สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ ที่มีวงจรการประชุมร่วมด้วยอุปกรณ์ FPGA

Design of PABX with conferencing circuits using FPGA

โดย

นายปริญญา จันทร์สุข

นายมารุต บุตรศรี

นายศราวุธ แดงเจริญ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62168
วัน,เดือน,ปี 31 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ ที่มีวงจรการประชุมร่วมด้วยอุปกรณ์ FPGA

Design of PABX with conferencing circuits using FPGA

โดย

นายปริญญา จันทร์สุข 45015015

นายมารุต บุตรศรี 45015026

นายศราวุธ แดงเจริญ 45015035

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ

อาจารย์ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติที่มีวงจรการประชุมร่วมด้วยอุปกรณ์ FPGA**

Design of PABX with conferencing circuits using FPGA

ผู้จัดทำ

1. นายปริญญา จันทร์สุข	**45015015**
2. นายมารุต บุตรศรี	**45015026**
3. นายศราวุธ แดงเจริญ	**45015035**

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทาง อัตโนมัติที่มีวงจรการประชุมร่วมด้วยอุปกรณ์ FPGA

Design of PABX with conferencing circuits using FPGA

โดย นายปริญญา จันทร์สุข 45015015

นายมารุต บุตรศรี 45015026

นายศราวุธ แดงเจริญ 45015035

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

อาจารย์ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติซึ่งสามารถรองรับการประชุมได้ 3 คู่สายภายใน ในส่วนของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาควบคุมการทำงาน ส่วนของชิปการประชุมร่วมใช้ภาษา VHDL ในการออกแบบและสังเคราะห์เป็นวงจร รวมทั้งโปรแกรมลงบนอุปกรณ์ FPGA เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรที่ทำให้สามารถประชุมร่วมได้ โดยใช้ชิป FPGA ของบริษัท Altera และโปรแกรม MAX plus II ในการออกแบบ

Abstract

This thesis presents a design of PABX which has 3 parties conference in group. The micro-controller is used to control PABX. The chip of conference is designed by VHDL followed by programing the data of design onto FPGA. The FPGA chip from Altera company is used and programed by MAX plusII to design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ชุมสายโทรศัพท์	2
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	3
2.3 ส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	7
2.4 ส่วนตอบรับและบันทึกเสียง	11
2.5 ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายนอก (MH88632)	12
2.6 โคเดค (CODEC)	14
2.7 ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน (MC33121)	16
2.8 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ	17
2.9 เทคนิคการสวิตชิ่งในชุมสาย	21
2.10 หลักการพื้นฐานของระบบชุมสายดิจิตอล	27
2.11 หลักการพื้นฐานของพีซีเอ็ม	27
2.12 หลักการทำชิพการประชุมโทรศัพท์	32
2.13 หลักการทำงานของวงจรประชุมร่วมทางโทรศัพท์	33
2.14 การออกแบบวงจรดิจิตอล	33
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	36
3.1 บล็อคไดอะแกรมรวม	36
3.2 ส่วนสร้างสัญญาณโทรศัพท์	37
3.3 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง	40
3.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและตอบรับโทรศัพท์ และ 2-4 ไฮบริดจ์ คอนเวอร์ชั่น	40
3.5 ส่วนรับสัญญาณ DTMF	41
3.6 วงจรการต่อคู่สายภายในเข้ากับโคเดค	42
3.7 ส่วนตอบรับและบันทึกเสียง	42
3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51)	43
3.9 แหล่งจ่ายไฟ	45
3.10 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาซิงค์และไทม์สล็อต	45
3.11 หลักการทำงานของชิป	46
3.12 ส่วนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	49
3.13 ดิจิตอลสวิตช์ (Digital Switch)	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 56
4.1 ส่วนสร้างสัญญาณโทรศัพท์ 56
4.2 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาสัญญาณซิงค์และไทม์สล็อต 58
4.3 ส่วนดิจิตอลสวิตชิ่งและโคเดค 60
4.4 ผลการทดลองของชิปการประชุม 61
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 64
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการต่อสวิตซ์ของชุมสายโทรศัพท์แบบอะนาล็อก	2
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล	2
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์	6
รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์	7
รูปที่ 2.6 ค่าความถี่โทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม	8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายใน MT8870	9
รูปที่ 2.8 แผนภูมิเวลาของ MT8870	10
รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของ ISD2590	11
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของ MH88632	12
รูปที่ 2.11 การปรับค่า Input Impedance เป็น 600 โอห์มหรือ 900 โอห์ม	13
รูปที่ 2.12 การปรับค่า Input Impedance ค่าต่าง ๆ	13
รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในของ MC145557	14
รูปที่ 2.14 การใช้งาน MC145557	15
รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายใน MC33121	16
รูปที่ 2.16 แสดงไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051	18
รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของ 8255	20
รูปที่ 2.18 การจัดการแลกเปลี่ยนไทม์สล็อต	22
รูปที่ 2.19 โครงสร้างพื้นฐานของไทม์สวิตซ์	22
รูปที่ 2.20 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ MT8980	23
รูปที่ 2.21 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)	28
รูปที่ 2.22 ค่าตัวอย่างสัญญาณที่ชักค่าออกมาได้ จะถูกประมาณด้วยค่าระดับดิสครีตที่ใกล้ที่สุด	29
รูปที่ 2.23 การคอมแพนด์พีซีเอ็มกับสัญญาณอะนาล็อกด้วยการบีบอัดและยืดขยายสัญญาณ	29
รูปที่ 2.24 ความสัมพันธ์ของอินพุท และเอาท์พุทของวงจรบีบสัญญาณตาม A-law	30
รูปที่ 2.25 ความสัมพันธ์ของอินพุท และเอาท์พุทของวงจรบีบสัญญาณตาม μ-law	31
รูปที่ 2.26 การเข้ารหัส (Coding)	32
รูปที่ 2.27 บล็อกไดอะแกรมการใช้งานโทรศัพท์เพื่อการประชุม	33
รูปที่ 2.28 แสดงขั้นตอนการออกแบบจากบนลงล่าง	34
รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมรวม	36
รูปที่ 3.2วงจรเวนบริดจ์ ออสซิลเลเตอร์	37
รูปที่ 3.3 วงจรสร้างพัลส์คอนโทรลอะนาล็อกสวิตช์	38
รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณโทนต่างๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง 40
รูปที่ 3.6 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับ CO-TRUNK 40
รูปที่ 3.7 วงจรในส่วนตรวจสอบสัญญาณ DTMF 41
รูปที่ 3.8 วงจรการต่อคู่สายภายในเข้ากับโคเดค 42
รูปที่ 3.9 แผนภูมิเวลาในการบันทึกของ ISD2590 42
รูปที่ 3.10 แผนภูมิเวลาในการเล่นกลับของ ISD2590 43
รูปที่ 3.11 การต่อใช้งานไอซีบันทึกเสียง ISD2590 43
รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ 45
รูปที่ 3.13 แหล่งจ่ายไฟ +5V,-5V และ -48V 45
รูปที่ 3.14 ไทม์สล็อตและสัญญาณเฟรมซิงค์ 46
รูปที่ 3.15 แผนภาพเวลาที่ใช้เป็นหลักการออกแบบชิปการประชุมทางโทรศัพท์ 47
รูปที่ 3.16 รูปการทำงานของการประชุมร่วม 47
รูปที่ 3.17 การต่อใช้งานดิจิตอลสวิตช์ MT8980D 49
รูปที่ 3.18a โฟล์วชาร์ทของส่วนโปรแกรมหลัก 50
รูปที่ 3.18b โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการโทรเข้ามาของสายนอก 51
รูปที่ 3.18c โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการโทรออกของสายใน (1) 52
รูปที่ 3.18d โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการโทรออกของสายใน (2) 53
รูปที่ 3.18e โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการประชุมร่วม 54
รูปที่ 3.19 โฟล์วชาร์ทของโปรแกรมควบคุมดิจิตอลสวิตช์ 55
รูปที่ 4.1 ซายน์ความถี่ 400 Hz ที่ได้จากวงจรเวนบริดจ์ ออสซิลเลเตอร์ 56
รูปที่ 4.2 สัญญาณจากไอซี 555 เพื่อคอนโทรลอะนาล็อกสวิตช์ สร้างสัญญาณไม่ว่าง 57
รูปที่ 4.3 สัญญาณจากไอซี 555 เพื่อคอนโทรลอะนาล็อกสวิตช์ สร้างสัญญาณเรียกกลับ 57
รูปที่ 4.4 สัญญาณไม่ว่าง 57
รูปที่ 4.5 สัญญาณเรียกกลับ 58
รูปที่ 4.6 สัญญาณกระดิ่ง 58
รูปที่ 4.7 ผลของสัญญาณไทม์สล็อต 58
รูปที่ 4.8 สัญญาณชาแนลซิงค์ ของสัญญาณที่ชาแนล 0 59
รูปที่ 4.9 สัญญาณเฟรมซิงค์เปรียบเทียบกับสัญญาณชาแนลซิงค์ที่ 31 59
รูปที่ 4.10 สัญญาณเฟรมซิงค์เปรียบเทียบกับสัญญาณชาแนลซิงค์ที่ 0 60
รูปที่ 4.11 ผลดิจิตอลเอาท์พุทของโคเดค 60
รูปที่ 4.12 ผลอินพุทและเอาท์พุทของโคเดค 61
รูปที่ 4.13 ผลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน 61
รูปที่ 4.14 ผลรวมของข้อมูลผู้ประชุมร่วม 62
รูปที่ 4.15 ผลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบขนานเป็นอนุกรม 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 ผลของโมดูลกำเนิดช่องสัญญาณ 63
รูปที่ 4.17 ผลการจำลองการทำงานของวงจรการประชุมทางโทรศัพท์ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่คู่ต่าง ๆ	10
ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานที่ใช้ในอัตราขยายต่าง ๆ	14
ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชั่นแต่ละขาของ MC33121	17
ตารางที่ 2.4 แสดงการต่อใช้งาน Port ของ 8255	21
ตารางที่ 2.5 แอดเดรสเมมโมรี่แม็พ (Address Memory Map)	24
ตารางที่ 2.6 คอนโทรลรีจิสเตอร์บิท (Control Register Bit)	25
ตารางที่ 2.7 ความหมายของแต่ละบิทของคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โล	26
ตารางที่ 2.8 ความหมายแต่ละบิทของคอนเนคชั่นเมมโมรี่ ไฮ	26
ตารางที่ 2.9 คุณลักษณะการเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ A-Law	31
ตารางที่ 3.1 ตารางการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มเป็นข้อมูลเชิงเส้นแบบ A-law	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารได้มีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากช่วยให้บุคคล องค์กร หน่วยงานต่าง ๆ สามารถติดต่อ ประสานงานกันได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ หนึ่งในระบบสื่อสารที่ได้รับความนิยมและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด ตั้งแต่อดีตมานั้นก็คือระบบโทรศัพท์ เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและใช้งานง่าย

ในการใช้งานโทรศัพท์นั้น บางครั้งผู้เช่าเป็นบริษัทหรือหอพัก ซึ่งมีความต้องการใช้โทรศัพท์ต่างออกไปจากผู้เช่าตามบ้านพักอาศัย กล่าวคือ ผู้เช่าเหล่านี้มีแผนกหรือห้องพักต่าง ๆ หลายห้อง โดยแต่ละห้องแต่ละแผนกก็ต้องการความเป็นส่วนตัวในการโทรติดต่อและถ้าเช่าสายเท่ากับจำนวนห้องทุกห้องก็จะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายสำหรับหอพักหรือบริษัทขึ้นในแต่ละห้องมีความต้องการในการใช้โทรศัพท์ต่างเวลากันหรือใช้พร้อมกันน้อยครั้ง จากหลักการนี้ทำให้ผู้เช่าสามารถเช่าสายโทรศัพท์เพียงเบอร์เดียวหรือจำนวนน้อยกว่าจำนวนห้องได้ แล้วสลับสายให้ห้องที่ต้องการใช้งานในขณะนั้นให้ได้ใช้สายที่เช่ามาเมื่อวางสายก็พร้อมจะสลับไปในห้องอื่นต่อไปซึ่งจะทำให้เกิดการใช้เบอร์ที่เช่ามาอย่างคุ้มค่าและประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนเช่าเบอร์

ชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติหรือ PABX (Private Automatic Branch Exchange) ก็เป็นอุปกรณ์ภายในสำนักงานชนิดหนึ่งที่นิยมในปัจจุบันซึ่งอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ภายในชุมสายได้เป็นอย่างมาก โดยมีบริการพิเศษเพิ่มให้อีกเช่น การเรียกสายภายในโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย,การประชุมร่วมกันได้ และอื่นๆ ซึ่งบริการเหล่านี้ไม่เสียค่าบริการและไม่มีในสายที่เช่ามาและยังมีบริการอื่นๆอีกมากมายโดยขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมและฮาร์ดแวร์อีกเพียงเล็กน้อยซึ่งสามารถเพิ่มเติมและเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

โดยตู้โทรศัพท์สาขาอัตโนมัติในโครงงานนี้ยังใช้เทคโนโลยีของภาษา VHDL ในการออกแบบวงจรการประชุมร่วมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 ชุมสายโทรศัพท์

2.1.1 ชุมสายโทรศัพท์แบบอะนาล็อก

เป็นชุมสายที่ทำการตัดต่อสัญญาณโดยใช้ อุปกรณ์สวิตชิ่งแบบอะนาล็อกสวิตชิ่ง คือจะทำหน้าที่รับสัญญาณที่มาจากเครื่องโทรศัพท์และคอยตัดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ โดยจะทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เครื่องโทรศัพท์ปลายทางจะถูกต่อกับชุดสวิตซ์ รูปแบบของสัญญาณที่รับได้จากเครื่องปลายทางนั้นจะเหมือนสัญญาณจากเครื่องต้นทางและในเครื่องชุมสายแบบอะนาล็อกนี้เครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะถูกต่อผ่านชุมสายโดยตรงถึงกัน

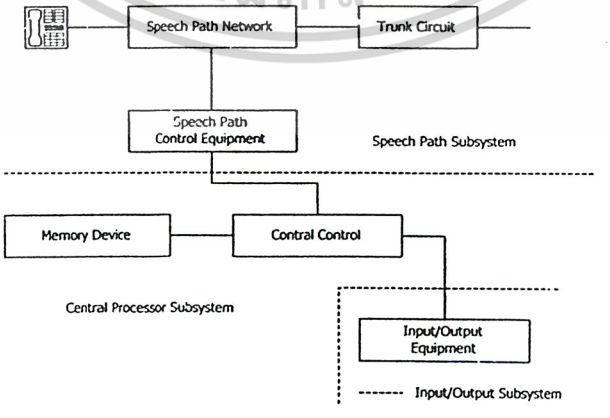
รูปที่ 2.1 หลักการต่อสวิตซ์ของชุมสายโทรศัพท์แบบอะนาล็อก

2.1.2 ชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล

ในระบบดิจิตอลนั้นจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าดิจิตอลสวิตชิ่ง ชุมสายดิจิตอลประกอบไปด้วยวงจรของ LSI จำนวนมากสำหรับทำหน้าที่เป็นตัวสวิตชิ่งโดยการทำงานคือจะทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงไปเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน (เลขฐานสอง ‘0’ กับ ‘1’) จากนั้นจึงต่อเข้ากับดิจิตอลสวิตช์และจากดิจิตอลสวิตช์สัญญาณดิจิตอลจะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณอะนาล็อกก่อนส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์

โครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล

โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วน ดังรูป



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนของวงจรเสียงพูดผ่าน (Speech Path Subsystem) ทำหน้าที่ต่อวงจรการพูดระหว่างผู้เช่ากับผู้เช่าหรือต่อวงจรของผู้เช่าไปยังชุมสายอื่น ประกอบด้วย วงจรเสียงพูดผ่าน (Speech Path Network), อุปกรณ์ทรั้ง (Trunk Circuit), อุปกรณ์ควบคุมวงจรเสียงพูดผ่าน (Speech Path Control Equipment)

2. ส่วนของเซนทรัลโปรเซสเซอร์ (Central Processor Subsystem) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องชุมสาย ประกอบด้วย ส่วนควบคุมส่วนกลาง (Central Control) และอุปกรณ์เมมโมรี่ (Memory Device) โดยที่ส่วนควบคุมส่วนกลางจะอ่านข้อมูลจากเมมโมรี่มาใช้ควบคุมส่วนของวงจรเสียงพูดผ่านและส่วนของ อินพุท/เอาท์พุท

3. ส่วนของ อินพุท/เอาท์พุท (Input / Output Subsystem) เป็นส่วนที่มีไว้ให้ช่างเทคนิคติดต่อสื่อสารกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เช่น เปลี่ยนแปลงโปรแกรม บันทึกข้อมูลจากเครื่องชุมสาย เป็นต้น

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

เครื่องรับโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์โทรคมนาคมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้สะดวกและรวดเร็ว และให้ข่าวสารที่รวดเร็วและฉับไว ค่าใช้จ่ายถูก จึงเป็นที่นิยมกันอย่างมาก โทรศัพท์ที่เห็นกันอยู่ทั่วๆไปมี 2 แบบคือ แบบหมุนและแบบสัญญาณความถี่คู่ (DTMF) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบกดปุ่ม ซึ่งโทรศัพท์แบบหมุนเป็นระบบดั้งเดิมซึ่งปัจจุบันกำลังจะเลิกใช้ ปัจจุบันระบบกดปุ่มนิยมใช้กันมาก หน้าที่หลักๆของโทรศัพท์มีดังนี้

2.2.1 สัญญาณโทรศัพท์

ในระบบโทรศัพท์ได้แบ่งสัญญาณโทรศัพท์ออกเป็นดังนี้ คือ

สัญญาณที่ผู้ใช้ส่งไปยังชุมสาย

1. สัญญาณ ฮุค — ออฟ (Hook — Off) คือสภาพที่ผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพลูปปิด (Close Loop) ทำให้ชุมสายทราบว่าจะต้องส่งสัญญาณให้กด

2. สัญญาณ ฮุค -- ออน (Hook — On) คือสภาพที่ผู้ใช้วางหู หรือสภาพว่าง สายมีสภาพลูปเปิด (Open Loop)

3. สัญญาณที่กดเลขหมาย (Dialling) คือสภาพที่ผู้ใช้กดเลขหมาย โดยสัญญาณที่ออกมานั้นจะเป็นความถี่ DTMF (สำหรับเครื่องโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม) ส่งออกไปยังชุมสาย

สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

1.สัญญาณให้กด (Dial Tone) คือสัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสายและพร้อมที่จะรับโค้ด (Code) ที่ส่งมาจากการหมุนหรือกดปุ่มโทรศัพท์สัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 400 Hz มอดูเลทด้วย 25 Hz ผู้ใช้จะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้าได้ยินหลังจากหมุนหรือกดเลขหมายแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าฝ่ายถูกเรียกนั้นไม่ว่าง ลักษณะของสัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ คือ ส่ง 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 400 Hz

3. สัญญาณเรียกกลับ (Ring back Tone) คือสัญญาณที่ผู้ใช้จะได้ยินหลังจากที่หมุนหรือกดปุ่มเลขหมายจนครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าชุมสายได้ทำการต่อสัญญาณไปยังคู่สายได้สำเร็จแล้ว สัญญาณจะมีความถี่ 400 Hz โดยจะส่ง 1 วินาที ดับ 4 วินาทีและในขณะเดียวกันนี้ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียกไปยังผู้ถูกเรียก

4. สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) คือสัญญาณที่ส่งไปยังเครื่องของผู้ถูกเรียกมีความถี่ของสัญญาณ 25 Hz ขนาดแรงดันประมาณ 70 — 90 Vrms ทำให้เครื่องโทรศัพท์ดัง สัญญาณนี้จะดังอยู่ประมาณ 15 ครั้ง หลังจากนั้นชุมสายจะตัดสัญญาณ แล้วส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก

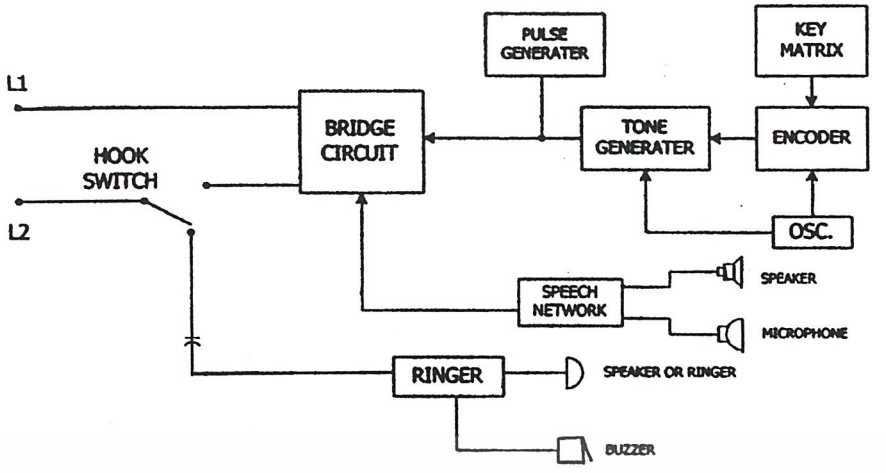
สัญญาณที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นสัญญาณที่ทางองค์การโทรศัพท์ใช้ เป็นบรรทัดฐานในการจ่ายให้กับผู้ใช้โทรศัพท์และยังสามารถนำไปเป็นสัญญาณที่ใช้ในตู้โทรศัพท์สาขาเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่มีลักษณะเหมือนทางองค์การโทรศัพท์ทุกประการ

2.2.2 การทำงานของเครื่องโทรศัพท์

ในรูปที่ 2.3 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยการทำงานของเครื่องโทรศัพท์อธิบายได้ดังนี้

เครื่องโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยสาย L1 และสาย L2 หรือ Local Loop ซึ่งคือสายส่ง 2wire ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูปมีชื่อว่า Tip และ Ring โดย Ring จะต่อ กับสัญญาณไฟ -48 Vdc และ Tip จะต่อกับกราวด์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ระดับของแรงดันระหว่างทิป-ริง จะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 9 โวลต์ วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรในเครื่องรับโทรศัพท์กับอุปกรณ์ชุมสายก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (Bell or ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงคือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่ทำการวางตามปกติ ฮุค-สวิตซ์ (hook switch) จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านในวงจรส่วนที่อยู่หลัง ฮุค-สวิตซ์ได้ ดังนั้นวงจรกำเนิดเสียงเรียกอยู่หลัง ฮุค-สวิตซ์ก็ไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา วงจรเสียงเรียกนี้จึงต่อกับชุมสายโทรศัพท์โดยตรงเมื่อเราวางหูโทรศัพท์ลงบนฮุคสวิตซ์เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจากชุมสาย สัญญาณเรียกจะผ่านฮุค-สวิตซ์ เข้าไปยังวงจรกำเนิดเสียง ทำให้วงจรเสียงเรียกทำงานส่วนที่เป็นลำโพงหรือบัฟเฟอร์ก็จะดังขึ้น เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะทำให้ฮุคสวิตซ์ตัดวงจรเสียงเรียกออกและฮุคสวิตซ์ก็จะตัดเข้ากับวงจรเสียงพูดแทน (speech network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์

Hook Switch

On — Hook

โดยทั่วไปแล้ว Ringer จะเชื่อมต่อกับ Tip (+) และ Ring(-) ทำให้สามารถรับสัญญาณ Incoming Call หรือสัญญาณสั่นกระดิ่งซึ่งส่งมาจากชุมสาย ส่วนวงจรที่เหลือเช่น Dialing cct,Hybrid,Tx,Rx จะแยกออกจากสายโทรศัพท์ในกรณีโทรศัพท์อยู่ในสภาวะวางหู (on hook) เมื่อ Handset อยู่ในสภาวะวางหูจะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องโทรศัพท์ วงจร Ring จะมี Capacitor ป้องกันกระแสไฟตรง ไหลผ่านตัวมัน

Off — Hook

เมื่อ Handset ถูกยกจะมีสภาวะเป็น Off — Hook ทำให้เกิดกระแสลูป (Loop Current) ไหลแบตเตอรี่ของชุมสาย ผ่ายเครื่องโทรศัพท์และกลับมายังชุมสาย เมื่อมีกระแสไหลผ่านเพียงพอที่ทำให้ชุมสายทราบได้ว่ามีการยกหูขึ้น ที่ฝั่งผู้ใช้และหลังจากนั้น จะส่งสัญญาณ Dial Tone ไปให้ผู้เรียก

วงจรกำเนิดเสียงพูด จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงพูดเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อส่งไปยังด้านรับฝ่ายตรงกันข้าม และจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่รับเข้ามา จากฝ่ายตรงกันข้ามให้เป็นสัญญาณเสียงพูด วงจรในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยวงจรที่จะใช้ควบคุมเสียงพูดให้ย้อนกลับไปยังหูฟังของผู้พูด ให้มีความแรงของสัญญาณพอดี ในเวลาที่เราพูดโทรศัพท์เข้าทางไมโครโฟนเราก็จะได้ยินเสียงของเราออกทางหูฟังด้วยเพื่อให้เราทราบว่าเสียงที่เราพูดนั้นแรงหรือค่อยเท่าไร วงจรในส่วนควบคุมนี้จะเป็นการควบคุมเสียงของเราเองไม่ให้ออกหูฟังของเราแรงมากเกินไปเพราะถ้าดังเกินไปก็จะรำคาญและยังกลบเสียงพูดของฝ่ายตรงข้ามด้วย และยังไม่ให้เสียงที่ย้อนกลับมายังหูฟังของเราค่อยเกินไป เพราะถ้าสัญญาณที่ย้อนกลับไปยังหูฟังค่อยเกินไป จะทำให้ผู้พูดโทรศัพท์คิดว่าตัวเองพูดค่อย ก็จะทำให้ผู้พูดตระโกนเสียงดังมากขึ้นทำให้ผู้รับฟังตรงข้ามได้ยินเสียงดังมากเกินไป

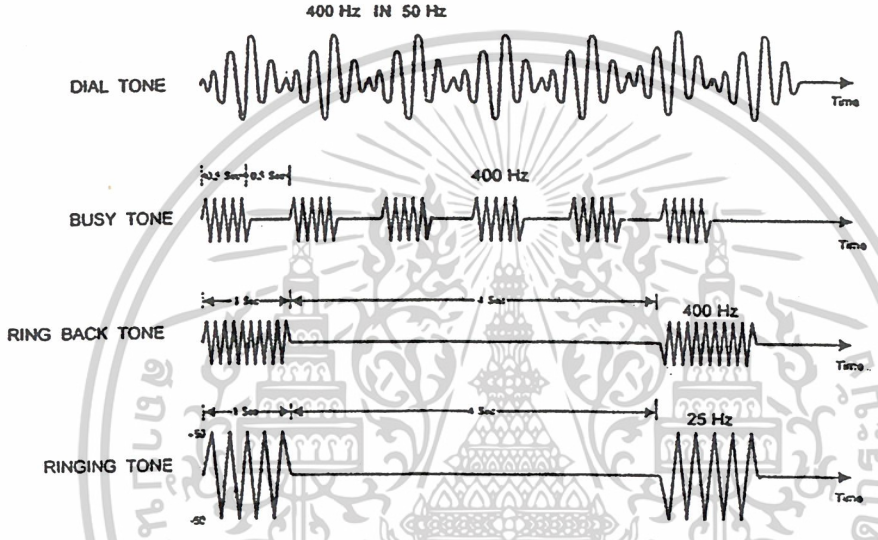
วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ เพื่อส่งเลขหมายที่เรากดไปให้กับชุมสายโทรศัพท์ที่เป็นระบบพัลส์

วงจรกำเนิดความถี่จะทำหน้าที่กำเนิดความถี่คู่เพื่อทำหน้าที่ส่งเลขหมายไปให้ชุมสายโทรศัพท์แบบความถี่คู่ หรือที่เรียกว่า DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Hybrid จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับวงจรในส่วนอื่นๆ จะทำหน้าที่เป็นวงจรปรับความสมดุลของอิมพีแดนซ์ คือ ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของเครื่องรับโทรศัพท์ให้สมดุลกับคู่สายโทรศัพท์ซึ่งโดยปกติจะมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม หรืออาจเรียกวงจรนี้ว่า วงจรที่ทำหน้าที่แปลงกลับไปกลับมาระหว่าง 2 Wire กับ 4 Wire

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น Hook Switch จะปิดวงจร ทำให้มีกระแสไหลจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้ จะไหลผ่านวงจรเชื่อมต่อสายโทรศัพท์ที่ชุมสายด้วยเพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายพร้อมที่จะติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายจะทำการส่งสัญญาณหมุนไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์เพื่อให้ส่งหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อมา



รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

2.2.3 สัญญาณในการติดต่อกันระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์

เป็นสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์ ลักษณะสัญญาณดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.5

ด้านผู้เรียก

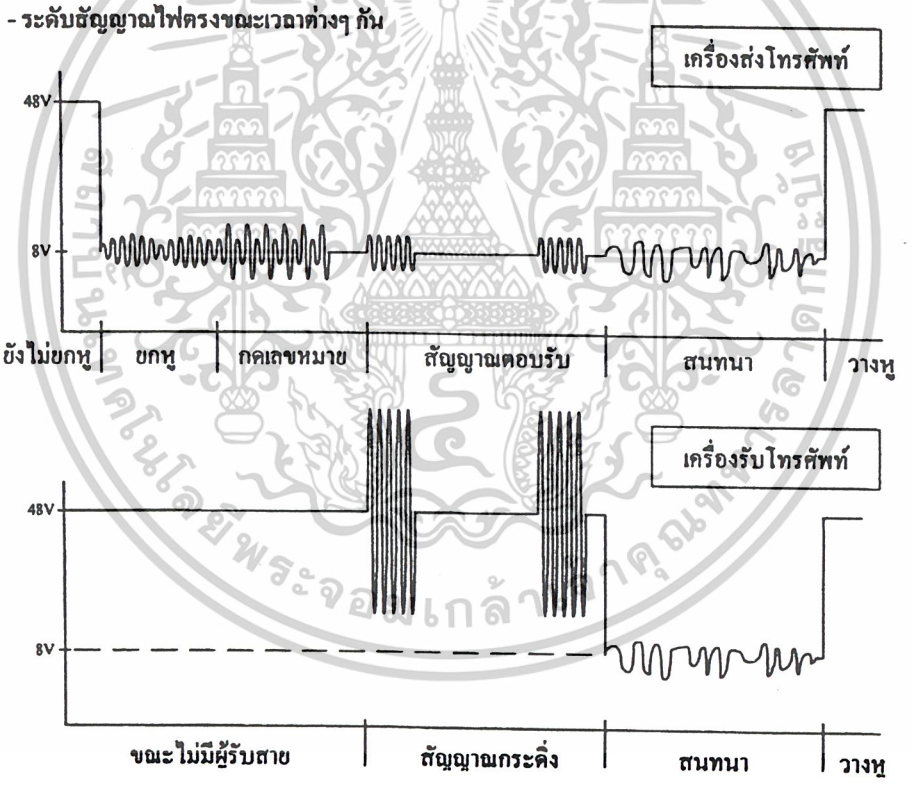
1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลท์
2. เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือ 8 โวลท์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุนหมายเลขซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลลิโวลท์ ความถี่ 425 Hz รวมกับความถี่ 50 Hz ซึ่งเป็นการกดรหัสสัญญาณความถี่แล้ว สัญญาณให้หมุนนี้จะหายไป
3. กดรหัส (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลักรหัสความถี่ที่จะส่งจะเป็นสัญญาณผสมสองความถี่เป็นความถี่สูงและความถี่ต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่ 1 คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขณะที่รอการรับสาย จะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ว่าง ซึ่งก็คือสัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณไม่ว่างตามลำดับ
5. เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ 8 โวลท์โดยมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงความดังของเสียงพูดตามสาย
6. เมื่อว่างโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดศักดาจะกลับไปที่ 48 โวลท์ดังเดิม

ด้านผู้รับ

1. ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสตรงคร่อมสายอยู่ 48 โวลท์
2. เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียก จะมีขนาดประมาณ 100 โวลท์ จังหวะ 1 วินาที หยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกลับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่อง
3. จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดากระแสตรงจะเหลือ 8 โวลท์ และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด
4. เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาไฟฟ้าก็จะกลับไปที่ 48 โวลท์ตามเดิม

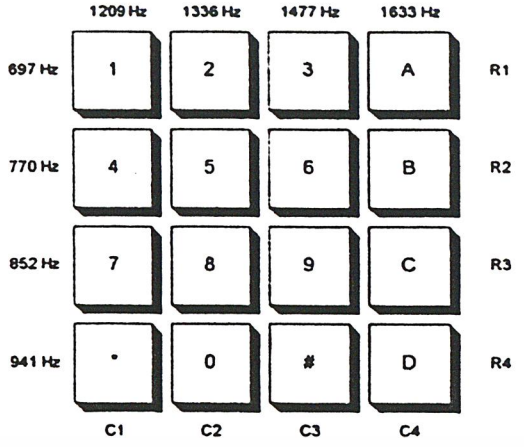


รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์

2.3 ส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

ในโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (Touch Tone) นั้นในการกดปุ่มแต่ละครั้งจะมีความถี่ 2 ความถี่ส่งออกไปพร้อมกัน ในการถอดรหัสความถี่ คือการแปลงสัญญาณความถี่ที่ส่งออกมานั้นให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งใช้ไอซี MT8870 แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสอง ขนาด 4 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ค่าความถี่โทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม

ความถี่แต่ละคู่ที่ออกไป จะมีค่าประมาณ 40 มิลลิวินาที และช่วงเวลาระหว่างเลขหมายมีค่า 60 มิลลิวินาทีเป็นอย่างต่ำ

2.3.1 คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้และปรับการ์ดไทม์ได้

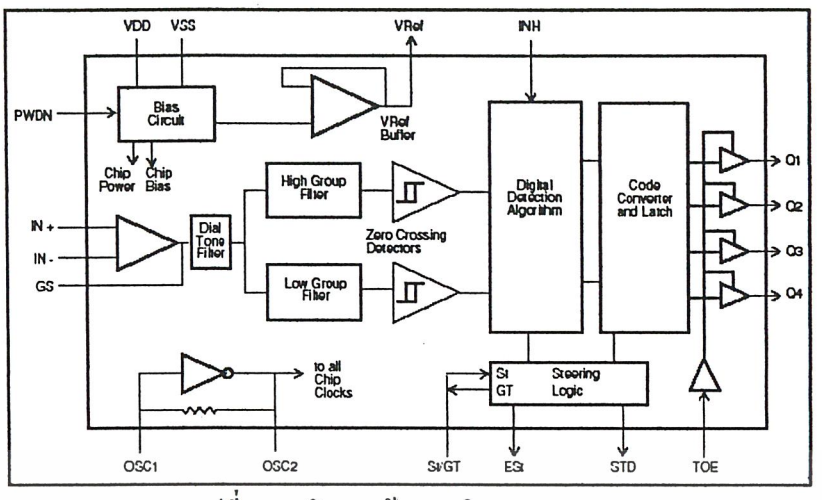
2.3.2 การนำ MT8870 ไปใช้งาน

- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย
- ใช้เกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ในงานที่เกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานด้านรีโมตคอนโทรล

2.3.3 โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วยวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอลและวงจรกรองความถี่ในส่วนของวงจรถอดรหัสนั้นใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับความถี่และถอดรหัสความถี่ทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิทและเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนวงจรกรองความถี่จะใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (Switch Capacitor Filter) สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนของภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก ภาคเอาท์พุทเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในของ MT8870

2.3.4 ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของ MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

- **ภาคกรองสัญญาณความถี่**

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่โดยใช้การกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตซ์คาปาซิเตอร์ (six – order switched capacitor band pass filter) ซึ่งจะได้ค่าความถี่ออกมาเป็นสองช่วงคือ ช่วงความถี่ต่ำและช่วงความถี่สูง

- **ภาคถอดรหัส**

เมื่อความถี่ DTMF ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่แล้วจะนำมาเข้าวงจรถอดรหัสให้เป็นตัวเลขฐานสองและจะมีการตรวจสอบด้วยว่าความถี่ที่เข้ามานั้นเป็นความถี่มาตรฐานของ DTMF หรือไม่ เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้ความถี่อื่น ๆ เข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วสัญญาณที่ขา EST ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้ จากความถี่ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

DIGIT	f_{LOW}	f_{HIGH}	D3	D2	D1	D0
1	697	1209	0	0	0	1
2	697	1336	0	0	1	0
3	697	1477	0	0	1	1
4	770	1209	0	1	0	0
5	770	1336	0	1	0	1
6	770	1477	0	1	1	0
7	852	1209	0	1	1	1
8	852	1336	1	0	0	0
9	852	1477	1	0	0	1
0	941	1336	1	0	1	0

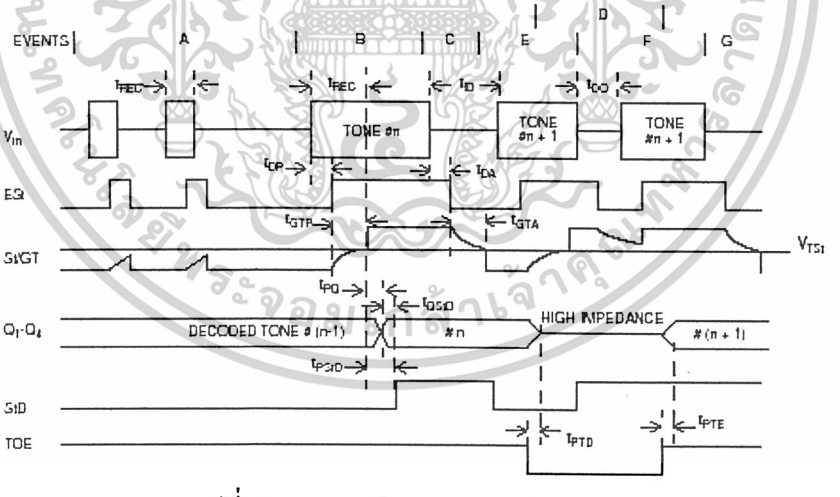
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*	941	1209	1	0	1	1
#	941	1477	1	1	0	0
A	697	1633	1	1	0	1
B	770	1633	1	1	1	0
C	852	1633	1	1	1	1
D	941	1633	0	0	0	0

ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่คู่ต่าง ๆ

- **ภาคตรวจสอบสัญญาณ**

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุทนั้นจะต้องมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาก่อนว่ามีระยะเวลาถูกต้องตามที่กำหนดหรือไม่ โดยการสังเกตจากระยะการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งจะต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับเพราะจะถือว่าสัญญาณไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดนั้นสามารถกำหนดได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก ระยะเวลาที่สัญญาณของขา EST เป็น high จะใกล้เคียงกับเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาและเมื่อขา EST เป็น high ทำให้ VC สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน VC สูงขึ้นถึงค่า เทรชโฮลด์ (Threshold) วงจรถอดรหัสก็จะทำการถอดรหัสออกมาเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท โดยรายละเอียดการทำงานดูจากแผนภูมิเวลาจะทำให้เข้าใจยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.8 แผนภูมิเวลาของ MT8870

2.3.5 ขั้นตอนการทำงาน

A — ตรวจพบความถี่ที่เข้ามาแต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาท์พุทจึงไม่เปลี่ยน

B — ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้ที่เอาท์พุท

C — จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D — เอาท์พุทเปลี่ยนไปเป็นไฮอิมพิแดนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E — ความถี่ # n+1 ถูกตรวจพบและคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถอดรหัสและแลตช์ไว้

F — ความถี่ # n+1 หายไปช่วงห่างไม่ถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลตช์อยู่

G — จบความถี่ # n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาท์พุทยังแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

- ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

ในส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายโดยใช้ออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพิแดนซ์ดังนี้

