาณผ่านได้เฉพาะช่วงความถี่ที่เหมาะสมเท่านั้น เรียกย่านความถี่ดังกล่าวว่า ย่านความถี่ผ่าน (pass band) โดยย่านความถี่ผ่านสำหรับระบบโทรศัพท์ถูกกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 เฮิรตซ์จนถึง 4,000 เฮิรตซ์ บางครั้งอาจเรียกย่านนี้ว่าช่องสัญญาณข่าวสาร (message band)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแบนด์วิธของย่านความถี่ผ่านคิดจากผลต่างระหว่างความถี่ต่ำสุดและความถี่สูงสุดของย่านความถี่ซึ่งเท่ากับ 4,000 เฮิรตซ์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากย่านของเสียงพูดถูกกำหนดอยู่ในช่วง 300 เฮิรตซ์ถึงฟัง 3,000 เฮิรตซ์ ดังรูปที่ 7 จึงมีความถี่บางช่วงที่ไม่ถูกใช้รับส่งเสียงพูด สัญญาณใดๆ ซึ่งถูกส่งในย่านความถี่ 300 เฮิรตซ์ถึง 3,000 เฮิรตซ์ จะถูกเรียกว่าสัญญาณในแบนด์ (inband signal) และเรียกสัญญาณที่มิได้อยู่ในช่วงดังกล่าวว่าสัญญาณนอกแบนด์ (out of-band) ดังรูปที่ 8 สัญญาณเสียงพูดถือเป็นสัญญาณในแบนด์ ส่วนสัญญาณควบคุมบางชนิดอาจเป็นสัญญาณในแบนด์ และบางชนิดอาจเป็นสัญญาณนอกแบนด์



รูปที่ 8 แสดงสัญญาณในแบนด์และสัญญาณนอกแบนด์

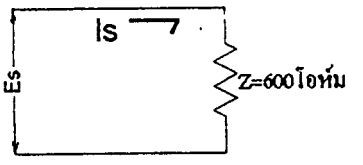
สำหรับระดับความแรงของสัญญาณเสียงพูดในระบบโทรศัพท์จะถูกอ้างอิงในรูปของกำลังงานของสัญญาณซึ่งจ่ายไปยังโหลดหนึ่งๆ ตัวอย่างเช่นคู่สายโทรศัพท์ซึ่งใช้สายเคเบิ้ลจะถูกมองได้เป็นสายสื่อสัญญาณซึ่งมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 9 กำลังงานซึ่งถูกจ่ายไปยังคู่สายดังกล่าวคำณวนได้จาก

$$P_{load} = e_s^{\ 2} / Z$$

โดยที่ P_{load} = กำลังงานที่หน่วยเป็นวัตต์

e_s = ระดับสัญญาณมีหน่วยเป็นโวลต์

Z = อิมพีแดนซ์มีหน่วยเป็นโอห์ม



รูปที่ 9 แสดงการคำนวณกำลังงานที่ส่งในคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปการกล่าวถึงระดับสัญญาณมักจะมีการอ้างอิงค่าบางอย่างสำหรับในระบบโทรศัพท์ ค่าอ้างอิงคือระดับกำลังงาน 1 มิลลิวัตต์ซึ่งปรากฏที่โหลด ดังนั้นถ้า P load = 1 มิลลิวัตต์และ Z=600 โอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 9 จะพบว่า

$$1 \text{ มิลลิวัตต์} = e_s^2 = 600 \times 1 \times 10^{-3}$$

$$e_s^2 = 0.6$$

$$e_s = 0.775 \text{ volt}$$

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าสัญญาณที่มีขนาดแรงดัน 0.775 โวลต์เมื่อป้อนผ่านโหลดขนาด 600 โอห์มจะทำให้เกิดกำลังงาน 1 มิลลิวัตต์

สัญญาณอะนาลอกซึ่งถูกทำการส่งโดยกำหนดให้มีความถี่คงที่อาจถูกนำมาอ้างค่าได้ในหน่วยเดซิเบล(dB) ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการระบุกำลังงานของสัญญาณที่ป้อนไปยังโหลด โดยทั่วไปสามารถนิยามความหมายของเดซิเบลได้จาก

$$dB = 10 \log_{10} (P_1 / P_2)$$

โดยตารางที่ 2จะเป็นการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วน P_1 / P_2 กับค่าเดซิเบลที่สัมพันธ์กัน

dB	P1/P2
40	10,000
30	1,000
20	100
10	10
3	2
0	1
-3	0.5
-10	0.1
-20	0.01
-30	0.001
-40	0.0001

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนกำลังงานในหน่วยเดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบโทรศัพท์ทั่วไปมักมีการตั้งค่าระดับสัญญาณที่ปลายคู่สายด้านที่ต่อเข้ากับชุมสายโทรศัพท์ให้มีค่าเท่ากับ 0 dBm ตำแหน่งดังกล่าวถูกกำหนดให้เป็นจุดอ้างอิงของระบบซึ่งมีชื่อเรียกว่าจุดระดับสื่อสัญญาณศูนย์ (zero transmission level point หรือ 0 TPL) เมื่อมีการกำหนดจุด 0 LTP และทำการป้อนสัญญาณขนาด 0 dBm ที่จุดดังกล่าว ก็จะสามารถคำนวณอัตราขยายและอัตราการลดทอนในวงจรการสื่อสารระหว่างจุดอ้างอิงดังกล่าวกับจุดต่อของชุมสายโทรศัพท์จุดอื่นได้โดยตรง ซึ่งหากวัดระดับสัญญาณก็จะใช้ค่า dBm0 หรือหากวัดเฉพาะอัตราการขยายหรืออัตราการลดทอนก็จะใช้ค่า dB แทน

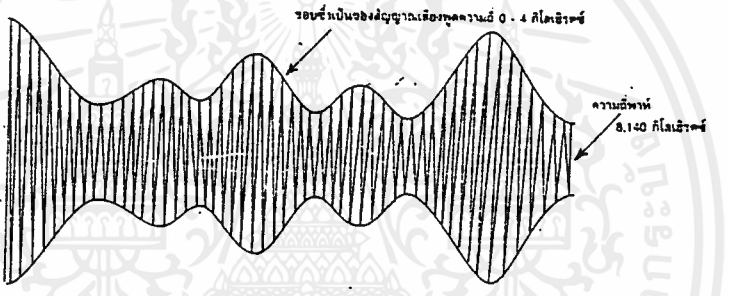
ระบบสื่อสัญญาณโดยทั่วไปมักถูกแทรกสอดด้วยข้อมูลที่ไม่พึงประสงค์ เช่นสัญญาณรบกวน อันส่งผลให้เกิดการผิดเพี้ยนของข้อมูลใช้งานที่ถูกส่งผ่านสื่อตัวกลางเหล่านี้ สาเหตุการเกิดของสัญญาณรบกวนเหล่านี้มีอยู่หลายประการเช่น เกิดจากฟ้าผ่า เกิดจากคลื่นความร้อน จากการเหนี่ยวนำคลื่นไฟฟ้าแรงสูงที่อยู่ใกล้ รบกวนจากระบบแบตเตอรี่ จากการเชื่อมต่อที่ไม่แน่นของวงจรสื่อสัญญาณเอง หรือแม้แต่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการซ่อมบำรุงระบบสื่อสัญญาณซึ่งล้วนแล้วแต่ทำให้คุณภาพการสื่อสารลดลง สำหรับคุณภาพของสัญญาณเสียงอะนาลอกวัดได้จากระดับของสัญญาณรบกวนในช่วงสื่อสารนั้นเมื่อไม่มีการส่งข้อมูลผ่าน

สำหรับสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งเกิดขึ้นจากข้อมูลที่ถูกส่งผ่านวงจรสื่อสัญญาณเอง เรียกว่า เอ็คโค่ (echo) โดยทั่วไปเอ็คโค่เกิดจากการสะท้อนของสัญญาณที่ถูกส่งกลับไปยังระบบรับสัญญาณของผู้พูดซึ่งต่างจากไซด์โทนตรงที่ไซด์โทนเกิดจากการออกแบบวงจรเครื่องลูกข่ายให้มีการส่งเสียงพูดบางส่วนผ่านไปยังหูฟังของผู้พูดโดยตรง สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ไม่มีการหน่วง แต่เอ็คโค่เกิดจากการสะท้อนของสัญญาณที่ถูกส่งออกจากเครื่องลูกข่ายกลับมาจากชุมสายโทรศัพท์เข้าสู่ชุดรับฟัง ซึ่งในกรณีนี้สัญญาณที่สะท้อนกลับมาจะถูกหน่วงเวลาตามระยะทางคู่สายลูปท้องถิ่น ทำให้ผู้พูดเกิดความสับสนกับเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นหลังเสียงที่พูดออกไปแล้ว สาเหตุการเกิดเอ็คโค่มาจากอิมพีแดนซ์ที่ไม่สมดุลกันในช่วงวงจรไฮบริดจ์ภายในชุมสายโทรศัพท์

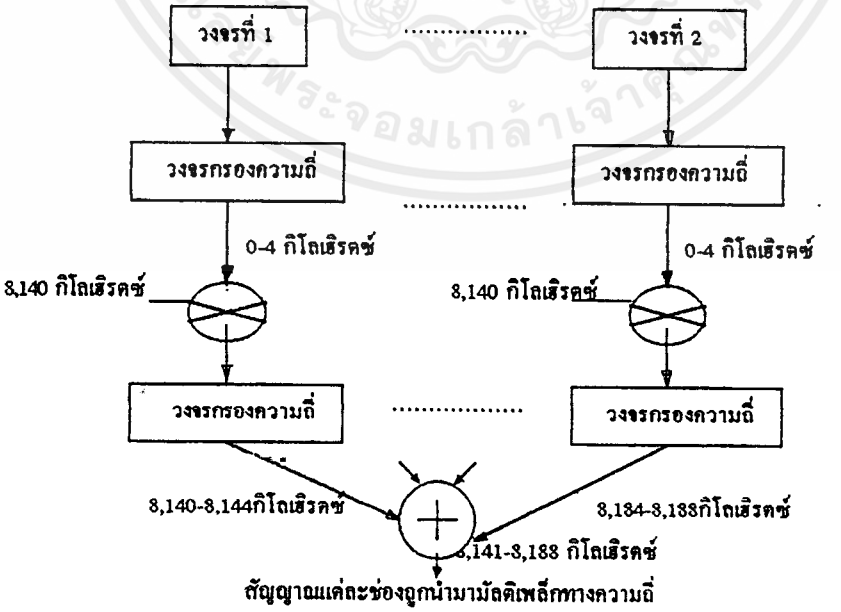
จากที่ได้กล่าวมาพบว่าคู่สายลูปท้องถิ่นแต่ละคู่สายจะมีความสามารถในการรองรับได้ครั้งละหนึ่งการสื่อสาร แต่ในกรณีของวงจรการเชื่อมโยงระหว่างชุมสายโทรศัพท์จะต้องมีความสามารถในการรองรับการสื่อสารได้หลายวงจรในเวลาเดียวกันทั้งนี้เป็นไปโดยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ(multiplexing)ในกรณีของสัญญาณอะนาลอกจะใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์ทางความถี่ (Frequency Multiplexing) วิธีการดังกล่าวเป็นการนำวงจรสื่อสารทางโทรศัพท์หลายๆ วงจรมาส่งผ่านช่องสื่อสารเดียวกันพร้อมๆ กันโดยกำหนดให้แต่ละวงจรสื่อสารถูกใช้ย่านความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 เป็นรูปแสดงสัญญาณเสียงพูดซึ่งมีแบนด์วิดอยู่ในช่วง 0 ถึง 4 กิโลเฮิร์ตกำลังมีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันให้กับคลื่นวความถี่อื่นที่สูงกว่า ในตัวอย่างนี้คือความถี่ 8,140 กิโลเฮิร์ต เรียกคลื่นความถี่สูงนี้ว่า ความถี่พาห์ (carrier frequency) โดยสัญญาณดังกล่าวเกิดการจากนำสัญญาณเสียงพูดไปทำการมอดูเลตทางความถี่กับคลื่นพาห์เท่ากับว่าสัญญาณเสียงพูดได้ถูกเปลี่ยนความถี่ให้อยู่ในย่านที่สูงขึ้น ในกรณีที่มีจำนวนวงจรเสียงพูดมากกว่าหนึ่งวงจร วงจรเสียงพูดเหล่านั้นจะถูกมัลติเพล็กซ์กับคลื่นความถี่พาห์ต่างความถี่กันไป ส่งผลให้สามารถนำแต่ละวงจรเสียงพูดรวมส่งไปบนระบบสื่อสัญญาณเดียวกันจากชุมสายโทรศัพท์ต้นทางไปยังชุมสายโทรศัพท์ปลายทางได้ ในส่วนของชุมสายปลายทางจะมีการแยกวงจรเสียงพูดออกแต่ละวงจรซึ่งอยู่ต่างย่านความถี่ออกจากกัน และทำการแปลงสัญญาณเสียงพูดแต่ละวงจรให้กลับคืนมาอยู่ในย่านความถี่ 0 ถึง 4 กิโลเฮิร์ตตามเดิม เรียกกระบวนการแปลงกลับนี้ว่าการดีมอดูเลตทางความถี่



รูปที่ 10 การมอดดูเลทสัญญาณเสียงพูดกับความถี่คลื่นพาห์



รูปที่ 11 แสดงการมัลติเพล็กซ์ทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 11 แสดงถึงรูปแบบการจัดมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงพูดจำนวน 12 วงจร เนื่องจากสัญญาณเสียงแต่ละสัญญาณมีแบนด์วิดเท่ากับ 4 กิโลเฮิร์ต ดังกนั้นการส่งสัญญาณเสียงจำนวน 12 วงจรจะต้องการแบนด์วิดเท่ากับ 4*12 หรือ 48 กิโลเฮิร์ต และหากกำหนดว่าคลื่นความถี่พาห์ที่มีความถี่ต่ำสุดคือ 8,140 กิโลแฮิร์ตซ์ จะพบว่าย่านความถี่ซึ่งใช้สำหรับส่งสัญญาณทั้ง 12 ช่องนี้จะอยู่ในช่วง 8,140 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 8.188 กิโลเฮิร์ตซ์ (8,140 + 8.188) จากจุดนี้คงจะเห็นถึงความจำเป็นในการจำกัดแบนด์วิดของการส่งเสียงพูดผ่านระบบโทรศัพท์ให้อยู่ในช่วง 0 เฮิรตซ์ ถึง 4 กิโลเฮิรตซ์ เพราะหากกำหนดแบนด์วิดให้กว้างกว่านี้จะทำให้ต้องใช้ย่านความถี่ในการมอดูเลตกว้างยิ่งขึ้น ส่งผลให้ต้องเลือกใช้ระบบสื่อสัญญาณที่มีแบนด์วิดกว้างยิ่งขึ้นโดยไม่จำเป็น

2.สัญญาณควบคุมแบบอะนาลอก

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นว่ามีการใช้สัญญาณอะนาลอกผ่านทางลูปท้องถิ่นในการควบคุมการเชื่อมต่อวงจรสื่อสารระหว่างเครื่องลูกข่ายด้วยกัน รวมถึงใช้รายงานสถานะของเครื่องลูกข่ายต่อชุมสายโทรศัพท์ซึ่งสามารถแบ่งสัญญาณควบคุมแบบอะนาลอกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

สัญญาณไฟตรง (DC Signalling)

สัญญาณดังกล่าวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับกระแสหรือแรงดันไฟฟ้าภายในวงจรลูปท้องถิ่น สถานะต่างๆ ที่แทนสัญญาณชุดนี้ ได้แก่ การ on-hook, การ off - hook , พัลซ์ที่เกิดหมุนเลขหมายและสถานะของการเชื่อมต่อ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้เป็นสัญญาณดิจิตอลในรูปของการปิด-เปิด ในลูปท้องถิ่นทั่วไป สัญญาณ On - hook เกิดการเปิดวงจรที่เครื่องลูกข่าย ทำให้ไม่มีกระแสไฟตรงไหลผ่านลูป สัญญาณ off- hook เกิดจากการปิดวงจรที่เครื่องลูกข่ายทำให้มีกระแสไฟตรงไหลผ่านลูปอย่างต่อเนื่อง พัลซ์จากการหมุนเกิดจากการเปิด ปิดวงจรอย่างมีจังหวะในขณะหมุนเลขหมาย ทำให้มีกระแสไฟตรงไหลผ่านลูปท้องถิ่นเป็นช่วงๆ

ในกรณีที่ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกอยู่ต่างชุมสายกัน เมื่อชุมสายทางด้านของผู้เรียกได้รับสัญญาณเลขหมายและทราบว่าจะต้องมีการเชื่อมต่อวงจรไปยังชุมสายปลายทาง ชุมสายต้นทางจะส่งสัญญาณขอใช้วงจรเชื่อมโยงกับชุมสายปลายทาง เมื่อวงจรได้รับการเชื่อมต่อแล้วชุมสายปลายทางจะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่องลูกข่ายของผู้ถูกเรียก พร้อมกับส่งแรงดันไฟกระแสตรงค่าหนึ่งผ่านวงจรเชื่อมโยงไปปรากฏยังชุมสายต้นทาง เมื่อมีการยกหูรับสาย ชุมสายปลายทางจะส่งสัญญาณแจ้งกลับโดยการกลับขั้วแรงดันไฟตรงที่ปรากฏบนวงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสาย สัญญาณดังกล่าวเรียกว่า สัญญาณการกลับขั้วแบตเตอรี่ (reverse battery signalling) สำหรับการส่งสัญญาณแจ้งสถานะการเชื่อมต่อผ่านชุมสายต่อผ่านระยะไกลจะนิยมใช้แบบ E&M ซึ่งต้องใช้สายไฟเพิ่มอีก 2 เส้นสำหรับวงจรเชื่อมโยงทางด้านไปและด้านกลับ โดยสายหนึ่งเรียกว่า E และอีกสายหนึ่งเรียกว่า M ทำให้ชุมสายต้นทางและปลายทางต่างสามารถส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ on - hook และ off - hook โต้ตอบกันได้โดยอิสระดังแสดงในตารางที่ 3 การส่งสัญญาณโดยวิธีการดังกล่าวทำให้ไม่เกิดการรบกวนกันของสัญญาณจากทั้งสองทิศทาง

สถานะ	สาย E(วงจรขาเข้า)	สายM(วงจรขาออก)
on hook	เปิด	กราวด์
off hook	กราวด์	แรงดันแบตเตอรี

ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ E&M

สัญญาณเสียง (Tone Signalling)

มีการใช้สัญญาณเสียงหลายประเภทในการควบคุมและแจ้งสถานะของการเชื่อมต่อ สัญญาณเสียงสามารถแบ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นแบบความถี่เดียว หรือเกิดจากการรวมหลายความถี่เข้าด้วยกัน ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดของสัญญาณเสียงซึ่งถูกส่งจากชุมสายโทรศัพท์เพื่อแจ้งผู้ใช้บริการถึงสถานะของการสื่อสารเช่น กรณีของสัญญาณแจ้งหมุนหมายเลข (dial tone) เกิดจากการรวมสัญญาณที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์และสัญญาณความถี่ 440 เฮิรตซ์ เข้าด้วยกัน สัญญาณแจ้งสายไม่ว่าง (busy tone) เกิดจากการรวมสัญญาณความถี่ 480 และ 620 กิโลเฮิรตซ์เข้าด้วยกันและส่งเป็นเวลา 0.5 วินาที หยุดส่งเป็นเวลา0.5 วินาที สลับกันไป โดยสัญญาณดังกล่าวจะมีความดังมาก ทั้งนี้เพื่อให้เป็นการเตือนให้ผู้ใช้ทราบและทำการวางหูให้สนิท

สัญญาณ	ความถี่(เฮิรตว์)	ช่วงดัง(วินาที)	ช่วงหยุด(วินาที)
แจ้งให้หมุนเลขหมาย	350+440	ดังต่อเนื่อง	ดังต่อเนื่อง
เลขหมายปลายทางไม่ว่าง	480+620	0.5	0.5
กระดิ่งย้อนกลับ	440+480	2	4
กรระดิ่งย้อนกลับ,PBX	440+480	1	3
วงจรสื่อสัญญาณไม่ว่าง	480+620	0.2	0.3
วางสายไม่สนิท	1400+2060+2450+2600	0.1	0.1
ไม่มีเลขหมายที่เรียก	200 ถึง 400	ดังต่อเนื่องโดยมอท กับความถี่ 1 KHz	ดังต่อเนื่องโดยมอท กับความถี่ 1 KHz

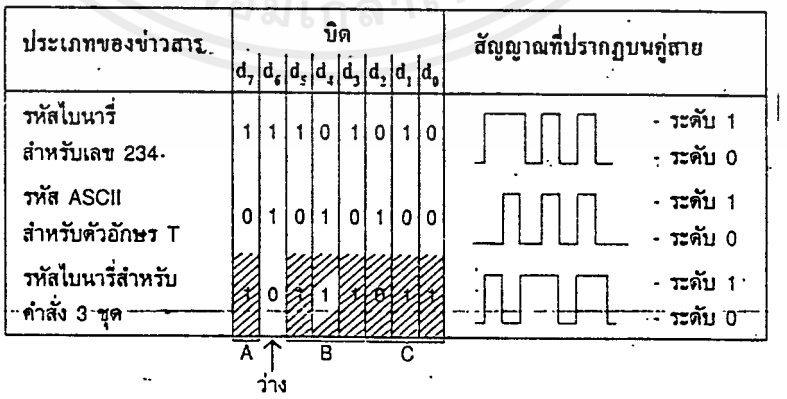
ตารางที่ 4 ประเภทของสัญญาณเสียงที่ใช้แสดงสถานะของการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียงซึ่งถูกส่งระหว่างชุมสายโทรศัพท์อาจเป็นไปได้ทั้งสัญญาณในแบนด์และสัญญาณนอกแบนด์ โดยทั่วไปมักใช้สัญญาณที่มีความถี่เดียว 2,600 เฮิรตซ์เป็นสัญญาณในแบนด์ และความถี่ 3,700 เฮิรตซ์ เป็นสัญญาณนอกแบนด์ สัญญาณ E&M ที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่แล้วจะถูกแปลงเป็นสัญญาณความถี่เดียวเพื่อส่งผ่านวงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสาย ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณ E&M เป็นสัญญาณไฟตรงซึ่งไม่สามารถส่งผ่านวงจรเชื่อมโยงได้ โดยจะใช้การส่งสัญญาณเสียงแทนสัญญาน on - hook และไม่ส่งเพื่อแทนสัญญาณ off - hook การส่งเลขหมายโทรศัพท์จะใช้ในลักษณะของการรวมส่งหลายความถี่ซึ่งเป็นความถี่ในกลุ่มของ 700,900,1100,1300,1500 และ 1700 เฮิรตซ์ เลขหมายแต่ละเลขจะเกิดจากการผสมความถี่ในกลุ่มนี้จำนวน 2 ความถี่เข้าด้วยกัน เรียกสัญญาณนี้ว่า DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

3.สัญญาณควบคุมแบบดิจิตอล

เป็นการนำเข้ารหัสแบบดิจิตอลมาใช้แทนที่การส่งสัญญาณไฟตรงและสัญญาณเสียง สัญญาณควบคุมแบบดิจิตอลแตกต่างจากการส่งสัญญาณเปิด-ปิดในกรณีของสัญญาณไฟตรงในจุดที่สัญญาณ ปิด-เปิด จะเกิดขึ้นในลักษณะสุ่ม แต่สัญญาณควบคุมดิจิตอลมีคาบเวลาที่แน่นอน การแทนค่าบิต 0 หรือ 1 อาจใช้เป็นกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิตแทนค่าแต่ละบิตด้วยตัวย่อ d_0 ถึง d_7 สามารถกำหนดรูปแบบข้อมูลควบคุมให้ปรากฏอยู่ในชุดบิตได้หลายวิธี ทั้ง 8 บิตอาจถูกนำมาใช้แทนเลขหมายตั้งแต่ 0 ถึง 255 ดังแสดงในตัวอย่างแรกของตารางที่ 5 แทนค่า 234 หรืออาจนำมาใช้แทนตัวอักขระในกรณีการสื่อสารข้อมูล

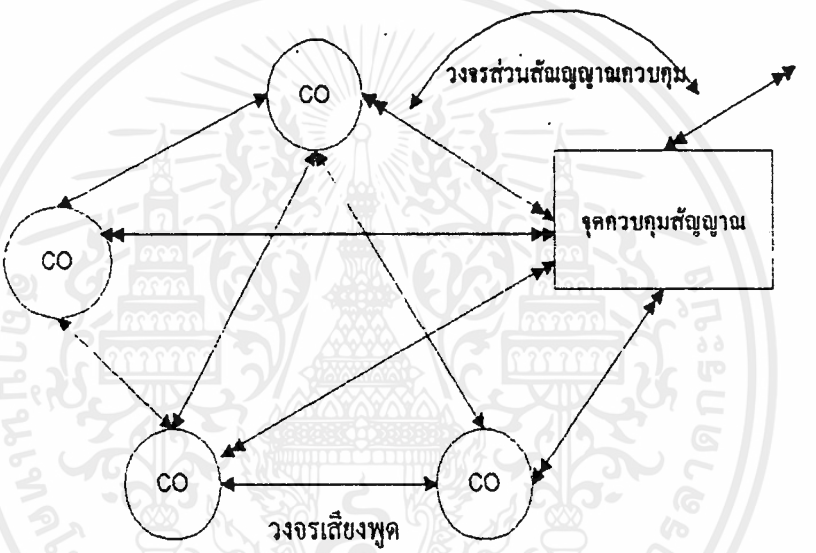


ตารางที่ 5 แสดงการเข้ารหัสส่งแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.สัญญาณควบคุมร่วม

สำหรับสัญญาณควบคุมแต่ละประเภทที่ได้กล่าวถึงมาข้างต้นล้วนแต่เป็นสัญญาณควบคุมที่ถูกส่งในย่านความถี่เดียวกับสัญญาณพูดทั้งสิ้น ยังมีวิธีการส่งสัญญาณควบคุมอีกประเภทหนึ่งซึ่งใช้ในการแยกช่องส่งสัญญาณควบคุมออกจากช่องสัญญาณเสียงพูด สัญญาณควบคุมจะถูกส่งจากชุมสายโทรศัพท์ต้นทางผ่านวงจรสื่อสารอีกวงจรหนึ่งซึ่งอาจมิใช่เส้นทางเดียวกับวงจรสัญญาณเสียงไปยังชุมสายโทรศัพท์ปลายทาง เรียกการส่งสัญญาณควบคุมชนิดนี้ว่า สัญญาณควบคุมร่วมช่องระหว่างชุมสาย (Common Channel Interoffice Signalling หรือ CCIS) ดังแสดงในรูปที่ 12



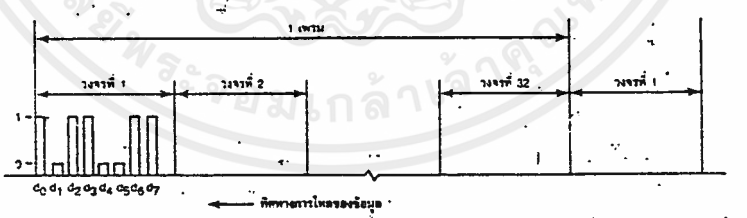
รูปที่ 12 แสดงโครงสร้างของเครือข่ายสัญญาณควบคุมร่วม

การส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

จากพัฒนาการที่ก้าวหน้าของเทคโนโลยีของวงจรรวม (IC) และโซลิดสเตตส่งผลให้สามารถลดขนาดวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนลงมาจนมีขนาดเล็ก การนำอุปกรณ์ไอซีที่มีความสามารถสูงซึ่งสนับสนุนระบบสัญญาณที่ซับซ้อนจึงเป็นไปได้โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำงานภายใต้ความเชื่อถือได้เป็นเวลานาน ใช้พลังงานต่ำ จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นแรงขับดันให้มีการออกแบบระบบการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ไปเป็นระบบดิจิตอล ซึ่งจะทำการแปลงทั้งสัญญาณเสียงพูดและสัญญาณควบคุมให้เป็นข้อมูลดิจิตอล นิยามการส่งสัญญาณจึงถูกกำหนดให้เป็น การส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ดังนั้นแทนที่สัญญาณเสียงพูดจะถูกประมวลผลแบบอะนาลอก ก็จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลและนำไปประมวลผลโดยวงจรดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดการสื่อสาร เมื่อสัญญาณดิจิตอลถูกส่งออกไปถึง CO ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายปลายทางสัญญาณดังกล่าวจะถูกแปลงกลับไปเป็นสัญญาณอะนาลอกเพื่อส่งผ่านลูปท้องถิ่นไปยังเครื่องลูกข่ายปลายทาง มีแนวโน้มว่าการรับส่งสัญญาณในระบบโทรศัพท์ในอนาคตจะเป็นชนิดดิจิตอลตั้งแต่ลูปท้องถิ่นต้นทางไปจนถึงลูปท้องถิ่นปลายทางรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลแสดงดังในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยมีการกำหนดรหัสความหมายของข้อมูลมีชื่อเรียกว่าPulseCode Modulation หรือ PCM เนื่องจากสัญญาณเสียงและสัญญาณควบคุมล้วนเป็นสัญญาณความถี่ต่ำในช่วง 300 เฮิรตซ์ถึง 3,000 เฮิรตซ์ และวงจรดิจิตอลโดยทั่วไปจะทำงานที่ความถี่สูงมากๆ ดังนั้นจึงสามารถส่งสัญญาณเสียงพูดได้หลายวงจรผ่านวงจรสื่อสารเส้นทางเดียวกัน เทคนิคดังกล่าวเรียกว่าการมัลติเพล็กซ์ทางเวลา (Time Division Multiplex หรือ TDM) โดยมีรูปแบบการโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 13 ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์ตามมาตรฐาน 32 ช่องสัญญาณซึ่งใช้งานในประเทศไทย การส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารแต่ละวงจรจะเกิดขึ้นทุกๆ 125 ไมโครวินาที เรียกควบเวลาในการส่งแต่ละครั้งว่า เฟรม หรือกรอบข้อมูล จะเห็นว่าในแต่ละเฟรมจะประกอบไปด้วยช่องสำหรับรับส่งข้อมูลจากแต่ละวงจรการสื่อสาร เรียกช่องนี้ว่า ช่องเวลา (timeslot) แต่ละช่องเวลาจะบรรจุข้อมูลที่มาจากการสนทนาซึ่งมีขนาด 8 บิต รายละเอียดต่างๆ ในการเข้ารหัสจะกล่าวถึงต่อไป สำหรับช่องเวลาที่ 1 และ 16 จะถูกสงวนไว้ใช้งานพิเศษที่มิใช่การส่งสัญญาณเสียงพูด จึงสามารถส่งสัญญาณเสียงพูดได้เพียง 30 วงจรพร้อมๆกัน



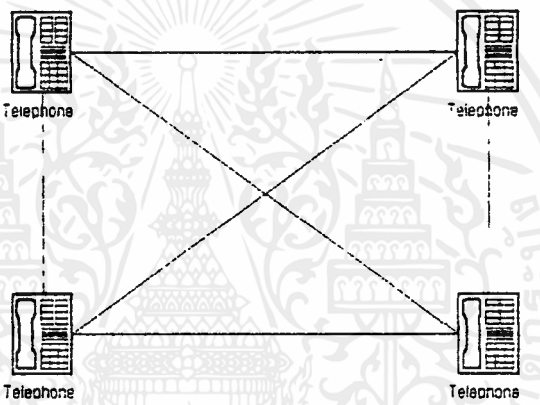
รูปที่ 18 แสดงโครงสร้าง PCM เฟรมแบบ 32 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
039065

โครงสร้างและหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

ความจำเป็นในการมีชุมสายโทรศัพท์

นับจากที่โทรศัพท์เครื่องแรกของโลกได้ถูกประดิษฐ์ขึ้น ความนิยมใช้งานโทรศัพท์ก็เริ่มมีมากขึ้นจากเดิมที่การเชื่อมต่อโทรศัพท์แต่ละเครื่องด้วยคู่สายตรง ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งหาก ก.ต้องการโทรมาหา ข. ก็สามารถทำการต่อสายเชื่อมเครื่องโทรศัพท์ของตนกับจุดต่อสำหรับโทรหา ข. ได้โดยตรง เมื่อจำนวนเครื่องโทรศัพท์มีมากขึ้น จะเห็นได้ว่าหากการต่อเชื่อมแต่ละเครื่องเข้าด้วยกันทั้งหมดจะนับเป็นการยุ่งยากมาก และไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ



รูปที่ 14 การเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่องเข้าหากันโดยตรง

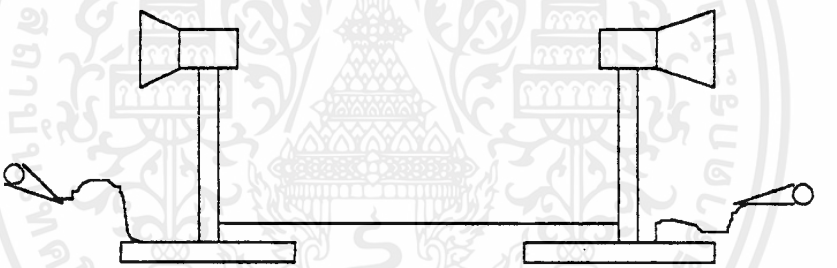
จากรูปที่ 14 หากต้องการเชื่อมต่อสายระหว่างโทรศัพท์ทั้ง 4 เครื่องให้ถึงกันทั้งหมดจะต้องใช้คู่สายทั้งสิ้น 6 เส้น และจำนวนคู่สายจะเพิ่มขึ้นเป็น 10 เส้นเมื่อจำนวนเครื่องเพิ่มขึ้นเป็น 5 เครื่อง ซึ่งหากจำนวนเครื่องมีมากเป็นหลักหมื่นหลักแสนแล้ว วิธีการดังกล่าวก็จะเป็นการสิ้นเปลืองวงจรเชื่อมต่อโดยใช่เหตุ

จากสาเหตุดังกล่าวจึงส่งผลผลักดันแนวคิดของการมีระบบชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรวมคู่สายจากเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่องเข้าด้วยกัน แล้วใช้อุปกรณ์ภายในชุมสายทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรระหว่างเครื่องโทรศัพท์ต้นทางและเครื่องโทรศัพท์ปลายทางให้สามารถสื่อสารกันได้ ที่งนี้จึงจำเป็นที่เครื่องโทรศัพท์ในยุคใหม่จะต้องมีระบบส่งสัญญาณแจ้งเลขหมายปลายทางที่ต้องการจะติดต่อด้วยมาให้ชุมสายโทรศัพท์รับทราบ เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูขึ้นมาใช้งาน ชุมสายโทรศัพท์จะทราบว่าผู้ใช้มีความต้องการใช้งานโทรศัพท์ และจะเตรียมพร้อมสำหรับให้บริการและทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ต่อไป

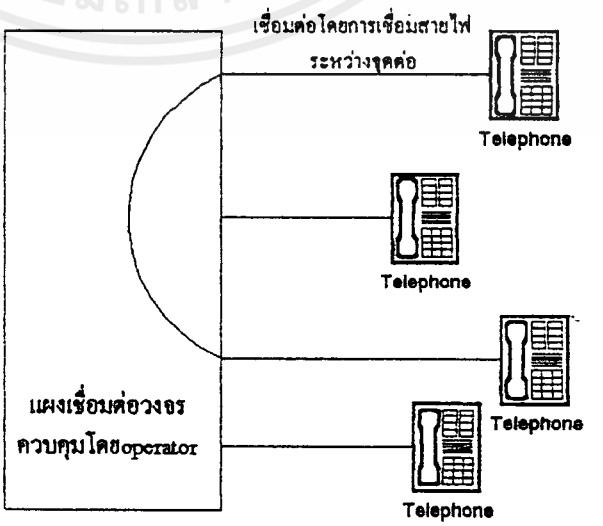
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิวัฒนาการของระบบชุมสาย

โทรศัพท์ได้ถูกประดิษฐ์เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยอเล็ก ซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ เมื่อปี พ.ศ.2419 ประกอบด้วยเครื่องโทรศัพท์จำนวน 2 เครื่อง มีสายเชื่อมระหว่างเครื่องดังแสดงในรูปที่15ซึ่งผู้ใช้งานสามารถใช้โทรศัพท์พูดโต้ตอบกันได้โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วส่งผ่านคู่สาย เมื่อสัญญาณไฟฟ้าถูกส่งไปถึงเครื่องโทรศัพท์ปลายทางก็จะได้รับการเปลี่ยนรูปกลับมาเป็นพลังงานเสียงดังเดิม ในระยะแรกลักษณะการใช้งานโทรศัพท์เป็นแบบติดต่อระหว่าง 2 จุด หรือใช้งานระหว่างคนเพียง 2 คน ต่อมาเมื่อความต้องการใช้งานโทรศัพท์มีมากขึ้น จึงทำให้มีการพัฒนาระบบเครือข่ายโทรศัพท์ขึ้นทำให้ผู้ใช้โทรศัพท์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและสามารถเลือกที่จะสนทนากับผู้ใดก็ได้ ทั้งนี้จึงเป็นหน้าที่ของชุมสายโทรศัพท์ที่จะให้บริการในการต่อวงจร รวมถึงการคิดเงินค่าใช้บริการในแต่ละครั้ง ระบบชุมสายโทรศัพท์ได้ผ่านวิวัฒนาการมาหลายช่วง นับตั้งแต่ยุคของชุมสายโทรศัพท์แบบที่ต้องใช้พนักงานทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจร จนถึงชุมสายอัตโนมัติชนิดดิจิตอล เอสพีซี ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 15 เครื่องโทรศัพท์ในยุคแรกซึ่งไม่มีหน้าปัดสำหรับหมุนหมายเลข



รูปที่ 16 การเชื่อมต่อวงจรสนทนาโดยผ่านชุมสายโทรศัพท์แบบใช้พนักงานต่อสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์ชนิดที่ใช้พนักงานต่อสาย

เป็นชุมสายชนิดเก่าแก่ที่สุดในโลกสำหรับชุมสายชนิดนี้การให้บริการตัดต่อวงจรระหว่างเลขหมายต้นทางและปลายทางจะกระทำโดยพนักงานประจำหรือโอเปอเรเตอร์ (operator) โดยเมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการติดต่อไปยังหมายเลขปลายทางใดก็จะยกหูโทรศัพท์ของตน ทันทีที่หูโทรศัพท์ถูกยก วงจรท้องถิ่นระหว่างชุมสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์จะถูกต่อครบวงจร ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ส่งผลให้หลอดไฟที่หน้าแผงหน้าปัดของโอเปอเรเตอร์สว่างเป็นการแจ้งให้ทราบว่าเลขหมายใดต้องการขอใช้บริการ โอเปอเรเตอร์จะใช้สายเสียบเชื่อมต่อระหว่างหูโทรศัพท์ที่แผงควบคุมกับวงจรของเลขหมายต้นทาง เพื่อสอบถามการขอใช้บริการ และเมื่อได้รับทราบเลขหมายปลายทางที่ต้องการจะต่อแล้วก็เสียบสายเชื่อมต่อระหว่างวงจรโทรศัพท์ของผู้เรียกไปยังวงจรโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก ดังในรูปที่ 16 เครื่องโทรศัพท์ที่ใช้งานในระบบชุมสายโทรศัพท์ชนิดนี้ไม่มีหน้าปัดสำหรับหมุนเลขหมาย ชุมสายโทรศัพท์ชนิดนี้ถือเป็นชุมสายชนิดเดียวที่การตัดต่อไม่เป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งวิวัฒนาการของชุมสายในยุคต่อๆ ไปจะได้รับการออกแบบเป็นแบบอัตโนมัติ โดยที่ผู้ใช้บริการสามารถหมุนเลขหมายปลายทางที่ต้องการจะเชื่อมต่อได้ด้วยตนเอง

ชุมสายโทรศัพท์ระบบสเต็ปบายสเต็ป

ชุมสายโทรศัพท์ระบบสเต็ปบายสเต็ป(step-by-step) เป็นชุมสายอัตโนมัติชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้งาน ซึ่งเมื่อผู้ใช้บริการทำการหมุนเลขหมายปลายทางที่ต้องการจะเชื่อมต่อเพื่อสนทนาด้วย ชุมสายจะรับเลขหมายแต่ละหลักมาทำการวิเคราะห์เพื่อดำเนินการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับเลขปลายทางที่ถูกเรียก สำหรับชุมสายระบบนี้การตัดเชื่อมต่อวงจรจะใช้ระบบกลไกเป็นตัวทำงานโดยผ่านการควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง ซึ่งเรียกกันว่า Electromechanical ชุมสายระบบสเต็ปบายสเต็ปเป็นชุมสายที่ให้บริการการเชื่อมต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องที่ต้องการการซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากการที่อุปกรณ์เชื่อมต่อวงจรเป็นระบบกลไก ซึ่งอาจเกิดความสึกหรอได้เมื่อถูกใช้งานไปเป็นระยะเวลาหนึ่งอย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันหลายประเทศก็ยังคงใช้งานชุมสายโทรศัพท์ระบบสเต็ปบายสเต็ปอยู่

ชุมสายโทรศัพท์ระบบครอสบาร์

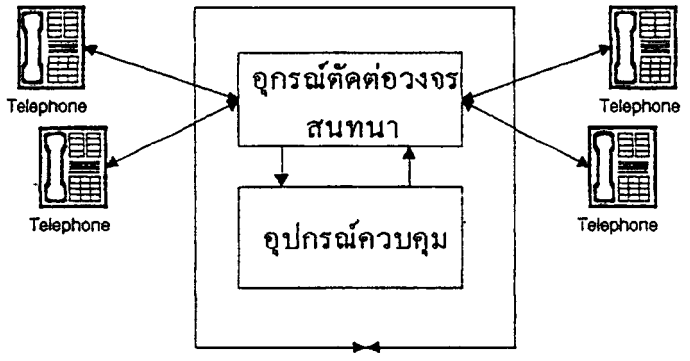
เนื่องจากการที่ชุมสายโทรศัพท์แบบสเต็ปบายสเต็ปมีข้อเสียในเรื่องของความสึกหรอของระบบกลไกเมื่อผ่านการใช้งานเป็นเวลานาน จึงได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นระบบชุมสายแบบครอสบาร์ ซึ่งเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีการลดจำนวนอุปกรณ์ในส่วนที่เป็นกลไกลง โดยออกแบบให้อุปกรณ์ส่วนที่ทำหน้าที่รับและวิเคราะห์เลขหมายเป็นวงจรไฟฟ้าซึ่งทำงานโดยใช้อุปกรณ์รีเลย์เป็นหลัก โครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์ประเภทนี้แสดงได้ในรูปที่ 4 สำหรับส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรจะใช้เป็นสวิตช์แบบครอสบาร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นชุดของแกนเหล็กไขว้กันตามแนวนอนและแนวตั้ง ชุมสายโทรศัพท์ชนิดนี้มีส่วนที่เป็นกลไกน้อย ทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องและแม่นยำ ราคาต้นทุนต่ำกว่าชุมสายโทรศัพท์ชนิดสเต็ปบายสเต็ป จึงได้รับความนิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย แม้ในปัจจุบันก็ยังสามารถพบเห็นการใช้งานชุมสายโทรศัพท์ชนิดนี้ได้ในหลายๆ ประเทศ ในระยะต่อมาเมื่อมีการสร้างอุปกรณ์ประเภทหลอดวิทยุขึ้น อุปกรณ์ดังกล่าวก็ได้ถูกนำมาใช้งานภายในชุมสายโทรศัพท์แบบครอสบาร์ ซึ่งพบว่าสามารถใช้งานได้ดี และเมื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำได้เจริญรุดหน้ามากขึ้น ก็ได้มีการนำอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งมีความสามารถเหมือนอุปกรณ์หลอดวิทยุ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าและขนาดเล็กกว่า ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า มาใช้งานแทนหลอดวิทยุ ส่งผลให้ชุมสายโทรศัพท์แบบครอสบาร์มีขนาดเล็กลง การดูแลรักษาทำได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามสำหรับอุปกรณ์ในส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรก็ยังคงใช้เป็นจำพวกกลไกอยู่เช่นเดิม แต่ได้รับการพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงเท่านั้น

ชุมสายระบบเอสพีซี

เมื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางด้านสารกึ่งตัวนำก้าวรุดหน้าไปจนถึงจุดที่สามารถลดขนาดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนให้มีขนาดเล็กลง โดยบรรจุอยู่ในอุปกรณ์วงจรรวมหรือไอซี (Intergrated Circuit) ส่งผลให้บรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์เลือกที่จะนำไอซีมาใช้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆ ภายในชุมสายโทรศัพท์ แม้กระทั่งทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อวงจร ทำให้ระบบชุมสายโทรศัพท์มีความทันสมัย และมีประสิทธภาพสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน เนื่องจากไม่มีส่วนของอุปกรณ์กลไกซึ่งจะเกิดความสึกหรออีกต่อไป ชุมสายโทรศัพท์ประเภทนี้ถือเป็นชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิตอล ซึ่งนอกจากจะช่วยเชื่อมต่อวงจรสื่อสารที่ใช้ส่งเสียงพูดได้แล้ว ยังสามารถรองรับการส่งข้อมูลประเภทอื่นๆ เช่น สัญญาณภาพ หรือข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 17 แสดงโครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์แบบครอสบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสั่งการและควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ระบบเอสพีซี จะเป็นการใช้งานผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โดยทั่วไประบบชุมสายแบบเอสพีซีแต่ละยี่ห้อจะมีรูปแบบภาษาเครื่องที่ใช้สื่อสารระหว่างพนักงานปฏิบัติการและส่วนประมวลผลภายในชุมสาย ซึ่งเป็นภาษาที่มีโครงสร้างเข้าใจง่าย และเนื่องจากการสั่งงานต่อชุมสายโทรศัพท์อยู่ในรูปของการเขียนชุดคำสั่งป้อนให้ส่วนประมวลผลเป็นลำดับขั้นตอน ชุดทำสั่งดังกล่าวจะถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำส่วนหนึ่งของชุมสายโทรศัพท์ จึงเป็นเหตุให้มีการเรียกชื่อชุมสายโทรศัพ์ชนิดนี้ว่า Stored Program Control หรือ SPC

โครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนหลักๆ 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 18 คือส่วนวงจรเสียงพูด ส่วนประมวลผลกลาง และส่วนอินพุต/เอาต์พุต โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานดังต่อไปนี้

- ส่วนวงจรเสียงพูด (Speech Path) ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรต้นทางกับผู้ถูกเรียกซึ่งอยู่ในวงจรปลายทาง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรเหล่านี้มีชื่อเรียกว่า อุปกรณ์สวิตชิ่ง(switching device)
- ส่วนประมวลผลกลาง(central Processor) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดในส่วนต่างๆ ของระบบชุมสายโทรศัพท์นั้นๆ โดยปกติอุปกรณ์ประมวลผลกลางจะผ่านข้อมูลที่เป็นชุดคำสั่ง ซึ่งถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ หรือรับชุดคำสั่งที่ได้รับการป้อนผ่านเข้ามาทางอุปกรณ์คอมพิวเตอร์โดยพนักงานปฏิบัติการ ชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีบางรุ่นอาจมีการออกแบบให้มีอุปกรณ์ประมวลผลกลางหลายๆ ตัวทำงานขนานกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ
- ส่วนอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output) เป็นส่วนที่ช่วยให้พนักงานปฏิบัติการสามารถติดต่อกับระบบชุมสายได้ โดยอาจเป็นการป้อนชุดคำสั่งหรือแก้ไขโครงสร้างของชุดคำสั่งที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ นอกจากนั้นยังมีหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลการใช้โทรศัพท์ การเตรียมข้อมูลเพื่อคิดเงินค่าใช้บริการ โดยข้อมูลในส่วนนี้อาจถูกเก็บลงในเทปแม่เหล็ก เทปตลับ หรือฮาร์ดดิสก์ เป็นต้น หากจะทำการเปรียบเทียบข้อดีของชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีกับชุมสายโทรศัพท์แบบ ครอสบาร์แล้ว จะเห็นได้ว่ามีความโดดเด่นหนือกว่าอยู่หลายประการพอที่จะนำมาเปรียบเทียบได้ดังนี้

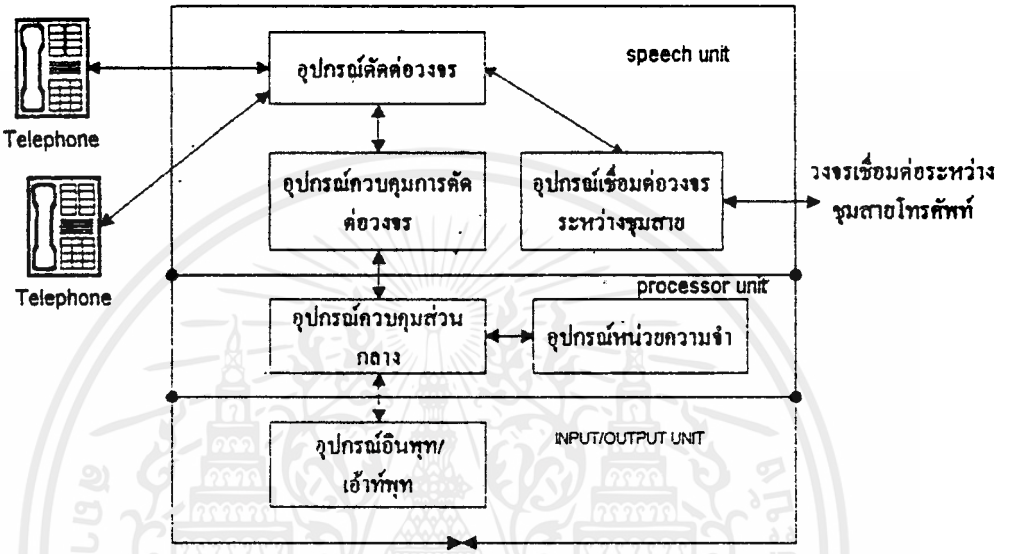
-เนื่องจากการควบคุมชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีกระทำโดยการปรับเปลี่ยนแก้ไขชุดคำสั่งควบคุมเท่านั้น จึงทำให้การเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงหน้าที่การทำงานของชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีกระทำได้ง่ายและยืดหยุ่นกว่าชุมสายโทรศัพท์แบบครอสบาร์ซึ่งต้องทำการแก้ไขถึงระดับวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีสามารถให้บริการพิเศษต่างๆ ให้แก่ผู้ใช้บริการได้มากมาย เช่น บริการโอนสายอัตโนมัติ บริการรับสายเรียกเข้าซ้อน เป็นต้น

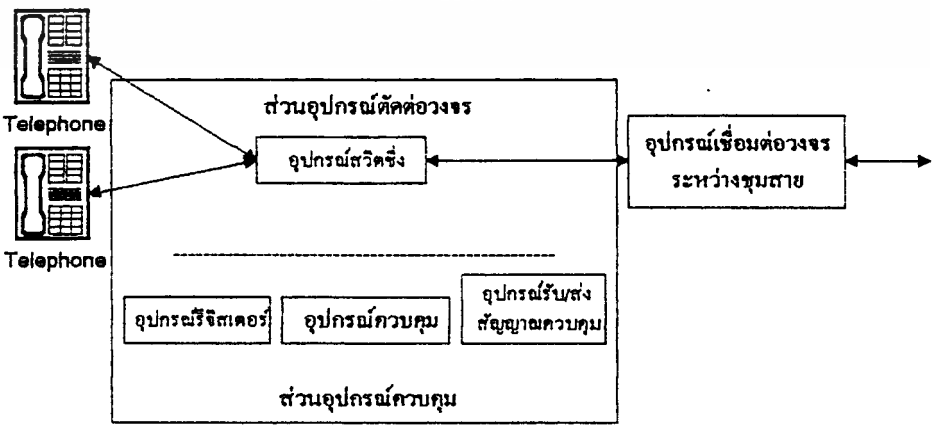
-ชุมสายแบบเอสพีซีมีระบบตรวจวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

-ขนาดของชุมสายแบบเอสพีซีเล็กกว่าชุมสายแบบครอสบาร์มาก ทำให้ติดตั้งได้ง่าย



รูปที่ 18 ส่วนประกอบหลักภายในชุมสายโทรศัพท์แบบ SPC

อย่างไรก็ตามเนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่ภายในชุมสายโทรศัพท์แบบเอสพีซีเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งเมื่อถูกใช้งานไปเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนขึ้น หากไม่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ดีพออาจส่งผลให้ชุมสายเกิดการทำงานผิดพลาดไปจากที่โปรแกรมไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ปรับอากาศ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศให้เป็นไปตามที่กำหนด เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์



รูปที่ 19 โครงสร้างของระบบชุมสายโทรศัพท์โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์

เมื่อกล่าวถึงระบบชุมสายโทรศัพท์ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้พนักงานต่อสาย, แบบสเต็ปบายสเต็ป, แบบครอสบาร์ หรือแม้กระทั่งแบบเอสพีซีก็ตาม จะสามารถแบ่งส่วนประกอบออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรมีหน้าที่ในการเชื่อมและตัดวงจรระหว่างผู้เรียกต้นทางและผู้ถูกเรียกซึ่งเป็นเลขหมายปลายทาง ทั้งนี้จะอยู่ภายใต้การควบคุมและสั่งการโดยส่วยควบคุม สำหรับชุมสายโทรศัพท์แต่ละแบบ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการตัดต่อวงจร และส่วนควบคุมก็จะแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 5

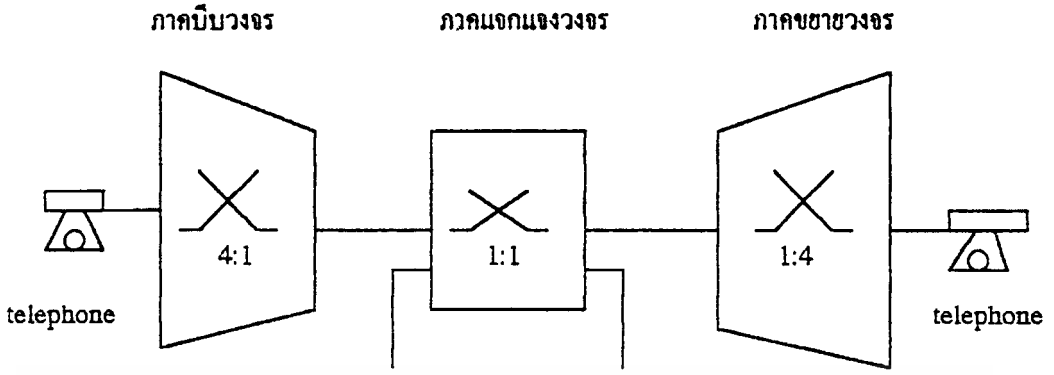
ระบบชุมสาย	ส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต่อ	ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม
ชุมสายแบบใช้พนักงานต่อสาย	แผงสวิตช์ต่อสาย	พนักงานทำหน้าที่ต่อสาย
ชุมสายระบบสเต็ปบายสเต็ป	สวิตช์แบบโรตารี่	วงจรแบบ hard-wired
ชุมสายครอสบาร์	สวิตช์แบบครอสบาร์	วงจรแบบ hard-eired
ชุมสายเอสพีซีแบบอะนาลอก	รีดรีเลย์	โปรแกรมคอมพิวเตอร์
ชุมสายเอสพีซีแบบดิจิตอล	วงจรสวิตชิ่ง	โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบส่วนที่ทำหน้าที่ในการตัดต่อวงจร และควบคุมของชุมสายโทรศัพท์แต่ละแบบ

จากรูปที่ 6 เป็นโครงสร้างของระบบชุมสายโทรศัพท์โดยทั่วไป ซึ่งประกอบด้วยส่วนของอุปกรณ์สวิตชิ่ง (switching unit) ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรสนทนาระหว่างคู่สนทนา อุปกรณ์รีจิสเตอร์ (register) ซึ่งเป็นหน่วยความจำใช้เก็บเลขหมายที่ถูกหมุนโดยผู้เรียกจากเลขหมายต้นทางเพื่อเตรียมให้อุปกรณ์ควบคุม (control-unit) อ่านค่าและวิเคราะห์หาเส้นทางเชื่อมต่อ รวมถึงเตรียมการอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการเชื่อมต่อ และเนื่องจากในบางครั้งการเชื่อมต่อวงจรอาจเป็นการเชื่อมต่อข้ามชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งชุมสายโทรศัพท์ต้นทางและปลายทางจะต้องส่งสัญญาณควบคุมติดต่อกัน จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับรับและส่งสัญญาณควบคุมระหว่างชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งในปัจจุบันชุมสายโทรศัพท์ทั่วไปใช้ระบบสัญญาณแบบ MFC R2 (Multi-Frequency Code Relesse 2) ในการติดต่อสื่อสารกัน อุปกรณ์ดังกล่าวจึงมีภาครับและส่งสัญญาณ MFC (MFC Receiver and Sender) สำหรับรายละเอียดของระบบสัญญาณที่ใช้ติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์จะได้กล่าวถึงต่อไป

สำหรับโครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอลเอสพีซี ในส่วนของอุปกรณ์ตัดต่อวงจรสามารถแสดงดังในรูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 โครงสร้างของอุปกรณ์ตัดต่อวงจร

ประกอบไปด้วยส่วนประกอบย่อย 3 ส่วนคือ ภาคบีบวงจร (Concentration stage), ภาคแจกแจงวงจร (Distribution stage), และภาคขยายวงจร (Expansion stage) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภาคบีบวงจรหรือ Concentration stage ทำหน้าที่ลดจำนวนอุปกรณ์วงจรสำหรับป้อนส่งไปยังภาคแจกแจงวงจรให้มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนคู่สายที่เข้าสู่ชุมสายทั้งหมด โดยจะใช้อัตราส่วนการบีบได้หลายมาตรฐาน คือ 2:1 3:1 หรือ 4:1 โดยจะใช้ค่าเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นในการเรียกต่อวงจรสนทนาในพื้นที่ที่ชุมสายนั้นให้บริการอยู่ โดยปกติจะใช้อัตราการบีบเป็น 4:1 ซึ่งหมายความว่าขณะที่จำนวนวงจรท้องถิ่นที่เชื่อมต่อเข้าชุมสายนั้นมี 5,000 คู่สาย แต่ชุมสายจะให้บริการได้พร้อมกันเพียง 5,000/4 = 1,250 คู่สายเท่านั้น จุดประสงค์ของการมีภาคบีบวงจรก็เพื่อเหตุผลเรื่องความประหยัด ทั้งนี้หากไม่มีภาคบีบสัญญาณแล้ว จะพบว่าในเวลาส่วนใหญ่จำนวนคู่สายที่มีการใช้งานพร้อมๆ กันมีไม่มากถึง 1 ใน 4 ส่วนของจำนวนคู่สายทั้งหมด การติดตั้งอุปกรณ์แจกแจงวงจรให้รองรับจำนวนคู่สายได้พร้อมๆ กันทั้งหมดจะกลายเป็นความสิ้นเปลือง จึงต้องมีการบีบวงจรให้มีจำนวนน้อยลง แต่ทั้งนี้จะต้องมีการติดตั้งภาคขยายวงจรไปพร้อมๆ กันด้วย

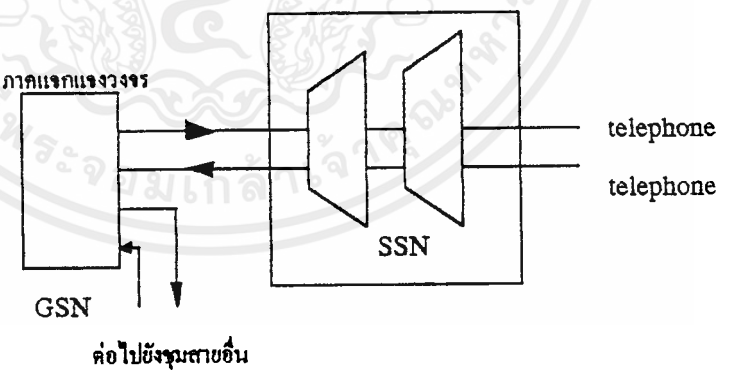
ภาคแจกแจงวงจร หรือ Distribution stage ทำหน้าที่ต่อเส้นทางการสนทนาแจกจ่ายไปยังวงจรต่างๆ ตามลักษณะของการเรียกติดต่อจากเลขหมายต้นทาง สำหรับอัตราการบีบวงจรของภาคนี้มีค่าเป็น 1:1 ซึ่งก็คือไม่มีการติดขัดในการเรียกใช้งานของผู้ใช้บริการแต่อย่างใด ในกรณีที่เลขหมายปลายทางเป็นเลขหมายที่อยู่ภายในชุมสายโทรศัพท์เดียวกัน วงจรเชื่อมต่อจะถูกสร้าต่อไปยังภาคขยายวงจรและต่อไปที่เลขหมายปลายทางนั้น แต่สำหรับกรณีที่เลขหมายปลายทางเป็นเลขหมายของชุมสายโทรศัพท์อื่น ภาคแจกแจงวงจรจะทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรระหว่างชุมสายโทรศัพท์พร้อมทั้งส่งสัญญาณติดต่อไปยังชุมสายปลายทาง และในทำนองกลับกันหาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการเรียกเข้าจากชุมสายโทรศัพท์อื่น ภาคแจกแจงวงจรจะเชื่อมต่อวงจรดังกล่าวเข้ากับเลขหมายปลายทางที่อยู่ภายในชุมสายโดยผ่านภายขยายวงจร

ภาคขยายวงจร หรือ Expansion stage หลังจากภาคแจกแจงวงจรทำการเชื่อมต่อเส้นทางการสนทนาไปยังเลขหมายปลายทางที่เหมาะสมแล้ว วงจรสนทนาจะถูกป้อนส่งผ่านไปยังภาคขยายวงจร ซึ่งจะมีอัตราการขยายเท่ากับอัตราการบีบวงจร โดยทั่วไปจะมีค่าเป็น 1:4 จากนั้นจึงจะทำการสร้างวงจรต่อไปยังเลขหมายปลายทาง

ในทางปฏิบัติ ผู้ผลิตอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์ทุกรายนิยมที่จะรวมภาคบีบวงจรและภาคขยายวงจรเข้าด้วยกันเป็นภาคเดียวกัน โดยมีทิศทางของวงจรสนทนา 2 ทิศทาง คือ ทิศเข้าและทิศออก ทิศเข้าคือข้อมูลที่ถูกส่งมาจากผู้พูดต้นทาง ผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อในภาคบีบวงจร ซึ่งถูกบีบด้วยอัตราส่วน 4:1 ก่อนที่จะถูกส่งผ่านไปยังภาคแจกแจงวงจรด้วยอัตรส่วน 1:1 และในกรณีที่มิใช่เรียกต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์อื่น วงจรดังกล่าวก็จะวิ่งผ่านภาคขยายวงจรด้วยอัตราส่วน 1:4 ผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้รับปลายทางและจะเป็นไปในทางกลับกัน ในกรณีที่ผู้ใช้ปลายทางพูดโต้ตอบกลับ ทั้งนี้โครงสร้างของอุปกรณ์ตัดต่อวงจรในลักษณะดังกล่าวได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 21 เนื่องจากทั้งภาคบีบวงจรและภาคขยายวงจรเป็นส่วนที่จะต้องเชื่อมต่อต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้บริการ จึงเรียกส่วนนี้ว่า Subscriber Switching Network หรือ SSN และเรียกส่วนของภาคแจกแจงวงจรซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นผู้จัดกลุ่มของการเชื่อมต่อวงจรว่า Group Switching Network หรือ GSN



รูปที่ 21 การรวมภาคบีบวงจรและอัดวงจรเข้าด้วยกันเป็นอุปกรณ์เดียวกัน

ในส่วนของอุปกรณ์ควบคุมสำหรับชุมสายโทรศัพท์โดยทั่วไปนั้น ได้รับการออกแบบขึ้นโดยเลียนแบบการคิดและการปฏิบัติของพนักงานเชื่อมต่อวงจรในยุคของชุมสายโทรศัพท์แบบใช้พนักงานต่อสาย ซึ่งพนักงานต่อสายจะคอยสังเกตุดูว่ามีผู้ใช้บริการเรียกเข้ามาเพื่อขอต่อวงจรหรือไม่ หากมีก็จะให้ทำการเชื่อมต่อเลขหมายดังกล่าวเข้ากับหูฟังของตน พร้อมกับสอบถามเลขหมายปลายทาง เมื่อรับทราบแล้วก็จะมองหาตำแหน่งขั้วต่อสำหรับเลขหมายนั้น แล้วจึงทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างเลขหมายต้นทางและเลขหมายปลายทาง ซึ่งในแง่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์นั้นก็จะทำงานโดยที่หน่วยประมวลผลย่อยจะทำการตรวจสอบการเรียกเข้าของแต่ละคู่สาย รวมถึงการเรียกเข้าจากชุมสายอื่น หากตรวจพบว่ามีการเรียกเข้าก็จะวิเคราะห์ตำแหน่งของเครื่องที่ทำการเรียก รับสัญญาณเลขหมายปลายทางที่ต้องการจะเชื่อมต่อด้วย วิเคราะห์หาตำแหน่งของเครื่องที่ถูกเรียกว่าอยู่ในชุมสายเดียวกันหรืออยู่ต่างชุมสาย ในกรณีที่เลขหมายปลายทางอยู่ในชุมสายโทรศัพท์เดียวกันก็จะทำการตรวจสอบสภาพของเลขหมายปลายทางว่ายังมีการใช้งานอยู่หรือไม่ ตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์เชื่อมต่อว่างอยู่หรือไม่ หากสามารถเชื่อมต่อได้ก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเลขหมายปลายทาง และคอยให้บริการจนกว่าวงจรสนทนาจะเชื่อมต่อกัน และจะให้บริการคู่สนทนาอีกครั้งเมื่อมีการวางสายโดยคู่สนทนาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง

เมื่อรับทราบโครงสร้างอย่างง่ายของชุมสายโทรศัพท์โดยทั่วไปแล้วสิ่งต่อไปที่ควรจะทราบก็คือขั้นตอนและวิธีการที่ชุมสายโทรศัพท์ใช้ในการให้บริการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้ใช้คู่สนทนา รวมถึงการให้บริการเมื่อสิ้นสุดการสนทนา

การสร้างวงจรสนทนา

หน้าที่หลักของชุมสายโทรศัพท์คือการให้บริการเชื่อมต่อวงจรระหว่างโทรศัพท์ 2 เครื่องที่ต้องการติดต่อสื่อสารกัน ซึ่งตำแหน่งที่อยู่ของโทรศัพท์ทั้งสองอาจอยู่ในบริเวณเดียวกันหรือห่างกันไปข้ามทวีปก็เป็นได้ สิ่งพื้นฐานซึ่งที่ควรจะทราบก็คือขั้นตอนในการทำงานของอุปกรณ์ส่วนประกอบภายในชุมสายโทรศัพท์ที่จะสร้างการเชื่อมต่อเพื่อทำให้ผู้ใช้บริการโทรศัพท์ทั้งสองฝ่ายสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ทั้งนี้สามารถจำแนกประเภทของการเรียกติดต่อได้เป็น 4 ประเภท คือ