อัตราขยาย $(A_V diff) = R_S / R_I$

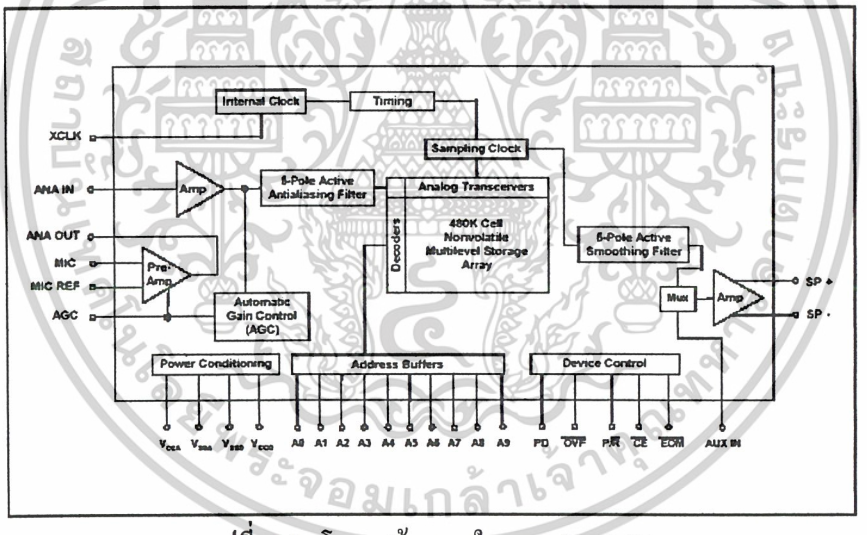
อินพุทอิมพีแดนซ์ $(Z_{in} diff) = 2$

- ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ใช้คริสตอลขนาด 3.58 MHz มาต่อเข้ากับวงจรก็จะสามารถใช้งานได้ทันที

2.4 ส่วนตอบรับและบันทึกเสียง

โครงงานนี้ใช้ไอซี ISD2590 เป็นตัวตอบรับและบันทึกเสียง ซึ่งไอซี ISD2590 มีโครงสร้างภายในเป็นดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของ ISD2590

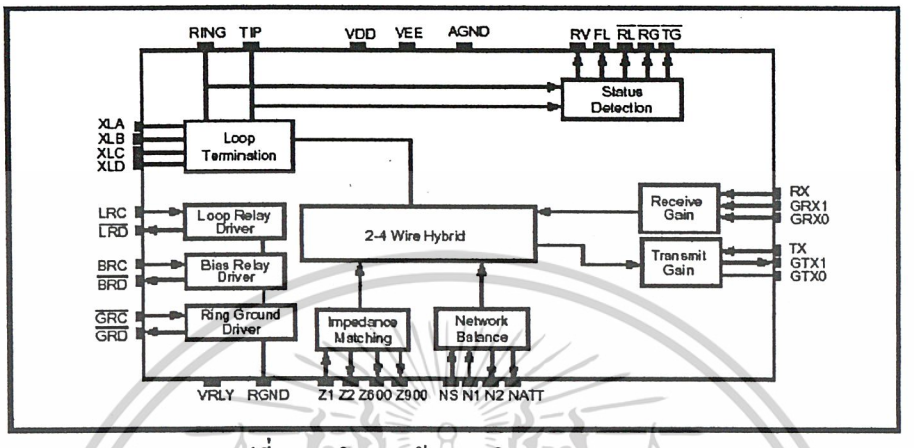
2.4.1 คุณสมบัติของ ISD2590

- สามารถบันทึกและเล่นกลับได้ในตัวเดียวกัน
- มีประสิทธิภาพในการบันทึกเสียงและเล่นกลับได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง
- ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับด้วย สวิตซ์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์
- สามารถต่อ คาสเคส (Cascade) ได้โดยตรงเพื่อขยายเวลาให้นานขึ้น
- ปิดการทำงานอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการบันทึกและเล่นกลับเป็นเวลานาน ๆ
- สามารถเก็บความจำได้นาน 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้งและมีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในตัวเอง
- สัญญาณเสียงจะถูกบันทึกในหน่วยความจำโดยตรง โดยอาศัยเทคโนโลยี DAST

2.5 ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายนอก (MH88632)



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของ MH88632

ส่วนของวงจรภายในไอซี

1. ดีซีลูปเทอร์มิเนชั่น (DC Loop Termination)

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหู ชุมสายปลายทางจะทราบได้ทันที เนื่องจากแรงดันของสายโทรศัพท์จะลดลง ซึ่งเกิดจากกระแสไหลครบวงจรจากนั้นชุมสายก็จะทำการเชื่อมต่อสายให้ MH88632 ที่ขา XLA กับ XLB และขา XLC กับ XLD เข้าด้วยกัน

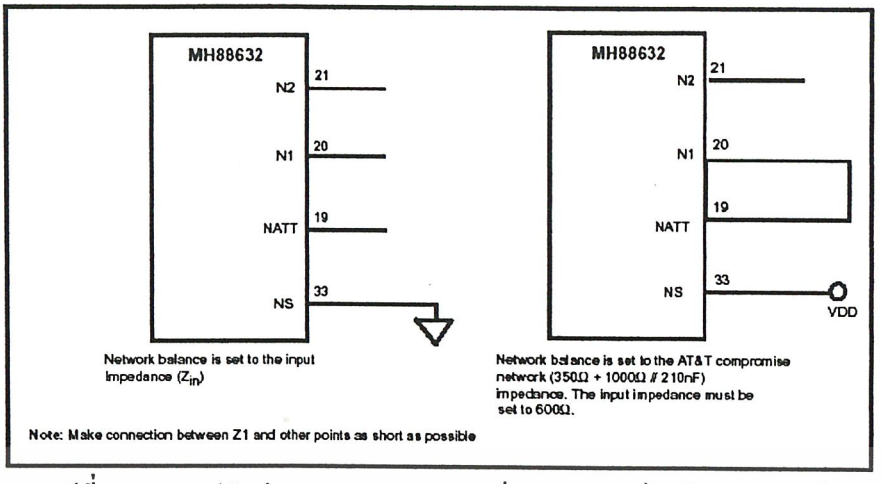
2. 2-4 ไวร์ไฮบริดจ์ (2-4 Wire Hybrid)

เป็นส่วนเชื่อมต่อสายโทรศัพท์ 2 เส้นคือ สาย Tip และ Ring กับภาคส่งและภาครับ ไอซีสามารถที่จะเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ได้โดยตรงและยังทำหน้าที่แยกสัญญาณโทรศัพท์จากคู่สายภายนอกจากชุมสายให้เป็นสัญญาณรับและส่งแยกจากกัน คือจาก 1 คู่สายเป็น 2 คู่สาย

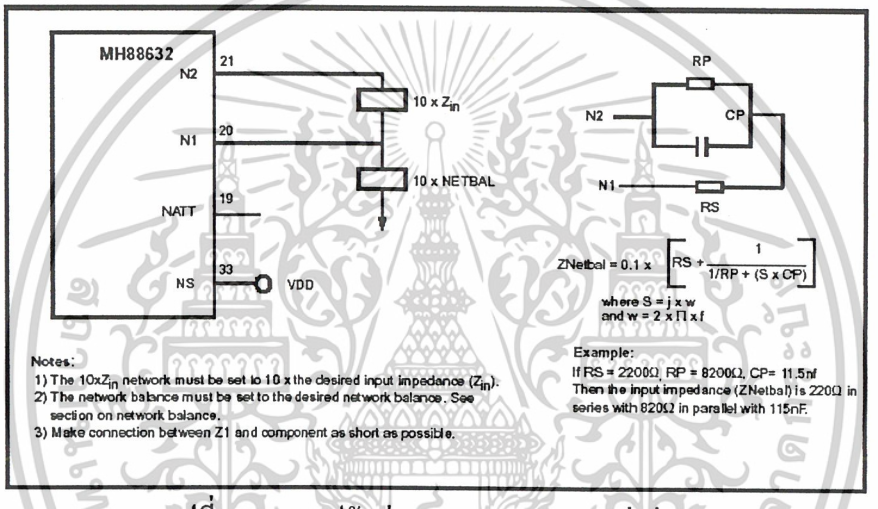
3. ไลน์อิมพิแดนซ์ (Line Impedance)

ค่าความต้นทานของสาย Tip และ Ring ใน MH88632 นี้สามารถได้ว่าจะเลือกใช้ 600 โอห์ม 900 โอห์ม หรือจะปรับค่าความต้องการของผู้ใช้ได้ ซึ่งการปรับค่านี้สามารถทำได้โดยต่อขา Z1 กับขาของค่าความต้านทานที่เราต้องการ ถ้าเลือกความต้านทาน 600 โอห์ม หรือ 900 โอห์ม เราสามารถต่อขา Z1 กับขา Z600 หรือ Z900 ได้เลย แต่ถ้าเป็นกรณีที่ต้องการค่าความต้านทานค่าอื่น ๆ นั้นเราจะต้องคำนวณหาค่าความต้านทานจากสูตรการหา Zin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การปรับค่า Input Impedance เป็น 600 โอห์มหรือ 900 โอห์ม



รูปที่ 2.12 การปรับค่า Input Impedance ค่าต่าง ๆ

4. วงจรสมดุลเน็ตเวิร์ก (Network Balance)

วงจรสมดุลเน็ตเวิร์ก ของไอซี MH88632 ซึ่งจะใช้ขา NS, N1, N2 และ NATT เป็นขาในการปรับ ใช้งานตามความต้องการโดยที่จะต้องคำนึงถึงค่า Zin ที่ต้องการด้วย ขา NS นี้เมื่อมีลอจิกเป็น 0 จะเป็นวงจรสมบูรณ์ภายใน (Intermal Balance Equivalent) ขึ้นอยู่กับค่า Zin แต่ถ้าลอจิกเป็น 1 จะเป็นวงจรสมดุลภายนอก (External Balance) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อระหว่างขา NATT, N1 และ N2 ขา NATT เมื่อเชื่อมต่อกับ N1 จะมีค่า Network Balance Impedance แบบ AT&T ซึ่งจะมีค่าความต้านทานภายในเป็น 600 โอห์ม ขานี้จะใช้งานได้เมื่อขา NS มีลอจิกเป็น 1 เท่านั้น ขา N1, N2 ขึ้นอยู่กับการต่ออุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกับที่ต่อที่ขา Z1, Z2

5. อัตราขยายทางด้านส่งและด้านรับ (Transmit Gain and Receive Gain)

อัตราขยายด้านส่งคืออัตราขยายระหว่างขา Tip – Ring กับขา Tx ส่วนอัตราขยายด้านรับ คือ อัตราขยายระหว่างขา Rx กับขา Tip – Ring ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ตามต้องการโดยต่อความต้านทานนอกเข้ากับขา GTx และ GRx1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

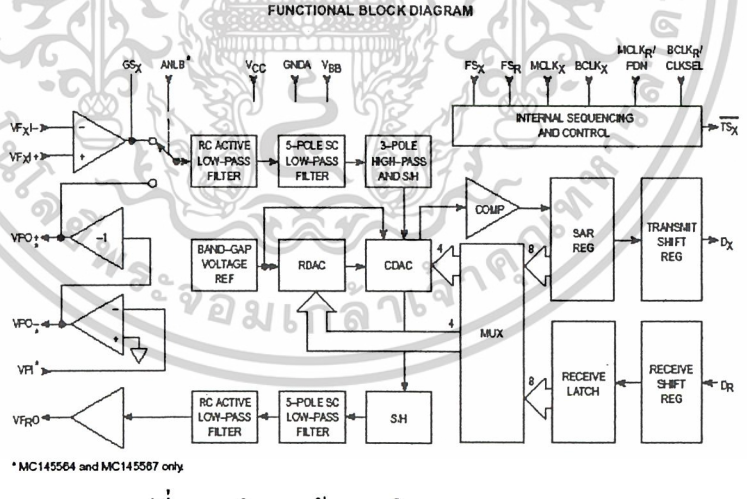
MH88632 มีช่วงขยายตั้งแต่ -12 dB ถึง +6 dB ในกรณีที่ไม่ต้องการขยายก็ทำการต่อขา GTx1 กับ GTx0 และต่อ GRx1 กับ GRx0 ซึ่งก็คือมีค่า 0 dB ค่าความต้านทานที่ใช้ในอัตราขยายต่าง ๆ เป็นดังตารางที่ 2.2

Transmit Gain (dB)	RTx Resistor Value (ohm)	Received Gain (dB)	RTx Resistor Value (ohm)
6.0	No Resistor	6.0	No Resistor
4.0	38.3k	0.0	GRx0 to GRx1
3.7	32.4k	-3.0	5.49k
0.0	GTx0 to GTx1	-3.7	4.87k
-3.0	5.49k	-4.0	4.64k
-6.0	3.32k	-6.0	3.32k
-12.0	1.43k	-12.0	1.43k

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานที่ใช้ในอัตราขยายต่าง ๆ

2.6 โคเดค (CODEC)

คำว่า CODEC มาจาก Coder และ Decoder ซึ่งหมายถึง การเข้ารหัสและการถอดรหัส โดยจะใช้ไอซีเบอร์ MC145557 ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอะนาล็อก (เสียงพูด) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลส่งไปยังดิจิตอลสวิตชิ่งและแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ออกจากดิจิตอลสวิตชิ่ง กลับมาเป็นสัญญาณอะนาล็อก



รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในของ MC145557

- สัญญาณของอะนาล็อกอินพุทและเอาท์พุท

ขา 14 GS_X ขา 15 VF_X1- และขา 16 VF_X1+ ทั้งสามขานี้เป็นขาของออปแอมป์ซึ่งมีเอาท์พุทต่อกับภาคการทำงานต่อไปของไอซี ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายของสัญญาณก่อนเข้าไอซีได้ ขาทั้ง 3 นี้ใช้ต่อสัญญาณอะนาล็อกที่มาจากเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 13 VF_RO เป็นขาเอาท์พุทของสัญญาณอะนาล็อกเพื่อส่งไปเข้าสัญญาณเสียงพูด

- ส่วนของสัญญาณดิจิตอลอินพุทและเอาท์พุท

ขา 6 D_R เป็นขาอินพุทของสัญญาณดิจิตอลที่มาจากดิจิตอลสวิตชิ่ง

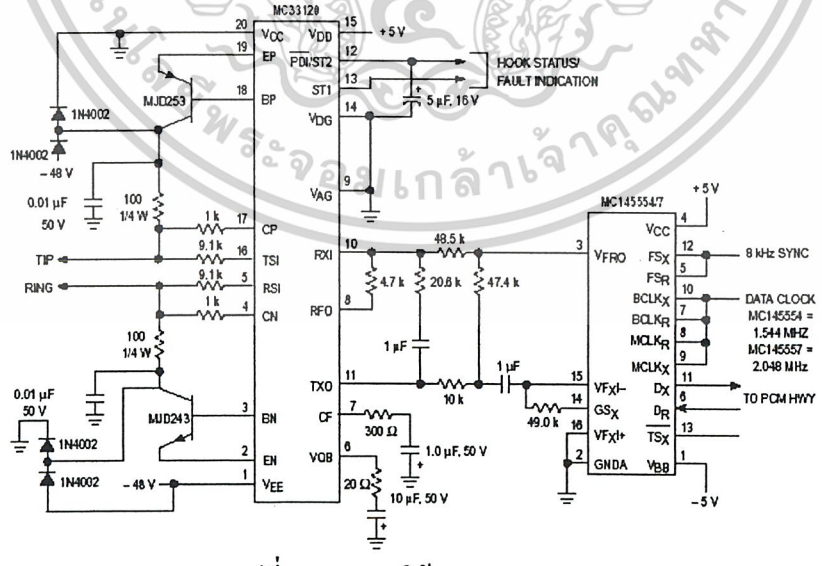
ขา 11 D_X เป็นขาเอาท์พุทของสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งไปยังดิจิตอลสวิตชิ่ง

- ทางภาคส่ง

เมื่อมีสัญญาณเสียงพูดเข้ามาซึ่งก็คือสัญญาณอะนาล็อกจะทำการแปลงสัญญาณนั้นให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งไปยังดิจิตอลสวิตชิ่ง โดยจะประกอบไปด้วยออปแอมป์ที่ทำหน้าที่ปรับอัตราขยายในการแซมปลิ้ง (Sampling) ในระบบโทรศัพท์จะใช้ความถี่ในช่วง 300 ถึง 3400 Hz อัตราการแซมปลิ้งจะเป็น 8000 ครั้งต่อวินาที หรือมีการแซมปลิ้งสัญญาณทุกๆ 125 ไมโครวินาที เราจะใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) เพื่อกรองความถี่ที่สูงกว่า 3 kHz และใช้วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter) กัน 50/60 Hz เพาเวอร์ไลน์คัปปลิ้งในสายโทรศัพท์ก่อนที่จะส่งไปทำการแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยผ่านกระบวนการแซมปลิ้งสัญญาณก็จะได้ขบวนพัลส์แอมพลิจูดมอดูเลชั่นแต่ยังเป็นชนิดอะนาล็อกอยู่ จากนั้นนำสัญญาณไปผ่านกระบวนการควอนไทซ์สัญญาณ คือการจัดระดับสัญญาณ เพื่อส่งไปยังกระบวนการ การเข้ารหัสและแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งออกไปที่ขา 11 Dx

- ทางภาครับ

เมื่อรับสัญญาณดิจิตอลจากขา D_R แล้วจะทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลกลับไปเป็นสัญญาณอะนาล็อก ส่งออกทางขา FS_R จะประกอบด้วย วงจรเอกซ์แพนเดอร์ (Expander) , A/D (Analog to Digital) , คอนเวอร์เตอร์ (Converter) และวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) ส่วนสัญญาณดิจิตอลจะทำการแปลงทีละ 8 บิทของข้อมูลดิจิตอลและสัญญาณอะนาล็อกจะถูกแปลงออกมาที่วงจร D/A Capacitor



รูปที่ 2.14 การใช้งาน MC145557

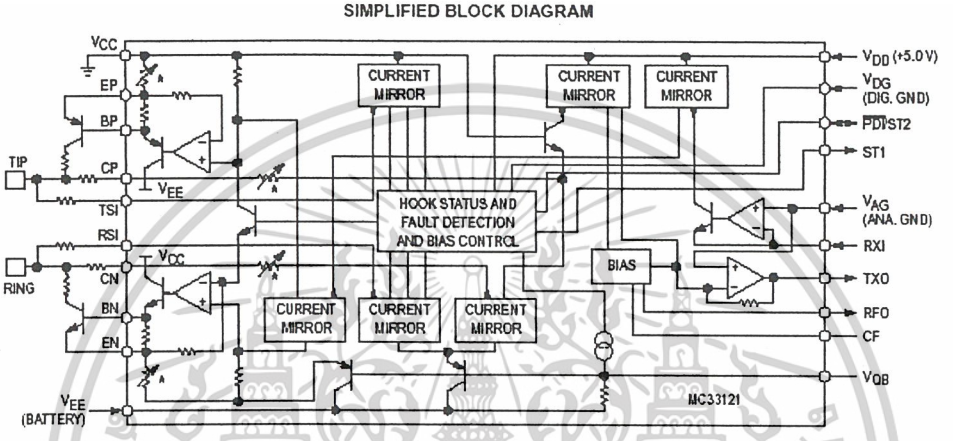
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน (MC33121)

Low Voltage Subscriber

Loop Interface Circuit (SLIC)

ไอซี MC33121 ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง 4 คู่สายของศูนย์กลางของการทำงาน หรือ ตู้สาขาโทรศัพท์ (PBX) กับ 2 คู่สายผู้เช่า ฟังก์ชันในการเชื่อมต่อจะมีทั้ง บัทเทอร์ฟีด (Better feed) เป็นส่วนที่ป้อนไฟ -48V , ส่วนการปรับแต่ง การส่ง-การรับ และเกน และตัวบ่งชี้ข้อผิดพลาดแบบคู่/แบบเดี่ยว จะมีขา 20 pin DIP (P SUFFIX)



รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายใน MC33121

PIN FUNCTION DESCIPTION

Symbol	Pin(DIP)	Description
Vcc	20	ต่อลงกราวด์, เป็นลูปของกระแส
EP	19	ต่อเข้าขาอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ PNP
BP	18	ต่อเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ PNP
CP	17	ต่อไปยังสายทิปผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแส (RC) ,CP เป็นอินพุท Non inverting ไปยังภายในภาคขยายตัวส่ง,อินพุทอิมพีแดนซ์ ถึง $31K\Omega$
TSI	16	เป็นหน้าสัมผัสอินพุท,ต่อไปยังสายทิปผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแส (RS), อินพุทอิมพีแดนซ์ คือ $\approx 100\Omega$ กับ VCC
V_{DD}	15	ต่อกับไฟบวก 5 V คร่อมกับดิจิตอลกราวด์
V_{DG}	14	ดิจิตอลกราวด์, เป็นขาที่คร่อมกับ ST1,ST2 และ V_{DD}
ST1	13	สถานะเอาท์พุท (TTL/CMOS) เป็นตัวบ่งชี้สถานะฮุคสวิทซ์ - เป็น High เมื่อ on-hook เป็น Low เมื่อ oof-hook ใช้กับขา ST2 เพื่อบ่งบอกเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