1.การเรียกสนทนาระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในชุมสายโทรศัพท์เดียวกัน

2.การเรียกสนทนาออกไปยังชุมสายโทรศัพท์ข้างเคียง

3.การเรียกสนทนาที่มาจากชุมสายโทรศัพท์ข้างเคียง

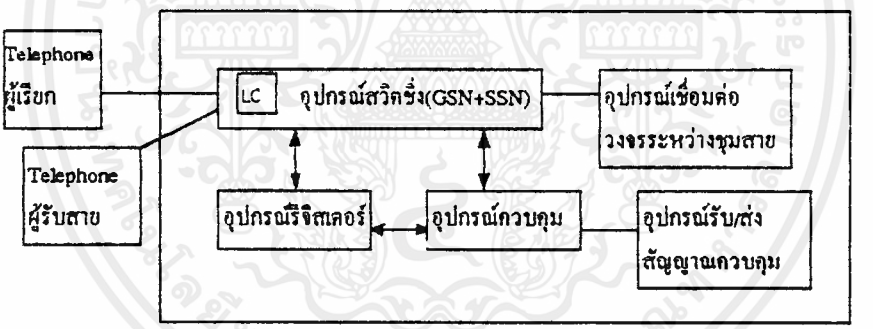
4.การเรียกสนทนาออกไปยังชุมสายโทรศัพท์อีกแห่งโดยอาศัยการต่อผ่านสายชุมสายอื่น

การเรียกสนทนาระหว่างเครื่องโทรศัพท์ 2 เครื่องที่มีหมายเลขอยู่ภายในชุมสายเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 22 เริ่มจากการที่อุปกรณ์เชื่อมต่อชุมสายโทรศัพท์ (Line Circuir หรือ LC) แต่ละอุปกรณ์ตรวจพบการยกหูของผู้ใช้บริการโทรศัพท์จากการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลครบลูปท้องถิ่นเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ วงจรซึ่งต่อผ่าน LC ที่เชื่อมต่อไปยังโทรศัพท์เครื่องดังกล่าวจะถูกต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุม โดยอุปกรณ์ควบคุมจะตรวจสอบว่าเลขหมายดังกล่าวเป็นเลขหมายอะไรและมีตำแหน่งการเชื่อมต่ออยู่ตรงจุดใดในอุปกรณ์ตัดต่อ SSN รวมถึงการวิเคราะห์ว่าเลขหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวสามารถใช้งานได้หรือไม่ จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์ต่อวงจรในชุมสายว่างพอที่จะให้บริการได้หรือไม่ จากนั้นจึงเลือกอุปกรณ์ต่อที่ว่างอยู่มาใช้งาน

ขั้นตอนต่อไป อุปกรณ์ควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าเครื่องโทรศัพท์ดังกล่าวเป็นชนิดกดปุ่มหรือแบบหมุนหน้าปัด ในกรณีที่เป็นแบบกดปุ่ม อุปกรณ์ควบคุมจะต้องเตรียมอุปกรณ์รับและแปรค่าความถี่ DTMF เพื่อตรวจรับค่าเลขหมายที่เกิดจากการกดปุ่มเครื่องโทรศัพท์ จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมจะเตรียมรีจิสเตอร์ที่ว่างไว้หนึ่งตัวเพื่อให้เก็บค่าเลขหมาย หลังจากขั้นตอนนี้จะทำการต่อวงจรของเครื่องโทรศัพท์ที่ทำการเรียกผ่านอุปกรณ์ LC ผ่านไปอุปกรณ์ SSN เข้าไปยังรีจิสเตอร์ที่ได้เลือกไว้ ซึ่งในกรณีที่โทรศัพท์เป็นแบบกดปุ่มก็จะมีการต่อผ่านอุปกรณ์แปรค่าความถี่ DTMFก่อนจะเข้าสู่รีจิสเตอร์ เมื่อถึงตอนนี้อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณแจ้งให้หมุนเลขหมาย (dial tone) ไปยังเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งในขั้นตอนนี้หากมีปัญหาใดๆ เกิดขึ้น เช่น อุปกรณ์ต่อผ่านไม่ว่าง เลขหมายปลายทางไม่ว่าง หรือเครื่องโทรศัพท์ดังกล่าวถูกป้องกันไม่ให้โทรออก อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณคู่สายไม่ว่างมาแทน



รูปที่ 22 การเรียกติดต่อระหว่างเลขหมายภายในชุมสายเดียวกัน

หลังจากได้รับสัญญาณแจ้งให้หมุนเลขหมายปลายทาง ผู้ใช้ต้นทางจะทำการหมุนเลขหมาย (หรือกดปุ่ม) เลขหมายดังกล่าวจะถูกส่งผ่านวงจรที่ได้สร้างไว้เข้าสู่อุปกรณ์ควบคุม เมื่ออุปกรณ์ควบคุมได้รับเลขหมายดังกล่าวแล้วก็จะทำการวิเคราะห์ว่าเลขหมายดังกล่าวเป็นเลขหมายในชุมสายเดียวกันหรือไม่ ในกรณีตัวอย่างนี้สมมติว่าเป็นเลขหมายในชุมสายเดียวกัน อุปกรณ์ควบคุมจะทำการวิเคราะห์เลขหมายปลายทางว่าได้รับอนุญาตให้ถูกเรียกได้หรือไม่ ในกรณีที่ยังมิได้มีการเรียกเข้า อุปกรณ์ควบคุมจะกำหนดสถานะของเลขหมายดังกล่าวให้อยู่ในสภาพไม่ว่าง จากนั้นจะตรวจสอบตำแหน่งของเลขหมายปลายทางว่าอยู่ตำแหน่งใดในอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SSN พร้อมทั้งจองตำแหน่งตัวต่อที่ว่างใน GSN ในกรณีที่เลขหมายปลายทางไม่ว่าง หรือตัวต่อไม่ว่าง อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณสายไม่ว่างกลับไปยังเลขหมายต้นทาง

เมื่อผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์และเตรียมการเชื่อมต่อสำหรับเลขหมายปลายทางแล้ว ขั้นตอนต่อไปอุปกรณ์ควบคุมจะทำการต่อวงจรสนทนาโดยใช้ตัวต่อในอุปกรณ์ SSN ผ่านอุปกรณ์ LC ไปยังเลขหมายต้นทาง และต่อผ่านอุปกรณ์ GSN ที่จองไว้ สำหรับด้านของเลขหมายปลายทาง อุปกรณ์ควบคุมจะเพียงแต่เตรียมเชื่อมต่อวงจรสนทนาโดยใช้ตัวต่อในอุปกรณ์ SSN ผ่านทางอุปกรณ์ LC ของเลขหมายปลายทาง สาเหตุที่ยังไม่เชื่อมต่อในช่วงนี้ เพราะจะได้เป็นการป้องกันไม่ให้สัญญาณกระดิ่งที่ชุมสายส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทางวิ่งย้อนกลับไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก และเพื่อป้องกันมิให้เริ่มคิดเงินกับผู้เรียก เนื่องจากปลายทางยังไม่ยกหู ขณะเดียวกันชุมสายโทรศัพท์จะเตรียมการคิดค่าบริการตามลักษณะการเรียกนั้นๆ เมื่อพร้อมแล้วจึงส่งสัญญาณกระดิ่ง(ringing signal) ไปยังเลขหมายปลายทาง พร้อมกับส่งสัญญาณกระดิ่งย้อนกลับ (ringback tone) กลับไปยังผู้เรียก ถ้าภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนดปลายทางยังไม่มีการยกหูอุปกรณ์ควบคุมจะยกเลิกการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมด พร้อมทั้งส่งสัญญาณคู่สายไม่ว่างกลับไปให้เลขหมายต้นทาง

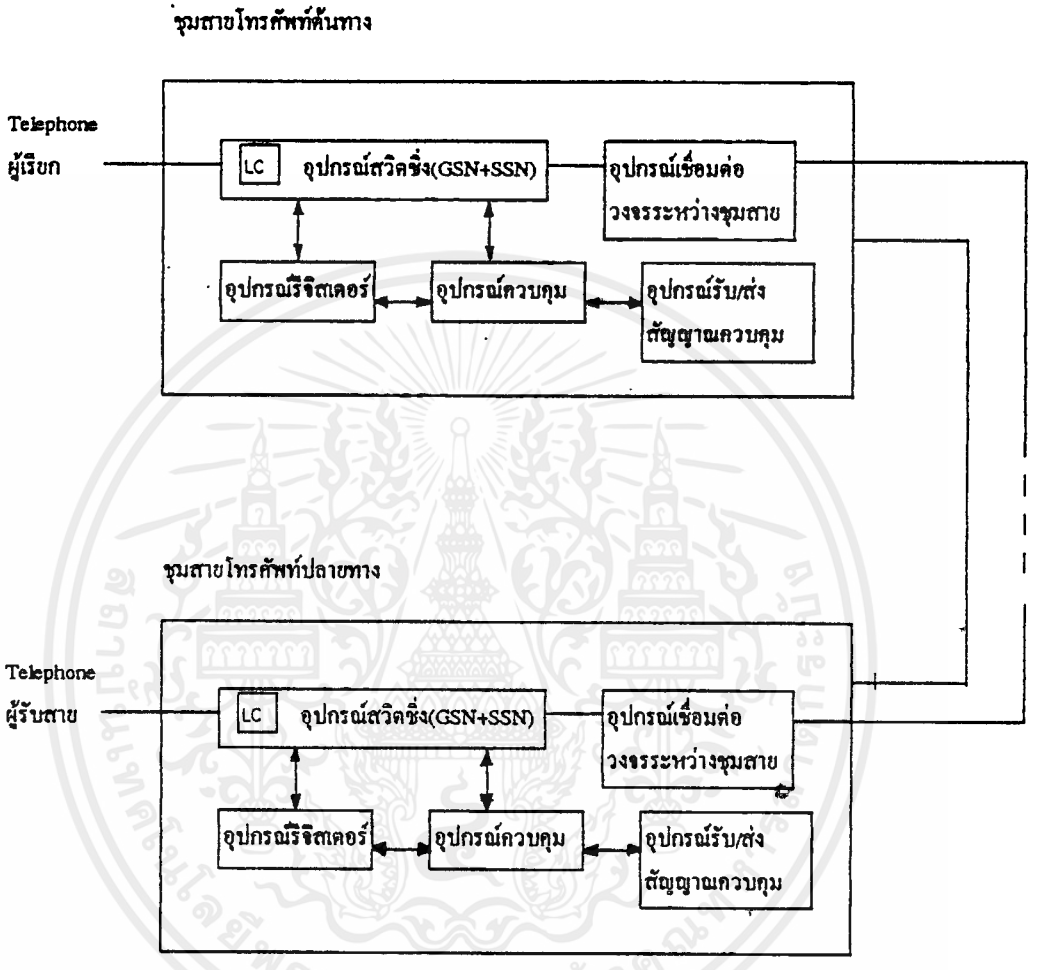
ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ปลายทางมีการยกหูตอบรับการเรียก อุปกรณ์ควบคุมจะทำการตัดสัญญาณกระดิ่งย้อนกลับและสัญญาณกระดิ่งออกพร้อมทั้งต่อวงจรการสนทนาระหว่างเลขหมายต้นทางและปลายทางให้ถึงกันและเริ่มการคิดเงินโดยคิดที่ฝ่ายผู้เรียกตลอดระยะเวลาการสนทนา อุปกรณ์ควบคุมจะคอยตรวจสอบการวางสายเลิกสนทนาของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการวางสายอาจเกิดจากผู้เรียกเป็นฝ่ายวางสายก่อนในกรณีนี้อุปกรณ์ควบคุมจะปลดอุปกรณ์เชื่อมต่อทั้งในอุปกรณ์ SSN และ GSN พร้อมกับส่งสัญญาณคู่สายไม่ว่างไปยังเลขหมายปลายทาง เพื่อแจ้งให้ทราบว่าผู้เรียกได้ทำการวางสายไปแล้ว ซึ่งหากผู้รับสายยังไม่วางภายในเวลา 45 วินาที อุปกรณ์ควบคุมก็จะตัดสัญญาณคู่สายไม่ว่างออก

ในกรณีที่ผู้รับสายเป็นผู้วางสายก่อน อุปกรณ์ควบคุมจะทำการรอเป็นเวลา 90 วินาที หลังจากนั้นจึงจะทำการปลดการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ออกพร้อมทั้งส่งสัญญาณไม่ว่างแจ้งให้ผู้เรียกทราบในช่วงระหว่าง 90 วินาทีนี้ผู้รับสายสามารถเปลี่ยนใจยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาสนทนากับผู้เรียกได้โดยไม่ต้องโทรหากันใหม่

สำหรับการโทรไปยังเลขหมายซึ่งอยู่ในชุมสายข้างเคียงดังแสดงในรูปที่23ก็จะมีกระบวนการคล้ายคลึงกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ยกเว้นในช่วงของการวิเคราะห์เลขหมายปลายทางซึ่งอุปกรณ์ควบคุมจะตรวจสอบว่าต้องใช้เส้นทางใดในการติดต่อเพื่อเรียกออก โดยรวมถึงการวิเคราะห์นอกจากเส้นทางหลักแล้วยังมีเส้นทางเลือกอื่นๆอีกหรือไม่จากนั้นจะตรวจสอบว่าต้องใช้ระบบสัญญาณชนิดใดในการติดต่อกับชุมสายข้างเคียงสำหรับการคิดเงินจะต้องเป็นไปตามอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์เชิงพาณิชย์ หรือการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กำหนดในการโทรข้ามชุมสายโทรศัพท์ โดยอุปกรณ์ควบคุมจะตรวจสอบจากฐานข้อมูลซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำหลักของระบบชุมสาย



รูปที่ 23 การเรียกติดต่อไปยังเลขหมายที่อยู่ในชุมสายข้างเคียง

หลังจากทราบว่าต้องใช้เส้นทางใดแล้วอุปกรณ์ควบคุมจะเลือกวงจรต่อออกที่ว่างไว้หนึ่งวงจรพร้อมกับตรวจสอบว่าวงจรดังกล่าวมีตำแหน่งเชื่อมต่ออยู่ที่ใดในอุปกรณ์ GSN จากนั้นจะทำการเลือกอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ MFC โดยต้องทราบตำแหน่งเชื่อมต่อในอุปกรณ์ GSN พร้อมทั้งเลือกตัวต่อที่ว่างในอุปกรณ์ GSN หลังจากนั้นจึงดำเนินการต่อเส้นทางสำหรับส่งสัญญาณระหว่างวงจรต่อออกกับอุปกรณ์รับส่งสัญญาณแล้วจึงส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายปลายทาง เมื่อผ่านขั้นตอนนี้อุปกรณ์ควบคุมของชุมสายต้นทางจะเตรียมการส่งข้อมูลที่จำเป็นไปยังชุมสายปลายทาง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวก็ได้แก่เลขหมายปลายทาง และชนิดของเลขหมายต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมทั้งรอรับข้อมูลจากชุมสายปลายทาง ซึ่งได้แก่สัญญาณที่ใช้ควบคุมการส่ง รวมถึงข้อมูลบอกสถานะของเลขหมายปลายทาง ในกรณีที่ได้รับทราบว่าเลขหมายปลายทางว่าง อุปกรณ์ก็จะทำการต่อวงจรสนทนาจากอุปกรณ์ LC ผ่านอุปกรณ์ SSN, GSN และวงจรต่อออกพร้อมทั้งเตรียมอุปกรณ์คิดเงินตามอัตราที่กำหนด ในช่วงระหว่างที่รอผู้รับปลายทางยกหูรับสาย ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางจะส่งสัญญาณเรียกผ่านชุมสายต้นทางไปยังเลขหมายผู้เรียกพร้อมกับส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเลขหมายปลายทางของผู้เรียก อุปกรณ์ควบคุมของชุมสายต้นทางจะทำการสังเกตุการยกหูของเลขหมายปลายทางอยู่ซึ่งจะได้รับสัญญาณตอบรับจากชุมสายปลายทางเมื่อมีการยกหูเมื่อถึงขั้นนี้อุปกรณ์ควบคุมจะทำการคิดเงินกับเลขหมายต้นทางตามอัตราค่าบริการที่ได้เตรียมไว้พร้อมๆไปกับคอยสังเกตุการวางสายของผู้เรียกเมื่อมีการยกเลิกสนทนาโดยอุปกรณ์ควบคุมชุมสายโทรศัพท์ต้นทางพบว่าผู้เรียกเป็นฝ่ายวางสาย หรือได้รับสัญญาณเลิกสนทนาจากชุมสายจากชุมสายโทรศัพท์ปลายทางก็จะทำการปลดอุปกรณ์เชื่อมต่อในอุปกรณ์SSN และ GSN ออกสำหรับการเรียกเข้าจากชุมสายโทรศัพท์ข้างเคียง รวมถึงการเรียกไปยังชุมสายโทรศัพท์ข้างเคียงแต่ต้องผ่านชุมสายอื่นก่อน ล้วนแล้วแต่มีขั้นตอนกระบวนการทำงานคล้ายคลึงกัน

การคิดเงินของชุมสายโทรศัพท์

เป็นที่ทราบกันดีว่าในการใช้งานโทรศัพท์แต่ละครั้ง ชุมสายโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของการใช้งานแต่ละครั้ง โดยการคิดเงินสามารถเป็นได้ทั้งการคิดเงินที่ผู้เรียก การคิดเงินที่ผู้ถูกเรียก หรือไม่คิดเงิน นอกจากนี้อัตราการคิดเงินในแต่ละกรณียังมีค่าไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการโทรศัพท์แต่ละครั้ง ซึ่งประกอบด้วย

-ช่วงเวลาที่โทร การโทรศัพท์ทางไกลในตอนกลางคืนจะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกว่าตอนกลางวัน

-ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการโทร สำหรับการโทรทางไกลจะคิดค่าบริการตามจำนวนเวลาที่โทร

-ตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องโทรศัพท์ต้นทางและปลายทาง หากเป็นการโทรภายในพื้นที่เดียวกัน การคิดค่าบริการอาจต่างกับการโทรทางไกลหรือโทรข้ามประเทศ

-ประเภทของเครื่องโทรศัพท์ที่ใช้ในการโทร การโทรจากตู้โทรศัพท์สาธารณะกับโทรโดยใช้โทรศัพท์บ้าน อัตราการคิดค่าบริการย่อมแต่กต่างกัน

-ประเภทของเครื่องโทรศัพท์ที่เป็นเลขหมายปลายทาง เช่น โทรไปเลขหมายบ้าน หรือโทรไปยังเลขหมายที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ ค่าบริการย่อมต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากจำแนกประเภทของการคิดเงินค่าบริการสำหรับระบบโทรศัพท์ ซึ่งมิใช่ค่าติดตั้ง บำรุงรักษาแล้วจะพบว่าสามารถคิดได้ 4 วิธีดังนี้

1. การคิดค่าบริการแบบเหมาจ่าย (Flat rate) เป็นวิธีที่ผู้ใช้โทรศัพท์จ่ายเงินคงที่จำนวนหนึ่งในช่วงเวลาของการเช่าใช้ ทั้งนี้ไม่มีการจำกัดจำนวนครั้งของการโทร ส่วนมากมักจะใช้กับการโทรติดต่อภายในพื้นที่เดียวกัน
2. การคิดค่าบริการเท่ากับจำนวนครั้งของการโทรออก (Unit fee charging) คิดค่าบริการต่อการโทรแต่ละครั้งโดยไม่กำหนดเวลาในการโทร มักใช้กับการโทรภายในพื้นที่เดียวกัน
3. คิดค่าบริการตามระยะทาง (Multi-unit charging) เป็นการคิดค่าบริการโดยค่าบริการแต่ละครั้งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก ส่วนมากมักจะเป็นการคิดค่าบริการสำหรับการโทรทางไกล
4. คิดค่าบริการตามเวลา (Time charging) เป็นการคิดค่าบริการตามเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของวงจร

INTERPHONE ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.ภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร (power suply)

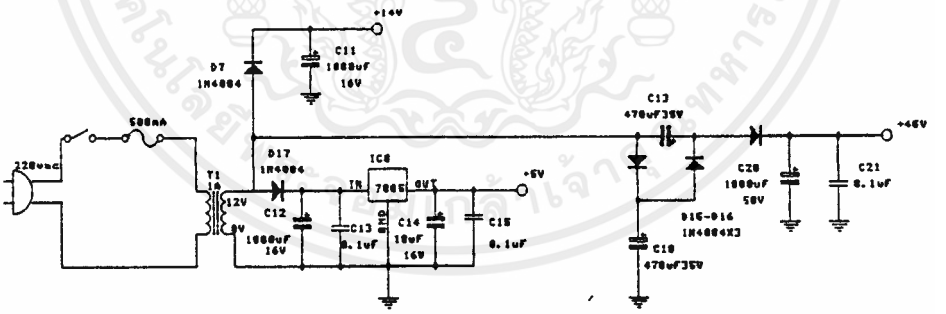
2.ภาคเบสสเตชั่น (base station)

3.ภาครีโมทสเตชั่น (remote station)

4.ส่วนตอบรับโทรศัพท์ (telephone answer)

ภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจร

ภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจรนี้ใช้หม้อแปลงขนาด 12 โวลท์เอซี ป้อนให้กับภาคเร็คติไฟร์แบบครึ่งคลื่น D7 และ D17 และทำการกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ C11,C12 และ C13 วงจรเรคติไฟร์ทั้งสองชุดนี้สามารถวัดเป็นไฟตรงได้ประมาณ 18 โวลท์ แต่สำหรับแรงดันที่ผ่าน D17 มาแล้ว ยังถูกต่อกับ IC8 เบอร์ 7805 ด้วยซึ่งเป็นไอซีเร็กกูเลเตอร์คงระดับแรงดันไว้ที่ 5 โวลท์ตลอดเวลา แรงดัน +5 โวลท์นี้ถูกนำไปต่อให้กับไอซีซีมอสทุกตัวในวงจร ส่วนแรงดัน 18 โวลท์จาก D7 ถูกนำไปป้อนให้กับรีเลย์ทั้งสองตัว



รูปที่ 1 วงจรไฟเลี้ยง

ไดโอด D14,D15 และ D16ต่อวงจรร่วมกับ C18,C19 และ C20 เป็นวงจรทวีคูณแรงดัน 3 เท่า (voltage tripler) วงจรในส่วนนี้จะผลิตแรงดันไฟตรงได้ประมาณ 45 โวลท์ และป้อนให้กับโทรศัพท์ภายในระบบทุกเครื่อง ด้วยเหตุนี้โทรศัพท์ภายในทุกเครื่องจึงใช้แรงดันไฟจากหม้อแปลง T1 ทั้งสิ้น โดยไม่ได้อาศัยแรงดันจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอกแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเบสสเตชั่น ประกอบไปด้วยภาคย่อย ดังนี้

-ภาคตรวจจับสัญญาณกริ่ง

-ภาคควบคุมการตัดต่อโทรศัพท์ภายนอกและภายใน

-ภาคโฮลสายโทรศัพท์

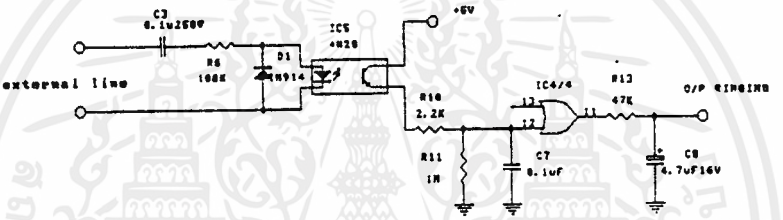
-ภาคแสดงสถานะของเครื่องขณะทำงาน

-LED แสดงสถานะ on/off

-LED แสดงสถานะการใช้คู่สาย

-LED แสดงสถานะการโฮลสาย

-ภาคตรวจจับสัญญาณกริ่ง

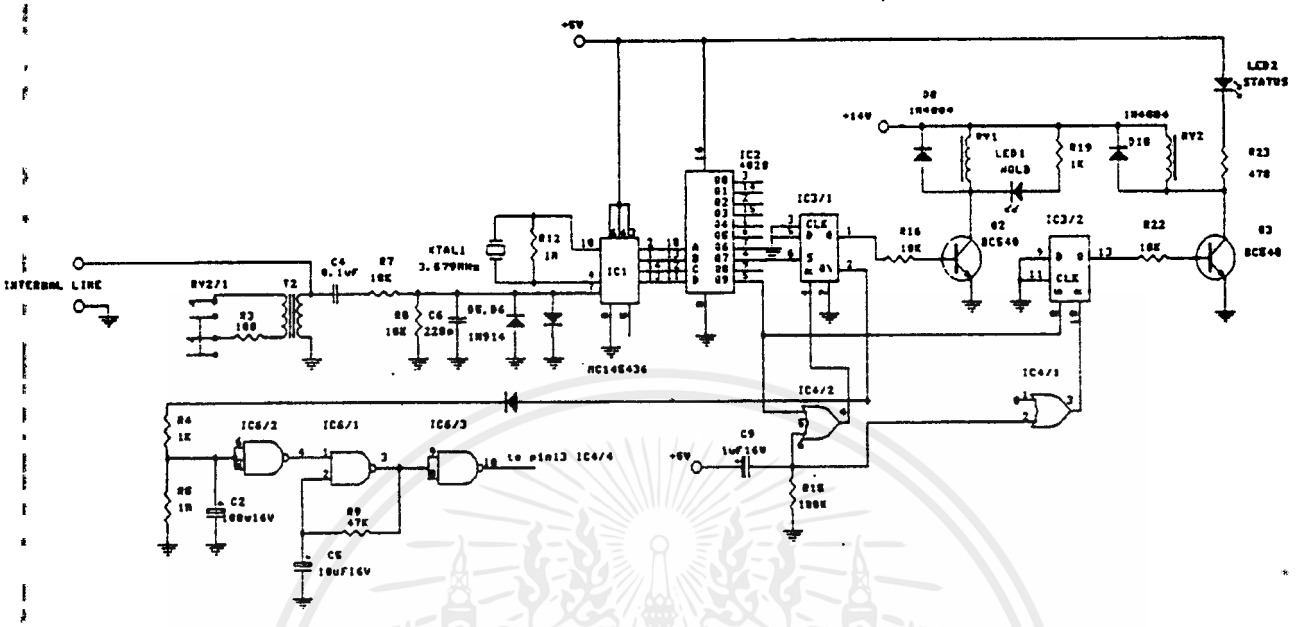


รูปที่ 2 วงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

จากรูปที่ 2 ตรงบริเวณซ้ายมือของวงจร สังเกตเห็นว่ามีจุดต่อของคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งต่อมาจากเครือข่ายโทรศัพท์ภายนอกถูกต่อให้กับวงจรบริดจ์เรคติไฟร์และ IC5 IC5 ทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณกริ่งโดยอาศัยการส่งผ่านทางแสงเพื่อแยกแรงดันไฟสูง 90 โวลท์เอซีจากคู่สายโทรศัพท์ออกจากแรงดันไฟต่ำ 5 โวลท์ดีซีในส่วนของเอ้าท์พุท เพื่อป้อนให้กับโทรศัพท์ภายในทุกเครื่องผลิตสัญญาณกริ่งออกมา การทำงานเมื่อแรงดัน 90 โวลท์เอซีปรากฏที่คู่สาย แรงดันในส่วนนี้จะทำให้ LED ภายใน IC5 ทำงานโดยผ่านทาง C3 และ R6 ไดโอด D11 ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ LED ภายใน IC5 เสียหายอันเนื่องมาจากได้รับแรงดันไบอัสกลับของแรงดัน 90 โวลท์เอซีจากคู่สายภายนอก ดังนั้น LED จึงทำงานติดบ้างดับบ้างตามความถี่ของสัญญาณไฟสลับที่ได้รับเข้ามา เมื่อ LED ภายใน IC5 ทำงานและหยุดทำงานสลับกันไป จึงทำให้เอ้าท์พุทที่ขา 4 ของ IC5 ปรากฏเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (square wave) ซึ่งมีสัญญาณความถี่เท่ากับสัญญาณไฟสลับทางด้านอินพุท หลังจากนั้น R10, R11 และ C7 ทำการกรองสัญญาณให้เป็นแรงดันไฟตรงป้อนให้กับขา 13 ของ IC4/4 ซึ่งเป็นชิพออร์เกทจึงทำให้ที่เอ้าท์พุทของ IC4/4 ขา 11มีสัญญาณออกด้วย ซึ่งสัญญาณตัวนี้จะถูกส่งไปยังทุกๆสถานีโทรศัพท์ภายในเพื่อกระตุ้นให้สัญญาณกริ่งทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ภาคควบคุมการตัดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายนอกและภายใน



รูปที่ 3 วงจรภาคควบคุมการตัดต่อคู่สายภายนอกและภายใน

เมื่อไรก็ตามที่สถานีโทรศัพท์ภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่งกดปุ่มบนหน้าปัทม์ สัญญาณ DTMF จะปรากฏที่คู่สายภายใน (internal line) สัญญาณนี้จะถูกตัดแอมปลิจูดให้เหลือเพียง +/- 0.6 โวลท์ โดยไดโอด D5 และ D6 และป้อนเข้าขา 7 ของ IC1 เบอร์ MC145436 ซึ่งเป็นชิพที่ทำหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF ออกเป็นรหัส BCD ทางเอ้าท์พุท และรหัส BCD ที่ได้นี้ถูกป้อนให้กับ IC2 เบอร์ MC4028 ทำหน้าที่ในการถอดรหัส BCD ออกเป็น 10 เอ้าท์พุท (BCD to DECIMAL decoder) อีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำสัญญาณดังกล่าวไปควบคุมรีเลย์ในการตัดต่อสายภายนอกและภายใน การต่อวงจรเอ้าท์พุทของ IC1 ไปยังอินพุทของ IC2 เพื่อถอดรหัสนั้นถ้าสังเกตุให้ดี การต่อจะไม่เรียงตามรหัสปกติ ซึ่งปกติการทำงานของ IC2 สามารถถอดรหัสจาก BCD เป็นฐานสิบได้ตั้งแต่ 0-9 เท่านั้น แต่สิ่งที่ต้องการในขณะนี้ก็คือให้ IC2 สามารถถอดรหัสของปุ่ม # และ * บนหน้าปัทม์ของเครื่องโทรศัพท์ได้ เพื่อนำไปควบคุมการตัดต่อของ RY1 และ RY2 โดย RY1 จะทำงานเมื่อมีการกดปุ่ม * (hold) และ RY2 ทำงานเมื่อกดปุ่ม # (รับสาย) ซึ่งตามมาตรฐานปุ่ม # นี้เมื่อถอดรหัส DTMF เป็น BCD แล้วได้เท่ากับ 1100 (ฐานสิบคือ 12) จึงเกินความสามารถที่ IC2 จะถอดรหัสได้ และปุ่ม * เมื่อถอดรหัสแล้วได้เป็น 1011 (ฐานสิบคือ 11) ซึ่งก็เกินความสามารถของ IC2 เช่นเดียวกัน ดังนั้นการเชื่อมต่อระหว่าง IC1 และ IC2 จึงจำเป็นต้องย้ายสายจากการต่อเพื่อถอดรัสตามปกติมา 1 สาย ซึ่งเป็นตำแหน่ง MSB มาไว้ที่อินพุท A แทน (ขา 13 ของ IC1 ย้ายมาต่อกับขา 10 ของ IC2) ทั้งนี้เพื่อให้ IC2 สามารถถอดรหัสของปุ่ม # และ * ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการสลับสายทำให้ได้การถอดรหัสใหม่คือ เมื่อมีการกดปุ่ม # บนเครื่องโทรศัพท์ IC2 จะทำการถอดรหัสออกเป็นแรงดันระดับลอจิก "1" ที่ขา 5 ซึ่งเป็นเอ้าท์พุท Q9 และเมื่อกดปุ่ม * IC2 ทำการถอดรหัสได้ระดับลอจิก "1" ออกขา 4 ซึ่งเป็นเอ้าท์พุท Q7 จากวงจรที่เอ้าท์พุท Q9 ถูกต่อกับ IC3/2 ไว้ด้วย ดังนั้นเมื่อกดปุ่ม # IC2 ถอดรหัสออกเอ้าท์พุท Q9 แรงดันส่วนนี้จะไปเซตฟลิปฟลอบให้ทำงาน เอ้าท์พุท Q ของ IC3/2 เป็นระดับลอจิก "1" จึงทำให้ Q3 ทำงาน และทำให้ RY2 ทำงานต่อคู่สายโทรศัพท์ภายนอกเข้ากับขั้วปฐมภูมิของหม้อแปลงไอโซเลเตอร์ T2 ทันที ดังนั้นคู่สายโทรศัพท์ภายนอกจะถูกต่อกับคู่สายภายในก็ต่อเมื่อมีเครื่องใดเครื่องหนึ่งยกหูโทรศัพท์ขึ้น และกดปุ่ม # บนหน้าปัทม์ ซึ่งโทรศัพท์ภานในเครื่องดังกล่าวจะปรากฏสัญญาณให้หมุน (dial tone) ให้ได้ยิน และพร้อมรับหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้ทันที

จะเห็นว่าหัวใจของภาคควบคุมการตัดต่อคู่สายภายนอกและภายในก็คือไอซีเบอร์ MC145436 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสความถี่คู่ของระบบโทรศัพท์ให้เป็นตัวเลขทางดิจิตอลขนาด 4 บิต จึงจะขอกล่าวถึงสักเล็กน้อย