		ข้อผิดพลาด
ST2/PDI	12	เป็นสถานะอินพุทและเอาท์พุท (TTL/CMOS) , ST2 สภาวะบ่งบอกสถานะสุด — เป็นLowเมื่อ on-hook , ใช้กับขา 1 เพื่อบ่งบอกข้อผิดพลาด
TX0	11	เอาท์พุทโวลต์เตจด้านส่ง, แอมพลิจูด คือ $\approx 1/3$ ซึ่งผ่าน CP และ CN กระแสไหลผ่านเอาท์พุทได้ 800mA , ตกคร่อมไฟ DC และ V_{AG}
RX1	10	กระแสอินพุทด้านรับ กระแสที่ขานี้ถูกคูณด้วย 102 ที่ขา EP และ EN ไปยังเจนเนอร์เรทลูปกระแส, RX1 เปรียบเสมือนกราวด์ที่ระดับ V_{AG}
V_{AG}	9	อะนาล็อกกราวด์ , เป็นขาที่คร่อมกับ TX0 และ RX1
RF0	8	ตัวต้านทานจากขานี้และ RX1 เป็นชุดของค่าลูปกระแสต่ำสุด และป้อนไฟ DC กับตัวต้านทานค่าต่ำสุดของตัวต้านทาน คือ $3.3K\Omega$
CF	7	ตัวเก็บประจุที่ต่อกับขานี้กับ V_{AG} เพื่อทำการแยกไฟ DC กับสัญญาณไฟAC, ส่วนตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่เพื่อป้องกันทรานเซียนซ์ในการ เปิด- ปิด ซัปพลาย
VQB	6	ตัวเก็บประจุที่ต่อขานี้กับ Vcc เป็นตัวกรอง Noise กับ Ripple จาก V_{EE} จึงทำให้แบตเตอรี่ราบเรียบ (QB) สำหรับขยายสัญญาณเสียงพูดกับตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่เพื่อป้องกันทรานเซียนส์ ในการ เปิด — ปิด ซัปพลาย
RSI	5	เป็นหน้าสัมผัสอินพุท ต่อไปยังสายริง ผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแส (RS) อินพุทอิมพีแดนซ์คือ $\approx 100\Omega$ กับ V_{QB}
CN	4	ต่อไปยังสายริงผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแส (RS) , CN เป็นอินพุท Inverting ไปยังภาคขยายตัวส่ง อินพุทอิมพีแดนซ์ ถึง $31K\Omega$
BN	3	ต่อเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ NPN
EN	2	ต่อเข้าขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ NPN
V_{EE}	1	ต่อเข้าโวลต์เตจแบตเตอรี่ (-48 V)

ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชั่นแต่ละขาของ MC33121

2.8 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51ซึ่งได้เลือกใช้เบอร์ 80C52 เนื่องจากมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถนำข้อมูลมาแอนด์ (AND) , ออร์ (OR) หรือทำคอมพรีเมนต์ (Complement) แบบทีละ 8 บิตและ 1 บิต

2. สามารถใช้กับหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS-51 ได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62168

3. สามารถต่อกับหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

4. ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำเก็บโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบต์ (ใน 8052 และ 8752 มีหน่วยความจำเก็บโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบต์) อยู่ภายในทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก

5. มีพอร์ทแบบขนานจำนวน 32 บิตสำหรับข้อมูลเข้าออกที่ข้อมูลแต่ละบิตเป็นอิสระต่อกัน

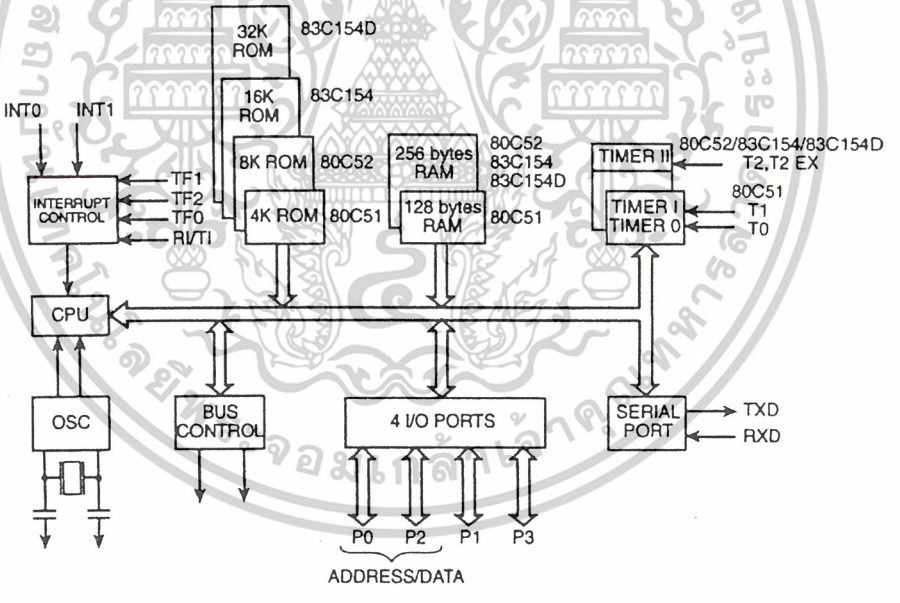
6. มีวงจร Time/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด (8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่างๆได้ถึง 4 โหมด

7 .มีการรับ-ส่งข้อมูลอนุกรม (Serial แบบ Full duplex) ที่สามารถเลือกรูปแบบได้ 4 แบบ

8. มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่งซึ่งสามารถกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะได้ต่างๆกัน 5 ตำแหน่ง

2.8.1 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบด้วยเกท (GATE) ต่างๆซึ่งเกทเหล่านี้จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่ต่างๆเช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยต่างๆดังไดอะแกรมในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.16 แสดงไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

ส่วนที่ 1 คือส่วนประมวลผล (Central Processing Unit : CPU) ส่วนนี้มีวงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมในการติดต่อกับส่านอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นเป็นส่วนหนึ่งของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมด้วยการสร้างสัญญาณจากส่วนซีพียูในส่วนนี้ ยังมีอีกตัวคือส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลข้อมูลทางคณิตศาสตร์เช่น บวก ลบ คูณ หาร ข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจีสเตอร์

ส่วนที่ 2 คือหน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับบันทึกข้อมูล จะมีแอดเดรสแสดงตำแหน่งของหน่วยความจำในการนำข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำเรียกว่า การเขียน (Write) และการนำเอาข้อมูลออกมาจากหน่วยความจำเรียกว่า การอ่าน (Read) ไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วๆไปรวมทั้ง 8051 ข้อมูลและตำแหน่งจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐานสอง (8 บิตเท่ากับ 1ไบต์) การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. แอดเดรสหรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง
2. ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1.
3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำเพื่อกับบอกหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

ส่วนที่ 3 คืออุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/Output device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้า หรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้

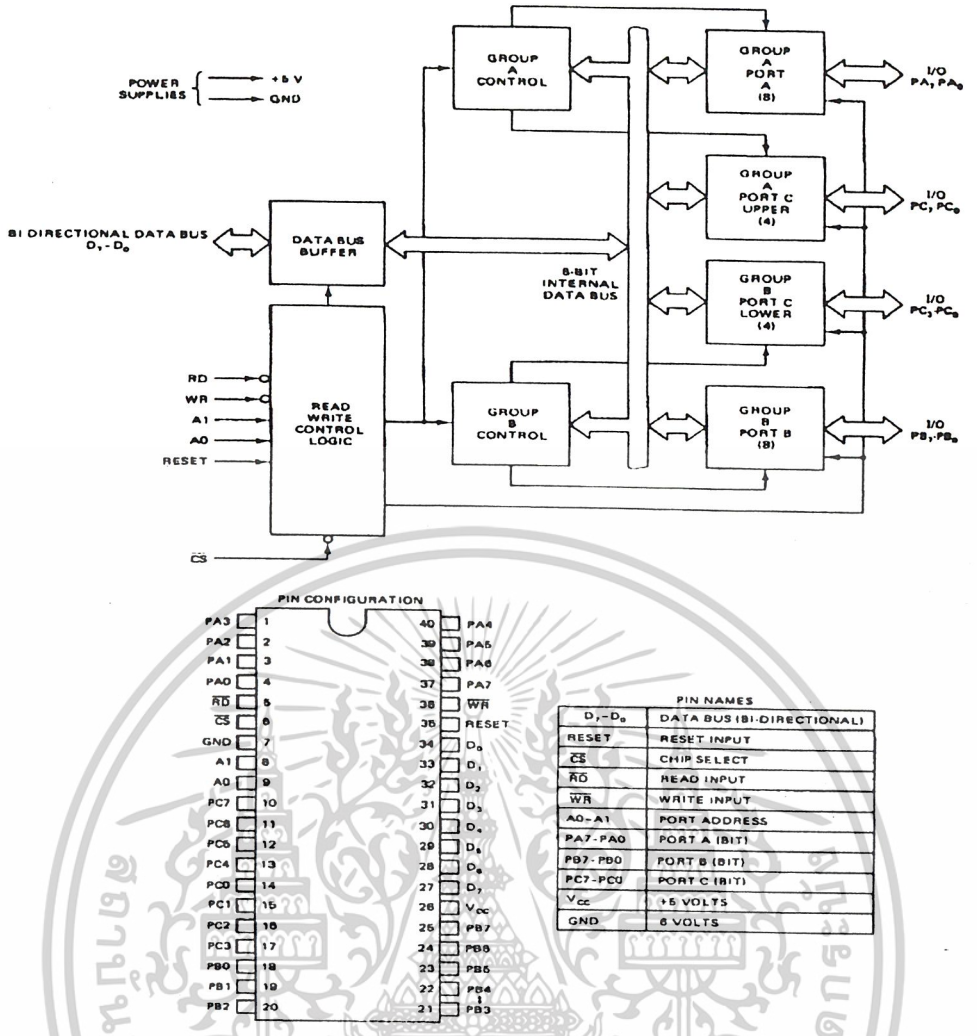
2.8.2 การเก็บสถานะสัญญาณ การติดต่อกับหน่วยประมวลผลกลาง

ใช้ 8255 เป็นพอร์ทอินพุท/เอาท์พุท ซึ่งมีลักษณะทั่วไปดังนี้

8255 (Programmable Perippheral Interface)

เป็นชิพขนาด 40 ขา ทำหน้าที่อินเตอร์เฟสระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับอุปกรณ์ 8255 ถูกออกแบบมาใช้งานกับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 บล็อกไดอะแกรมของ 8255 แสดงดังรูปที่ 2.17 ซึ่งมีส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก 4 กลุ่มคือ PA0-PA7,PB0-PB7,PC0-PC3,PC4-PC7 กลุ่มของสัญญาณควบคุมมี 2 กลุ่มซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของทั้ง 3 พอร์ท ส่วนพักข้อมูลใช้สำหรับติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ทางบัสข้อมูล และสัญญาณควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลกับรีจีสเตอร์ที่อยู่ภายใน 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของ 8255

2.8.3 สัญญาณต่างๆของ 8255

หน้าที่ของแต่ละขาของ 8255 มีดังนี้

1. D0-D7 เป็นขาข้อมูลที่ใช้ต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์
2. CS (Chip Select Input) เมื่อขานี้มีค่าลอจิก 0 ซีพียูสามารถติดต่อกับ 8255 ได้
3. RD (Read Input) เมื่อขานี้มีค่าลอจิกเป็น 0 พร้อมกับ CS 8255 จะส่งข้อมูลออกมาทางบัสข้อมูล
4. WR (Write Input) เมื่อขานี้มีค่าลอจิกเป็น 0 พร้อมกับ CS ข้อมูลที่อยู่บนบัสของระบบจะถูกเขียนลงไปใน 8255
5. A0-A7 (Address Input) ใช้สำหรับชี้ตำแหน่งรีจีสเตอร์ภายใน 8255 ที่ซีพียูต้องการติดต่อ
6. Reset เมื่อขานี้มีค่าลอจิกเป็น 1 8255 จะในช่วงรีเซ็ต พอร์ททุกพอร์ทจะอยู่ในโหมดของอินพุทพอร์ท
7. PA0-PA7 เป็นพอร์ทข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก
8. PB0-PB7 เป็นพอร์ทข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก
9. PC0-PC7 เป็นพอร์ทข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 การติดต่อ 8255 กับซีพียู

การติดต่อ 8255 กับซีพียูนั้น 8255 เป็นอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท ซึ่งเหมือนกับอุปกรณ์ภายนอกชนิดอื่นๆ ขา A0 และ A1 จะต่อโดยตรงเข้ากับขา A0, A1 ของซีพียู ขา CS ของ 8255 จะต่ออยู่กับภาคถอดรหัสของแอดเดรส ดังตารางที่ 2.4 จะแสดงการต่อพอร์ทต่างๆ

	A1	A0	RD	WR	CS
Input Operation (READ)					
Port A Data Bus	0	0	0	1	0
Port B Data Bus	0	1	0	1	0
Port C Data Bus	1	0	0	1	0
Output Operation (WRITE)					
Data Bus Port A	0	0	1	0	0
Data Bus Port B	0	1	1	0	0
Data bus Port C	1	0	1	0	0
Data Bus Control	1	1	1	0	0
Disable Function					
Data Bus 3-Strat	X	X	X	X	1
Illegal condition	1	1	0	1	0
Data Bus 3-State	X	X	1	1	0

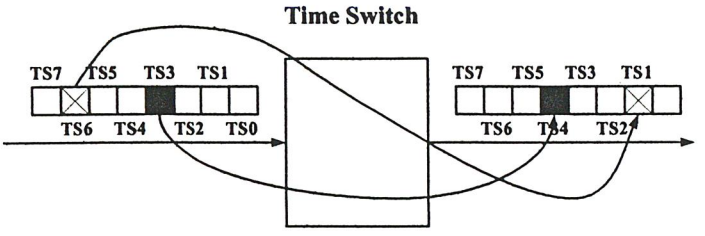
ตารางที่ 2.4 แสดงการต่อใช้งาน Port ของ 8255

2.9 เทคนิคการสวิตชิ่งในชุมสายโทรศัพท์

2.9.1 ไทม์สวิตช์

ในไทม์สวิตช์จะใช้เทคนิคของการเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นดิจิตอลในระหว่างไทม์สล็อต (Time slot) ของการส่งข้อมูลที่มีการแบ่งเวลาการส่งดังแสดงในรูปที่ 2.18 ซึ่งจากรูปจะมีการเคลื่อนย้ายส่วนประกอบข้อมูลของไทม์สล็อต ทางด้านไฮเวย์ขาเข้าหนึ่ง ให้ออกไปยังไทม์สล็อตทางด้านไฮเวย์ขาออกใด ๆ ที่เราต้องการ

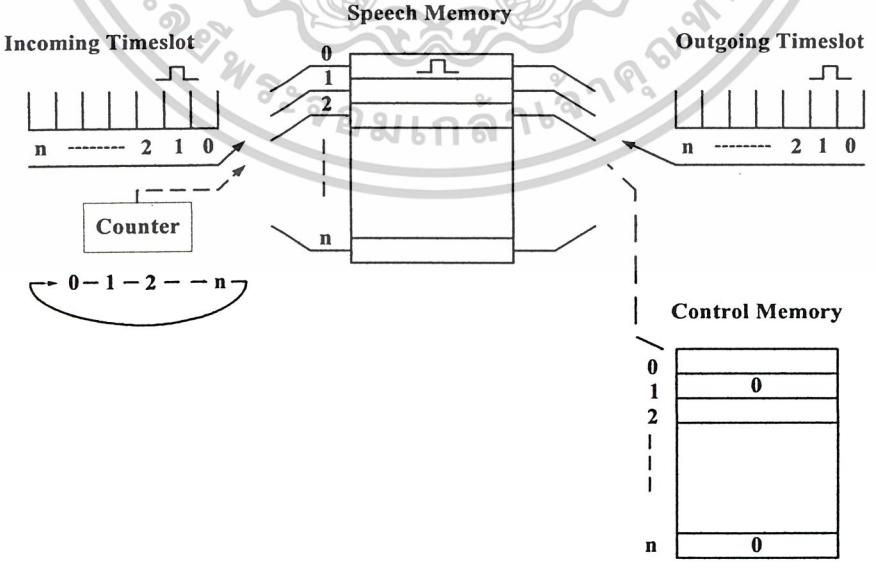
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การจัดการแลกเปลี่ยนไทม์สล็อต

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อเราทำการแบ่งเวลาการส่งและทำการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเข้าด้วยกันแล้ว จากนั้นก็จะนำไปผ่าน ไทม์สล็อตก็จะทำให้สามารถสลับช่องสัญญาณได้ โครงสร้างพื้นฐานของ ไทม์สล็อต จะแสดงดังรูปที่ 2.19 ซึ่งจากรูปจะได้ว่า ไทม์สวิตซ์ จะประกอบด้วย สปีชเมมโมรี่ (Speech Memory) ซึ่งมี PCM โค้ด อยู่ในไทม์สล็อต จำนวนหนึ่งสปีชเมมโมรี่ถูกควบคุมโดยคอนโทรลเมมโมรี่ (Control Memory) การนำข้อมูลของไทม์สล็อตเข้าไปเก็บไว้ในสปีชเมมโมรี่ สามารถทำได้โดยการถูกควบคุมด้วยวงจรนับ (Counter) ข้อมูลในไทม์สล็อตที่ 0 จะถูกเก็บไว้ในสปีชเมมโมรี่ ที่แอดเดรสที่ 0 และข้อมูลในไทม์สล็อตที่ 1 จะถูกเก็บไว้ใน สปีชเมมโมรี่ ที่แอดเดรสที่ 1 และเป็นอย่างนี้เรื่อย ๆ ไป การนำข้อมูลออกหรือการอ่าน สปีชเมมโมรี่ ถูกควบคุมโดย คอนโทรลเมมโมรี่ ซึ่งมีแอดเดรสมากเท่ากับจำนวนไทม์สล็อต ข้อมูลในคอนโทรลเมมโมรี่ที่แอดเดรสของสปีชเมมโมรี่ที่เป็นเอาท์ไทม์สล็อต

จากรูปสมมติว่า ไทม์สล็อตขาเข้า (Incoming time slot) คือไทม์สล็อตที่ 0 และไทม์สล็อตขาออก (Outgoing time slot) คือไทม์สล็อตที่ 1 ดังนั้นข้อมูลที่ไทม์สล็อตที่ 0 จะถูกนำไปเก็บไว้ สปีชเมมโมรี่ที่แอดเดรสที่ 0 และที่แอดเดรสที่ 1 ของคอนโทรลเมมโมรี่จะมีข้อมูล 0 ซึ่งเป็นค่าของแอดเดรส 0 ของ สปีชเมมโมรี่บรรจุอยู่ ดังนั้น ไทม์สล็อตขาออกที่ไทม์สล็อตที่ 1 จึงเป็นข้อมูลของ ไทม์สล็อตขาเข้าที่ 0 เป็นต้น



รูปที่ 2.19 โครงสร้างพื้นฐานของไทม์สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ดิจิตอลสวิตชิ่ง

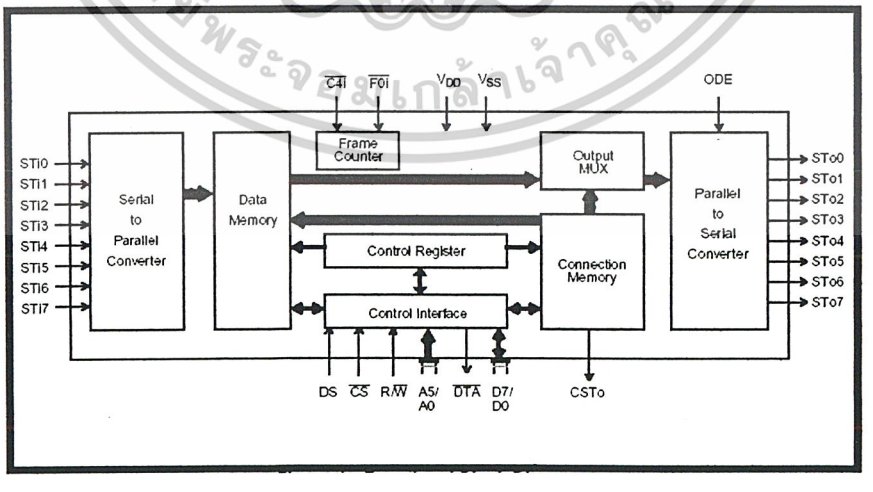
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสวิตช์สัญญาณพัลส์โค้ดมอดูเลชั่น (PCM) ที่เข้ารหัสมาจากสัญญาณข้อมูลภายใต้การควบคุมของไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งใช้ในระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ระบบดิจิตอล , ชุมสายดิจิตอลและคอนโทรลออฟฟิสโดยมีความเร็วของสัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณคือ 64กิโลบิทต่อวินาที แต่ละเส้นของอินพุทและเอาท์พุทจะมีจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด 32 ช่องสัญญาณซึ่งส่งรวมกันแบบมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) มาด้วยอัตราเร็วของบิทเท่ากับ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที โดยที่ตัวมันเองสามารถเขียนและอ่านข้อมูลได้ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