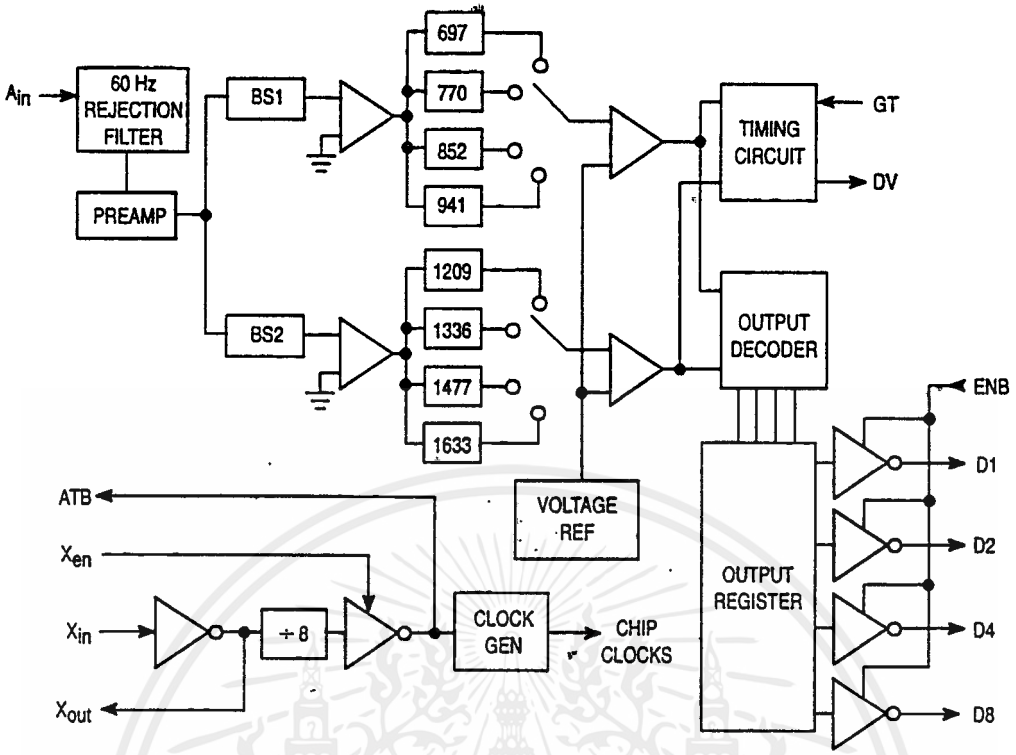
โครงสร้างของ MC145436

โครงสร้างของ MC145436 เป็นอุปกรณ์ซิลิกอนเกทซีมอส แอลเอสไอ ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสความถี่ของมาตรฐาน DTMF ให้สัญญาณเอ้าท์พุทเป็นสัญญาณดิจิตอล ในการควบคุมฐานเวลาและเอ้าท์พุทของวงจรจะใช้เทคโนโลยีของสวิตซ์คาร์ปาซิเตอร์

บล้อกไดอะแกรมของ MC145436 ดังแสดงในรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมของ MC145436

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นว่าประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญคือ

-ภาคกรองความถี่ จะทำหน้าที่แยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่แบบสวิตช์คาร์ปาซิเตอร์

-ภาคถอดรหัส ความถี่ DTMF ที่กรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากค่าความถี่ต่างๆนั้นแสดงดังตารางที่ 2.1

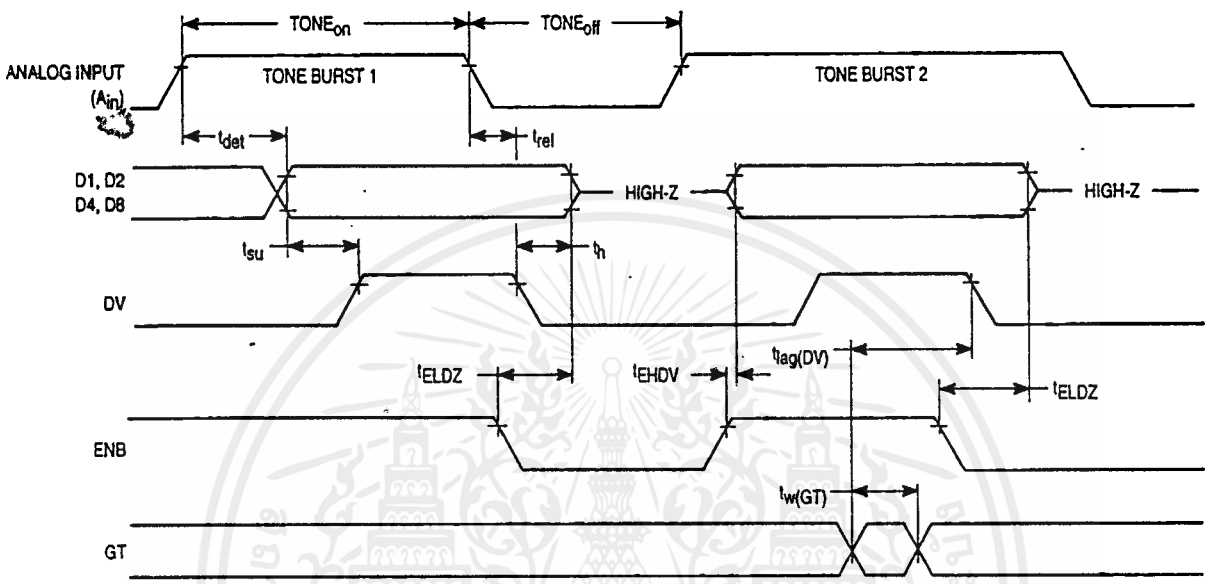
f (low)	f (high)	No.	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1336	7	0	1	1	1
852	1209	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

ตารางที่ 1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากค่าความถี่ต่างๆ

-ภาคตรวจสอบสัญญาณ ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอ้าท์พุทจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง รายละเอียดดูได้จาก timing diagram



รูปที่ 5 แสดง timing diagram ของ MC145436

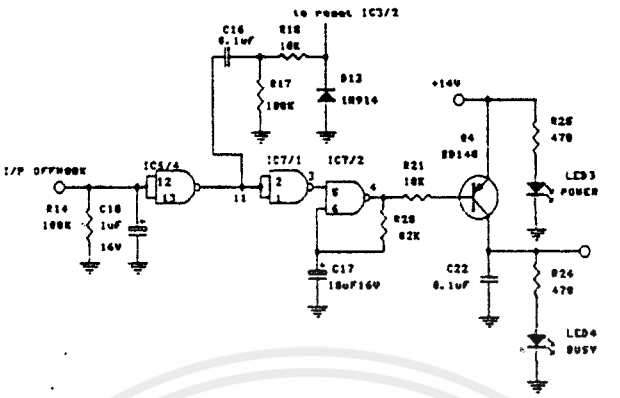
-ภาคกำเนิดความถี่ ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอล ขนาด 3.58 Mhz ก็สามารถใช้งานได้ทันที

การนำ MC145436 ไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น

- นำไปใช้งานด้านรีโมตคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย (PABX)
- ใช้ในงานด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

และอื่นๆอีกแล้วแต่ประยุกต์ใช้งาน สำหรับรายละเอียดทางพารามิเตอร์ที่สำคัญสามารถดูได้จากภาคผนวกท้ายเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงวงจรปลดคู่สาย

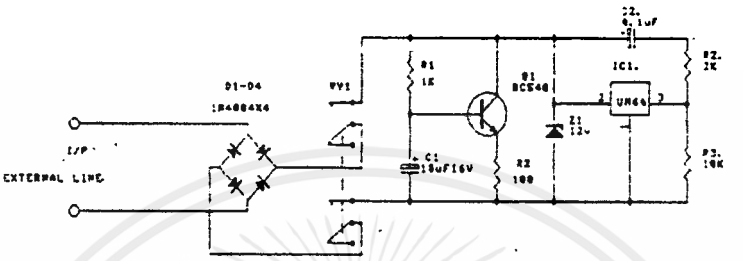
ทุกครั้งที่มีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นจากฮุกสวิตช์ สัญญาณ off hook จะมีสถานะเป็น "1" ทันที แรงดันส่วนนี้ถูกป้อนให้กับขา 12.13 ของ IC6/4 ที่เป็นวงจรแนนด์เกทซึ่งจัดวงจรให้ทำเป็นอินเวอร์ติ้งเกท ดังนั้นเอ้าท์พุทที่ขา 11 จึงได้ลอจก "0" ผลจากการเปลี่ยนแปลงนี้ยังไม่ก่อให้เกิดผลใดๆกับวงจรจนกระทั่งเมื่อวางหูโทรศัพท์ลงบนฮุกสวิตช์อีกครั้งหนึ่ง สายสัญญาณ off hook กลับสู่สภาพ "0" อีกครั้งทำให้เอ้าท์พุทของ IC6/4 เป็น "1" ด้วย ซึ่งมีการหน่วงเวลาประมาณ 1 วินาทีก่อนเปลี่ยนสถานะโดย R14 และ C10 ผลจากการเปลี่ยนสถานะในครั้งนี้ทำให้เกิดพัลซ์บวกสั้นๆขึ้น 1 พัลซ์ และพัลซ์ตัวนี้เองที่ถูกส่งไปรีเซตฟลิปฟลอป IC3/2 ให้หยุดทำงาน Q3 จะกลับสู่สภาพหยุดทำงานอีกครั้ง RY2 หยุดทำงานและปลดจุดต่อระหว่างคู่สายจากระบบโทรศัพท์ภายนอกออกจากคู่สายภายใน

ภาคโฮลสายโทรศัพท์

เครื่องอินเตอร์โฟนสามารถพักสายจากผู้เรียกภายนอกและทำการโอนย้ายสายภายในเพื่อตามตัวผู้รับสายได้อย่างมีประสิทธิภาพมีหลักการทำงานคือ เมื่อมีผู้เรียกจากภายนอกโทรเข้ามาและมีสถานีใดสถานีหนึ่งรับสายแล้วปรากฏว่าไม่ใช่ผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยผู้รับสามารถโอนย้ายสายได้โดยกดปุ่ม * บนหน้าปัทม์ของเครื่อง สัญญาณ DTMF ของปุ่ม * จะปรากฏที่คู่สายภายในทันทีและถูกถอดรหัสโดย IC1 และ IC2 ผลที่ได้ตามมาคือที่ขา 4 ของ IC2 แสดงสถานะ "1" ซึ่งแรงดันตัวนี้ถูกส่งไปเซตให้ฟลิปฟลอป IC3/1 เปลี่ยนสถานะเอ้าท์พุท Q เป็น "1" และทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงาน รวมถึง RY1 ก็ทำงานด้วย โดยทำการต่อหน้าสัมผัสจากคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกกับ Q1 และอุปกรณ์ต่อร่วมเข้าหากัน จึงทำให้คู่สายภายนอกและภายในถูกแยกออกจากกัน ทรานซิสเตอร์ Q1 ถูกไบอัสโดยกระแสจากคู่สายภายนอก และถูกต่อร่วมกับIC#um-66 ซึ่งเป็น IC กำเนิดเสียงเพลงขณะทำการโฮลสาย และคงสถานะเสมือนอยู่ในสภาวะยุกสวิตช์ยังปิดอยู่ คือสายยังไม่หลุด



รูปที่ 7 แสดงวงจรส่วนของการโฮลสาย

ในขณะนี้เครื่องอินเตอร์โฟนเข้าสู่โหมดอินเตอร์คอม สามารถที่จะเรียกหรือโอนย้ายได้ตามสะดวก โดยกดปุ่มหมายเลขสถานีที่ต้องการติดต่อด้วย เมื่อกดสถานีที่ต้องการแล้ว บัซเซอร์ที่สถานีเป้าหมายจะดังทันที เมื่อผู้รับของสถานีเป้าหมายยกหูขึ้น ก็จะสามารถพูดคุยกันได้ และเมื่อสถานีเป้าหมายกดปุ่ม # IC1 และ IC2 รับสัญญาณมาถอดรหัสอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ IC3/2 ถูกเซต และ IC3/1 ถูกรีเซตไปในขณะเดียวกัน เป็นอันสิ้นสุดการพักสายจากภายนอกและโอนย้ายเสร็จสมบูรณ์ ผู้รับจากสถานีใหม่สามารถพูดคุยกับสายภายนอกได้ทันที

การทำงานของวงจรดังกล่าวมีลักษณะเป็นขั้นตอนดังนี้ เมื่อผู้เรียกจากภายนอกถูกพักสายโดยการกดปุ่ม * แล้วขา 2 ของฟลิปฟลอป IC3/1 มีค่าเป็น “0” ไดโอด D9 ได้รับไบอัสตรง ซึ่งจะทำให้ออร์เกต IC4/1 แสดงเอาต์พุต เป็น “1”โดยถูกต่อเข้ากับฟลิปลอป IC3/2ที่ขารีเซตด้วย จึงทำให้ IC3/2 ถูกรีเซตและเข้าสู่อินเตอร์คอมโหมด

ในขณะอยู่ในภาวะพักสาย ขา 2 ของ IC3/1 เป็น “0” ไดโอด D12 ถูกไบแอสกลับทำให้ C2 คายประจุโดยใช้เวลาประมาณ 1 นาที 30 วินาที หลังจากนั้นจะทำให้ขา 4 ของ IC6/2 เป็น “1” และแรงดันตัวนี้จะไปกระตุ้นให้ IC6/1 ทำงาน โดยในส่วนนี้ได้จัดวงจรเป็นชมิตต์ทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ 1 เฮิรตซ์ขึ้นมา และถูกป้อนให้กับ IC6/3 และ IC4/4 เพื่อส่งสัญญาณให้กับบัซเซอร์ของทุกสถานีดังเป็นจังหวะทุก 1 วินาที โดยในขณะนี้เครื่องแสดงว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพักสายอยู่ให้เห็นด้วยคือ LED1 ติดสว่างและเมื่อมีสถานีใดสถานีหนึ่งกดปุ่ม # เครื่องจึงจะทำการต่อผู้เรียกจากภายนอกกับสถานีนั้นทันที

นั่นหมายความว่ามีเวลาที่จะโอนย้ายสายให้กับสถานีเป้าหมายต่อไปเป็นเวลาประมาณ 1 นาที 30วินาที ซึ่งการโอนย้ายสายในขณะนี้จะทำให้บัซเซอร์เฉพาะสถานีนั้นทำงานแต่เพียงสถานีเดียวแต่ถ้าทำการพักสายไว้เกิน 1 นาที 30 วินาที บัซเซอร์ของทุกสถานีจะทำงานเองโดยอัตโนมัติ

สำหรับ IC4/1,IC4/2 และ D9 นอกจากทำการควบคุมการรีเซตของฟลิปฟลอป IC3/1 และ IC3/2 แล้ว ยังมีอีกหน้าที่หนึ่งคือคอยรีเซตฟลิปฟลอปทั้ง 2 ตัวดังกล่าวในขณะเปิดเครื่องครั้งแรกด้วยเพื่อให้เครื่องพร้อมที่จะให้งานได้ทันที และป้องกันไม่ให้บัซเซอร์ของทุกสถานีทำงานเองในขณะเปิดเครื่องครั้งแรกด้วย

ภาครีโมตสเตชั่น

ในการติดตั้งสถานีโทรศัพท์ภายใน 1 เครื่อง จำเป็นต้องมีส่วนรีโมตสเตชั่นประกอบด้วย 1 ชุด ซึ่งในเครื่องอินเตอร์โฟนนี้สามารถติดตั้งได้เต็มที่ 10 เครื่อง เหตุที่สามารถขยายได้สูงสุด 10เครื่องนั้นก็เพราะว่าขีดความสามารถของไอซีเบอร์ MC4028 สามารถถอดรหัสได้เพียง 0-9 เท่านั้น โดยใน 1 รหัสสามารถระบุให้กับสถานีใดได้ 1 ตำแหน่ง จึงทำให้ติดตั้งได้สูงสุด 10 สถานี ซึ่งในเครื่องต้นแบบได้ติดตั้งไว้ 3 สถานีด้วยกัน ถ้าต้องการติดตั้งเพิ่มเติมก็สามารถทำได้โดยแบ่งเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ละ 3 สถานี เพิ่มเติมขึ้นอีกตามต้องการ

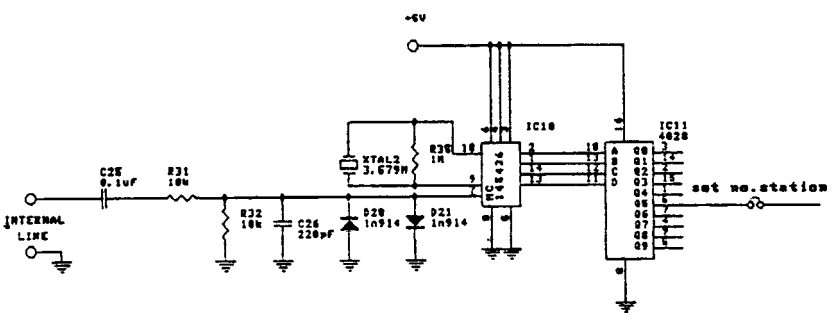
ภาครีโมทสเตชั่น ประกอบไปด้วยภาคย่อยต่างๆ คือ

-ภาคถอดรหัส DTMF

-ภาคควบคุมการส่งสัญญาณกริ่ง (บัซเซอร์)

-ภาคควบคุมการส่งสัญญาณกับภาคเบสสเตชั่น

ภาคถอดรหัส DTMF



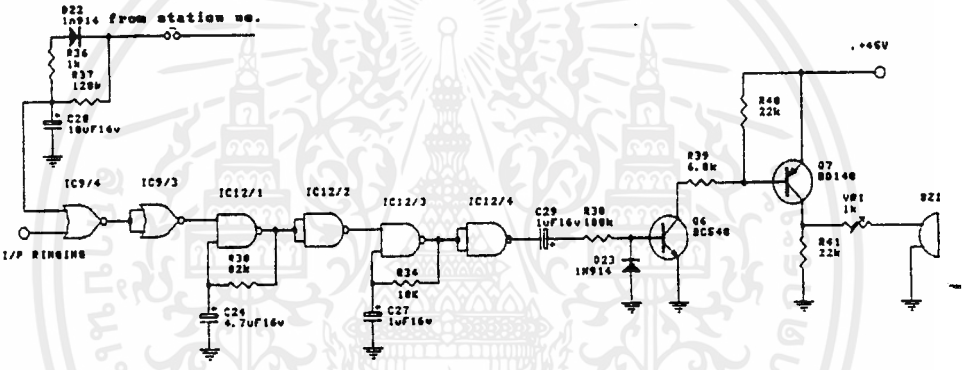
รูปที่ 8 วงจรถอดรหัสของภาครีโมตสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC10 และ IC11 ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ DTMF จากคู่สายภายในเพื่อระบุหมายเลขประจำสถานี ซึ่งในชุดนี้ต่อวงจรให้มีการถอดรหัสตามปกติไม่เหมือนกับภาคเบสสเตชั่น โดย IC11 สามารถถอดรหัสได้ 10 เอาต์พุต จึงสามารถกำหนดเลขหมายให้กับรีโมตสเตชั่นได้ 10 ตำแหน่งเท่านั้น และรหัสดังกล่าวผู้ใช้สามารถตั้งค่าได้เอง โดยการจั๊มสายเข้ากับเอาต์พุตของ IC11

ตัวอย่างเช่น ถ้าเซตหมายเลขไว้ที่ Q5 หรือขา 6 ของ IC11 เมื่อมีการเรียกจากสเตชั่นอื่น ๆขา 6 ของ IC11ทุกสเตชั่นจะเป็น "1" แต่อย่างไรก็ตาม จะมีเพียงสเตชั่นเดียวที่เซตไว้ทำงานเท่านั้น

ภาคควบคุมการส่งสัญญาณกริ่ง



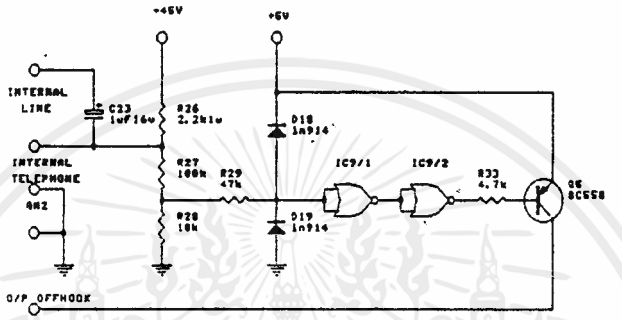
รูปที่ 9 วงจรส่วนส่งสัญญาณกริ่ง

เมื่อชุดรีโมตสเตชั่นรับรหัสสัญญาณและถอดรหัสตรงตามที่กำหนดไว้ C28 จะเริ่มทำการชาร์จประจุโดยผ่านทาง R37 ซึ่งในขณะนี้ D22 ถูกไบอัสกลับจึงไม่ทำงาน หลังจากนั้นอีกประมาณ 1 วินาทีขา 13 ของ IC9/4 จะเป็น "1"ทำให้ขา 10 ของ IC9/3 เป็น "1" ด้วยซึ่งสัญญาณนี้ถูกนำไปอินาเบิ้ลวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์ IC12/1 ให้ทำงานเอาต์พุตที่ได้นำไปอินาเบิลออสซิลเลเตอร์ IC12/3 อีกครั้งหนึ่งโดยผ่านทาง IC12/2 (เหตุผลที่ต้องหน่วงเวลา 1 วินาทีคือ ถ้าไม่หน่วงเวลาในส่วนนี้เมื่อกดปุ่มหมายเลขบนหน้าปัทม์ สมมติหมายเลข 5 ชุดรีโมทสเตชั่น หมายเลข 5 ทำการถอดรหัส และลำโพงเปียซโซดังทันที ฉะนั้นเมื่อกดปุ่มเลขใดก็แล้วแต่ ตั้งแต่ 0-9 ทุกหมายเลขจะทำให้ลำโพงเปียซโซดังสลับกันไปทุกสเตชั่น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากไม่มีการหน่วงเวลา ดังนั้นวงจรหน่วงเวลา จึงมีความสำคัญไม่น้อย) ส่วนเอาต์พุตของ IC12/3 จะมีลักษณะเป็นพัลซ์ และถูกป้อนให้กับบัปเฟอร์ IC12/4 ไปควบคุมให้กับชุดขับเปียซโซทำงานและหยุดทำงานเป็นจังหวะ ๆ โดยเปียซโซนี้จะดังเฉพาะชุดรีโมทสเตชั่นที่ถอดรหัสได้ตรงกับที่เซตไว้เท่านั้น สำหรับ R38 และ D33ทำหน้าที่ลดแรงดันที่ป้อนให้กับขาเบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Q6 ให้เหลือประมาณ 0.6 โวลท์ โดยปกติเรามักคุ้นเคยกับสัญญาณกริ่งโทรศัพท์มาตรฐานที่เราได้ยินกันอยู่ทุกวัน แต่สำหรับเครื่องอินเตอร์โฟนนี้จำเป็นต้องใช้เปียซโซ เพราะว่าการที่จะสร้างสัญญาณกริ่งมาตรฐานนั้นต้องใช้ไฟสลับระดับสูงและวงจรกำเนิดสัญญาณ ซึ่งในเครื่องนี้ไม่สามารถทำได้จึงออกแบบให้ Q7 ได้รับแรงดัน 45 โวลต์ดีซีมาขับเปียซโซจะเหมาะสมกว่า

ภาคควบคุมการส่งสัญญาณกับภาคเบสสเตชั่น

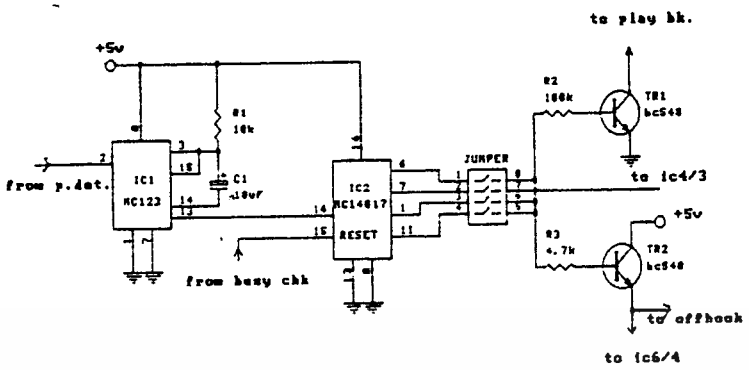


รูปที่ 10 วงจรส่งสัญญาณไปภาคเบสสเตชั่น

IC9/1 และ IC9/2 ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเมื่อฮุกสวิตซ์ปิด หรือยกหูโทรศัพท์ขึ้นในขณะที่ฮุกสวิตซ์ยังเปิดอยู่แรงดันที่ขา 1 และ 2 ของ IC9/1 มีแรงดันตกคร่อมประมาณ +5.6 โวลต์ แต่เมื่อฮุกสวิตซ์ปิดแรงดันที่ตกคร่อม R28 จะมีแรงดันลดลงอีก ซึ่งทำให้ขา 3 ของ IC9/1 เป็น “1” และทำให้ขา 4 ของ IC9/2 เป็น “0” จึงทำให้ Q5 ทำงาน เมื่อ Q5 ทำงาน สาย off hook จะมีสัญญาณเป็น 1 ทันที และสัญญาณส่วนนี้จะถูกป้อนกลับไปยังภาคเบสสเตชั่นอีกครั้งหนึ่งเพื่อควบคุมภาคตัดต่อคู่สายและควบคุมให้LED แสดงเมื่อมีการใช้คู่สายติดสว่างทุกสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

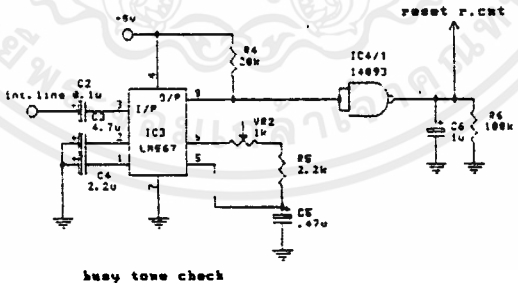
ภาคตรวจนับสัญญาณกริ่ง



รูปที่ 11 วงจรตรวจนับสัญญาณกริ่ง

เมื่อมีสัญญาณเรียกปรากฏที่คู่สาย จะผ่านวงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งและเอ้าท์พุทซึ่งเป็นสัญญาณพัลซ์ส่วนหนึ่งจะถูกต่อร่วมกับวงจรตรวจนับสัญญาณกริ่งซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74 MC123 และMC14017 เพื่อทำการนับสัญญาณพัลซ์ในกรณีที่ไม่มีผู้ใดรับสายโทรศัพท์ วงจรนี้ได้ออกแบบการนับพัลซ์ประมาณ 5 ลูก โดยใช้เวลาประมาณ 3 นาที เมื่อนับพัลซ์ครบหรือได้เวลาตามที่ออกแบบไว้แล้วยังไม่มีผู้ใดรับสายก็จะส่งสัญญาณเอ้าท์พุทไปยังส่วนเล่นกลับต่อไป

ภาคตรวจสอบสัญญาณไม่ว่าง

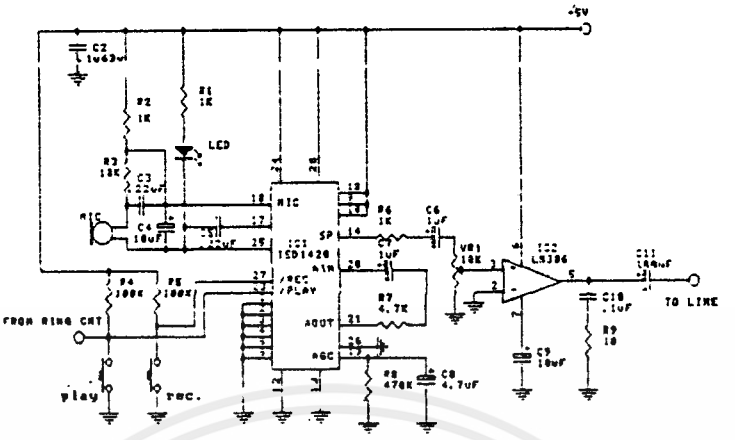


รูปที่ 12 วงจรตรวจสอบสัญญาณไม่ว่าง

จากวงจรใช้ไอซีเบอร์ LM567 ซึ่งเป็นไอซีโทนดีโคดเดอร์ เป็นตัวรับสัญญาณอินพุทมาจากคู่สายโทรศัพท์ภายใน เมื่อเกิดกรณีผู้โทรเข้าวางหูโทรศัพท์ลง ก็จะเกิดสัญญาณไม่ว่างขึ้น วงจรส่วนนี้ก็จะทำหน้าที่ตรวจสอบและส่งสัญญาณเพื่อไปควบคุมให้ภาคตรวจนับสัญญาณกริ่งทำการรีเซตซึ่งจะทำให้วงจรเล่นกลับหยุดทำงานและอยู่ในสภาวะออนฮุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคบันทึกเสียงและเล่นกลับ

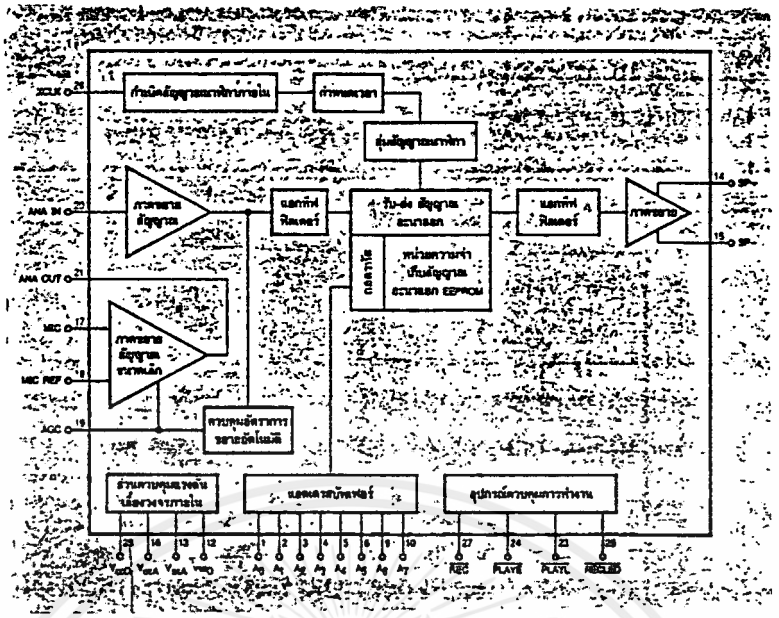


รูปที่ 13 วงจรบันทึกเสียงและเล่นกลับ

จากวงจรเมื่อสวิตช์ S2 ถูกกดให้ต่อวงจรทำให้ขาที่ควบคุมการบันทึก มีสถานะเป็น 0 ขณะนี้จะเกิดการบันทึกเสียงเข้าไปใน IC1 โดยมีคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน MIC1 ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงและ R2.R3 เป็นตัวจัดไบอัสให้กับไมค์ สัญญาณจะถูกคับปลิ้งผ่าน C3 มาเข้าที่ขา 18 เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น สัญญาณที่ผ่านการขยายโดยวงจรปรีแอมป์จะออกมาทางขา 21 ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกเอ้าท์พุทและคับปลิ้งผ่าน R7 และ C7 เข้าขา 20 ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณภายใน IC เช่นเดียวกัน สัญญาณที่ถูกขยายจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำภายในไอซีที่ขา 25 เป็นขาขับชุดแสดงสภาวะขณะทำการบันทึกซึ่งแสดงผลโดย LED ที่ขา 19 มีตัวต้านทาน R8 และ C8 จัดเป็นวงจรรักษาระดับสัญญาณการบันทึกให้คงที่หรือ AGC (automatic gain control) เพื่อให้สัญญาณของการบันทึกมีความเหมาะสมเมื่อเล่นกลับสัญญาณจะได้ไม่มีความผิดเพี้ยน เมื่อทำการบันทึกไปจนครบเวลาที่กำหนดไว้คือ 20 วินาที วงจรบันทึกจะหยุดทำงานทันทีหากต้องการเล่นกลับก็ต้องควบคุมที่ขา 23 ด้วยระดับลอจิก "0" กระบวนการเล่นกลับก็จะทำงานขึ้นภายในตัวไอซีและสัญญาณเอาต์พุตออกมาทางขา 14 เอาต์พุตนี้อาจมีระดับความดังของเสียงค่อยไป ดังนั้นจึงเพิ่มภาคขยายเสียงเข้าไปอีก โดยสัญญาณจะถูกคัปปลิ้งผ่าน R6 และ C6 มาเข้าโวลุ่ม VR1 สัญญาณจะถูกส่งเข้าสู่ขา 3 ของ IC เบอร์ LM389 ซึ่งเป็นไอซีขยายเสียง สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะออกมาทางขา 5 ของ IC2 ผ่าน C11 ขับออกคู่สายโทรศัพท์ต่อไป โดยมี C10 และ R9 ทำหน้าที่ชดเชยวงจรย่านความถี่สูงและป้องกันการออสซิลเลตทางเอาต์พุตของวงจรขยาย

ส่วนสำคัญของภาคบันทึกและเล่นกลับก็คือไอซีเบอร์ ISD1420 ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 บล็อกไดอะแกรมไอซี ISD1420

จากบล็อกไดอะแกรมภายในไอซีจะประกอบไปด้วยส่วนการทำงานที่สำคัญทุกส่วน โดยมีอุปกรณ์ต่อภายนอกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งภายในมีวงจรกำเนิดความถี่ฐานเวลาชนิดซีมอส วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน วงจรควบคุมการขยายอัตโนมัติ วงจรกรองความถี่และวงจรขยายสัญญาณออกซึ่งอาจจะดังไม่มากพอก็สามารถต่อวงจรขยายภายนอกเพิ่มเติมได้ นอกจากนั้นยังสามารถพัฒนาวงจรหรือแก้ไขวงจรเพิ่มเติมได้ การควบคุมการบันทึกและเล่นกลับสามารถควบคุมได้ง่าย สัญญาณที่ทำการบันทึกจะถูกเก็บหรือบันทึกลงบนหน่วยความจำภายในไอซี ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ไม่ต้องการแรงดันไฟสำรองขณะที่ไม่มีการจ่ายแรงดันให้กับวงจร ลักษณะการบันทึกลงบนหน่วยความจำภายในไอซีนี้จะทำการบันทึกสัญญาณอนาลอกโดยตรง (Direct Analog Storage Technology:DAST) ซึ่งสัญญาณอนาลอกนี้อาจเป็นสัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณความถี่เสียง 20 Hz-20 Khz การบันทึกนี้สัญญาณจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในชนิด EEPROM ซึ่งเป็นอีพรอมที่สามารถบันทึกและลบใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลอง

เมื่อประกอบอุปกรณ์ทุกอย่างลงแผ่นวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้มีการตรวจเช็คแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ วัดแรงดันได้ค่าต่าง ๆ ตามวงจร แล้วเริ่มทำการทดสอบดังนี้

1. ทดสอบยกหูโทรศัพท์ขึ้นเครื่องใดเครื่องหนึ่ง LED ที่แสดงสถานะการใช้คู่สายจะติดสว่างและกระพริบ ทำการทดลองสลับกันทั้งสองเครื่อง ให้ผลเช่นเดิมแสดงว่าทำงานปกติ

2. ยกหูโทรศัพท์และกดปุ่ม # บนเครื่องโทรศัพท์ LED แสดงสถานะการต่อคู่สายภายนอกจะติดสว่าง เมื่อวางหูโทรศัพท์ทุกเครื่อง LED จะหยุดทำงานทันที

3. ยกหูโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งขึ้นมาแล้วกดปุ่ม * LED แสดงการพักสายจะติดสว่างและเมื่อกด # หนึ่งครั้ง LED ตัวนี้จะหยุดทำงาน

4. เมื่อกดปุ่ม * อีกครั้งหนึ่งและพักสายทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที 40 วินาที หลังจากนั้นเปียซโซทุกสถานีจะทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อกดปุ่ม # อีกครั้งเปียซโซทุกสถานีจะหยุดการทำงานและสิ้นสุดการพักสาย

5. ทดสอบการโอนย้ายสายภายในโดยการยกหูโทรศัพท์เครื่องแรกขึ้นและกดหมายเลขโทรศัพท์เครื่องที่ 2 ตามที่ได้ตั้งไว้ เป็นเวลาประมาณ 2 วินาทีขึ้นไป (กดแช่ไว้) เปียซโซของสถานีที่ 2 จะทำงาน และเมื่อยกหูโทรศัพท์ของเครื่องที่ 2 จะสามารถพูดคุยกันได้ทันที

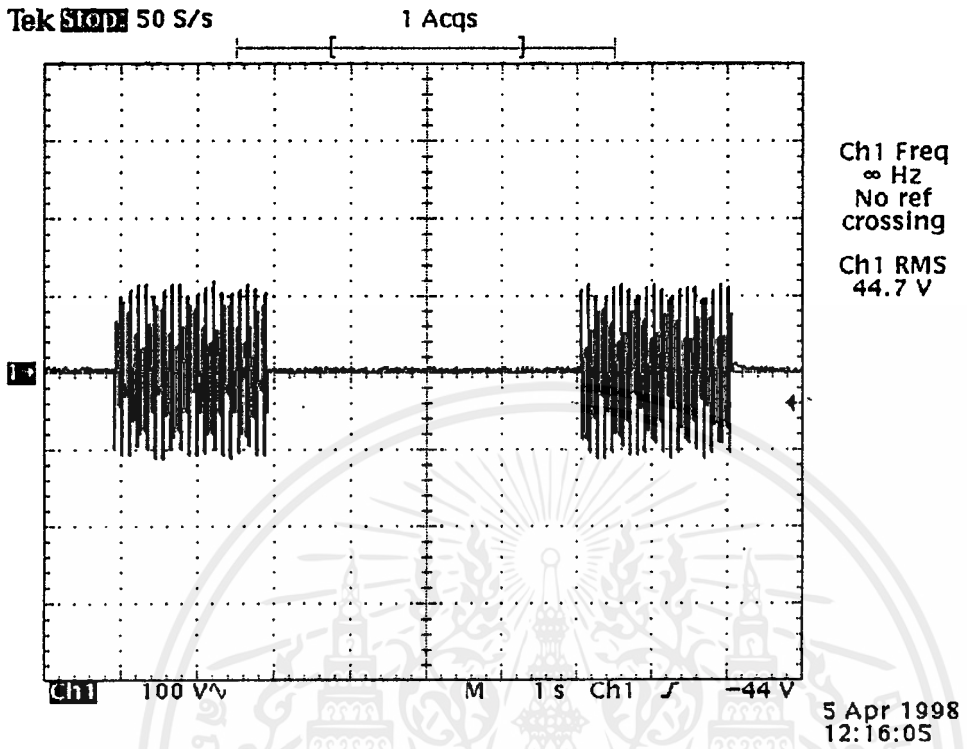
6. ทดสอบการต่อคู่สายโทรศัพท์ภายนอกเข้าเครื่อง โดยการยกหูโทรศัพท์ภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่งและกดปุ่ม # จะได้ยินสัญญาณ ไดอัลโทนทันที หลังจากนั้นทดลองโทรออกสู่ภายนอก และพูดคุยกัน สังเกตว่ามีการพูดคุยกันได้อย่างชัดเจน

7. ทดลองการโทรเข้า เปียซโซของทุกสถานีจะทำงานเป็นจังหวะ ๆ และเมื่อยกหูโทรศัพท์ขึ้นจากสถานีใดก็ได้แล้วกดปุ่ม # คู่สายภายนอกก็จะต่อเข้าสู่ระบบ สามารถพูดคุยได้ปกติ เมื่อทดสอบต่อไปโดยพักสายด้วยการกดปุ่ม * จะได้ยินเสียงดนตรีบรรเลงและทำการโอนย้ายสายโดยกดปุ่มหมายเลขของสถานีภายในก็จะทำการโอนย้ายได้อย่างสมบูรณ์

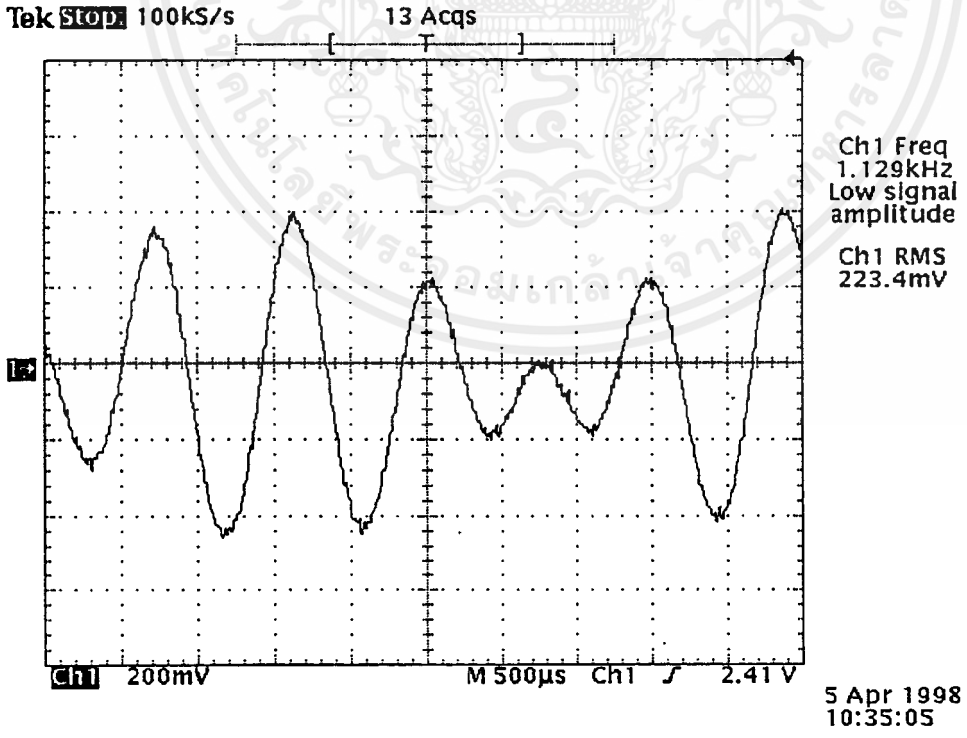
8. ทดลองเหตุการณ์ขณะไม่มีคนรับโทรศัพท์ จะมีสัญญาณเรียกดังอยู่ประมาณ 5 ครั้ง หลังจากนั้นส่วนเล่นกลับของภาคตอบรับโทรศัพท์จะทำงานตามที่ได้ทำการบันทึกไว้ และจะทำการตัดคู่สายโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

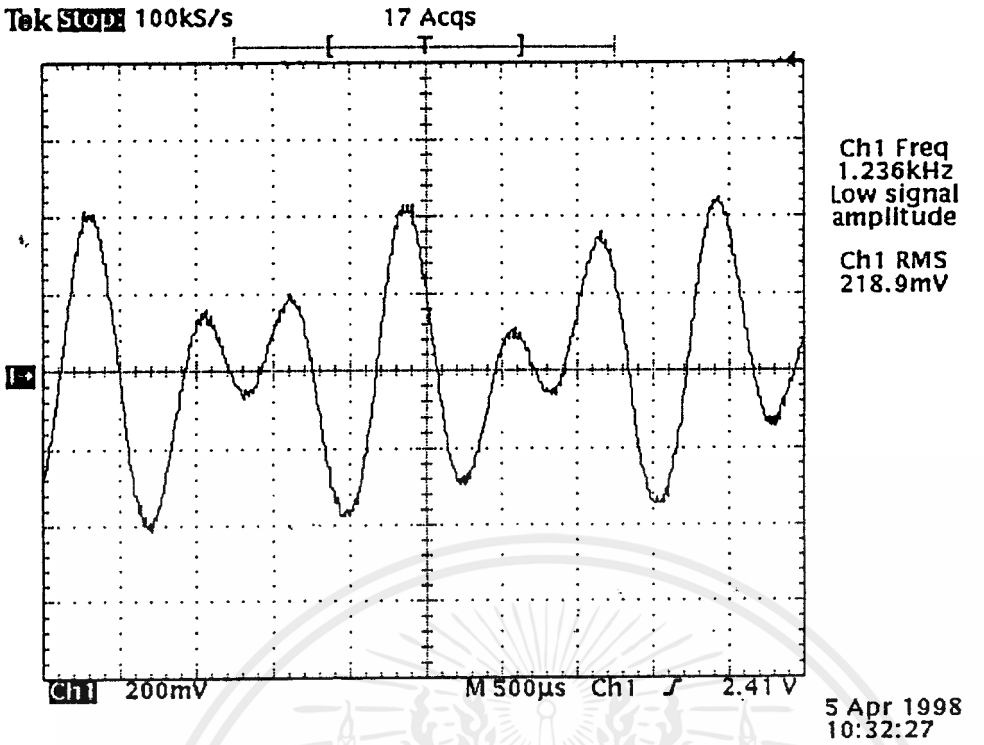


รูปที่ 1 แสดงสัญญาณเรียก(ringing)จากคู่สายภายนอก

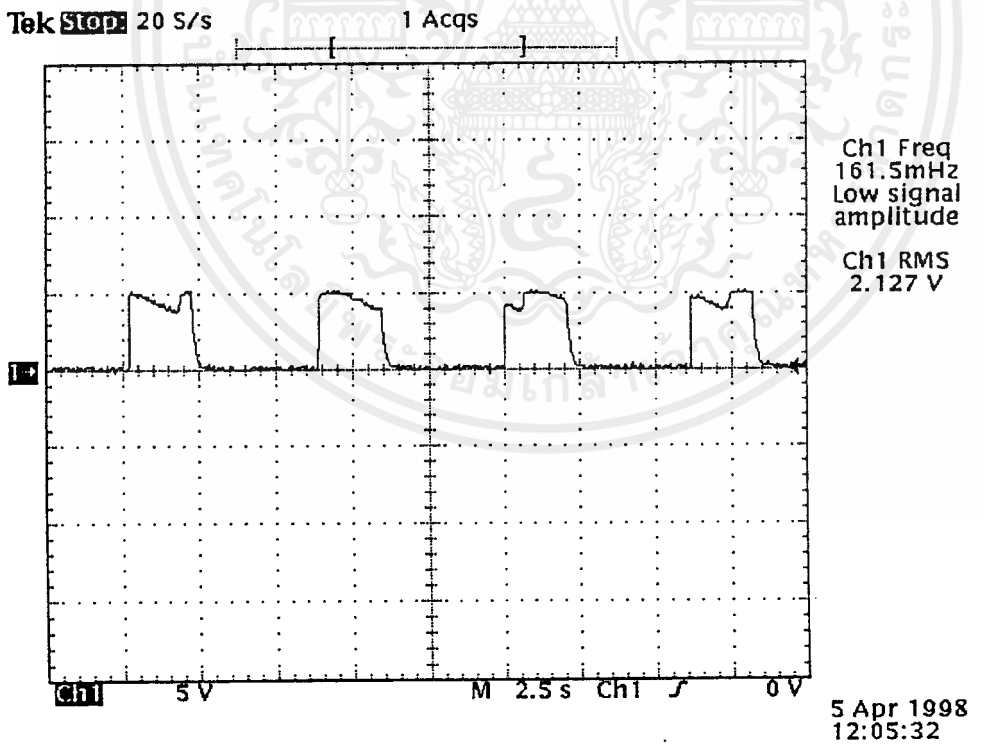


รูปที่ 2 แสดงสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่ม *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

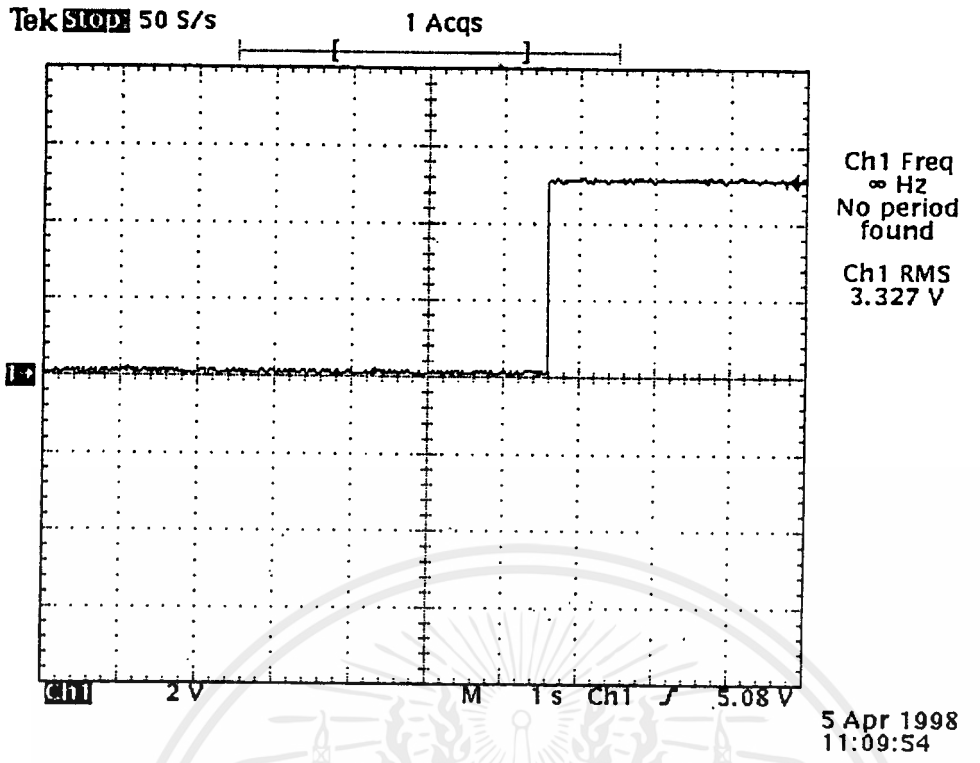


รูปที่ 3 แสดงสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่ม #

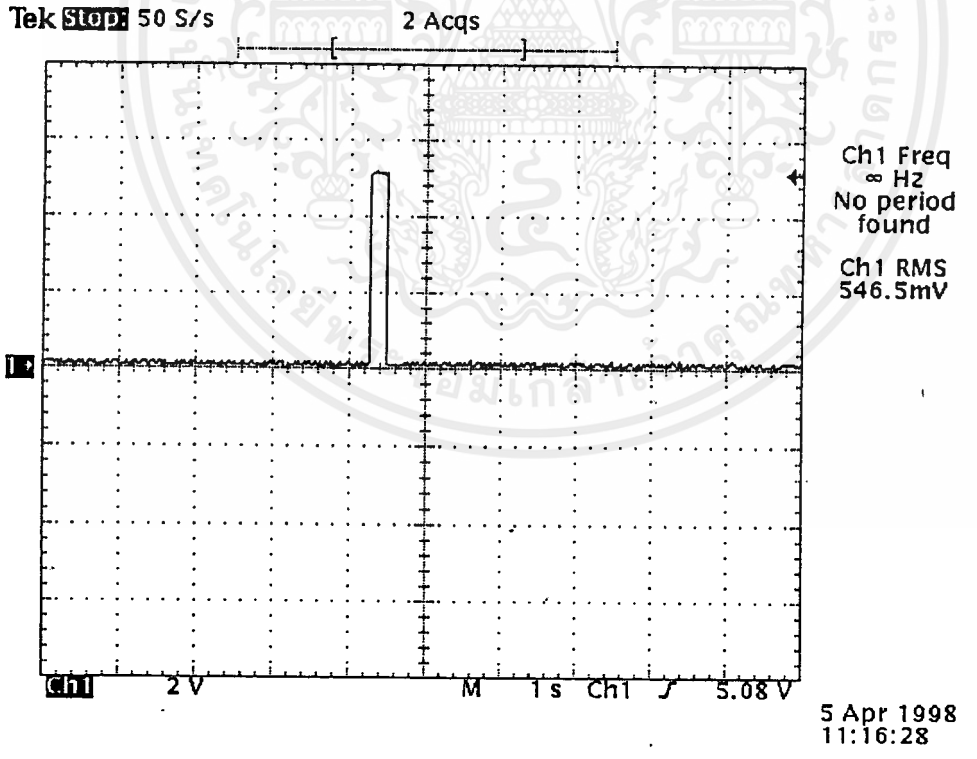


รูปที่ 4 สัญญาณเอ้าท์พุทของวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

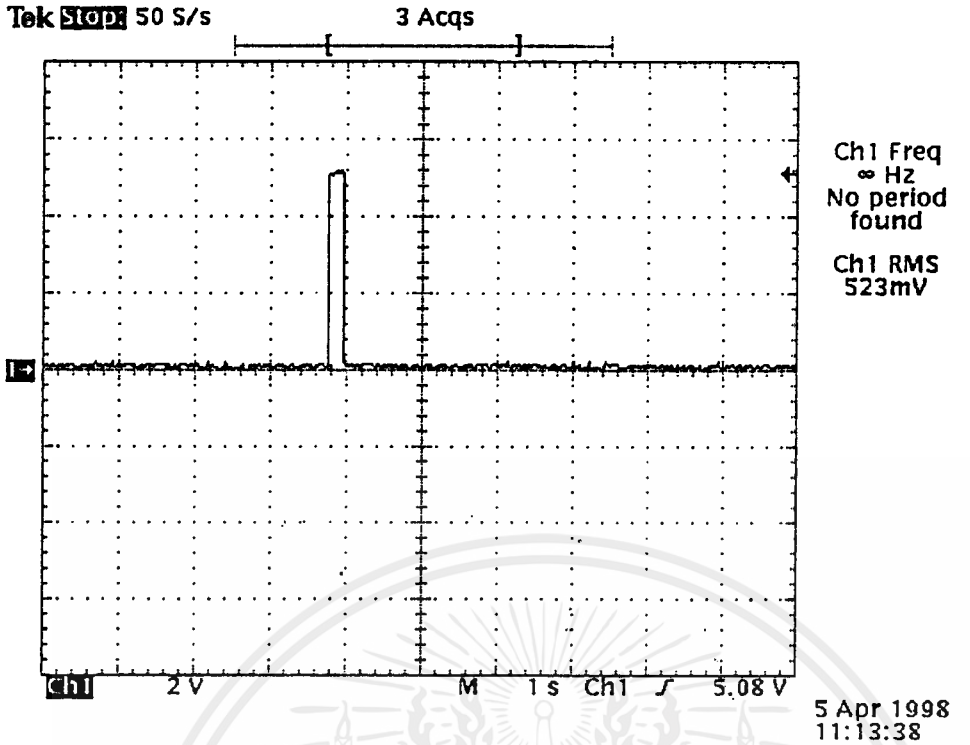


รูปที่ 5 สัญญาณอินพุทที่กระตุ้นให้วงจรกำเนิดสัญญาณกริ่งทำงาน

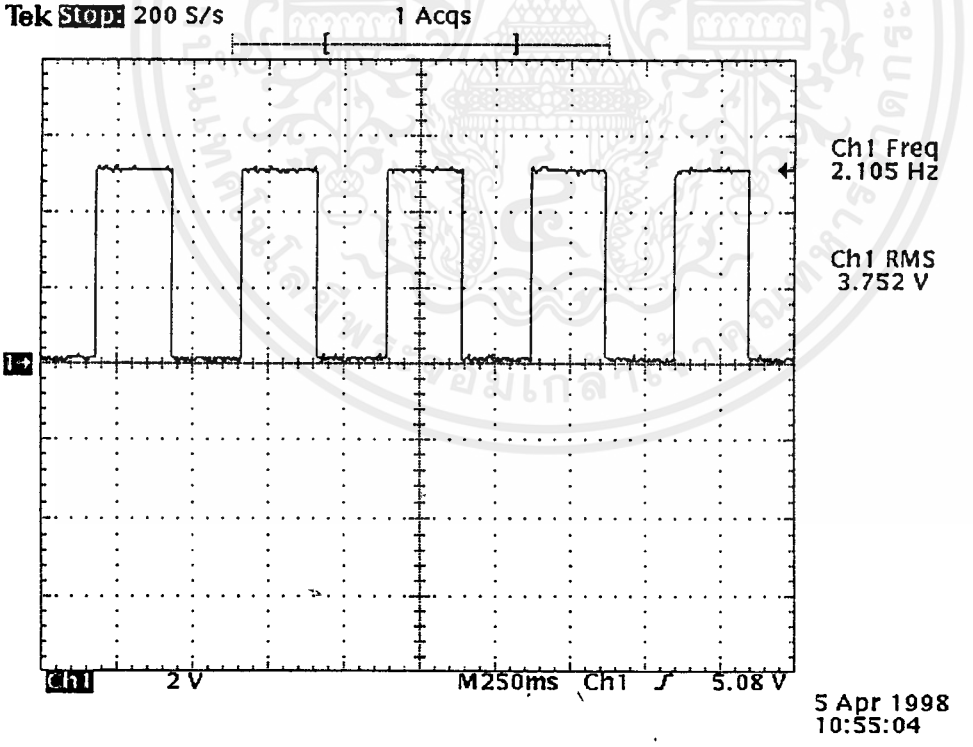


รูปที่ 6 แสดงสัญญาณเซตภาคตัดต่อคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

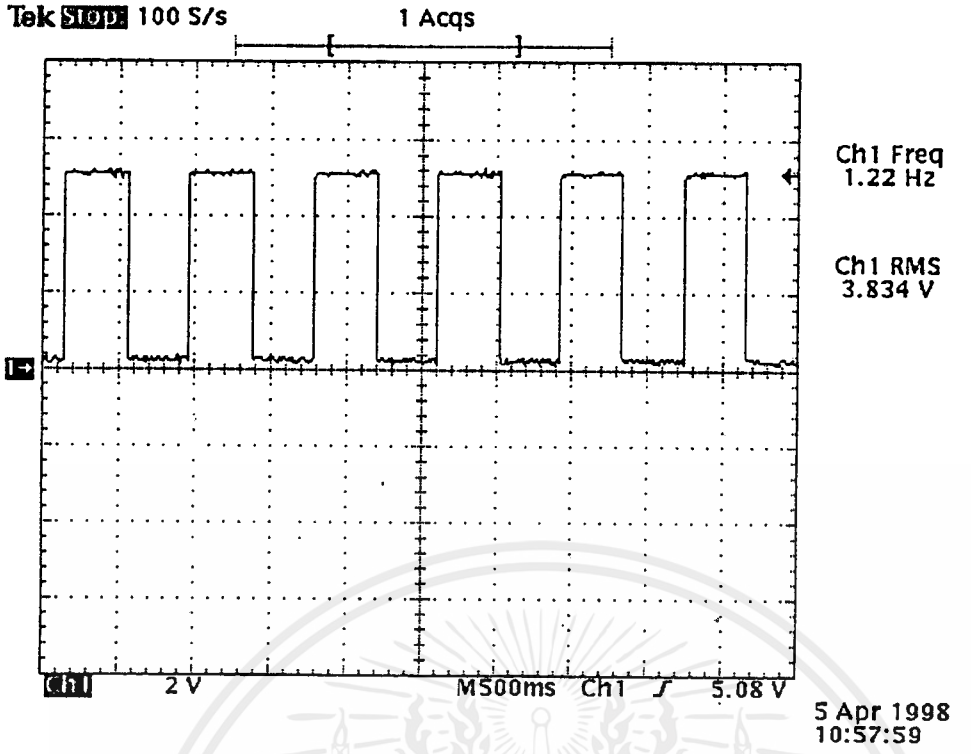


รูปที่ 7 แสดงสัญญาณเซตภาคโฮลสายโทรศัพท์

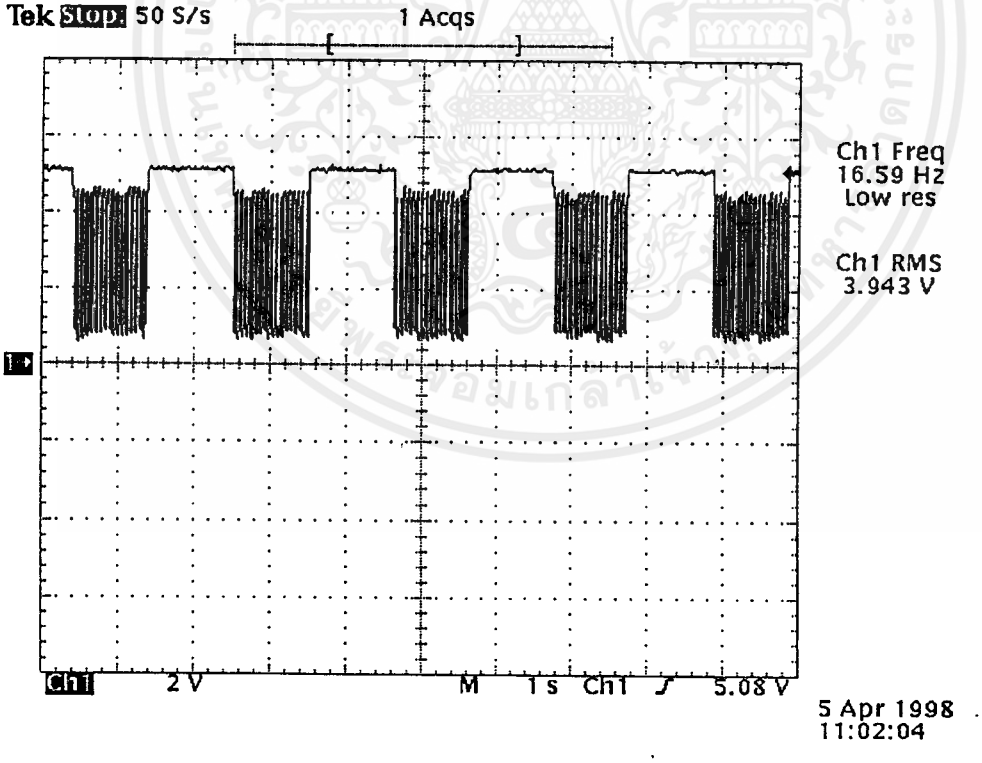


รูปที่ 8 แสดงสัญญาณของวงจรชมิตทริกเกอร์เมื่อโฮลสายเกินเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

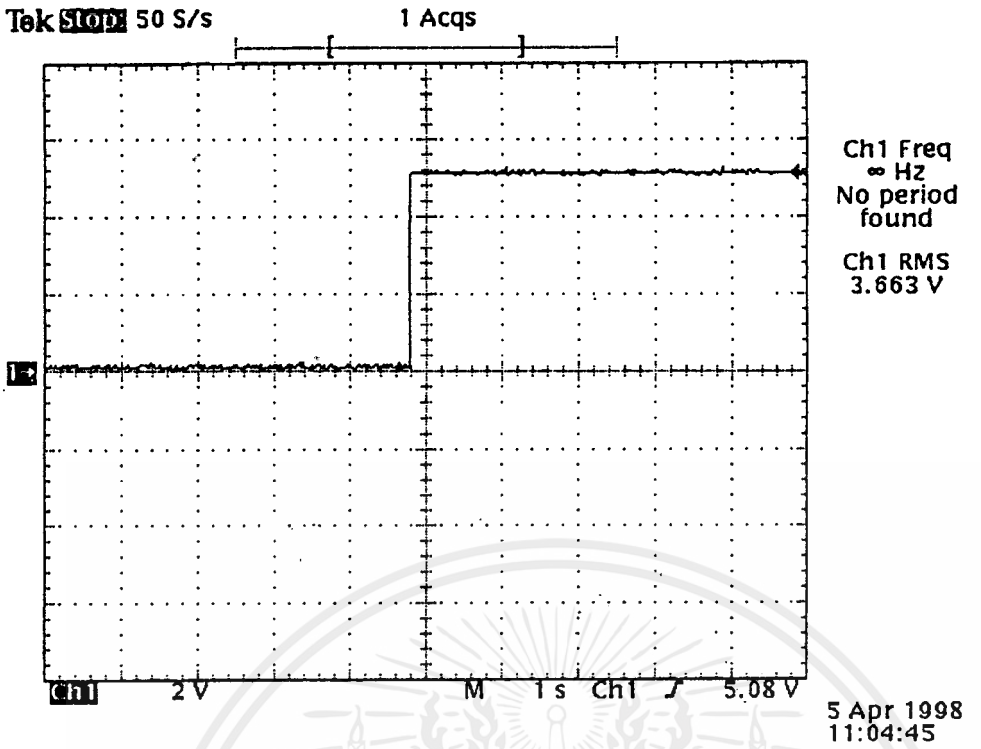


รูปที่ 9 แสดงสัญญาณชมิตทริกเกอร์ของ Busy Line ขณะใช้คู่สายโทรศัพท์

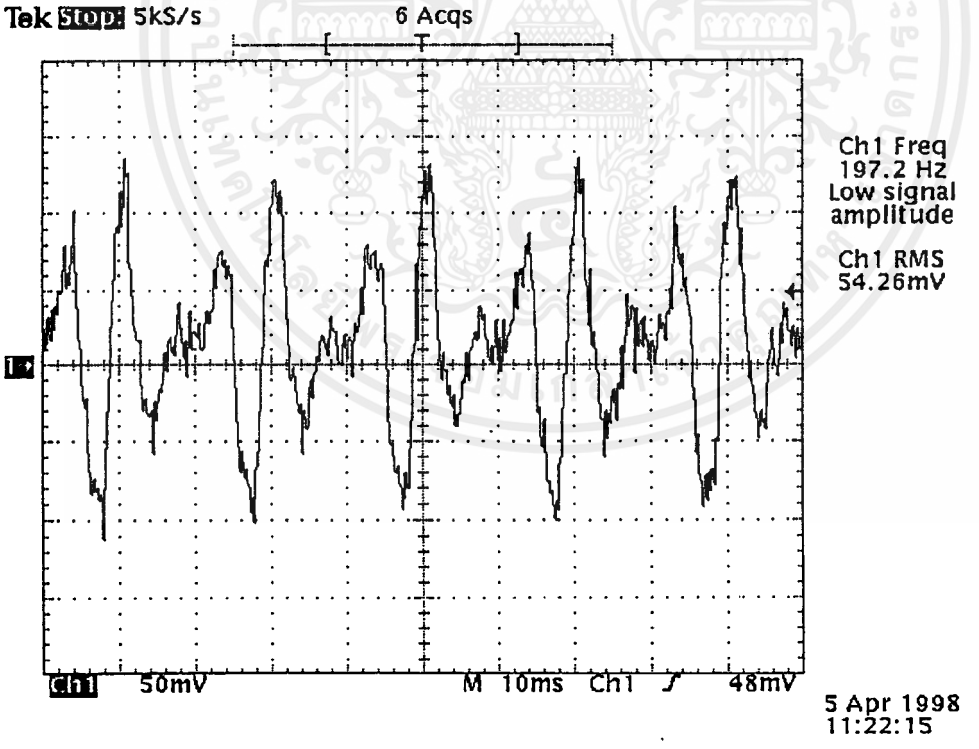


รูปที่ 10 แสดงสัญญาณชมิตทริกเกอร์ที่ผลิตสัญญาณกริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

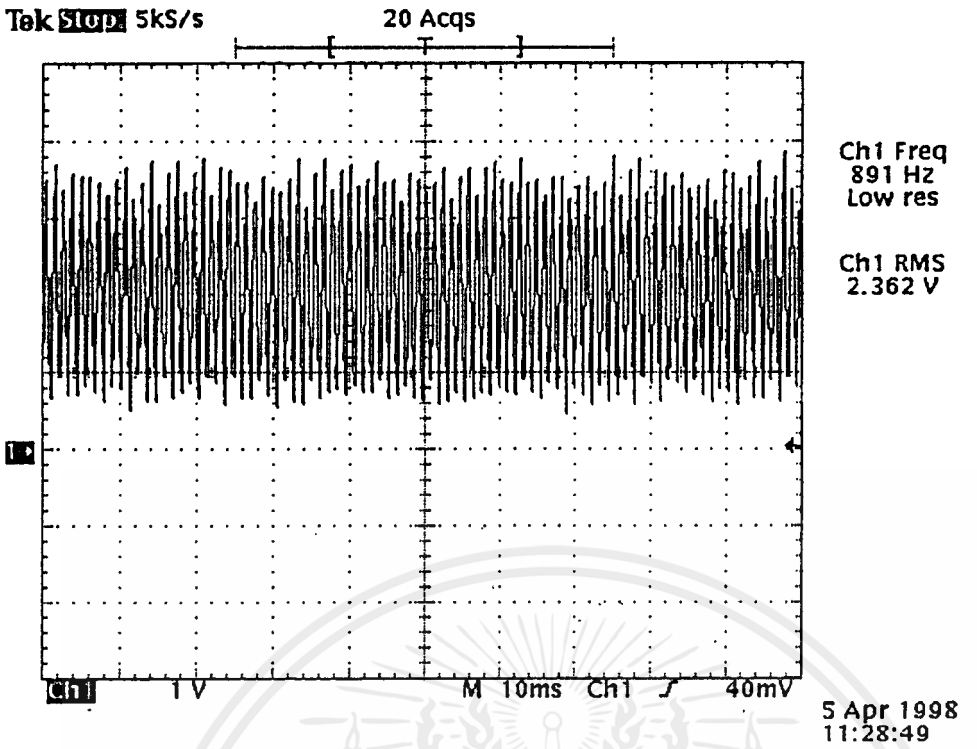


รูปที่ 11 แสดงเอ้าพุทของวงจรสร้างสัญญาณออฟฮุก

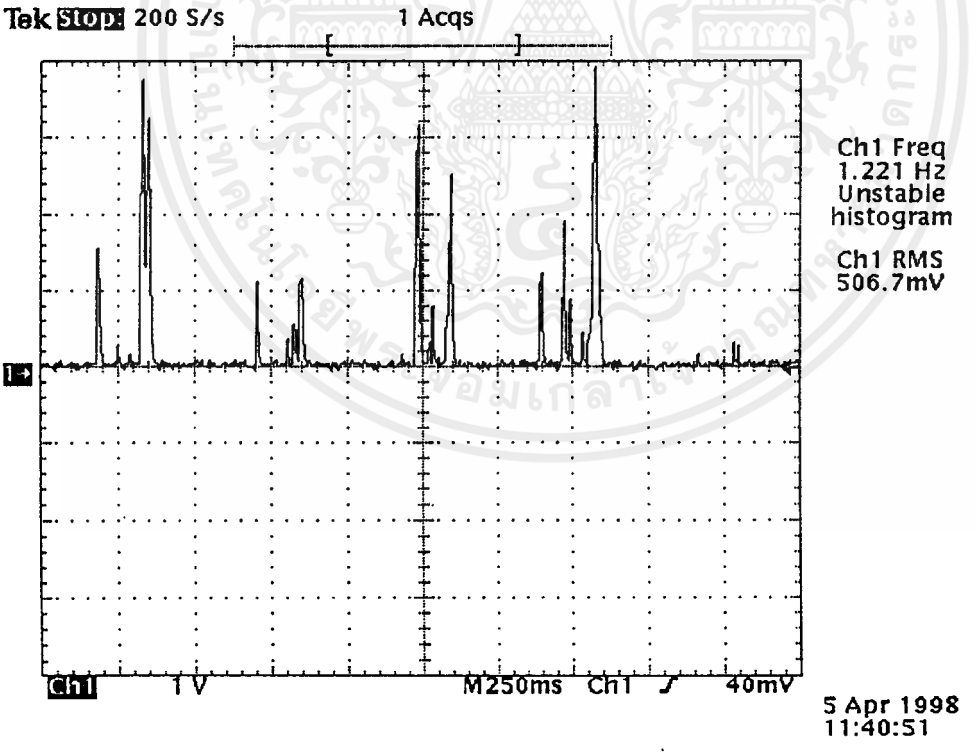


รูปที่ 12 สัญญาณอินพุทของภาคตรวจสอบสัญญาณไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดงสัญญาณเสียงดนตรีขณะโฮลสายโทรศัพท์



รูปที่ 14 แสดงสัญญาณรีเซตภาคตรวจนับสัญญาณกริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

โครงงานที่จัดทำขึ้นเป็นการศึกษาและออกแบบระบบอินเตอร์คอมร่วมกับระบบโทรศัพท์เพื่อขยายขีดความสามารถของคู่สายโทรศัพท์ที่มีเพียง 1 คู่สายให้สามารถกระจายการติดต่อลูกข่ายได้หลายสถานีโดยคู่สายภายนอกจะผ่านระบบการควบคุมซึ่งมี 2 ส่วนคือ

-ส่วนควบคุมกลาง(Base Station) จะทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อระหว่างคู่สายภายนอกและคู่สายภายใน ควบคุมสัญญาณเรียก และแสดงสถานะการทำงานของระบบ

-ส่วนควบคุมลูกข่าย(Remote Station) ทำหน้าที่ควบคุมร่วมกับเบสสเตชั่น ถอดรหัสสัญญาณ DTMF และควบคุมสัญญาณเรียกไปยังลูกข่าย

จากงานทั้งหมดที่ได้จัดทำขึ้นมา ได้ผ่านการทดลอง ทดสอบและตรวจสอบแล้ว ปรากฏว่าทำงานได้เป็นที่น่าพอใจ สามารถนำไปใช้งานได้ดี

แนวทางการพัฒนาต่อไป

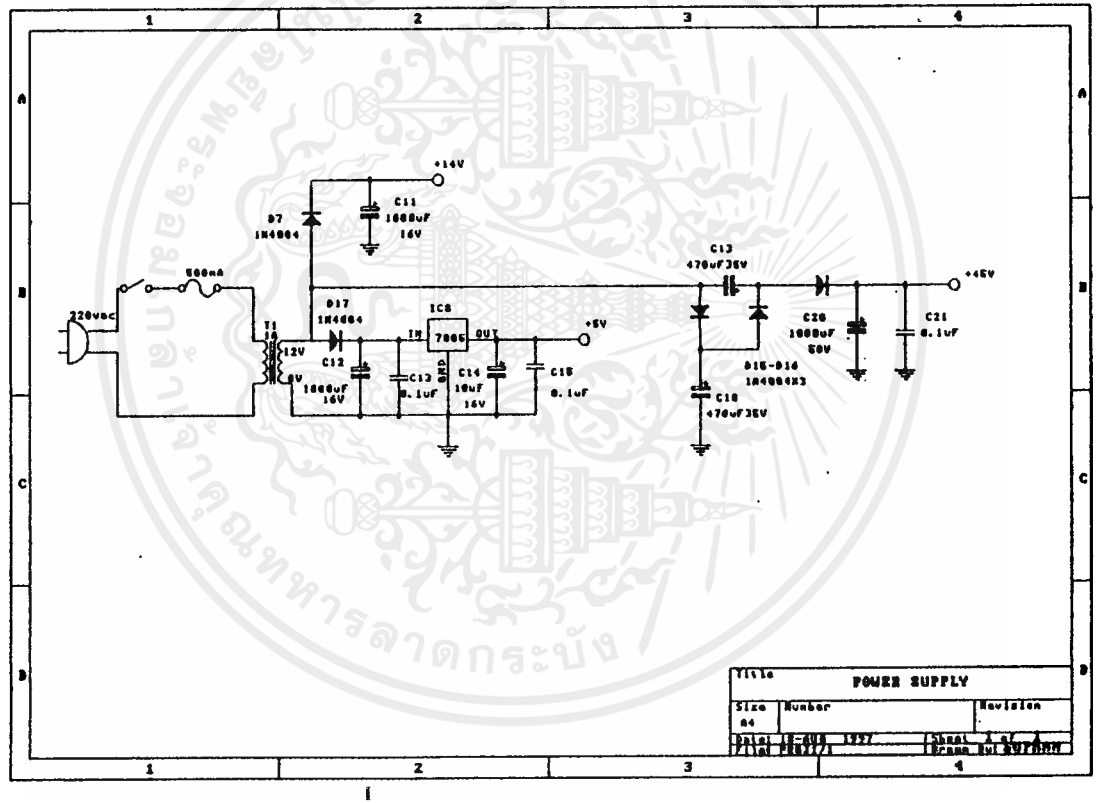
-หากพัฒนาต่อไปควรมีส่วนตอบรับโทรศัพท์และทำการบันทึกรับฝากข้อความจากผู้โทรเข้าเพื่อความสมบูรณ์ของการติดต่อสื่อสาร

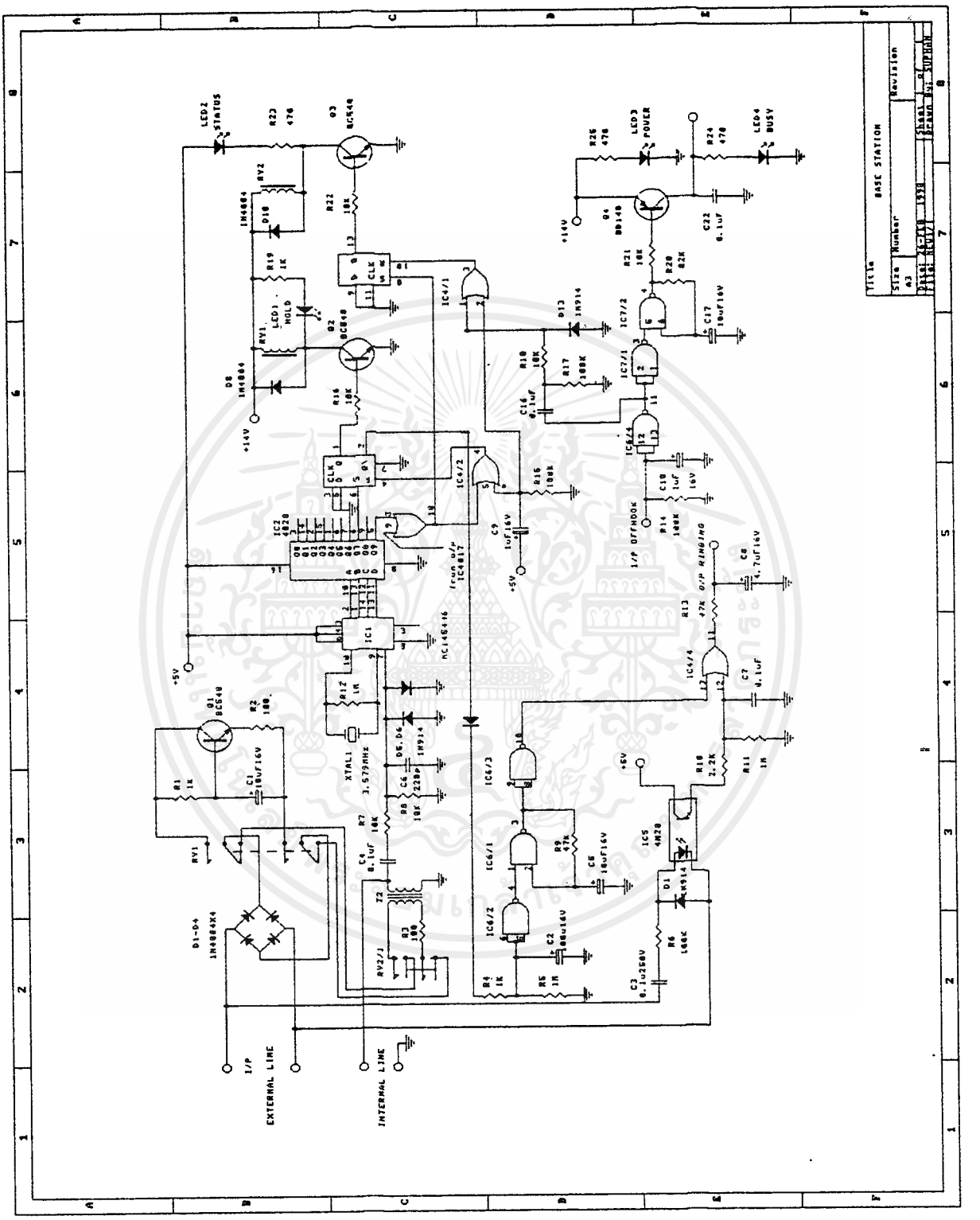
-ขณะทำการรับโทรศัพท์แต่ละสถานีอยู่ในสภาวะต่อขนานกันอยู่ ฉะนั้นการพัฒนาต่อไปควรจะมีส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมให้มีเฉพาะสถานีใช้งานเท่านั้นที่ต่อกับคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

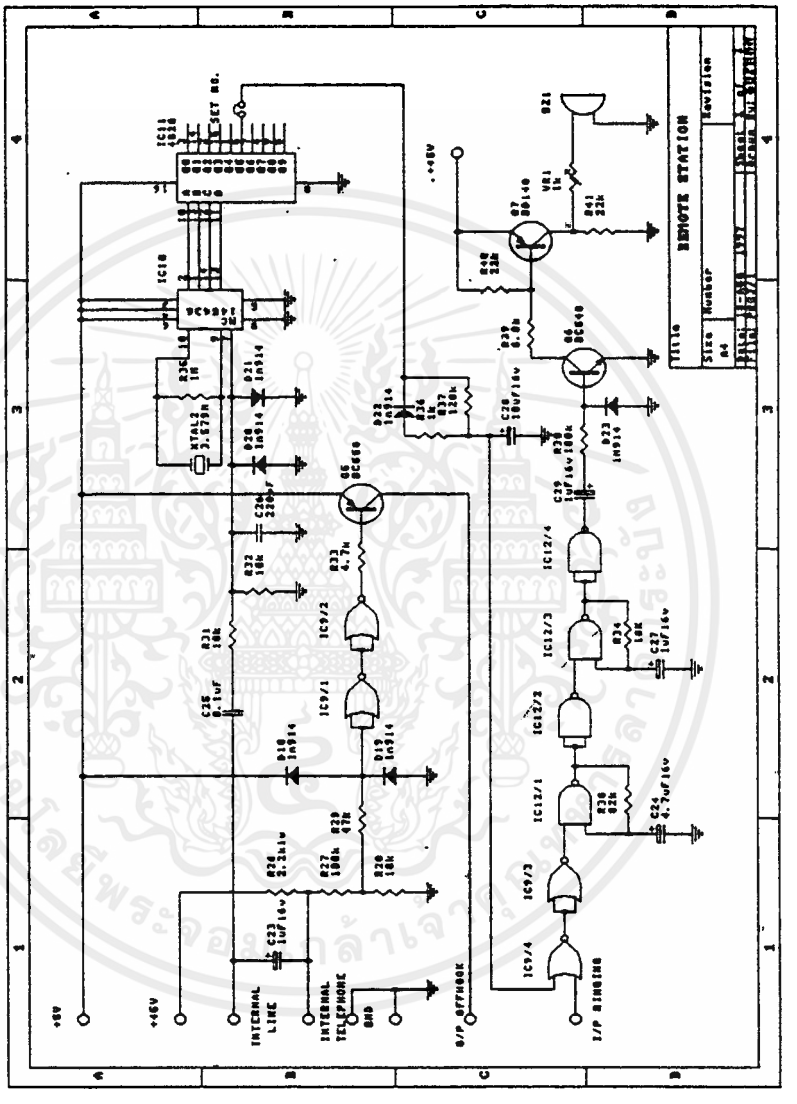
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

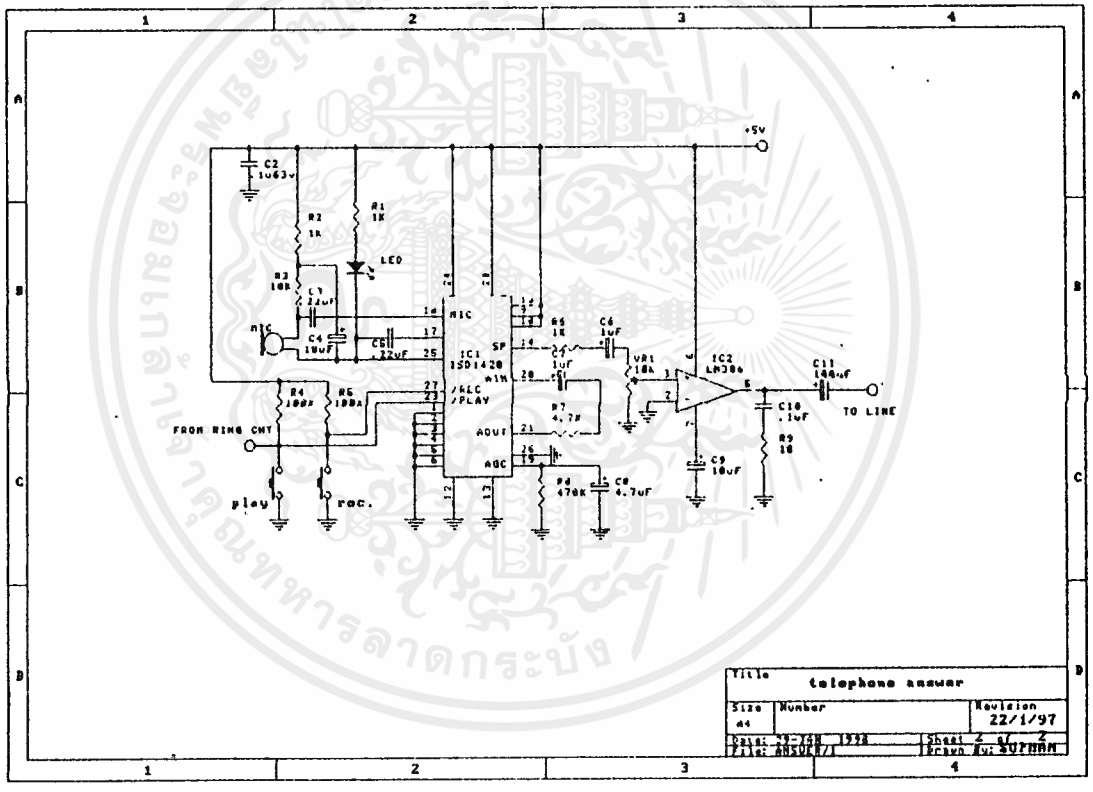

+14V
C11
1000uF
16V
D7
1N4004
500mA
220vac
T1
12V
0V
D17
1N4004
C12
1000uF
16V
IC8
7805
IN
OUT
GND
+5V
C13
0.1uF
C14
10uF
16V
C15
0.1uF
C13
470uF35V
+15V
C20
1000uF
50V
C21
0.1uF
D15-D16
1N4004X2
C18
470uF35V
Title
POWER SUPPLY
Size
A4
Number
Revision
Date
Sheet
Drawn by

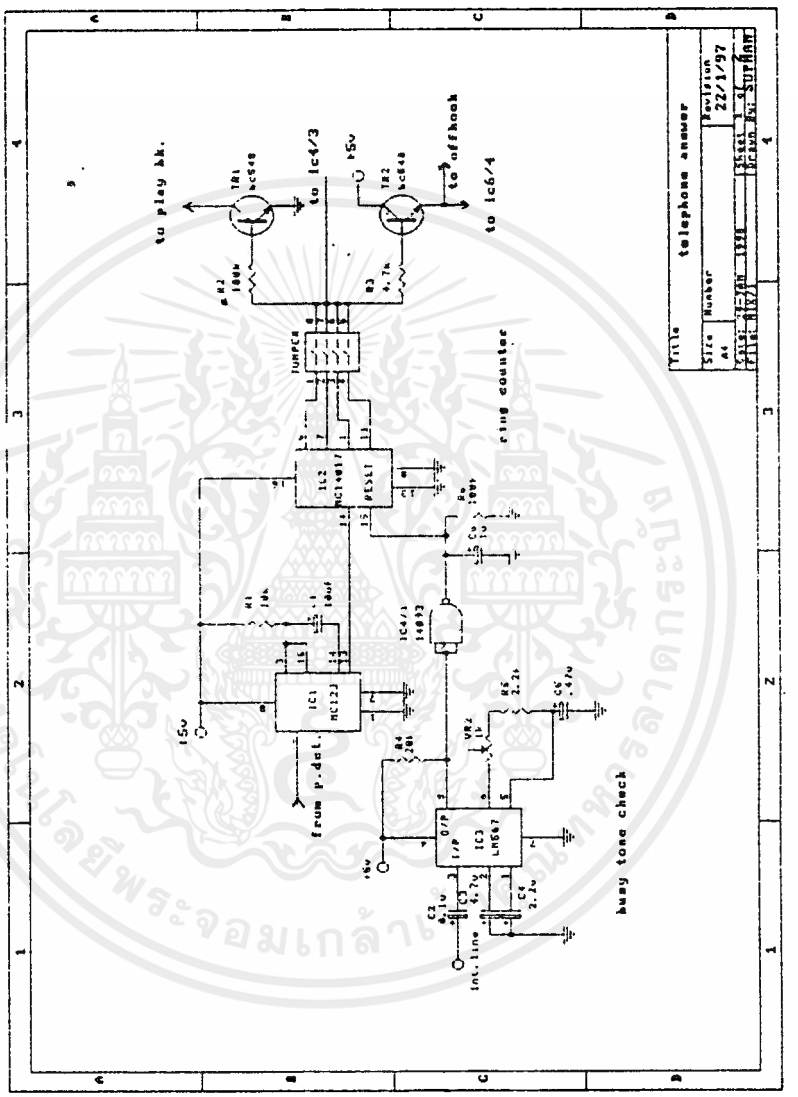


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

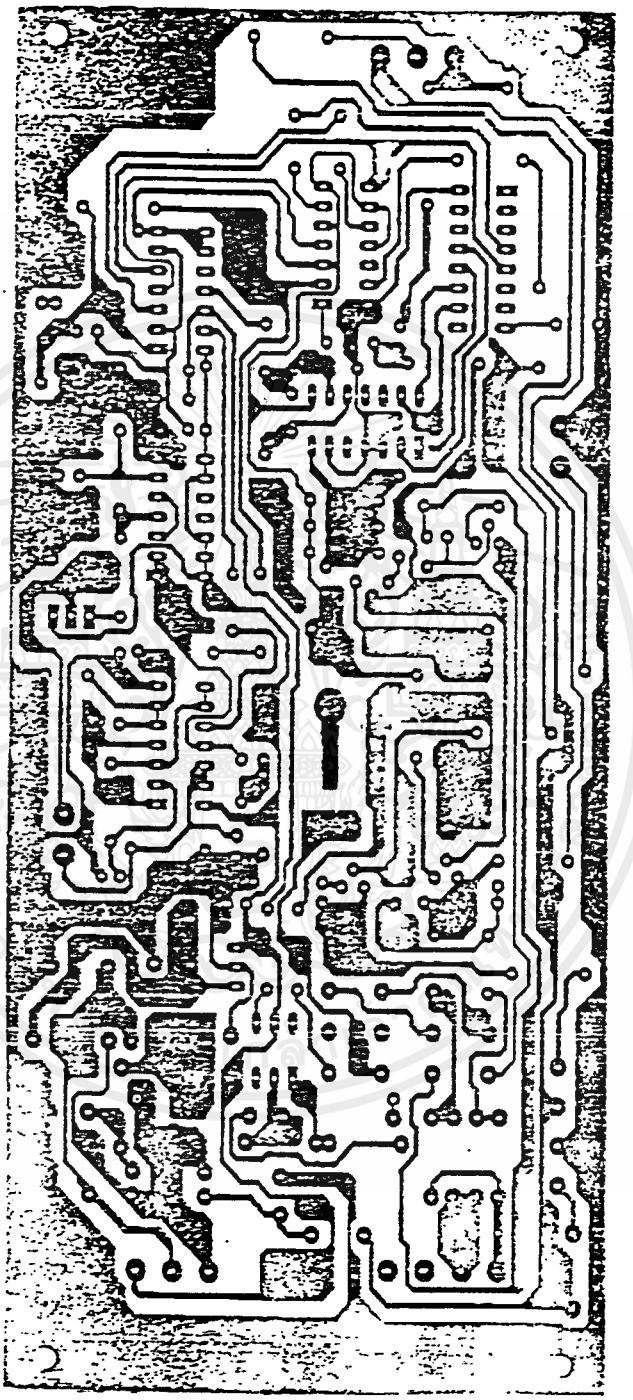


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


+5v
C2 1u63v
R2 1k
R1 1K
LED
R3 10k
C7 .22uF
MIC
C4 10uF
C5 .22uF
IC1 ISD1420 W1M
SP
/REC /PLAY
AOUT
AGC
R5 1K
C6 1uF
C3 1uF
VR1 10k
IC2 LM386
C11 100uF
TO LINE
C10 .1uF
R9 10
C9 10uF
R7 4.7K
R8 470K
C8 4.7uF
R4 100R
R6 100R
FROM RING CKT
play
rec.
Title
telephone answer
Size
A4
Number
Revision
22/1/97
Date: 28-Feb-1998
File: ANSWER/1
Sheet 1 of 1
Drawn By: SUPHAN

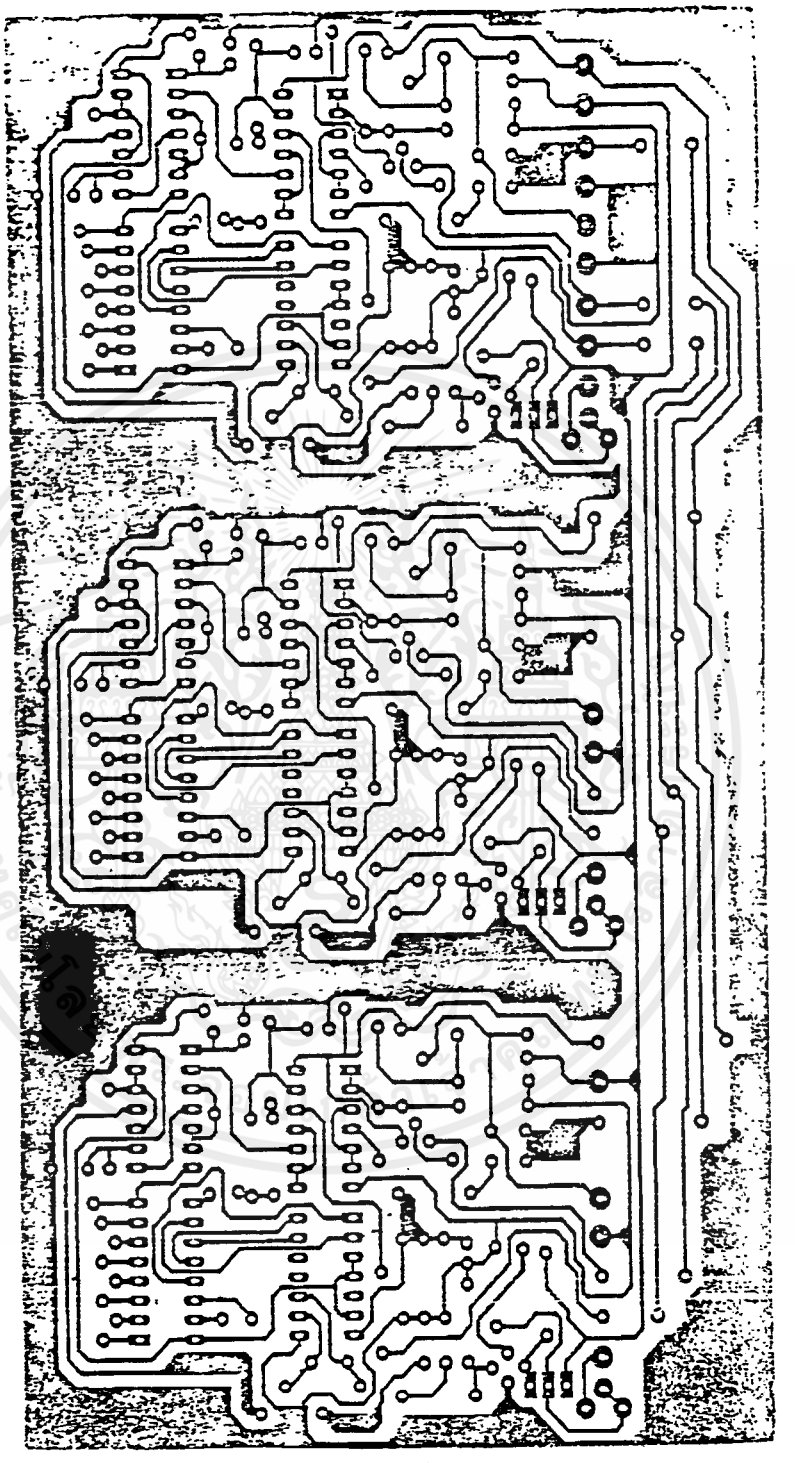


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



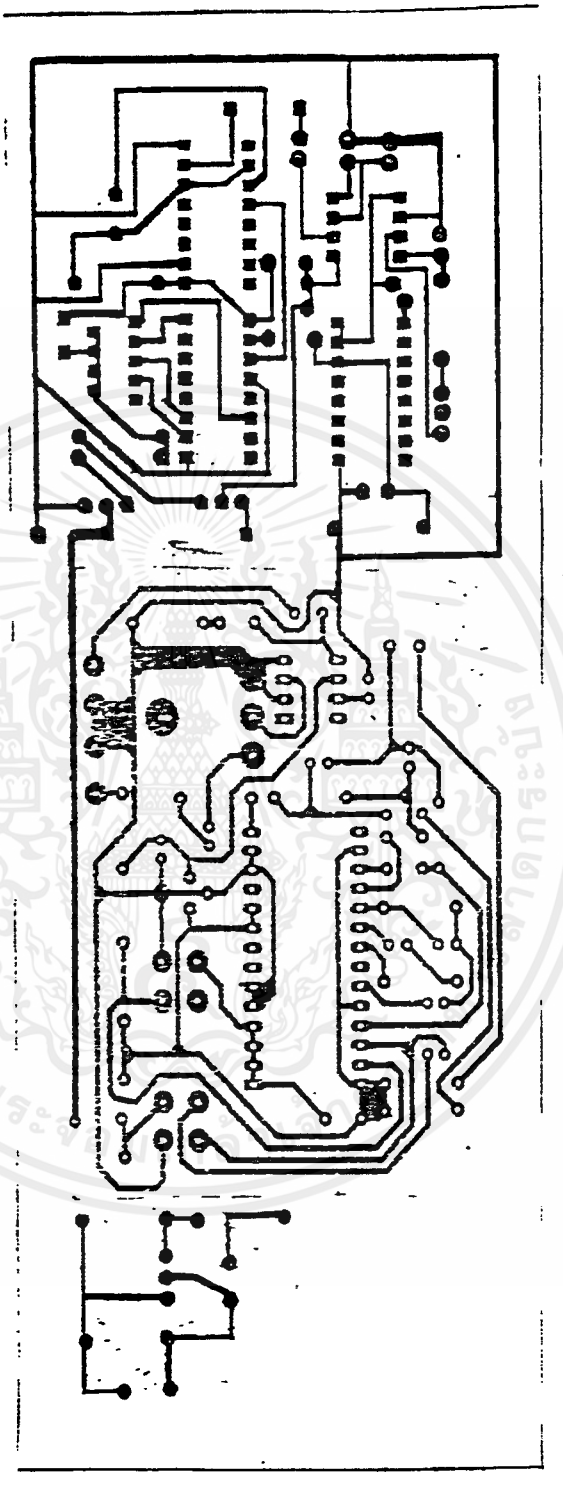
แผ่นลายวงจรของภาคเบสสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผ่นลายวงจรของภาครีโมตสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผ่นลายวงจรของภาคดอบรับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document
by MC145436A/D

MC145436A

Advance Information

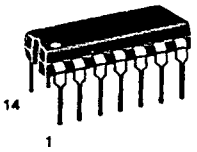
Low-Power Dual Tone Multiple Frequency Receiver

The MC145436A is a low–power and improved input sensitivity version of the MC14LC5436.

The MC145436A is a silicon gate CMOS LSI device containing the filter and decoder for detection of a pair of tones conforming to the DTMF standard with outputs in hexadecimal. Switched capacitor filter technology is used together with digital circuitry for the timing control and output circuits. The MC145436A provides excellent power line noise and dial tone rejection and is suitable for applications in central office equipment, PABX, and keyphone systems, remote control equipment and consumer telephony products.