ลักษณะโครงสร้างของสวิตชิ่ง

โครงสร้างของดิจิตอลสวิตชิ่งซึ่งเราใช้ไอซี MT8980 นี้จะประกอบไปด้วย ST- BUS (Serial Telecom Bus) ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งซอร์ฟแวร์เป็นตัวควบคุมการเลือกข้อมูลและสัญญาณเสียงที่เป็นดิจิตอลหรือใช้ระบบ อินเตอร์โปรเซสเซอร์ (Interprocessor Communication) ST- BUS สตรีมนี้จะทำงานที่ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาทีเสมอ ในช่วงเวลา 125 ไมโครวินาที ซึ่งจะถือว่าเป็น 1 เฟรม ใน 1 เฟรม จะมีข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณอยู่ 8 บิท ทั้งหมด 32 ช่องสัญญาณ MT8980 สามารถเลือกข้อมูลจาก ST- BUS ทางอินพุทส่งไปยัง ST- BUS ทางเอาท์พุทว่าจะส่งออกที่ช่องสัญญาณใดและสตรีมใดโดยไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถควบคุมให้มีการอ่านช่องสัญญาณจากอินพุทหรือเขียนข้อมูลลงบนช่องสัญญาณทางเอาท์พุตโดยตรง

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

ข้อมูลที่เข้าทางขาสตรีมอินพุทนั้นเป็นข้อมูลแบบอนุกรมที่มีอัตราเร็วบิท 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที ทั้ง 8 สตรีมและข้อมูลที่ออกทางสตรีมเอาท์พุทก็เป็นข้อมูลแบบอนุกรมเช่นเดียวกัน ซึ่งในแต่ละช่องสัญญาณนั้นจะมี 8 บิท ที่แสดงถึงสัญญาณพัลส์โค้ดมอดูเลชั่นที่มาจากการเข้ารหัสสัญญาณอนาล็อกโดยภาคโคเดค



รูปที่ 2.20 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ MT8980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในตัว MT 8980 จะมีการส่งข้อมูลภายในจากอินพุทไปยังเอาท์พุตแบบขนาน ดังนั้นข้อมูลที่เข้าทางอินพุทจึงต้องผ่านวงจรแปลงจากอนุกรมเป็นขนาน (Serial to Parallel Converter)และก่อนที่จะส่งข้อมูลออกทางเอาท์พุตก็ต้องผ่านวงจรแปลงจากขนานเป็นอนุกรม (Parallel to Serial Converter) ข้อมูลที่เข้ามาทางอินพุทจะถูกส่งไปยังหน่วยความจำที่เรียกว่า คาต้าเมมโมรี่ (Data Memory) ซึ่งมีหน่วยความจำที่มีขนาด 256*8 บิท การรับข้อมูลของคาต้าเมมโมรี่จะสามารถรับมาได้แบบอัตโนมัติ ส่วนของคาต้าเมมโมรี่เป็นหน่วยความจำที่ เขียนลงไปโดยไมโครโปรเซสเซอร์ไม่ได้ แต่สามารถอ่านข้อมูลออกมาได้

หน่วยความจำอีกส่วนหนึ่งคือ คอนเนคชั่นเมมโมรี่ ซึ่งแบ่งออกเป็น

- คอนเนคชั่นเมมโมรี่โล (Connection Memory Low : CMLB)
- คอนเนคชั่นเมมโมรี่ไฮ (Connection Memory High : CMHB)

หน่วยความจำทั้งสองส่วนนี้เป็นหน่วยความจำที่มีขนาด 256*8 บิท ส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นส่วนของหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลทางเอาท์พุทและคอนเนคชั่นเมมโมรี่ไฮจะเก็บสภาวะการทำงานของพอร์ททางเอาท์พุท ในส่วนการเขียนและการอ่านข้อมูลของคอนเนคชั่นเมมโมรี่โลและคอนเนคชั่นเมมโมรี่ไฮนี้จะกระทำโดยตัวไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับข้อมูลที่จะเขียนลงบนคอนเนคชั่นเมมโมรี่โลนั้นอาจเป็นตำแหน่งของคาต้าเมมโมรี่ หรือเป็นข้อมูลที่จะส่งออกซึ่งส่งมาจาก D_0- D_7 ของไมโครโปรเซสเซอร์โดยตรง

การที่ ไมโครโปรเซสเซอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำทั้งสามส่วนนี้ได้นั้น จะต้องมีรีจิสเตอร์ที่ใช้ สำหรับการควบคุมการติดต่อนี้โดยเฉพาะเรียกว่า คอนโทรลรีจิสเตอร์ (Control Register) ซึ่งจะควบคุมว่าไมโครโปรเซสเซอร์นั้นจะติดต่อกับหน่วยความจำใด โดยการกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำนี้ จะกระทำควบคู่ กับขา A_0- A_5 ของ MT 8980

โครงสร้างทางซอร์ฟแวร์

การควบคุมการทำงานของ MT 8980 นี้ก่อนอื่นต้องควบคุมไปที่ คอนโทรลรีจิสเตอร์ โดยใช้ขา A_0- A_5 ของ MT 8980 เป็นตัวกำหนดการติดต่อกับคอนโทรลรีจิสเตอร์ ดังตาราง 2.5

A5	A4	A3	A2	A1	A0	HEX ADDRESS	LOCATION
0	X	X	X	X	X	00H-1FH	Control Register
1	0	0	0	0	0	20H	Channel 0
1	0	0	0	0	1	21H	Channel 1
1	0	0	0	1	0	22H	Channel 2
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
1	1	1	1	1	1	3FH	Channel 31

ตารางที่ 2.5 แอดเดรสเมมโมรี่แม็พ (Address Memory Map)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางถ้า A_5มีลอจิกเป็น 0 แล้วไมโครโปรเซสเซอร์จะติดต่อกับคอนโทรลรีจิสเตอร์โดยตรง และไม่สนใจว่าค่าของ A_0- A_5จะมีลอจิกเป็นอย่างไร เมื่อ A_5 มีลอจิกเป็น 1 แล้ว A_0- A_4 จะทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตำแหน่งในการติดต่อกับหน่วยความจำว่าเป็นช่องสัญญาณใด

ภายในคอนโทรลรีจิสเตอร์นั้นจะมีขนาด 8 บิท ซึ่งหน้าที่ของแต่ละบิทนั้นแสดงดังตารางที่2.6

คอนโทรลรีจิสเตอร์ (Control Register)

7	6	5	4	3	2	1	0

บิทที่	ชื่อ	อธิบาย
7	**Split Memory**	ลอจิกเป็น 1 เป็นการอ่านค่าจากดาต้าเมมโมรี่และเขียนข้อมูลลงในคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โล
6	**Message Mode**	ลอจิกเป็น 1 ข้อมูลที่อยู่ในคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โลจะเป็นเอาท์พุทสตรีมแบบอนุกรม ยกเว้นที่ขา ODE เป็นลอจิก 0 ลอจิกเป็น 0 คอนเนคชั่นเมมโมรี่บิทของแต่ละช่องสัญญาณจะเป็นเอาท์พุท
4-3	**Memory Select Bit**	ลอจิก 0-0 ไม่ถูกใช้ ลอจิก 0-1 ติดต่อกับดาต้าเมมโมรี่ ลอจิก 1-0 ติดต่อกับคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โล ลอจิก 1-1 ติดต่อกับคอนเนคชั่นเมมโมรี่ ไฮ
2-0	**Stream Address Bit**	เป็นการอ้างอิงถึงตำแหน่งของเอาท์พุท ที่ ST-BUS stream

ตารางที่ 2.6 คอนโทรลรีจิสเตอร์บิท (Control Register Bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเนคชั่นเมมโมรี่ โล (Connection Memory Low)

7	6	5	4	3	2	1	0

บิทที่	ชื่อ	อธิบาย
7-5	**Stream Address Bit**	เป็นการอ้างอิงถึงตำแหน่งของอินพุท ที่ ST- BUS stream
4-0	**Channel Address Bit**	เป็นการอ้างอิงถึงช่องสัญญาณอินพุท CHi

ตารางที่ 2.7 ความหมายของแต่ละบิทของคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โล

คอนเนคชั่นเมมโมรี่ ไฮ (Connection Memory High)

7	6	5	4	3	2	1	0

บิทที่	ชื่อ	อธิบาย
2	**Message Mode**	ลอจิกเป็น 1 ข้อมูลที่อยู่ในคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โลเป็นเอาท์พุท ลอจิกเป็น 0 ข้อมูลที่อยู่ในคอนเนคชั่นเมมโมรี่ โลเป็นแอดเดรส ให้ คาต้าเมมโมรี่และเป็นตำแหน่งของสัญญาณอินพุท
1	**CSTo Bit**	บิทนี้เป็นเอาท์พุท ที่ขา CSTo
0	**Output Enable**	ลอจิกเป็น 1 ช่องสัญญาณเอาท์พุท จะไม่เป็นสภาวะ ไฮอิมพิแดนซ์

ตารางที่ 2.8 ความหมายแต่ละบิทของคอนเนคชั่นเมมโมรี่ ไฮ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 หลักการพื้นฐานของชุมสายระบบดิจิตอล

หลักการพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิตอลก็คือ การรวมสัญญาณอะนาล็อกจากเครื่องโทรศัพท์ของคู่สายสมาชิกแล้วทำการเข้ารหัสเป็นสัญญาณดิจิตอลจากนั้นชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการสวิตช์สัญญาณนี้ไปยังคู่สายสมาชิกปลายทางแล้วทำการถอดรหัสให้เป็นสัญญาณอะนาล็อกส่งให้กับเครื่องโทรศัพท์ หลักการของการเข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณดิจิตอลนี้มีหลายวิธีด้วยกันเป็นต้นว่า พัลส์แอมพลิจูดมอดูเลชั่น (Pulse Amplitude Modulation; PAM) พัลส์โคดมอดูเลชั่น (Pulse Code Modulation; PCM) และเดลต้ามอดูเลชั่น (Delta Modulation)

สำหรับพีซีเอ็มหลักการของการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยทำการชักตัวอย่าง(Sampling) สัญญาณอะนาล็อกเดิมออกเป็นสัญญาณพัลส์ แต่ยังคงใช้ แอมพลิจูด ของสัญญาณอะนาล็อกอยู่ หลักการนี้ถูกนำมาใช้ใน PABX บางระบบแต่จะมีการเกิดสัญญาณไขว้แทรก (Crosstalk) ในส่วนของวงจรเสียงเสียงพูดผ่านซึ่งเกิดจากการส่งสัญญาณจำนวนมากและระดับความแรงของสัญญาณสูงให้กับส่วนวงจรเสียงพูดผ่านจึงเกิดการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณที่อยู่ใกล้เคียงกันได้ง่าย ดังนั้นในการใช้งานและการพัฒนาชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้หลักการนี้ควรระมัดระวังเรื่องของจำนวนสัญญาณซึ่งถ้ามากเกินไปจะเกิดสัญญาณไขว้แทรกได้ง่าย

สำหรับหลักการเดลต้ามอดูเลชั่น จะถูกนำมาใช้เฉพาะบางวงจรเท่านั้น เพราะมีลักษณะการออกแบบวงจรที่ยุ่งยากมาก แต่ก็มีข้อดีคือ ราคาของอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในหลักการพีซีเอ็มจะเป็นหลักการที่ใช้อยู่ในชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิตอลและใช้ค่าใช้จ่ายต่ำ

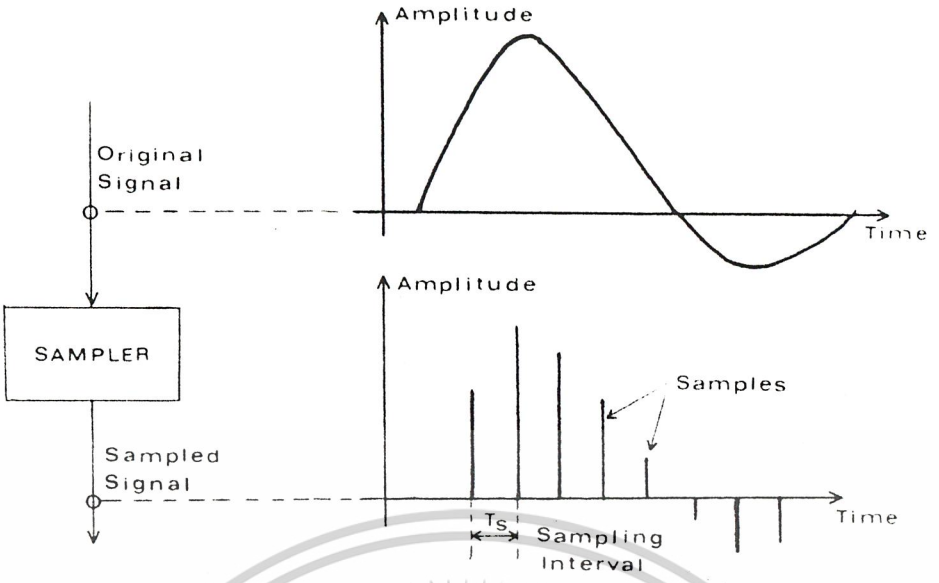
2.11 หลักการพื้นฐานของพีซีเอ็ม

การสื่อสารในระบบดิจิตอลมิได้หมายถึงว่าสัญญาณทั้งหมดที่อยู่ในระบบจะต้องเป็นดิจิตอลเสมอไปเนื่องจากโดยธรรมชาติทุกสัญญาณจะเป็นอะนาล็อก เช่น เสียงพูด สัญญาณคลื่นวิทยุ ฯลฯ ดังนั้นสัญญาณต่างๆ ในธรรมชาติจะต้องถูกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อนแล้วจึงถูกส่งผ่านไปในช่องทางการสื่อสารระบบดิจิตอล การแปลงสัญญาณจากอะนาล็อกไปสู่ดิจิตอลนั้น มีหลายวิธีและเรียกรวมๆ กันว่าพัลส์โคดมอดูเลชั่น เนื่องจากสัญญาณต่อเนื่องของอะนาล็อกจะถูกสุ่มเป็นช่วงๆ ค่าที่ได้จากการสุ่มจะเป็นลักษณะของสัญญาณรูปพัลส์ (pulse) หลายๆ ลูก ซึ่งก็เป็นที่มาของชื่อนั่นเอง ลักษณะของการแปลงสัญญาณแบบพีซีเอ็มนั้นจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 3 ขั้นตอนคือ

2.11.1 การชักค่าตัวอย่างและการสร้างพัลส์แอมพลิจูดมอดูเลชั่น

การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) หมายถึงการเลือกเอาค่า Amplitude ที่จุดใดๆ ของสัญญาณ Analog ที่ช่วงเวลาที่เท่ากัน ตัวอย่างที่สุ่มมาได้ก็คือ Pulse Train หรือเรียกว่า PAM Sample จำนวนของสุ่มตัวอย่างต่อวินาทีคือ Sampling Rate จาก Sampling Theorem ที่กล่าวไว้ว่า “ถ้าสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ของสัญญาณ Analog ด้วยช่วงเวลาที่สม่ำเสมอในอัตราอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณนั้นๆแล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้บรรจุข่าวสารของสัญญาณเดิมครบถ้วน” ในระบบ PCM สัญญาณโทรศัพท์ซึ่งใช้ความถี่ในช่วงระหว่าง 300 ถึง 3400 Hz จะถูกสุ่มตัวอย่างด้วย Sampling Rate 8000 ครั้งต่อวินาที หรือถูกสุ่มตัวอย่างทุกๆ 125 ไมโครวินาที ซึ่งเรียกว่า Sampling Interval ดังแสดงในรูปที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

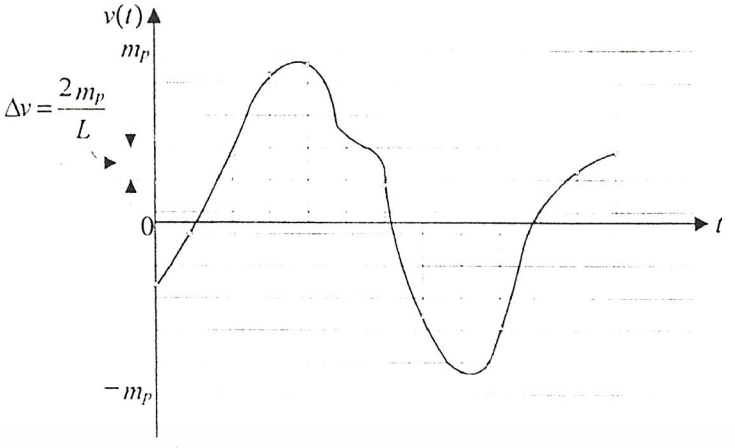


รูปที่ 2.21 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

2.11.2 การควอนไทซ์ (Quantize)

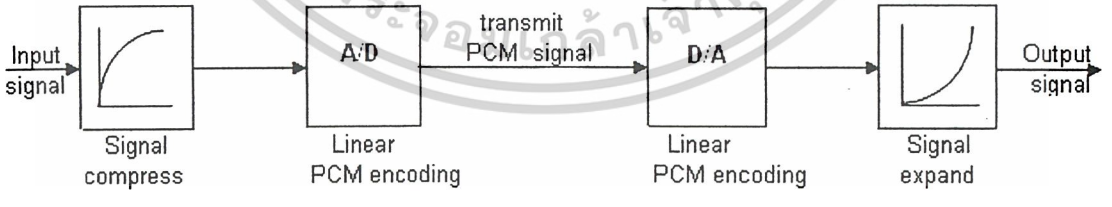
ค่าตัวอย่างสัญญาณอะนาล็อกที่ชักค่าได้มานั้น จะมีระดับของขนาดที่มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็นอะนาล็อกด้วย กล่าวคือจะมีค่าที่เป็นไปได้เป็นจำนวนนับไม่ถ้วน ดังนั้นถ้าจะกำหนดรหัสให้กับค่าตัวอย่างเหล่านี้ทั้งหมดก็จะต้องใช้รหัสจำนวนมหาศาล ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงต้องมีการลดจำนวนรหัสที่ใช้ลงให้เหมาะสมกับสภาวะที่ใช้งานจริงได้ เมื่อความจำเป็นมีดังนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องจัดแบ่งค่าขนาดของตัวอย่างสัญญาณออกเป็นกลุ่มเท่าจำนวนรหัสที่ใช้ โดยการกำหนดค่าตัวอย่างสัญญาณที่มีขนาดอยู่ในกลุ่มเดียวกันให้มีรหัสเดียวกัน ก็จะทำให้เกิดการจัดแบ่งระดับเป็นระดับสัญญาณดิสครีตที่มีจำนวนจำกัดขึ้น กระบวนการที่ทำการปรับค่าของสัญญาณที่เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง ไปเป็นค่าที่มีระดับเป็นดิสครีตที่มีจำนวนจำกัดนี้ เราได้อธิบายมาแล้วว่าคือการทำควอนไทซ์ ถ้าสัญญาณ $m(t)$ มีค่าของขนาดสัญญาณอยู่ระหว่าง $(-m_p, m_p)$ หากเราต้องการแบ่งกลุ่มขนาดของค่าตัวอย่างสัญญาณออกเป็น L กลุ่ม เราอาจทำได้โดยการแบ่งช่วงขนาดของสัญญาณออกเป็น L = ช่องเท่ากัน ซึ่งจะได้ความกว้างของแต่ละช่องเท่ากับ $\frac{2m_p}{L}$ ดังแสดงดังรูป 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ค่าตัวอย่างสัญญาณที่ชักค่าออกมาได้ จะถูกประมาณด้วยค่าระดับดิสครีตที่ใกล้ที่สุด

ค่าตัวอย่างสัญญาณที่มีระดับของขนาดที่อยู่ในช่วงเดียวกัน ก็จะถือว่าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะเห็นว่าความกว้างของแต่ละช่องที่เรากำหนดให้นั้นเป็นเพียงค่าใกล้เคียงกับค่าของ Amplitude จริงที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนจากควอนไทซ์ย่อมจะต้องเกิดขึ้นเราเรียกความคลาดเคลื่อนนี้ว่า Quantizing Error หรือ Quantizing Noise โดยปกติแล้วสัญญาณเกือบทุกชนิดเช่นเสียงพูดและสัญญาณภาพจะมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการทำควอนไทซ์แบบเชิงเส้น (linear quantization) จึงเกิดมีการทำควอนไทซ์แบบไม่เชิงเส้น (nonlinear quantization) ขึ้น ในการทำควอนไทซ์แบบไม่เชิงเส้นนี้ จะทำการแบ่งกลุ่มของค่าตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่ไม่เท่ากัน กล่าวคือ จะทำการแบ่งช่วงระหว่างระดับการควอนไทซ์ให้มีค่าต่างกัน ที่ระดับของขนาดสัญญาณต่ำๆจะแบ่งให้ช่วงแคบ และจะแบ่งให้กว้างขึ้นที่ระดับของขนาดของสัญญาณมีค่ามากขึ้น การแบ่งช่วงระดับการควอนไทซ์ให้ต่างกันนี้จะมีผลเทียบเท่ากับการทำการบีบ (compress) สัญญาณอินพุต $m(t)$ ที่ระดับขนาดต่างๆกัน ด้วยอัตราที่ต่างกันก่อนที่จะทำการป้อนสัญญาณที่ถูกบีบแล้วนั้นเข้าทำการควอนไทซ์แบบเชิงเส้นอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการควอนไทซ์มาทำการเข้ารหัส ทางด้านรับจะถอดรหัสได้ค่าตัวอย่างและทำการยืดขยาย (expansion) สัญญาณซึ่งจะได้-สัญญาณเดิมกลับมา



รูปที่ 2.23 การคอมแพนด์พีซีเอ็มกับสัญญาณอะนาล็อกด้วยการบีบอัดและยืดขยายสัญญาณ

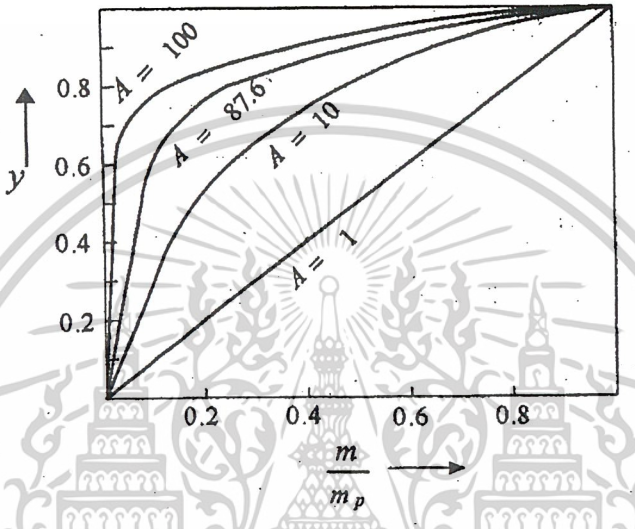
กระบวนการบีบอัดและยืดขยายสัญญาณนี้จะถูกเรียกว่าการคอมแพนด์ (Companding) การคอมแพนด์สัญญาณจะมีกัน 2 ลักษณะคือ

1. A-Law เป็นกฎหรือฟังก์ชั่นที่นิยมใช้กันในยุโรป และสายการสื่อสารระหว่างประเทศส่วนใหญ่ ยกเว้นอเมริกาเหนือ และญี่ปุ่น มีรูปความสัมพันธ์ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y=\begin{cases}\dfrac{A}{1+\ln A}\left(\dfrac{m}{m_p}\right), & \left|\dfrac{m}{m_p}\right|\le\dfrac{1}{A}\\ \dfrac{\mathrm{sgn}(m)}{1+\ln A}\left[1+\ln A\left|\dfrac{m}{m_p}\right|\right], & \dfrac{1}{A}\le\left|\dfrac{m}{m_p}\right|\le 1\end{cases}$$

โดยในที่นี้ A เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับลักษณะการบีบสัญญาณ เมื่อเลือกค่า A ต่างๆ กัน ลักษณะความสัมพันธ์ของอินพุท และเอาท์พุทของวงจรบีบสัญญาณจะต่างกันไปดังแสดงในรูป 2.24



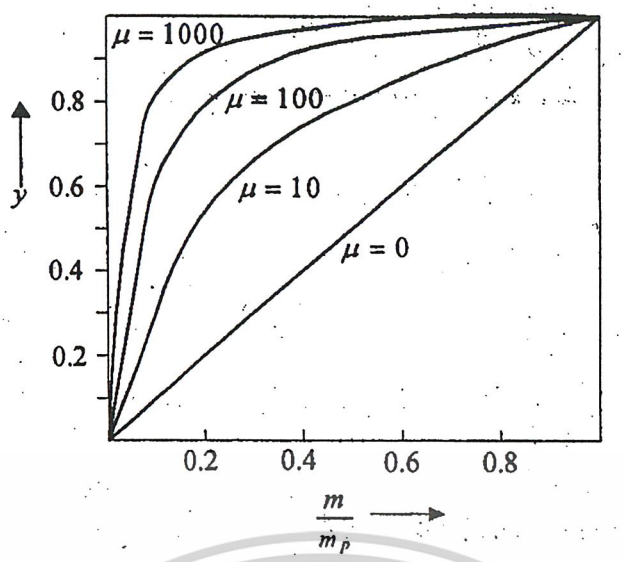
รูปที่ 2.24 ความสัมพันธ์ของอินพุท และเอาท์พุทของวงจรบีบสัญญาณตาม A-law

2. μ-law นิยมใช้กันในอเมริกาเหนือ และญี่ปุ่น มีความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$y=\frac{\mathrm{sgn}(m)}{\ln(1+\mu)}\ln\left(1+\mu\left|\frac{m}{m_p}\right|\right),\quad \left|\frac{m}{m_p}\right|\le 1$$

ในที่นี้ μ เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ปรับลักษณะของการบีบสัญญาณ เมื่อ μ มีค่าต่างๆ จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุท และเอาท์พุทของวงจรบีบสัญญาณ ดังแสดงในรูป 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ความสัมพันธ์ของอินพุท และเอาท์พุทของวงจรบีบสัญญาณตาม μ -law

ตารางที่ 2.9 คุณลักษณะการเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ A-Law

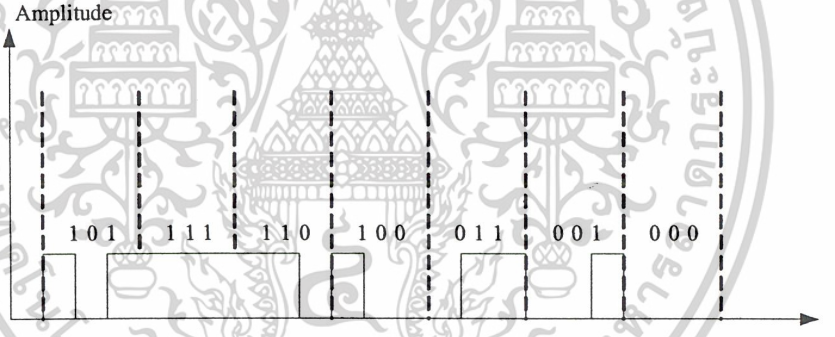
ช่วงต่างๆของสัญญาณอินพุต	ขนาดของชั้น	หมายเลขคอร์ด	ค่ารหัสของการควอนไทซ์ Q	ค่าตัวอย่าง	ขนาดสัญญาณที่ถอดรหัสได้
0-2			0000	0	1
2-4			001	1	3
-		000	0	-	-
30-32			1111	15	31
32-34	2		0000	16	33
-		001	-	-	-
62-64			1111	31	63
64-68			0000	32	66
-	4	010	-	-	-
124-128			1111	47	126
-	8	011	-	-	-
248-256			1111	63	252
256-272			0000	64	264
-	16	100	-	-	-
496-512			1111	79	504
512-544			0000	80	528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-	32	101	-	-	-
992-1024			1111	95	1008
1024-1088			0000	96	1056
-	64	110	-	-	-
1984-2048			1111	111	2016
2049-2176			0000	112	2112
-	128	111	-	-	-
3968-4069			1111	127	4032

2.11.3 การเข้ารหัส (Coding)

เมื่อได้ทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ Analog เรียบร้อยแล้ว เราก็จะได้ PAM Signal ที่มีขนาดของ Amplitude ต่างๆกัน ส่งเข้าไปยัง Quantizer โดยกำหนดให้ Quantizing level อันใดซึ่งตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับของ Amplitude ที่สุ่มมาได้ ตัวเข้ารหัส (Coder) ก็จะผลิต Binary Code Signal ตรงตาม Quantizing level นั้นๆ



รูปที่ 2.26 การเข้ารหัส (Coding)

2.12 หลักการทำชิพการประชุมทางโทรศัพท์

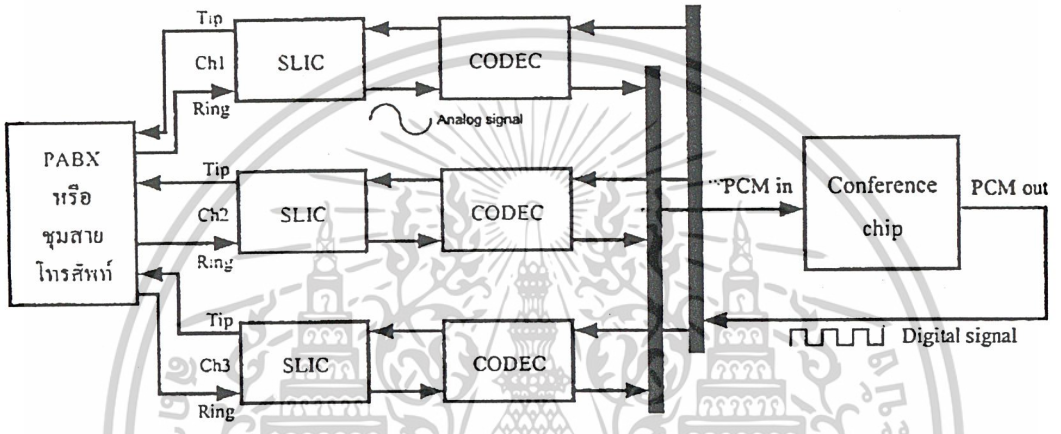
1. การรวมสัญญาณเข้าด้วยกัน เป็นวิธีที่ดีที่สุดในแง่ของความถูกต้องที่ได้รับ และถูกต้องในแง่ความเป็นธรรมในการประชุม โดยจะเป็นการรวมสัญญาณจากผู้ส่งทั้งหมด เข้าด้วยกัน แล้วส่งสัญญาณที่ได้สู่ผู้อื่นการรวมสัญญาณในที่นี้หมายถึง การแปลงสัญญาณทั้งหมดจากสัญญาณพีซีเอ็มที่ไม่เป็นเชิงเส้นก่อน แล้วจึงรวมสัญญาณทั้งหมดเข้าด้วยกัน ด้วยการใช้วงจรบวก จากนั้น จึงแปลงกลับไปเป็นสัญญาณพีซีเอ็มตามเดิม แล้วจึงส่งต่อให้ผู้รับ

2. การใช้เสียงดังที่สุด เป็นอัลกอริธึมที่ใช้หลักความเป็นจริง ประการที่ว่า เสียงของมนุษย์จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันและเสียงสนทนาของคนเราจะมีลักษณะที่เป็นคาบเวลา ดังนั้นจึงเป็นผลให้สามารถทำการประชุมทางโทรศัพท์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 หลักการทำงานของวงจรประชุมร่วมทางโทรศัพท์

โดยทั่วไปการใช้งานโทรศัพท์จะเป็นของ 2 บุคคลต่างสถานที่กันแต่สำหรับการใช้โทรศัพท์เพื่อการประชุมต้องมีบุคคลมากกว่า 2 บุคคลขึ้นไปในการสนทนาต่างสถานที่กัน จึงจำเป็นต้องมีวงจรและหลักการทำงานเพิ่มเติมจากระบบโทรศัพท์ปกติทั่วๆไป โดยหลักการทำงานของการใช้งานโทรศัพท์เพื่อการประชุมจะเป็นการรวมสัญญาณจากผู้ส่งทั้งหมด เข้าด้วยกัน แล้วส่งสัญญาณที่ได้สู่ผู้อื่นการรวมสัญญาณในที่นี้หมายถึง การแปลงสัญญาณทั้งหมดจากสัญญาณพีซีเอ็มที่ไม่เป็นเชิงเส้นก่อน แล้วจึงรวมสัญญาณทั้งหมดเข้าด้วยกัน ด้วยการใช้วงจรบวก จากนั้น จึงแปลงกลับไปเป็นสัญญาณพีซีเอ็มตามเดิม แล้วจึงส่งต่อให้ผู้รับ แต่จากโครงงานนี้จะมีผู้ร่วมประชุมทั้งหมด 3 คน ซึ่งสามารถแสดงดังรูปในบล็อกไดอะแกรมโดยมีรายระเอียดของส่วนต่างๆดังนี้



รูปที่ 2.27 บล็อกไดอะแกรมการใช้งานโทรศัพท์เพื่อการประชุม

จากรูปบล็อกไดอะแกรมแสดงถึงคู่สายที่ต้องการประชุม 3 คู่สาย ซึ่งอาจมาจาก PABX หรือชุมสายโทรศัพท์แต่ละคู่สายจะเข้ามา SLIC โดยหลักการที่สำคัญของส่วน SLIC คือการเชื่อมต่อเข้ากับคู่สายทิปและริงจะได้เอาท์พุทแยกออกมาระหว่างสัญญาณที่ไปและกลับหรือที่เรียกว่า 2W ไป 4W นั่นเองและสัญญาณที่ได้จาก 4W จะส่งเข้าวงจรโคดเดอร์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลและสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาล็อกตามลำดับ

2.14 การออกแบบวงจรดิจิตอล

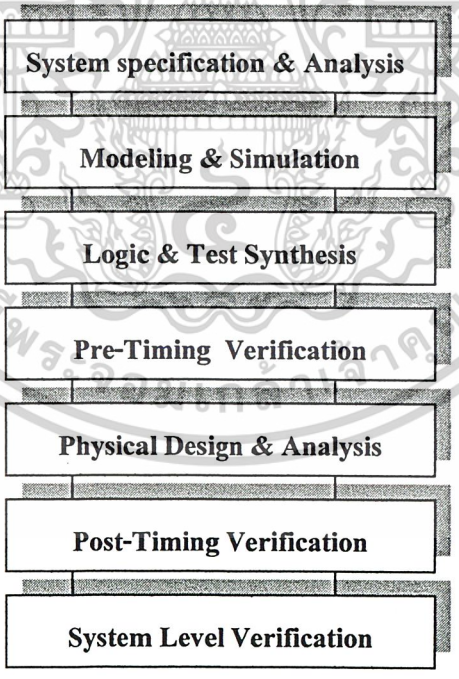
การออกแบบวงจรดิจิตอลนั้น ในปัจจุบันก้าวหน้าไปอย่างมาก โดยการใช้ภาษาบรรยายการทำงานของวงจร (Hardware Description Language : HDL) ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้สำหรับออกแบบฮาร์ดแวร์ โดยใช้ภาษาที่เป็นมาตรฐานสากลเช่น Verilog หรือ VHDL (VHSIC Hardware Description Language (VHSIC : Very High Speed Integrated Circuit)) หรือเป็นภาษาที่ไม่เป็นมาตรฐานเช่น AHDL (Altera Hardware Description Language) หรือ PHDL (Philips Hardware Description Language) เป็นต้น มาบรรยายการทำงานของวงจรที่ออกแบบไว้ ในการออกแบบด้วยภาษา VHDL ผู้ออกแบบเพียงแต่เขียนซอสโค้ด (Source Code) บรรยายการทำงานของวงจร หลังจากนั้นทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมไพล์ (Compile) แล้วจำลองการทำงาน (Simulate) ดูว่าได้ฟังก์ชั่นการทำงานและไทม์มิ่ง (Timing) ตามที่ต้องการหรือไม่ จากนั้นนำซอสโค้ดที่ได้ไปทำการสังเคราะห์ด้วยโปรแกรมสังเคราะห์ (Synthesis Tool) สุดท้ายนำวงจรที่ได้จากการสังเคราะห์ไปทำการแม็ป (Map) ลงไปยัง FPGA (Field Programmaable Gate Array) เพื่อเป็นชิป (Chip) ต้นแบบสำหรับการนำไปทดสอบการทำงาน

2.14.1 การออกแบบจากบนลงล่าง

ในการพัฒนาวงจรรวมเชิงเลขขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน ผู้ออกแบบมักจะมองการออกแบบให้อยู่ในรูปของบล็อกไดอะแกรมก่อน จากนั้นจึงวิเคราะห์ให้ลึกถึงรายระเอียดต่อไป ซึ่งภาษา VHDL นั้นอนุญาตให้อธิบายการทำงานของแต่ล่ะบล็อก และวิเคราะห์การทำงานแก้ไขและปรับปรุงการทำงานจากผลที่วิเคราะห์ เพื่อให้ได้ผลงานตามที่ต้องการ โดยการออกแบบในลักษณะนี้เรียกว่าหลักการออกแบบจากบนลงล่าง (Top-Down Design) ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับการออกแบบจากล่างขึ้นบน (Bottom-Up Design) จะเห็นได้ว่าการออกแบบจากล่างขึ้นบนจะใช้เวลาในการออกแบบมากกว่า เพราะเป็นการวาดด้วยอุปกรณ์ต่างๆ (Schematic Capture) ที่ประกอบกันเข้าเป็นวงจรออกแบบจำลองการทำงาน ตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งใช้เวลามาก และถ้าวงจงจรที่ต้องการตรวจสอบมีความซับซ้อนมากก็จะเป็นเรื่องที่ยากมากในการออกแบบลักษณะนี้ ดังนั้นการใช้ภาษา VHDL กับหลักการออกแบบจากบนลงล่างจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบละพัฒนาวงจรที่มีความซับซ้อนมากขึ้นทั้งยังช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบ



รูปที่ 2.28 แสดงขั้นตอนการออกแบบจากบนลงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.28 แสดงให้เห็นขั้นตอนการออกแบบจากบนลงล่าง ทั้งนี้ในทางปฏิบัติอาจจะมีข้อแตกต่างไปจากนี้บ้างเล็กน้อย โดยขั้นตอนของการออกแบบจากบนลงล่างมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างข้อกำหนดของความต้องการ และวิเคราะห์แบบ เพื่อหาแนวความคิดและหลักการ (Idea and Concept) ในการแก้ปัญหา

2. ขั้นตอนการเขียนรูปแบบของระบบที่ต้องการออกแบบโดยใช้ภาษา VHDL สำหรับบรรยายพฤติกรรมการทำงาน พร้อมทั้งจำลองการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบและตรวจสอบสอบความถูกต้องกับข้อกำหนด

3. ขั้นตอนการสังเคราะห์ ซึ่งจะต้องทำการกำหนดเทคโนโลยีที่จะมารองรับวงจรที่ออกแบบและระบบช่วยออกแบบจะทำการสังเคราะห์วงจรที่ได้จากรูปแบบที่เขียนขึ้นให้อยู่ในรูปของวงจรที่ประกอบด้วยอุปกรอิเล็กทรอนิกส์ หรือวงจรระดับเกท (Gate Level) และการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์เหล่านี้ หรือไม่ก็ขึ้นอยู่ในรูปของเน็ทลิสต์ (Net list) ที่สามารถนำไปผลิตลงบนอุปกรณ์อื่นได้