The MC145436A offers the following performance features:

- Single + 5 V Power Supply
- Detects All 16 Standard Digits
- Uses Inexpensive 3.58 MHz Crystal
- Provides Guard Time Controls to Improve Speech Immunity
- Output in 4–Bit Hexadecimal Code
- Built–In 60 Hz and Dial Tone Rejection
- Pin Compatible with SSI–204, MC145436, and MC14LC5436
- Functional and Applicational Compatible with MC145436 and MC14LC5436



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 646

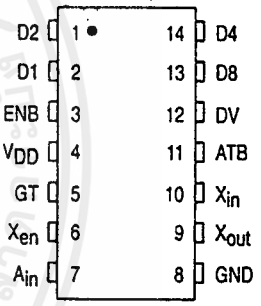
DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

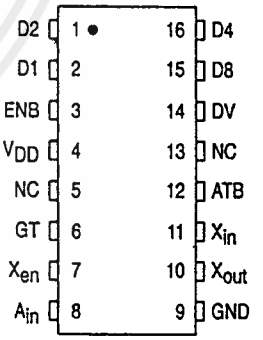
MC145436AP	Plastic DIP
MC145436ADW	SOG Package

PIN ASSIGNMENTS

PDIP



SOG



NC = NO CONNECTION

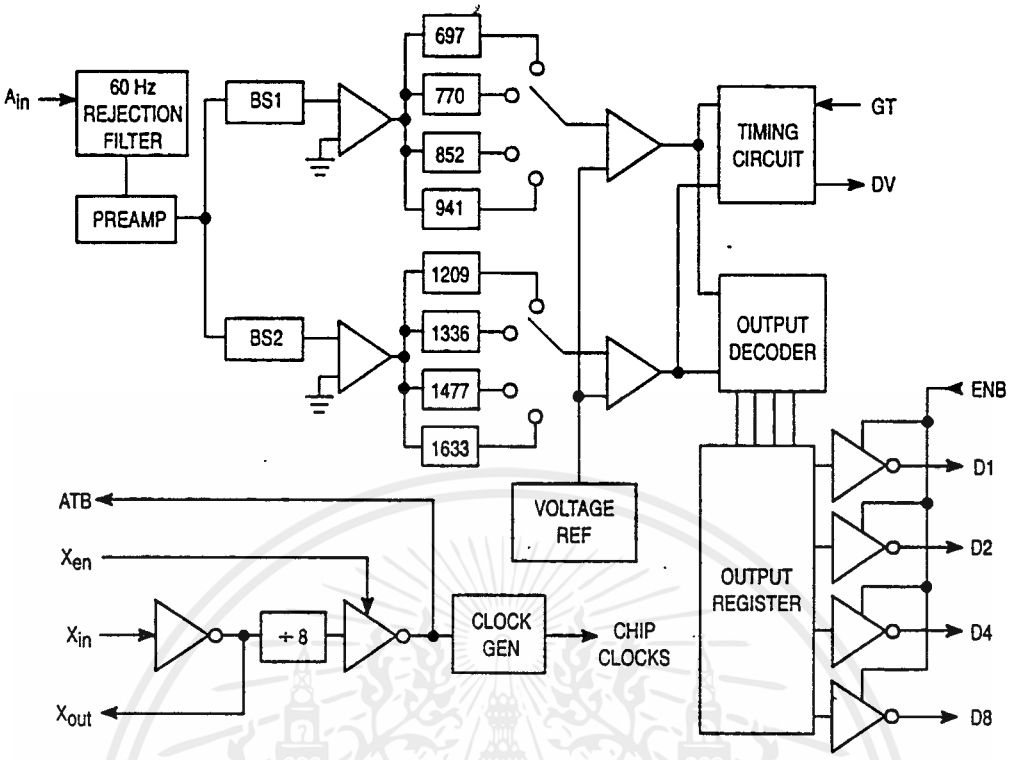
This document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.

REV 1
1/96

© Motorola, Inc. 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to GND Unless Otherwise Noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD}	− 0.5 to + 6.0	V
Input Voltage, Any Pin Except A_{in}	V_{in}	− 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
Input Voltage, A_{in}	V_{in}	V_{DD} − 10 to V_{DD} + 0.5	V
DC Current Drain per Pin	I	± 10	mA
Power Dissipation	P_D	100	mW
Operating Temperature Range	T_A	− 40 to + 85	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	− 65 to + 150	°C

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid applications of any voltage higher than the maximum rated voltages to this high impedance circuit.

For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$. Reliability of operation is enhanced if unused inputs are tied to and appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(All Polarities Referenced to V_{SS} = 0 V, V_{DD} = 5.0 V ± 10%, T_A = − 40 to + 85°C, Unless Otherwise Noted)

Parameter		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
DC Supply Voltage		V_{DD}	4.5	5	5.5	V
Supply Current (f_{CLK} = 3.58 MHz)		I_{DD}	—	5	8	mA
Input Current	GT ENB, X_{in}, X_{en}	I_{in}	— —	— —	450 ± 1	µA
Input Voltage Low	ENB, GT, X_{en}	V_{IL}	—	—	1.5	V
Input Voltage High	ENB, GT, X_{en}	V_{IH}	3.5	—	—	V
I_{out} Data and DV Pins: V_{out} = 4.5 V (Source)		I_{OH}	800	—	—	µA
I_{out} Data and DV Pins: V_{out} = 0.4 V (Sink)		I_{OL}	1.0	—	—	mA
Input Impedance	A_{in}	R_{in}	90	100	—	kΩ
Fanout	ATB	F_{out}	—	—	10	
Input Capacitance	X_{en}, ENB	C_{in}	—	6	—	pF

ANALOG CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5.0 V ± 10%, T_A = − 40 to + 85°C, Unless Otherwise Noted)

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
Signal Level for Detection (A_{in})	− 35	—	− 2	dBm
Twist = High Tone/Low Tone	− 10	—	10	dB
Frequency Detect Bandwidth	± (1.5 + 2 Hz)	± 2.5	± 3.5	% f_O
60 Hz Tolerance	—	—	0.8	Vrms
Dial Tone Tolerance (Note 1) (Dial Tone 330 + 440)	—	—	0	dB
Noise Tolerance (Notes 1 and 2)	—	—	− 12	dB
Power Supply Noise (Wide Band)	—	—	10	mV p–p
Talk Off (Mitel Tape #CM7290)	—	2	—	Hits

NOTES:

1. Referenced to lower amplitude tone.
2. Bandwidth limited (0 to 3.4 kHz) Gaussian Noise.

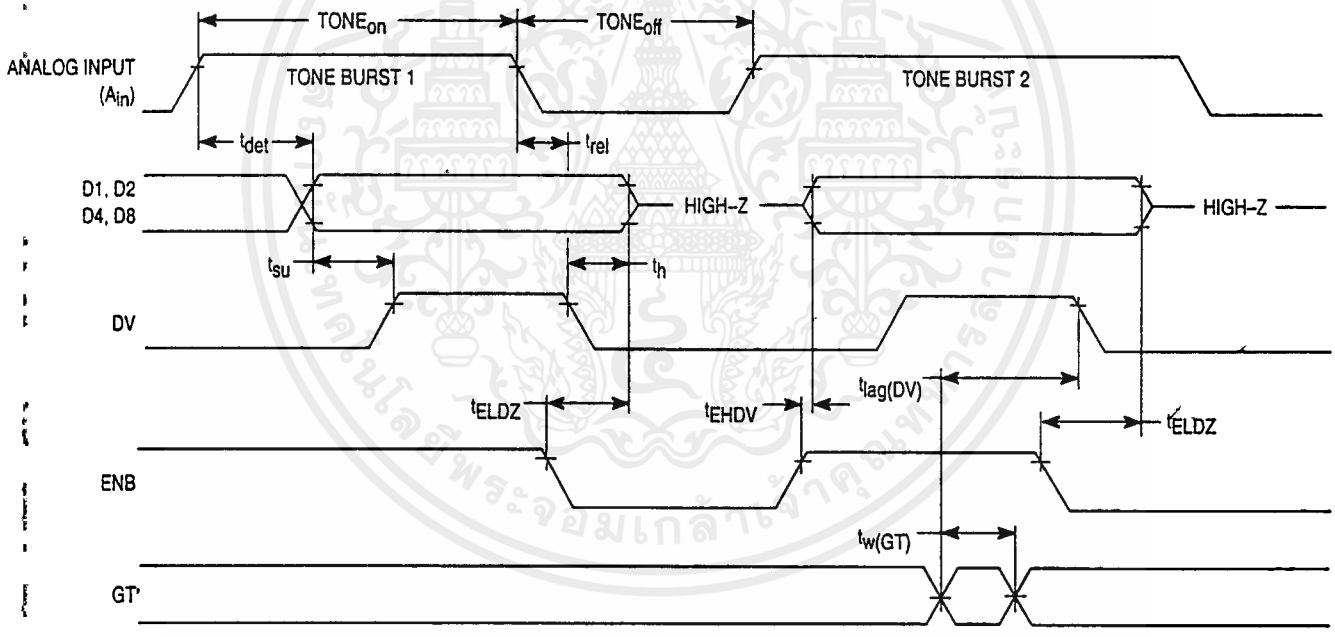
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5.0 V ± 10%, T_A = – 40 to + 85°C)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Tone On Time	For Detection For Rejection	$TONE_{on}$	40 —	— —	— 20	ms
Pause Time	For Detection For Rejection	$TONE_{off}$	40 —	— —	— 20	ms
Detect Time	GT = 0 GT = 1	t_{det}	22 32	— —	40 50	ms
Release Time	GT = 0 GT = 1	t_{rel}	28 18	— —	40 30	ms
Data Setup Time		t_{su}	7	—	—	µs
Data Hold Time		t_h	4.2	4.6	5	ms
Pulse Width	GT	$t_{w(GT)}$	18	—	—	µs
DV Reset Lag Time		$t_{lag(DV)}$	—	—	5	ms
ENB High to Output DV*		t_{EHDV}	—	120	500	ns
ENB Low to Output High–Z*		t_{ELDZ}	—	110	300	ns

* Data out: C_L = 35 pF || R_L = 500 Ω.

TIMING DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTIONS

V_{DD}
Positive Power Supply (PDIP, SOG — Pin 4)

The digital supply pin, which is connected to the positive side of the power supply.

V_{SS}
Ground (PDIP — Pin 8, SOG — Pin 9)

Ground return pin is typically connected to the system ground.

D1, D2, D4, D8
Data Output (PDIP — Pins 2, 1, 14, 13; SOG — Pins 2, 1, 16, 15)

These digital outputs provide the hexadecimal codes corresponding to the detected digit. The digital outputs become valid after a tone pair has been detected and are cleared when a valid pause is timed. See Table 1 for hexadecimal codes.These output pins are high impedance when the enable pin is at logic 0.

ENB
Enable (PDIP, SOG — Pin 3)

Outputs D1, D2, D4, D8 are enabled when ENB is at a logic 1, and high impedance (disabled) when ENB is at a logic 0.

GT
Guard Time (PDIP — Pin 5, SOG — Pin 6)

The guard time control input provides two sets of detected time and release time, both within the allowed ranges of tone on and tone off (see Figure 1). A longer tone detect time rejects signals too short to be considered valid. With GT = 1, talk off performance is improved, since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal conditions long enough to be accepted. In addition, a shorter release time reduces the probability that a pause simulated by an interrupt in speech will be detected as a valid pause. On the other hand, a shorter tone detect time with a long release time would be appropriate for an extremely noisy environment where fast acquisition time and immunity to dropouts would be required. In general, the tone signal time generated by a telephone is 100 ms, nominal, followed by a pause of about 100 ms. A high–to–low or low–to–high transition on the GT pin resets the internal logic and the MC145436A is immediately ready to accept a new tone input. If left open, this pin is internally pulled to ground.

Table 1. Hexadecimal Codes

Digit	Output Code			
	D8	D4	D2	D1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0
A	1	1	0	1
B	1	1	1	0
C	1	1	1	1
D	0	0	0	0

X_{en}
Oscillator Enable (PDIP — Pin 6, SOG — Pin 7)

A logic 1 on X_{en} enables the on–chip crystal oscillator. When using alternate time base from the ATB pin, X_{en} should be tied to V_{SS}.

A_{in}
Analog Input (PDIP — Pin 7, SOG — Pin 8)

This pin accepts the analog input and is internally biased so that the input signal may be ac coupled. The input may be dc coupled so long as it does not exceed the positive supply (see Figure 2).

X_{in}/X_{out}
Oscillator In and Oscillator Out (PDIP — Pins 10, 9; SOG — Pins 11, 10)

These pins connect to an internal crystal oscillator. In operation, a parallel resonant crystal is connected from X_{in} to X_{out}, as well as a 1 MΩ resistor in parallel with the crystal. When using the alternate clock source from ATB, X_{in} should be tied to V_{DD}.

ATB
Alternate Time Base (PDIP — Pin 11, SOG — Pin 12)

This pin serves as a frequency reference when more than one MC145436A is used, so that only one crystal is required for multiple MC145436As. When doing so, all ATB pins should be tied together as shown in Figure 3. When only one MC145436A is used, this pin should be left unconnected. The output frequency of ATB is 447.4 kHz.

DV
Data Valid (PDIP — Pin 12, SOG — Pin 14)

DV signals a detection by going high after a valid tone pair is sensed and decoded at output pins D1, D2, D4, D8. DV remains high until a loss of the current DTMF signal occurs or until a transition in GT occurs.

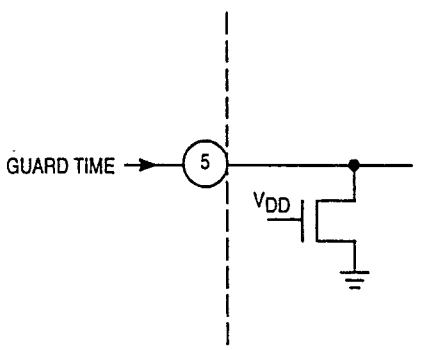


Figure 1. Guard Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และการใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

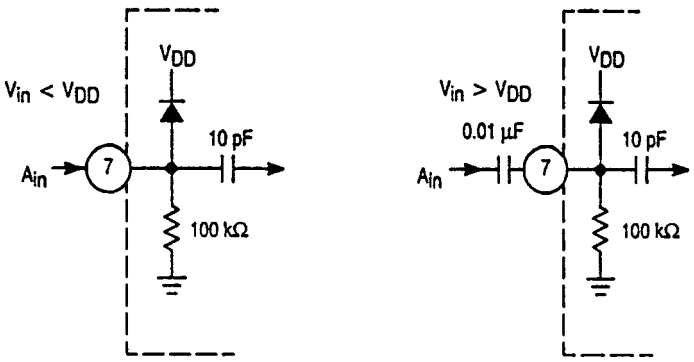


Figure 2. Analog Input (Operational Information Based on PDIP Package)

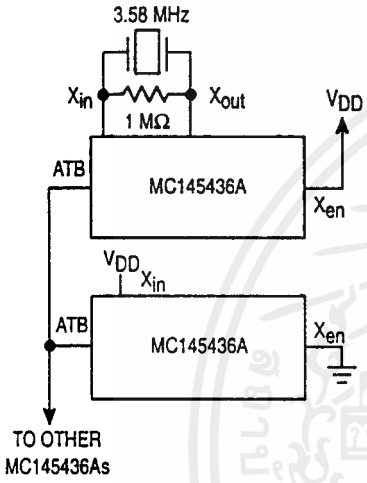


Figure 3. Multiple MC145436As

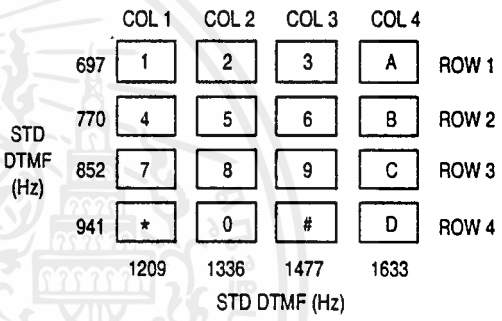
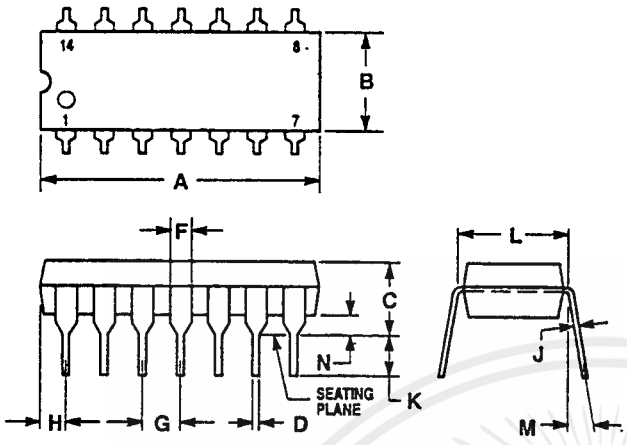


Figure 4. 4 × 4 Keyboard Matrix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

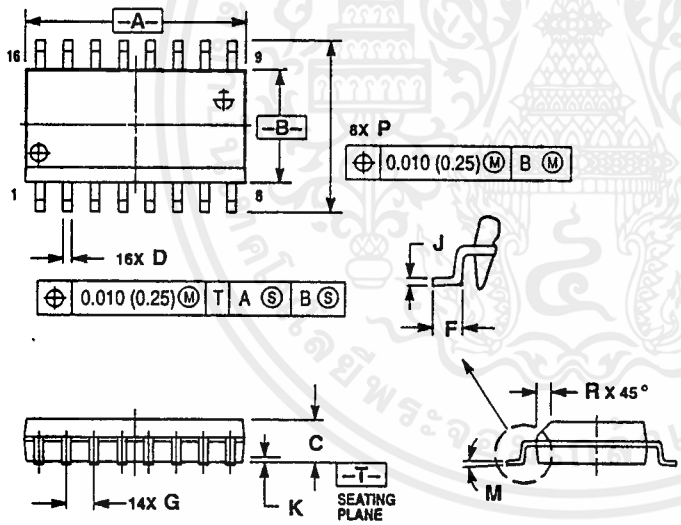
P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 646–06



NOTES:
1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G–02



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

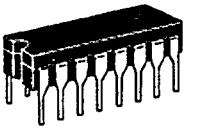
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14028B

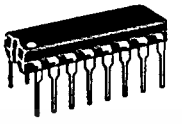
BCD-To-Decimal Decoder
Binary-To-Octal Decoder

The MC14028B decoder is constructed so that an 8421 BCD code on the four inputs provides a decimal (one–of–ten) decoded output, while a 3–bit binary input provides a decoded octal (one–of–eight) code output with D forced to a logic "0". Expanded decoding such as binary–to–hexadecimal (one–of–16), etc., can be achieved by using other MC14028B devices. The part is useful for code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, or readout decoding.

- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low–power TTL Loads or One Low–power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Positive Logic Design
- Low Outputs on All Illegal Input Combinations
- Similar to CD4028B.



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648

D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBD	SOIC

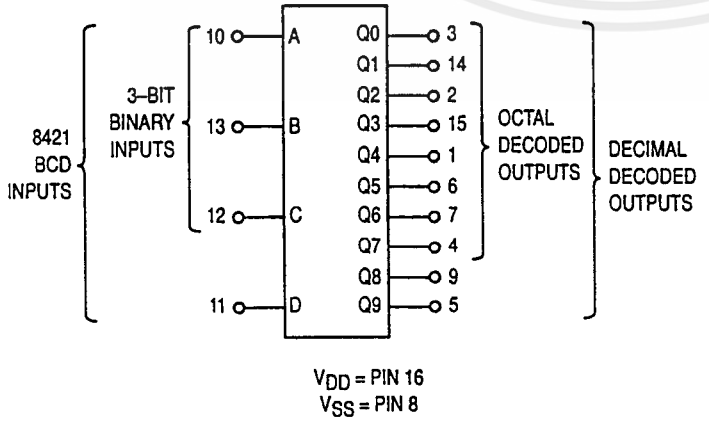
T_A = – 55° to 125°C for all packages.

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

BLOCK DIAGRAM



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

TRUTH TABLE

D	C	B	A	Q9	Q8	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

© Motorola, Inc. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ 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_O = 4.5 or 0.5 Vdc)	V_{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc
(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_O = 0.5 or 4.5 Vdc)	V_{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
(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										mAdc
(V_{OH} = 2.5 Vdc) Source	I_{OH}	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	µAdc
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	µAdc
		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 = (0.3 µA/kHz) f + I_{DD}							µAdc
		10	I_T = (0.6 µA/kHz) f + I_{DD}							
		15	I_T = (0.9 µA/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.

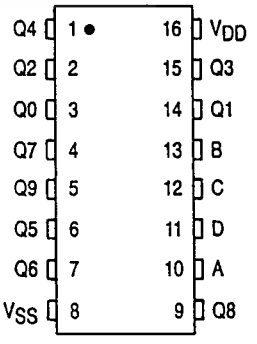
† To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

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

where: I_T is in µA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} − V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.001.

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.

PIN ASSIGNMENT



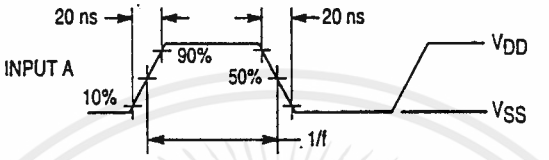
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Characteristic	Symbol	V_{DD}	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise and Fall Time	t_{TLH},					ns
t_{TLH}, t_{THL} = (1.5 ns/pF) C_L + 25 ns	t_{THL}	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},					ns
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 215 ns	t_{PHL}	5.0	—	300	600	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 97 ns		10	—	130	260	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 65 ns		15	—	90	180	

* 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.

Inputs B, C, and D switching in respect to a BCD code.



All outputs connected to respective C_L loads. f in respect to a system clock.

Inputs A, B, and D low.

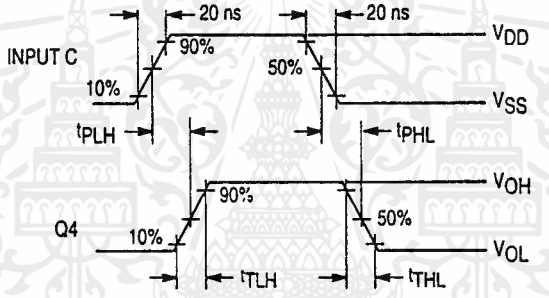
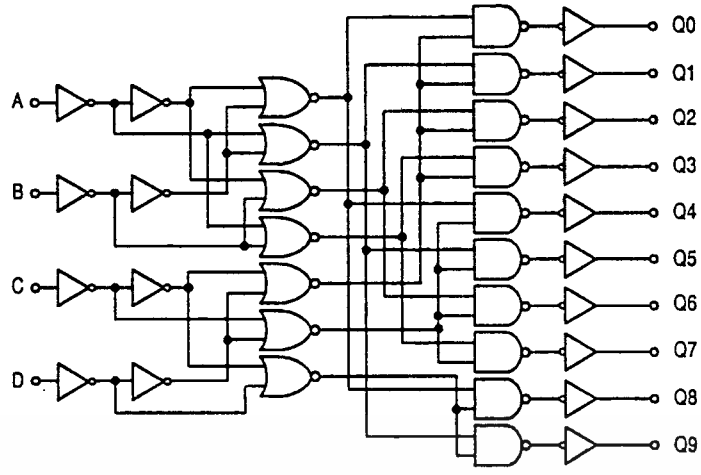


Figure 1. Dynamic Signal Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



APPLICATIONS INFORMATION

Expanded decoding can be performed by using the MC14028B and other CMOS Integrated Circuits. The circuit in Figure 2 converts any 4–bit code to a decimal or hexadecimal code. The accompanying table shows the input binary combinations, the associated "output numbers" that go "high" when selected, and the "redefined output numbers" needed for the proper code. For example: For the combination DCBA = 0111 the output number 7 is redefined for the 4–bit binary, 4–bit gray, excess–3, or excess–3 gray codes as 7, 5, 4, or 2, respectively. Figure 3 shows a 6–bit binary 1–of–64 decoder using nine MC14028B circuits and two MC14069UB inverters.

The MC14028B can be used in decimal digit displays, such as, neon readouts or incandescent projection indicators as shown in Figure 4.

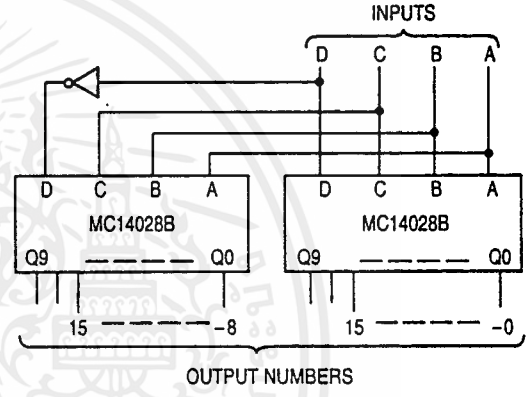


Figure 2. Code Conversion Circuit and Truth Table

Inputs				Output Numbers																Code and Redefined Output Numbers					
																				Hexadecimal			Decimal		
D	C	B	A	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	4–Bit Binary	4–Bit Gray	Excess–3	Excess–3 Gray	Aiken	4221
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1			1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3		0	2	2
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2	0	3	3	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	7	1	4	4	
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	6	2			3
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	4	3	1		4
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	5	4	2		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15	5			
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	14	6			5
1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12	7	9		6
1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	13	8		5	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	9	5	6	
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	9		6	7	7
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	11		8	8	8
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	10		7	9	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

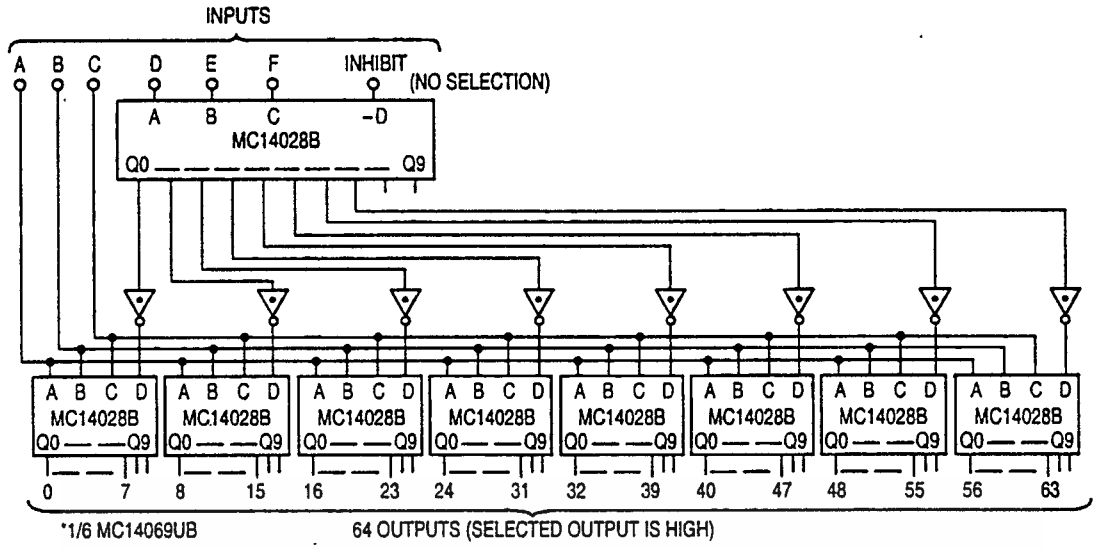


Figure 3. Six–Bit Binary 1–of–64 Decoder

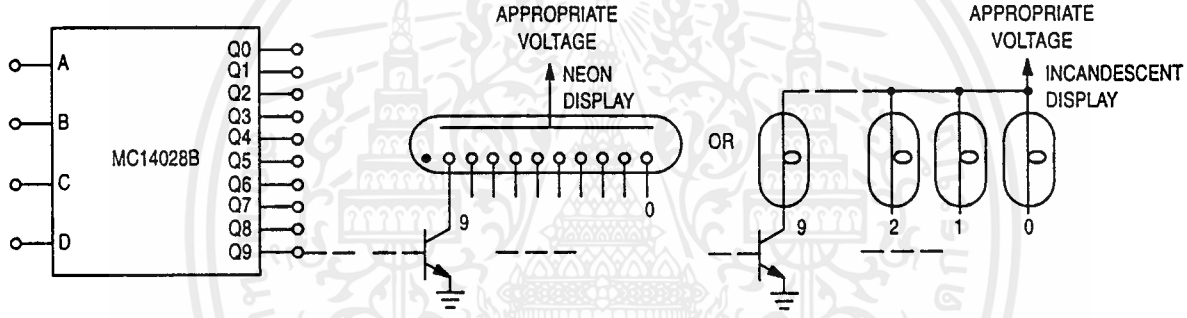
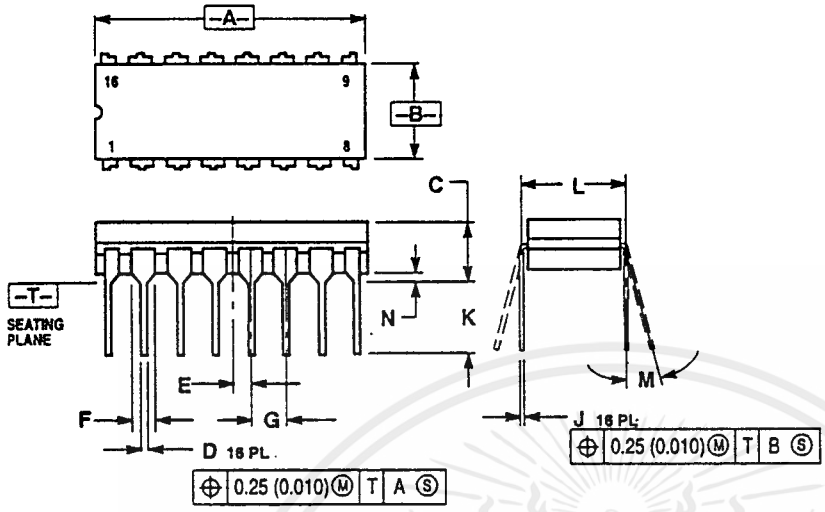


Figure 4. Decimal Digit Display Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

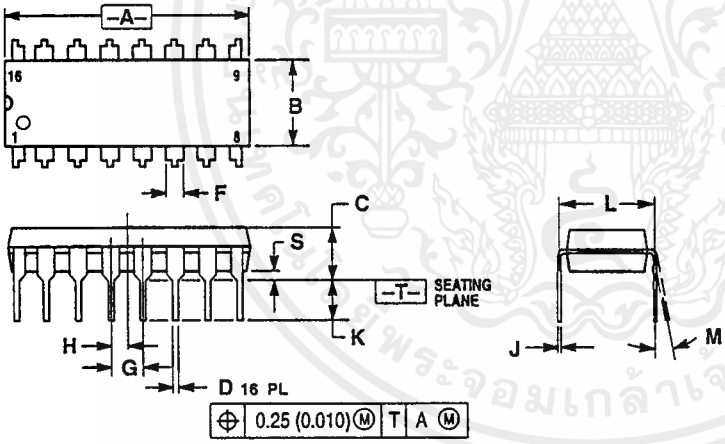
L SUFFIX
CERAMIC DIP PACKAGE
CASE 620–10
ISSUE V



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



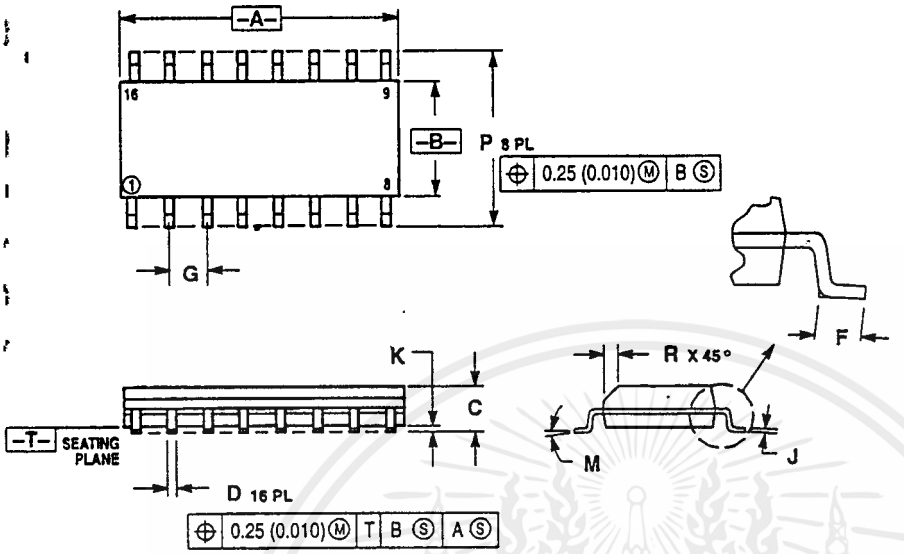
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	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

D SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751B–05
ISSUE J



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 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.80	10.00	0.386	0.393
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

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 ⓜ 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

February 1995

LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

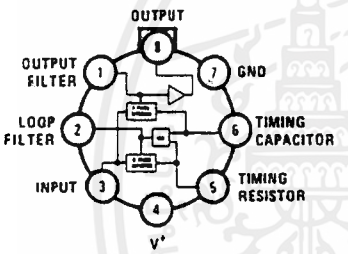
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

Connection Diagrams

Metal Can Package

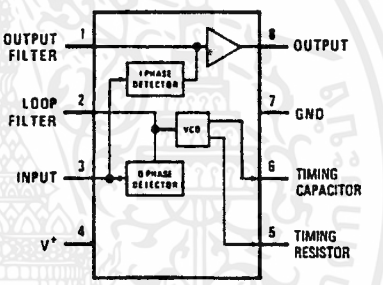


TL/H/6975–1

Top View

Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



TL/H/6975–2

Top View

Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/6975

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 1)	1100 mW
V_8	15V
V_3	−10V
V_3	V_4 + 0.5V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Operating Temperature Range	
LM567H	−55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics AC Test Circuit, T_A = 25°C, V^+ = 5V