4. หลังจากการสังเคราะห์วงจรให้อยู่ในระดับเกทหรือเน็ทลิสต์แล้ว ข้อมูลที่ได้นอกจากจะเป็นข้อมูลสำหรับจำลองการทำงานในเรื่องของความถูกต้องของฟังก์ชั่นแล้ว ยังมีข้อมูลที่เกี่ยวกับเวลาด้วย ซึ่งจากความจริงที่ว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชิ้นจะมีเวลาหน่วงของการเคลื่อนผ่าน (Propagation Delay time) เสมอ ถึงแม้ว่าจะเป็นเวลาที่น้อยมากในระดับนาโนวินาที แต่ถ้าภายในวงจรหนึ่งประกอบด้วยเกทของฟังก์ชั่นต่างๆจำนวน 10,000 ขึ้นไป เวลาดังกล่าวนี้จะสะสมกันมากขึ้นจนอาจจะทำให้การทำงานของวงจรทั้งหมดผิดไปหรือไม่สามารถทำงานย่านความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงๆได้

5. ขั้นตอนการผลิตเป็นวงจรจริง (Technology and Device Mapping) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์มาผลิต ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ FPGA หรือวงจรรวม ASIC

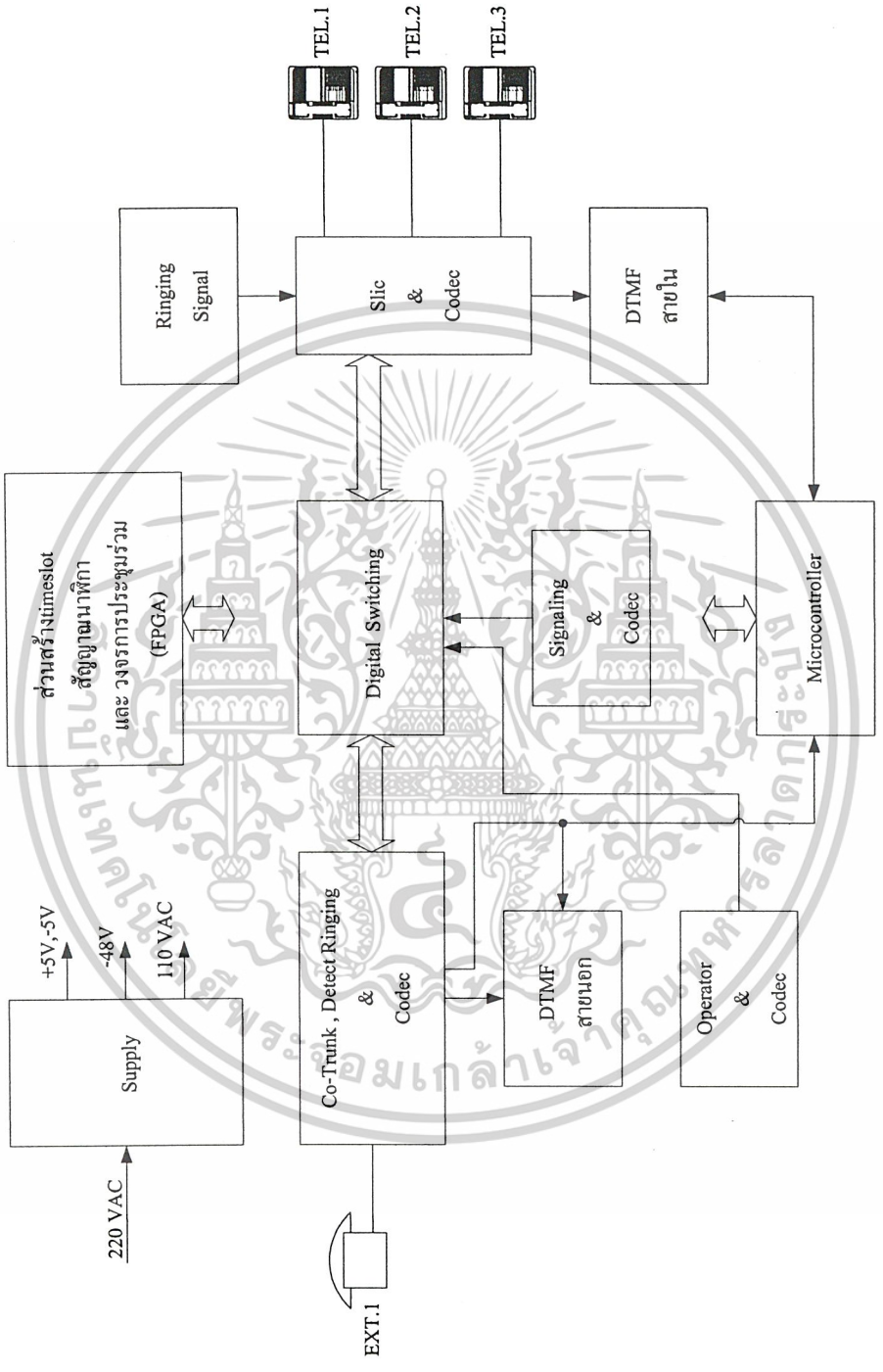
6. หลังจากที่ได้วงจรจริงมาแล้วยังต้องมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบการทำงานที่ต้องคำนึงถึงเวลาด้วยเพื่อความถูกต้องของวงจรครั้งสุดท้ายก่อนที่จะนำไปรวมเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆให้เป็นระบบ เพราะในขั้นตอนนี้วงจรที่ออกแบบจะประกอบด้วยอินพุทและเอาท์พุทแพด (Pad) ซึ่งเป็นจุดต่อสำหรับและส่งสัญญาณกับภายนอก

7. หลังจากที่นำวงจรที่ออกแบบรวมเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆให้เป็นระบบแล้วนั้น จะต้องทดสอบการทำงานรวมทั้งระบบร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆอีกครั้ง ซึ่งเป็นการตรวจสอบการทำงานจริงขั้นสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 บล็อคไดอะแกรมรวม



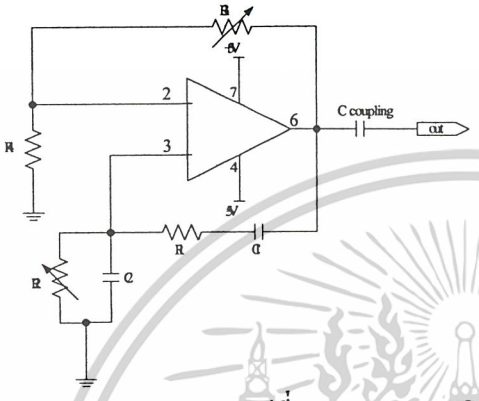
รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนสร้างสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Generator)

การสร้างสัญญาณทางโทรศัพท์ต้องการสัญญาณให้กด สัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ โดยสัญญาณทั้งสองสัญญาณนี้มีพื้นฐานจากสัญญาณซายน์ 400 เฮิร์ต จะใช้วงจรเวนบริดจ์ออสซิลเลเตอร์ (Weinbridge Oscillate) ในการสร้างโดยความถี่ในการออสซิลเลตของวงจรจะมีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad , \quad 1+\frac{R_3}{R_4} \geq \frac{R_1}{R_2}+\frac{C_1}{C_2}$$



รูปที่ 3.2 วงจรเวนบริดจ์ ออสซิลเลเตอร์

- **การสร้างสัญญาณซายน์ 400 เฮิร์ต**

ให้ R1 = R2 >> R, C1 = C2 >> C

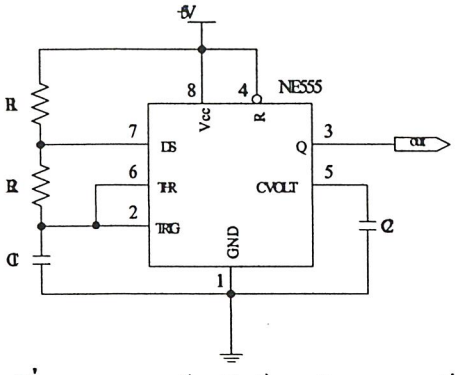
$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

ถ้า R = 3.9 kΩ และ C = 0.1 μF จะได้ f = 408.08 Hz

เมื่อได้ค่าความถี่ตามต้องการแล้วก็จะต่อวงจรอินเวอร์ติ้งแอมพลิฟายเออร์ (Inverting Amplifier) เพื่อปรับค่าโวลเตจให้เหมาะสมและจ่ายกระแสได้เพียงพอกับการใช้ต่อไปโดยจะให้มีการขยายที่อัตราขยายมากที่สุดคือ 2

ส่วนสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง ก็คือสัญญาณซายน์ที่มีการทำงานเป็นช่วง ๆ จากหลักการนี้จะใช้อนาล็อกสวิตช์ในการตัด – ต่อสัญญาณ 400 เฮิร์ต เป็นเอาท์พุท โดยให้ขาคอนโทรลอะนาล็อกสวิตช์นี้เป็นสัญญาณพัลส์ ที่สร้างจากไอซี 555 โดยมีวิธีการคำนวณและสร้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรสร้างพัลส์คอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์

- **การสร้างสัญญาณคอนโทรลการสร้างสัญญาณไม่ว่าง**

ต้องการสัญญาณคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์ เป็นพัลส์ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที

$$f = 1.443 / (R_1 + R_2)\, C_1$$
$$= 1.443 / (300k + 300k)\ 2.2uF$$
$$= 1Hz$$
$$Duty\ cycle = (R_2 / R_1 + R_2) * 100\%$$
$$= (300k / 300k + 300k) * 100\%$$
$$= 50\%$$

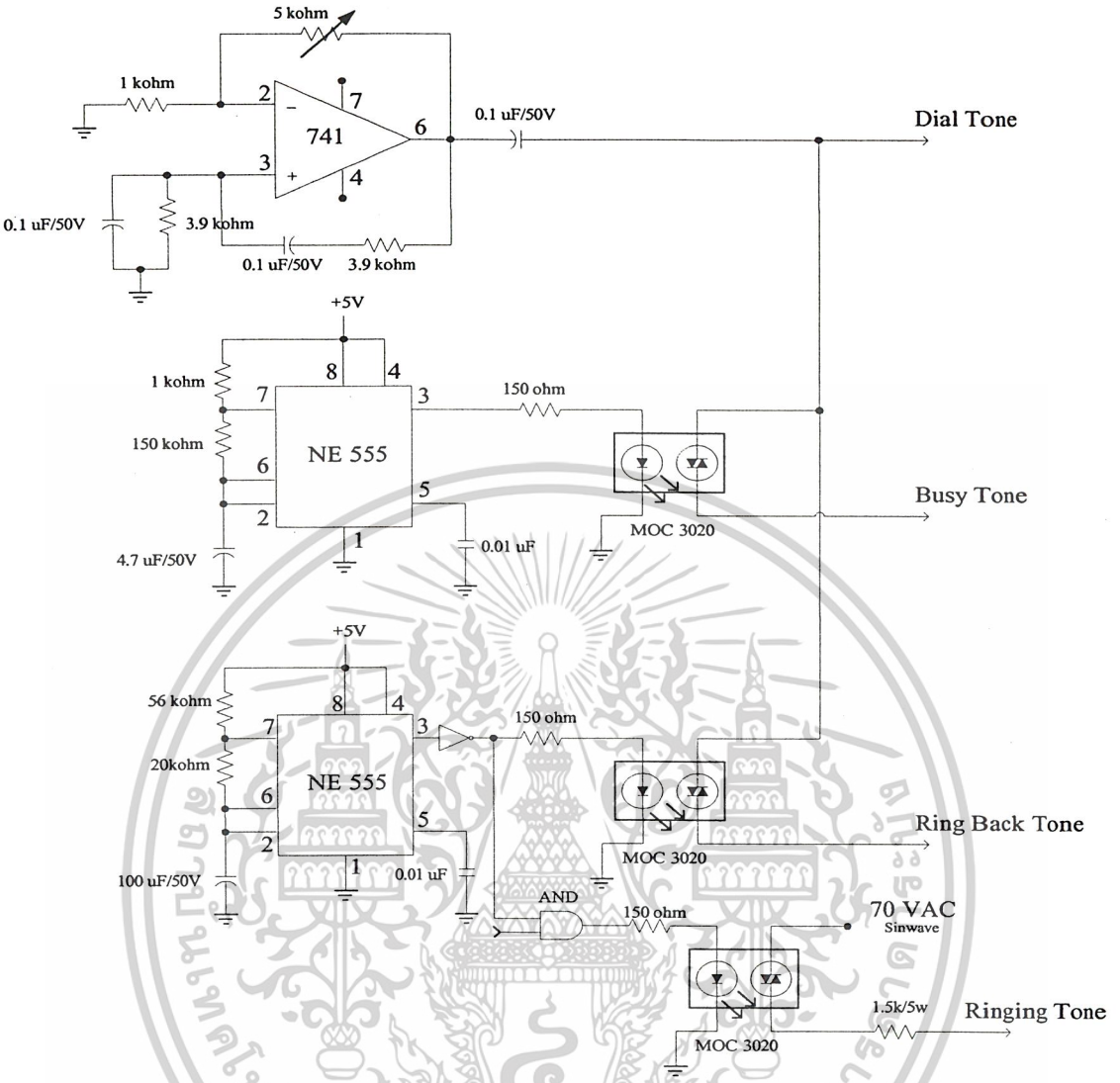
- **การสร้างสัญญาณคอนโทรลการสร้างสัญญาณเรียกกลับ**

ต้องการสัญญาณคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์ เป็นพัลส์ติด 1 วินาที ดับ 4 วินาที

$$T_{on} = 0.693 * R_1 * C_1$$
$$= 0.693*270k*4.7\ \mu F$$
$$= 0.9\ \text{sec}$$
$$T_{off} = 0.693* R_2 *C_1$$
$$= 0.693 *1.23M*4.7\ \mu F$$
$$= 4\ \text{sec}$$

เมื่อได้สัญญาณคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์แล้วก็ทำการต่อดังรูปที่ 3.4 ก็จะได้สัญญาณให้กดสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

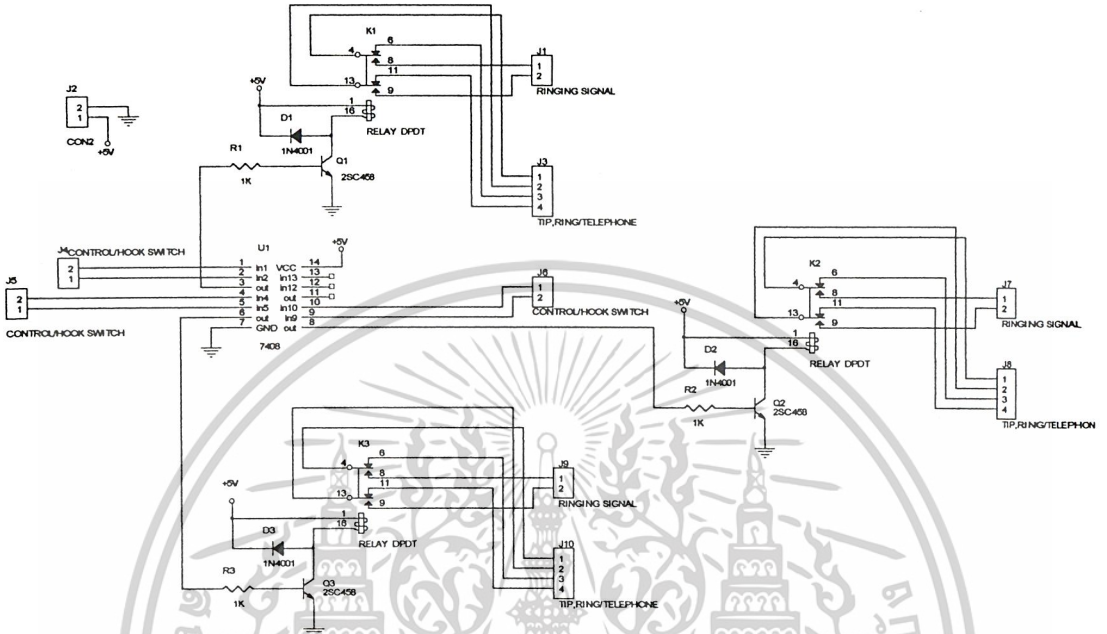


รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณโทนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง

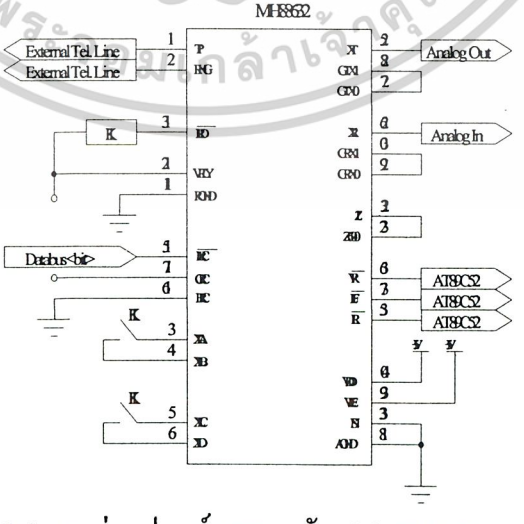
วงจรนี้ใช้ในการควบคุมสัญญาณกระดิ่งให้ติด 1 วินาที ดับ 4 วินาที เพื่อให้เป็นไปตามสัญญาณที่มาจากชุมสายโทรศัพท์ โดยใช้เอาท์พุทแอนเกตไปควบคุม Relay ส่วนอินพุททั้งสองขาจะต่อกับสุคสวิตช์และสัญญาณที่มาจากคอนโทรลเลอร์ ตามลำดับ



รูปที่ 3.5 วงควบคุมสัญญาณกระดิ่ง

3.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและตอบรับโทรศัพท์และ 2—4 ไฮบริดจ์ คอนเวอร์ชั่น

ในโครงงานนี้ใช้ CO—TRUNK MH88632 ของบริษัท MITEL มาเป็นส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและตอบรับโทรศัพท์ รวมทั้งเป็นวงจร 2—4 HYBRID CONVERSION โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับ MH88632 ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับ CO-TRUNK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีลำดับการดำเนินการดังนี้

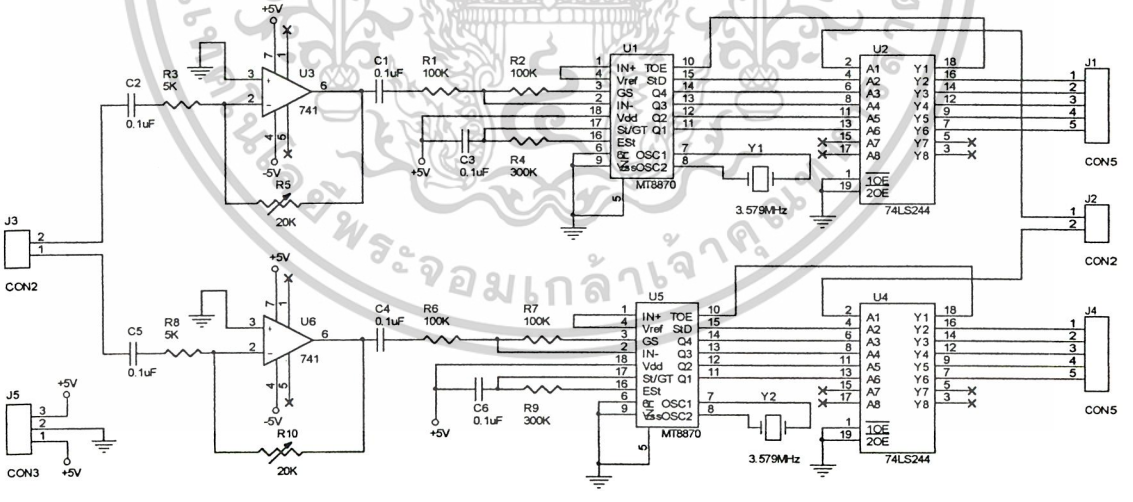
1. เมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง เข้ามาที่ขา Tip และ Ring แล้วสัญญาณที่ขา 36 RV (Ring detect) จะเปลี่ยนสถานะจาก 1 ไปเป็น 0 และสัญญาณจากขานี้จะแสดงรออยู่ที่คาต้าบัสของแอดเดรส 04H

2. เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบที่แอดเดรส 04H ก็จะรู้สถานะของ RV แล้ว ไมโครโพรเซสเซอร์จะทำการส่งสัญญาณ Hihg เข้าที่ขา 15 LRC (Loop Relay Control) เมื่อขาที่ 15 เปลี่ยนสถานะจาก 0 เป็น 1 แล้วสถานะของขา 12 LRD (Loop Relay Driver) จะเปลี่ยนสถานะจาก 1 เป็น 0 ซึ่งจะทำให้รีเลย์ K1 ถูกกระตุ้น