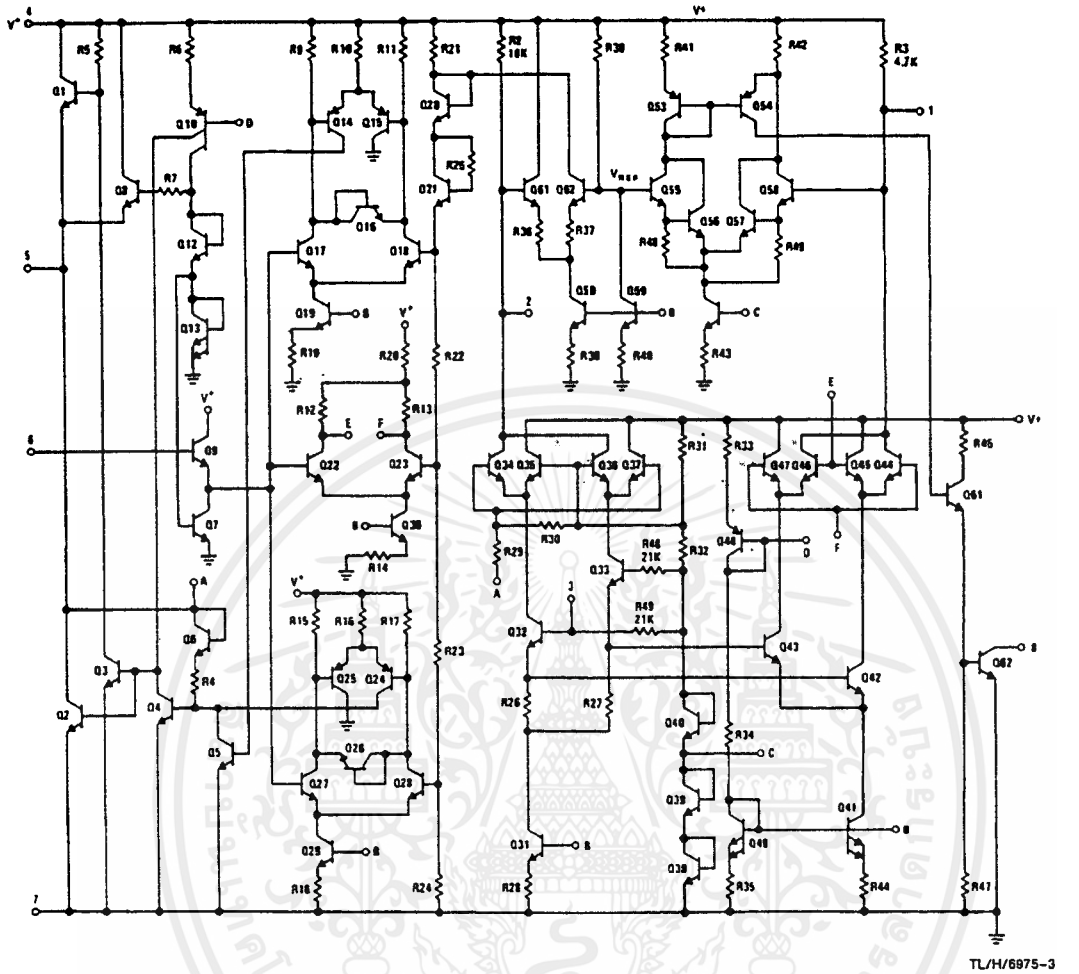
Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	R_L = 20k		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	R_L = 20k		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		kΩ
Smallest Detectable Input Voltage	I_L = 100 mA, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	I_C = 100 mA, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	B_n = 140 kHz		−6			−6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1			±0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75 − 6.75V		±1	±2		±1	±5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75–5.75V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		35 ± 60 35 ± 140			35 ±60 35 ± 140		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V − 6.75V 4.75V − 9V		0.5	1.0 2.0		0.4	2.0 2.0	%/V %/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			f_o/20			f_o/20		
Output Leakage Current	V_8 = 15V		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	e_i = 25 mV, I_8 = 30 mA e_i = 25 mV, I_8 = 100 mA		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

Note 1: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

Note 2: Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

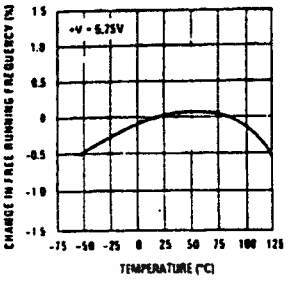


TL/H/6975-3

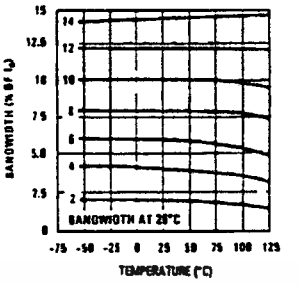
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

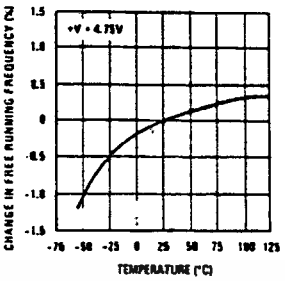
Typical Frequency Drift



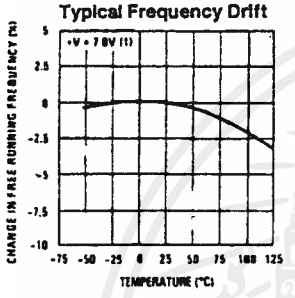
Typical Bandwidth Variation



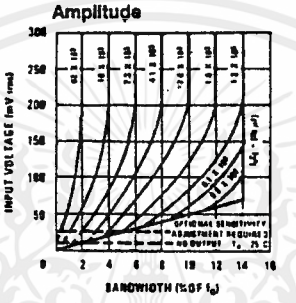
Typical Frequency Drift



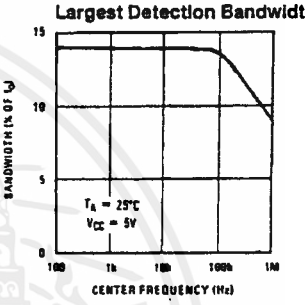
Typical Frequency Drift



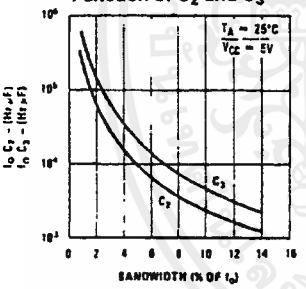
Bandwidth vs Input Signal Amplitude



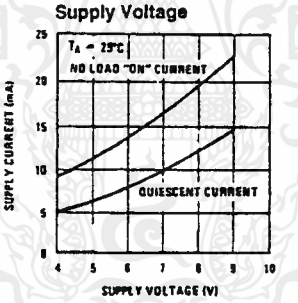
Largest Detection Bandwidth



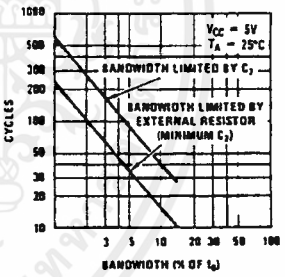
Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



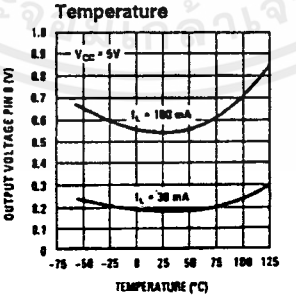
Typical Supply Current vs Supply Voltage



Greatest Number of Cycles Before Output



Typical Output Voltage vs Temperature

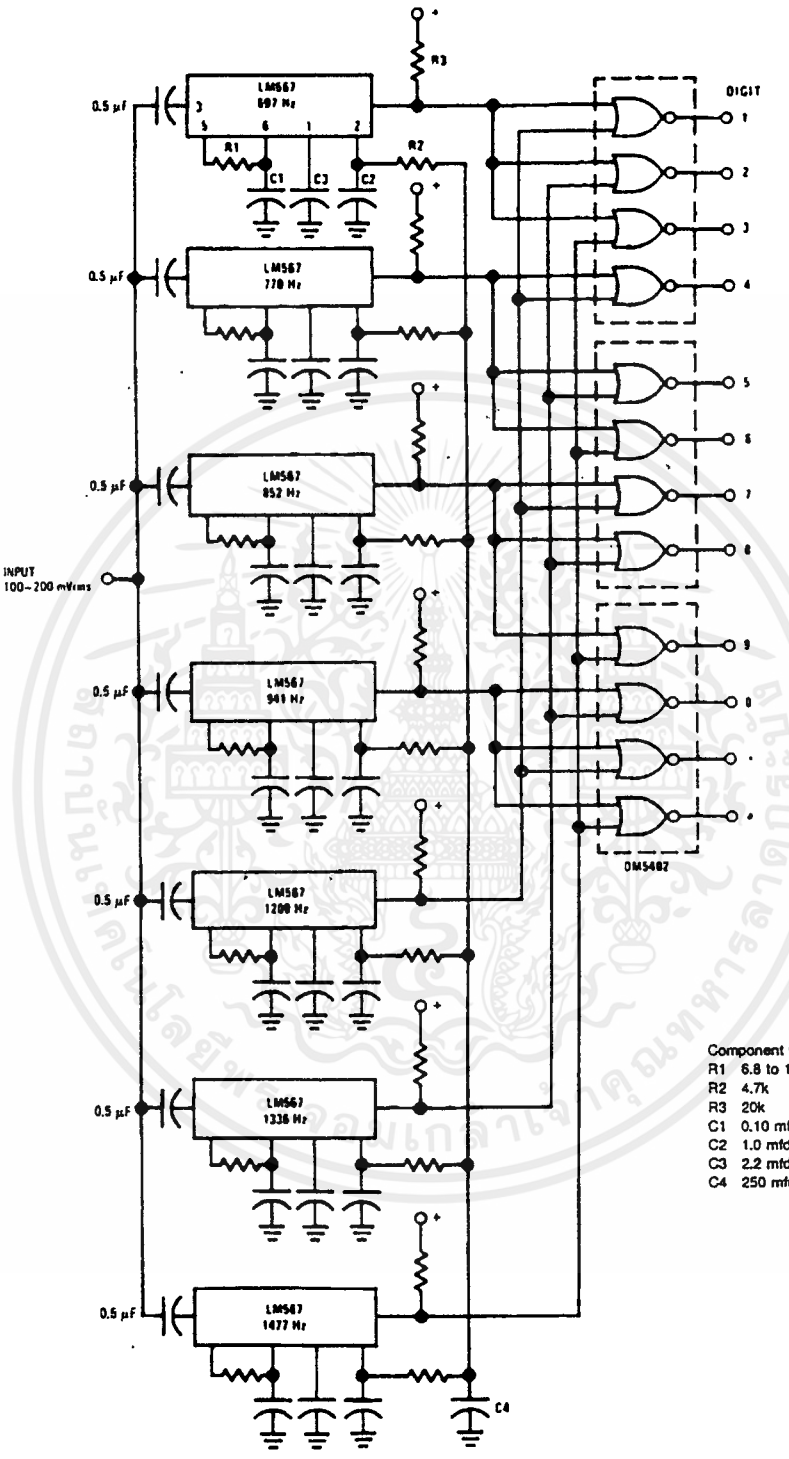


TL/H/6975–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Touch-Tone Decoder



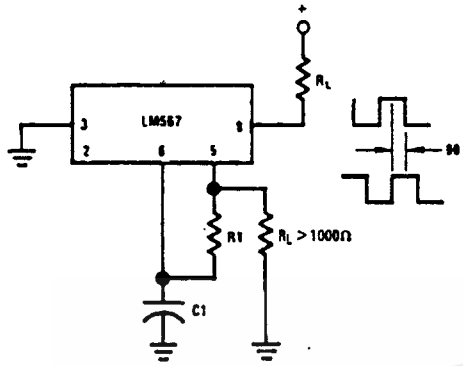
Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

TL/H/6975–5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

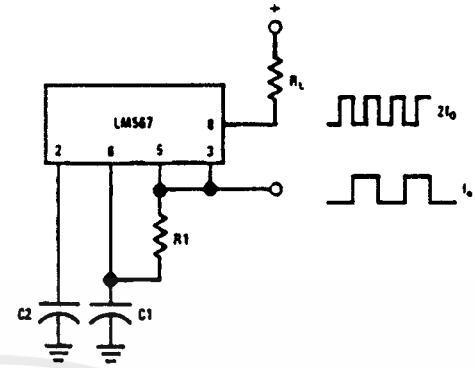
Oscillator with Quadrature Output



Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

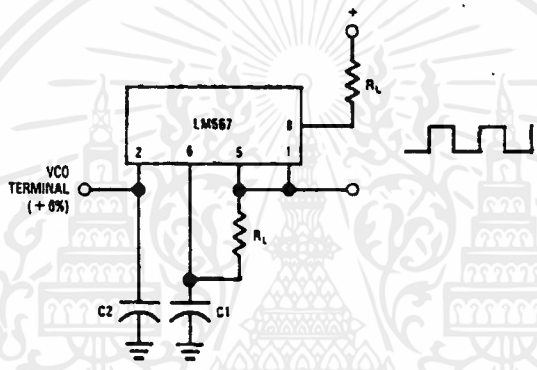
TL/H/6975–6

Oscillator with Double Frequency Output



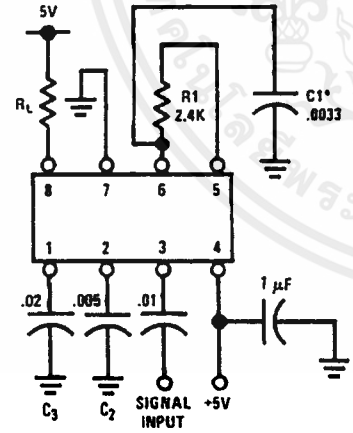
TL/H/6975–7

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



TL/H/6975–8

AC Test Circuit



TL/H/6975–9

f_i = 100 kHz + 5V

*Note: Adjust for f_o = 100 kHz.

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_o \approx \frac{1}{1.1\, R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \text{ in \% of } f_o$$

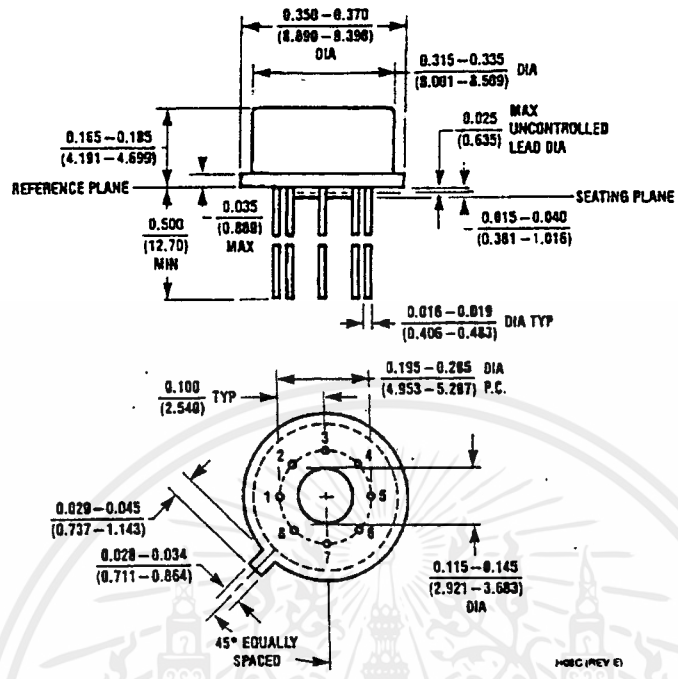
Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200$ mV

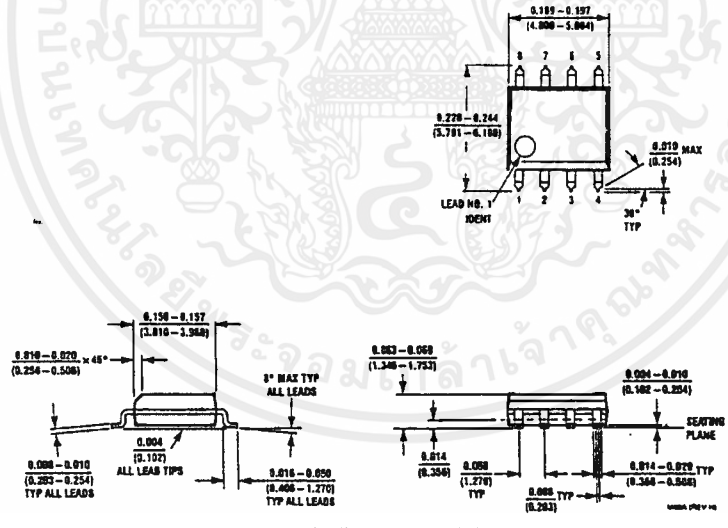
C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



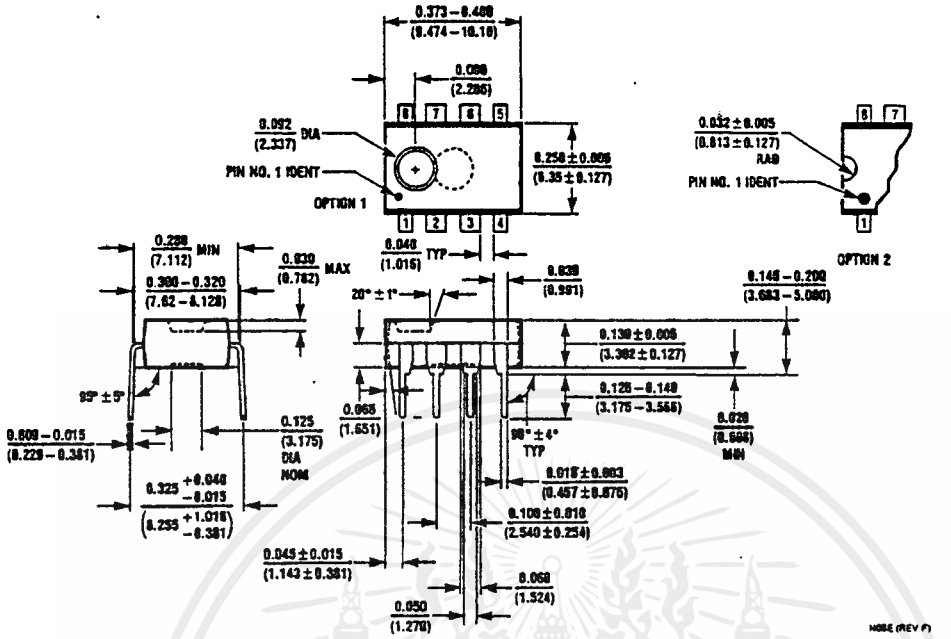
Metal Can Package (H)
Order Number LM567H or LM567CH
NS Package Number H08C



Small Outline Package (M)
Order Number LM567CM
NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM567CN
NS Package Number N08E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

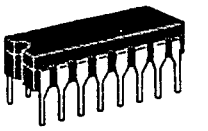
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14017B

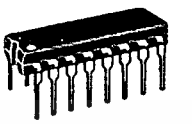
Decade Counter

The MC14017B is a five–stage Johnson decade counter with built–in code converter. High speed operation and spike–free outputs are obtained by use of a Johnson decade counter design. The ten decoded outputs are normally low, and go high only at their appropriate decimal time period. The output changes occur on the positive–going edge of the clock pulse. This part can be used in frequency division applications as well as decade counter or decimal decode display applications.

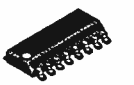
- Fully Static Operation
- DC Clock Input Circuit Allows Slow Rise Times
- Carry Out Output for Cascading
- Divide–by–N Counting
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low–power TTL Loads or One Low–power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin–for–Pin Replacement for CD4017B
- Triple Diode Protection on All Inputs



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBD	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

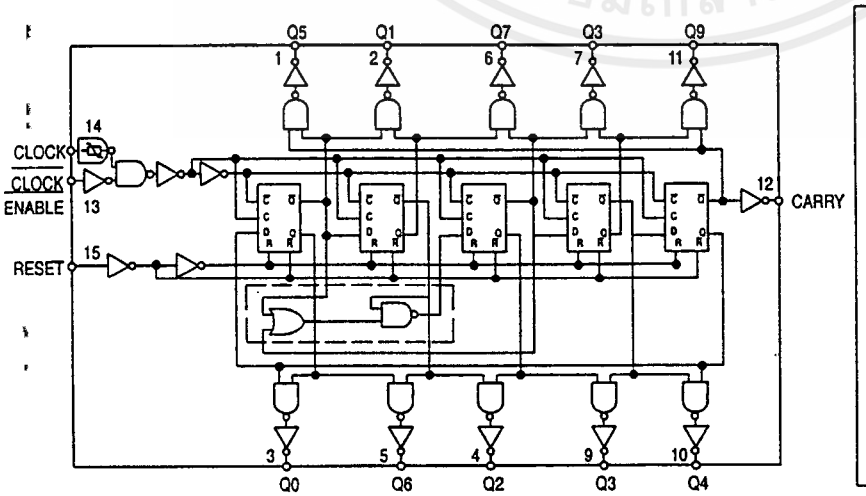
* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: – 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: – 12 mW/°C From 100°C To 125°C

FUNCTIONAL TRUTH TABLE
(Positive Logic)

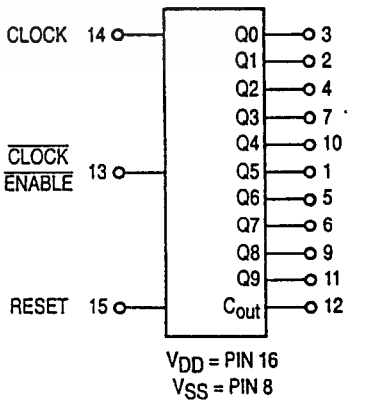
Clock	$\overline{\text{Clock}}$ $\overline{\text{Enable}}$	Reset	Decode Output=n
0	X	0	n
X	1	0	n
X	X	1	Q0
↗	0	0	n+1
↘	X	0	n
X	↗	0	n
1	↘	0	n+1

X = Don't Care. If n < 5 Carry = "1", Otherwise = "0".

LOGIC DIAGRAM



BLOCK DIAGRAM



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

© Motorola, Inc. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ 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	µAdc
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	µAdc
		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 = (0.27 µA/kHz) f + I_{DD}							µAdc
		10	I_T = (0.55 µA/kHz) f + I_{DD}							
		15	I_T = (0.83 µA/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:

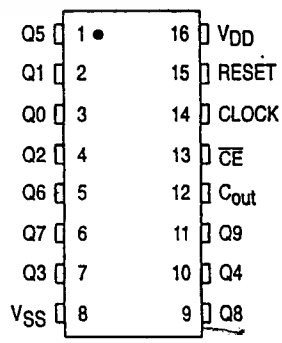
$$I_T(C_L) = I_T(50\ pF) + (C_L - 50)\ Vfk$$

where: I_T is in µA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} − V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.0011.

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.

PIN ASSIGNMENT



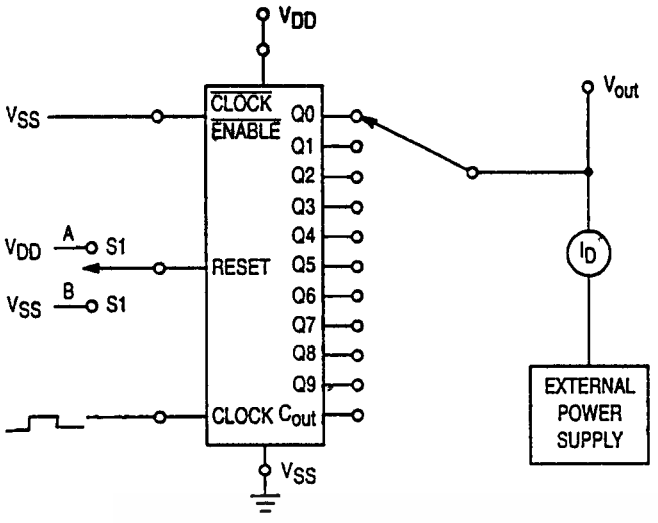
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise and Fall Time	t_{TLH},					ns
t_{TLH}, t_{THL} = (1.5 ns/pF) C_L + 25 ns	t_{THL}	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},					ns
Reset to Decode Output	t_{PHL}					
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 415 ns		5.0	—	500	1000	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/PF) C_L + 197 ns		10	—	230	460	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 150 ns		15	—	175	350	
Propagation Delay Time	t_{PLH},					ns
Clock to C_{out}	t_{PHL}					
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 315 ns		5.0	—	400	800	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 142 ns		10	—	175	350	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 100 ns		15	—	125	250	
Propagation Delay Time	t_{PLH},					ns
Clock to Decode Output	t_{PHL}					
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 415 ns		5.0	—	500	1000	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 197 ns		10	—	230	460	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 150 ns		15	—	175	350	
Turn–Off Delay Time	t_{PLH}					ns
Reset to C_{out}						
t_{PLH} = (1.7 ns/pF) C_L + 315 ns		5.0	—	400	800	
t_{PLH} = (0.66 ns/pF) C_L + 142 ns		10	—	175	350	
t_{PLH} = (0.5 ns/pF) C_L + 100 ns		15	—	125	250	
Clock Pulse Width	$t_{w(H)}$	5.0	250	125	—	ns
		10	100	50	—	
		15	75	35	—	
Clock Frequency	f_{cl}	5.0	—	5.0	2.0	MHz
		10	—	12	5.0	
		15	—	16	6.7	
Reset Pulse Width	$t_{w(H)}$	5.0	500	250	—	ns
		10	250	125	—	
		15	190	95	—	
Reset Removal Time	t_{rem}	5.0	750	375	—	ns
		10	275	135	—	
		15	210	105	—	
Clock Input Rise and Fall Time	t_{TLH},	5.0				—
	t_{THL}	10		No Limit		
		15				
$\overline{\text{Clock Enable}}$ Setup Time	t_{su}	5.0	350	175	—	ns
		10	150	75	—	
		15	115	52	—	
$\overline{\text{Clock Enable}}$ Removal Time	t_{rem}	5.0	420	260	—	ns
		10	200	100	—	
		15	140	70	—	

* 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	Output Sink Drive	Output Source Drive
Decode Outputs	(S1 to A)	Clock to desired outputs (S1 to B)
Carry	Clock to 5 thru 9 (S1 to B)	S1 to A
V_{GS} =	V_{DD}	$-V_{DD}$
V_{DS} =	V_{out}	$V_{out} - V_{DD}$

Figure 1. Typical Output Source and Output Sink Characteristics Test Circuit

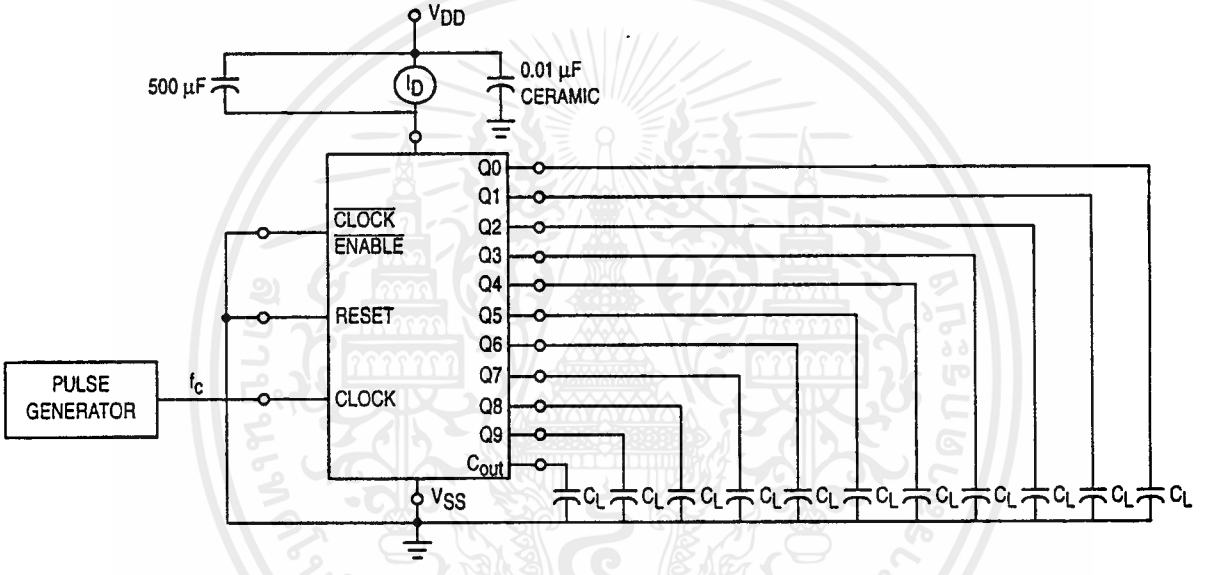


Figure 2. Typical Power Dissipation Test Circuit

APPLICATIONS INFORMATION

Figure 3 shows a technique for extending the number of decoded output states for the MC14017B. Decoded outputs are sequential within each stage and from stage to stage, with no dead time (except propagation delay).

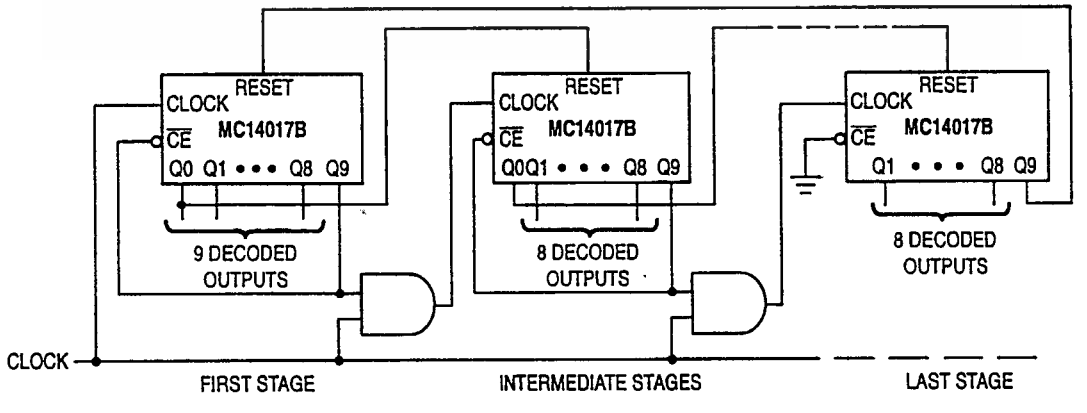


Figure 3. Counter Expansion

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

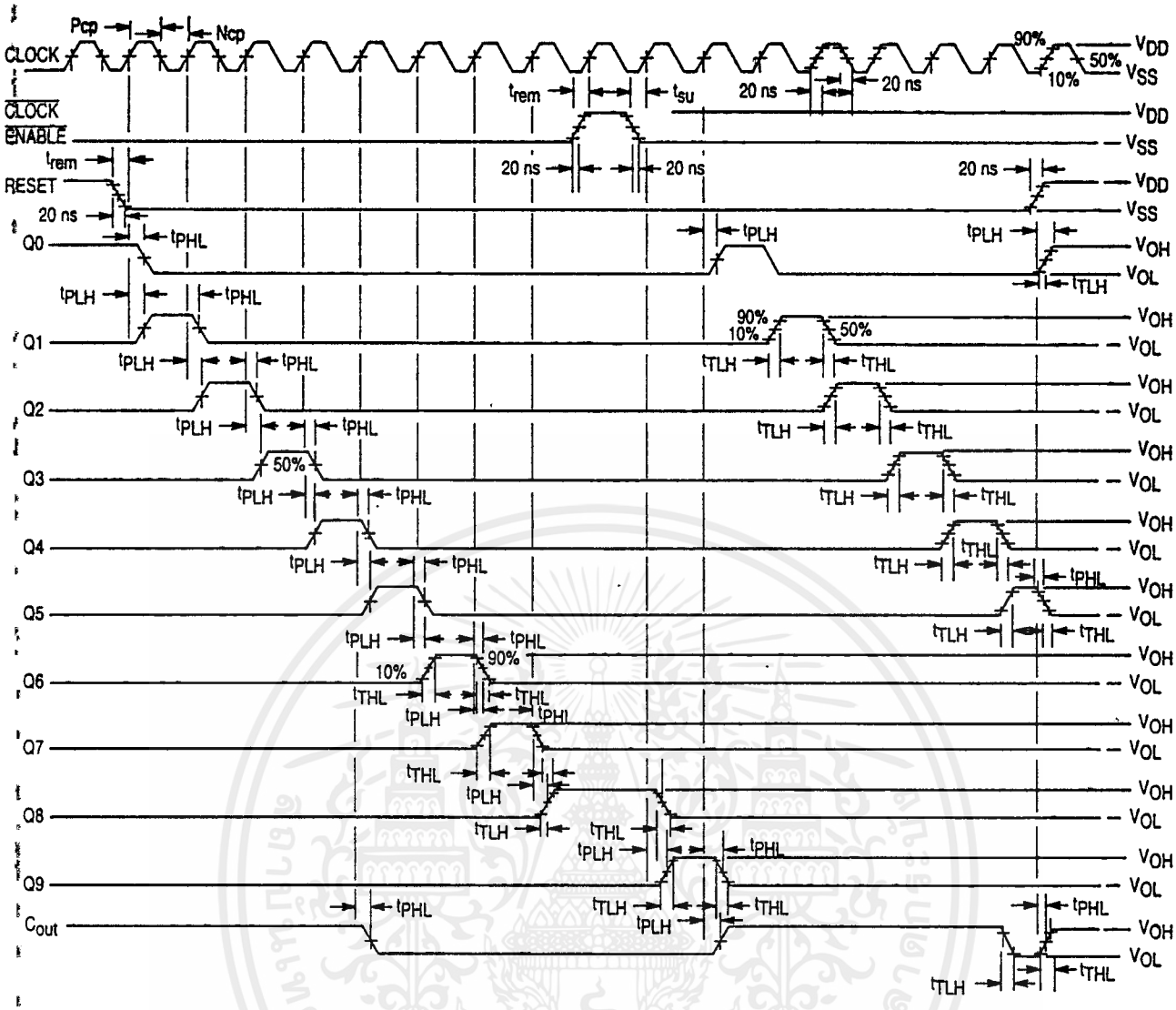


Figure 4. AC Measurement Definition and Functional Waveforms

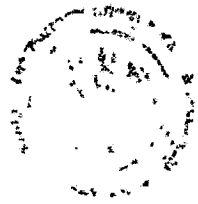
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์สุรพล บุญจันทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับเครื่องมือในการทดสอบการทำงานของโครงงาน ซึ่งโครงงานที่ได้สร้างขึ้นให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ

กลุ่มผู้จัดทำโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บรรณานุกรม

1. ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, "สื่อสารไร้พรหมแดนด้วยระบบโทรศัพท์", วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิคส์, ฉบับที่ 168-169, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด, กุมภาพันธ์ 2540-มีนาคม 2540

2. วารสารรวมโครงงานโทรศัพท์และอินเตอร์คอม, หน้า 22-33, 115-119 บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

3. นิธิ ใจแก้ว, "เครื่องโทรศัพท์", ปริญญานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้