3. เมื่อรีเลย์ K1 ถูกกระตุ้นแล้วจะทำการต่อโหลดโทรศัพท์โดยขา 3 กับขา 4, ขา 5 กับขา 6 จะเชื่อมต่อกัน จากนั้นเราสามารถส่งสัญญาณเสียงตอบรับเข้าที่ขา 26 Rx และรับสัญญาณ DTMF ของสายภายนอกจากขา 25 Tx

3.5 ส่วนรับสัญญาณ DTMF

ใช้ไอซี เบอร์ MT8870 เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณ DTMF โดยเอาท์พุทที่ได้จะต่อกับ 74LS244 เพื่อใช้เป็นบัฟเฟอร์แล้วไปต่อกับส่วนวงจร I/O เพื่อรอไมโครคอนโทรลเลอร์มาเช็คบิลต่าง ๆ โดยส่วนนี้จะต่อภาคขยายสัญญาณ DTMF โดยใช้ ไอซีออปแอมป์ UA741 เพื่อให้สัญญาณที่ได้มีระดับพอเหมาะและกระแสเพียงพอกับที่ MT8870 ต้องการและจะมี 2 ชุด เพราะจะแยกการตรวจสอบระหว่างคู่สายภายนอกใช้ 1 ชุดและคู่สายภายในอีก 1 ชุด

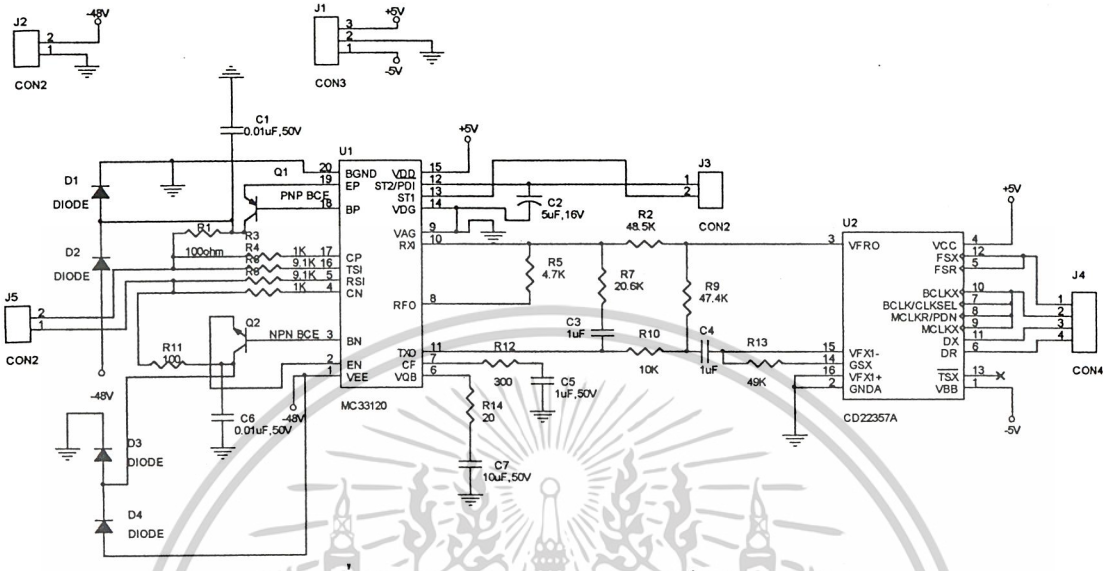


รูปที่ 3.7 วงจรในส่วนตรวจสอบสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรการต่อคู่สายภายในเข้ากับโคเดก

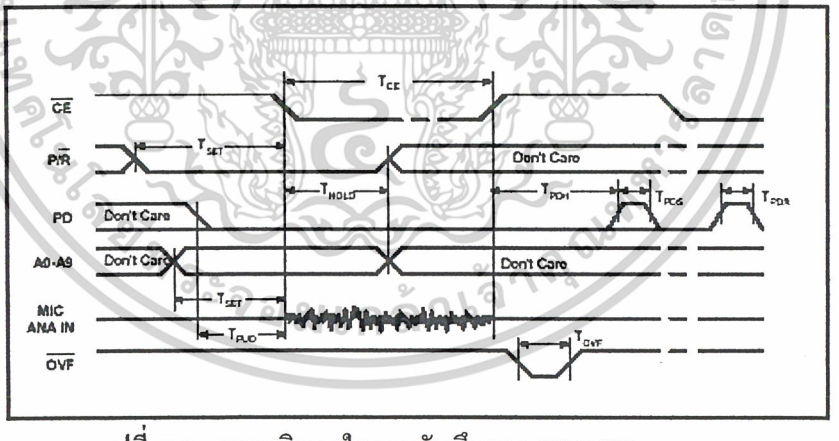
ดังรูปที่ 3.8 เป็นการต่อเพียงหนึ่งคู่สายภายในเท่านั้นสามารถเพิ่มจำนวนคู่สายภายในโดยต่อเช่นเดียวกัน โดยต่อขา Dx และ Dr ของแต่ละตัวเข้ากับ STi0 และ STo0 ตามลำดับ เข้ากับไอซีดิจิตอลสวิตซ์



รูปที่ 3.8 วงจรการต่อคู่สายภายในเข้ากับโคเดก

3.7 ส่วนตอบรับและบันทึกเสียง

โครงงานนี้ใช้ ไอซี ISD2590 เป็นตัวตอบรับและบันทึกเสียง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้



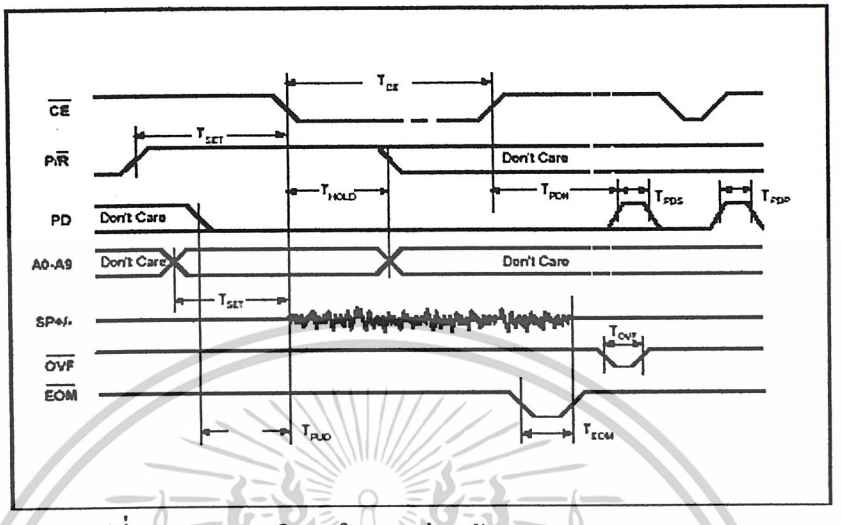
รูปที่ 3.9 แผนภูมิเวลาในการบันทึกของ ISD2590

ขั้นตอนควบคุมการบันทึก

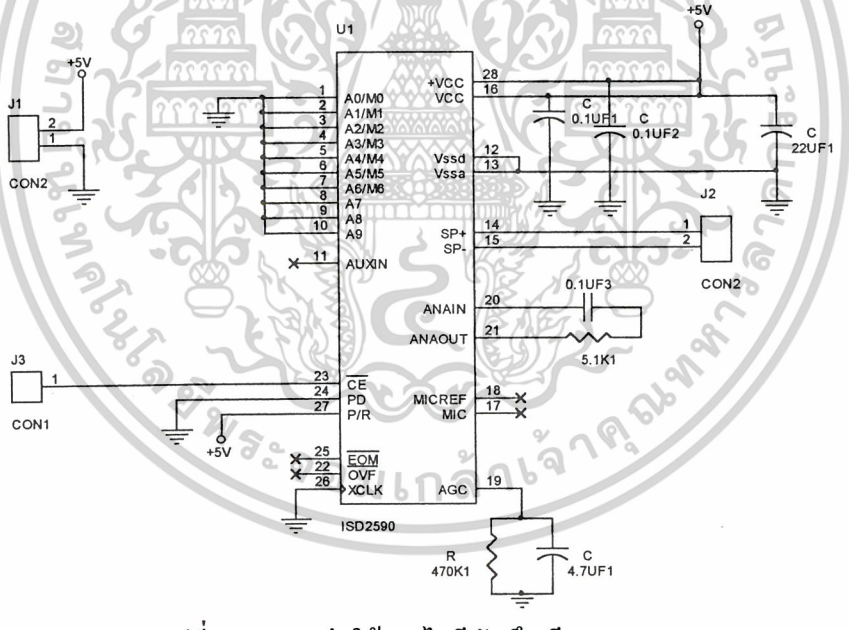
- กำหนดให้ขา P/R เป็น Low
- เซตค่าแอดเดรสที่ขา $A_0 - A_9$
- ให้ขา PD เป็น Low
- กำหนดให้ขา CE เป็น Low จะทำให้เริ่มต้นการบันทึกและคงสถานะขา CE เป็น Low ตลอดเวลาการบันทึกและขณะนี้ขา EOM จะเป็น High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสิ้นสุดการบันทึก จะทำได้โดยให้ขา CE กลับไปเป็น High และขา EOM จะเป็นพัลส์ Low และจะบันทึกในหน่วยความจำ เพื่อแสดงจุดสิ้นสุดของข้อความ ที่บันทึก
- เมื่อ CE มีพัลส์ Low เข้ามาจะทำให้เริ่มต้นการบันทึกอีกครั้ง ในแอดเดรสที่ต่อจากการบันทึกครั้งก่อน โดยจาก EOM Marker และขา EOM จะเป็น High



รูปที่ 3.10 แผนภูมิเวลาในการเล่นกลับของ ISD2590



รูปที่ 3.11 การต่อใช้งานไอซีบันทึกเสียง ISD2590

3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51)

ใช้บอร์ดของบริษัท SILA เบอร์ ANT-3172 เป็น Embedded Board ที่มี I/O PORT จำนวนมากให้เลือกใช้งานถึง 84 บิทเพื่อการพัฒนางานขยายการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วยพอร์ท 12 บิท จาก MCU และ 72 บิทจากไอซี 8255 นอกจากนี้ยังมี LCD PORT ที่สามารถต่อกับ LCD MODULE ได้โดยตรง ใช้ 80C31 เป็น MCU หรืออาจจะเลือกใช้งานกับ Single Chip เบอร์อื่นที่โครงสร้างพื้นฐาน

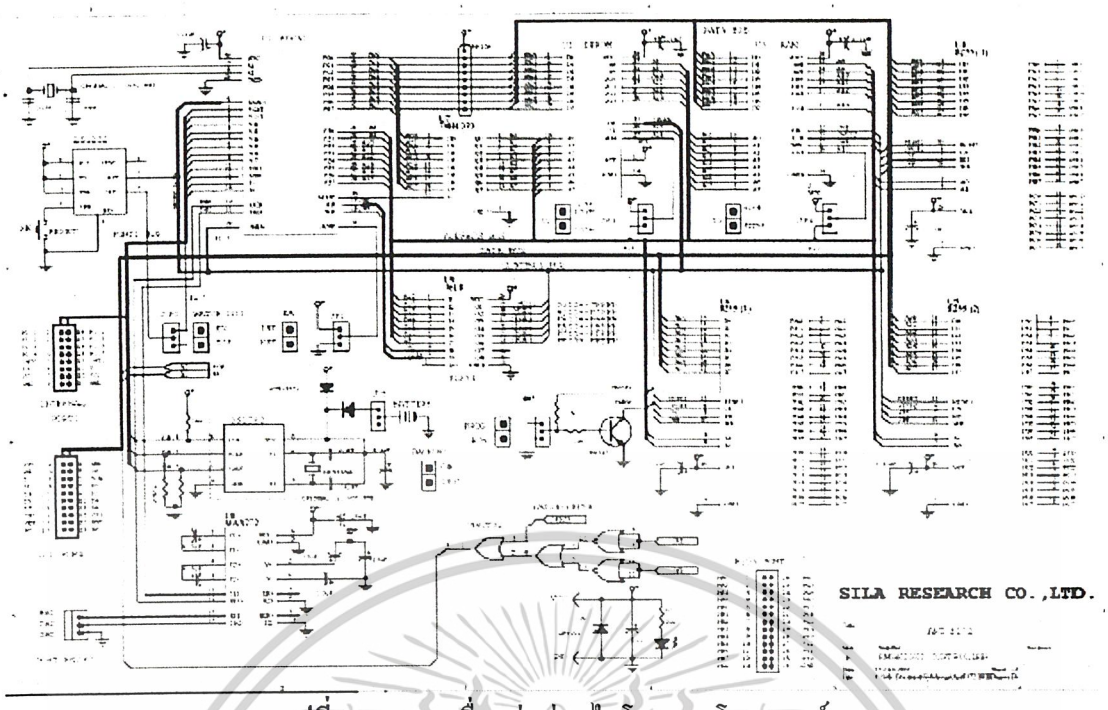
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกัน เช่น 89C51, 89C52, 89C55 ของ ATMEL, 89C51RD2 ของ PHILIPS และ DS5000T ของ DALLAS เป็นต้น สามารถเลือกใช้งานกับหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุดถึง 62 Kbytes มีวงจร Watchdog เพื่อให้บอร์ดทำงานอย่างมีเสถียรภาพป้องกันบอร์ด HANG ในขณะที่ทำงานอยู่ และใช้ไอซี DS1302 เป็น Real Time Clock ที่มีวงจร Backup พร้อมใช้งานได้ทันทีรวมทั้งมีพอร์ทสื่อสารอนุกรม RS232 ให้สามารถเชื่อมต่อกับเครื่อง PC ได้

คุณสมบัติของบอร์ด

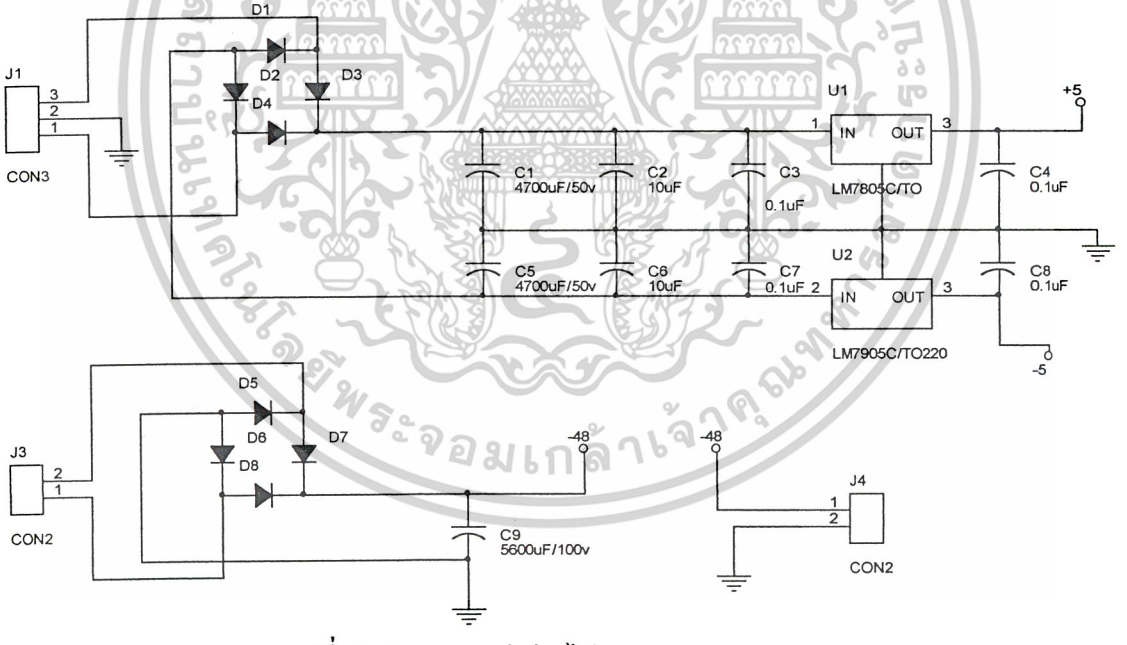
CPU	80C31
CLOCK	11.0592 MHz
MEMORY	0/32KBytes PROGRAM MEMORY 0000H-7FFFH
	8/30Kbytes PROGRAM + DATA MEMORY 8000H-F7FFH
RESET	DS1232LP (RESET AND WATCHDOG)
JUMPER	WATCHDOG (EN/DIS), EA-PIN (EXT/INT), PROG/RUN JUMPER
	BACKUP (OFF/ON), ROM(U2) (8K/32K), RAM(U3) (8K/32K)
CONNECTOR	26-PIN HEADER 24B USER PORT1 (F800H-F9FFH)
	26-PIN HEADER 24B USER PORT2 (FC00H-FDFFH)
	26-PIN HEADER 24B USER PORT3 (FE00H-FFFFH)
	16-PIN HEADER 12B PORT (PORT1, INT0, INT1, T0, T1)
	3-PIN RS232 PORT, 2-PIN 5VDC
RS232	MAX232
RTC	DS1302 (OPTION)
OTHER	2 TEST POINT FOR CLIP (VCC,GND)
	BATTERY 3V +BATTERY SOOCKET (OPTION)
POWER	5 VDC
SIZE BOARD	4”x5.5”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

3.9 แหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 3.13 วงจรแหล่งจ่ายไฟ +5V,-5V และ -48V

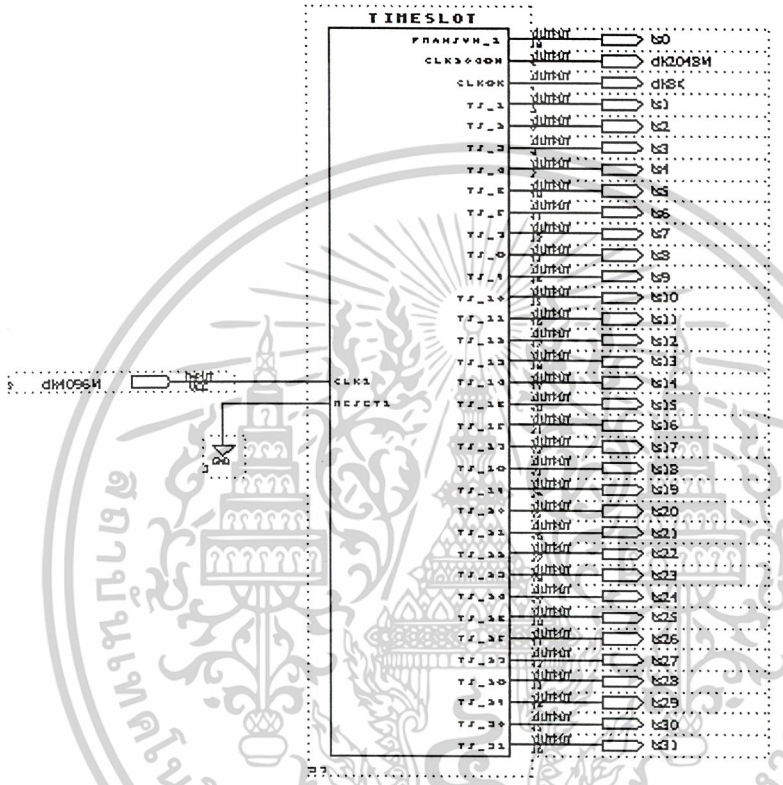
3.10 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาซิงค์และไทม์สล็อต

จากการศึกษาโคเดค (MC145557) และดิจิตอลสวิตชิ่ง พบว่าต้องสร้างสัญญาณนาฬิกาขนาด 4.096 MHz , 2.048 MHz และสัญญาณเฟรมซิงค์ขนาด 8 KHz เพื่อป้อนให้กับดิจิตอลสวิตซ์และโคเดค ในการที่จะให้วงจรเข้ารหัสและถอดรหัสได้จะต้องมีการสร้างสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณช่องเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Time Slot) เพื่อให้วงจรเข้ารหัสทำการเข้ารหัสจากสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นดิจิตอล แล้วเข้าช่อง PCM แล้วเกิดการเรียงลำดับกันและในทางกลับกันก็เป็นการรับข้อมูลทางดิจิตอล จากช่อง PCM ว่าจะให้วงจรถอดรหัสรับข้อมูลจากช่องเวลาใด

ในการออกแบบจะใช้ภาษา VHDL ในการบรรยายพฤติกรรมการทำงานของสัญญาณชาแนลล์ซิงค์ 32 ช่อง และสัญญาณเฟรมซิงค์ โดยจะใช้คริสตอล 4.096 MHz เป็นตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาหลักซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ไทม์สล็อตและสัญญาณเฟรมซิงค์

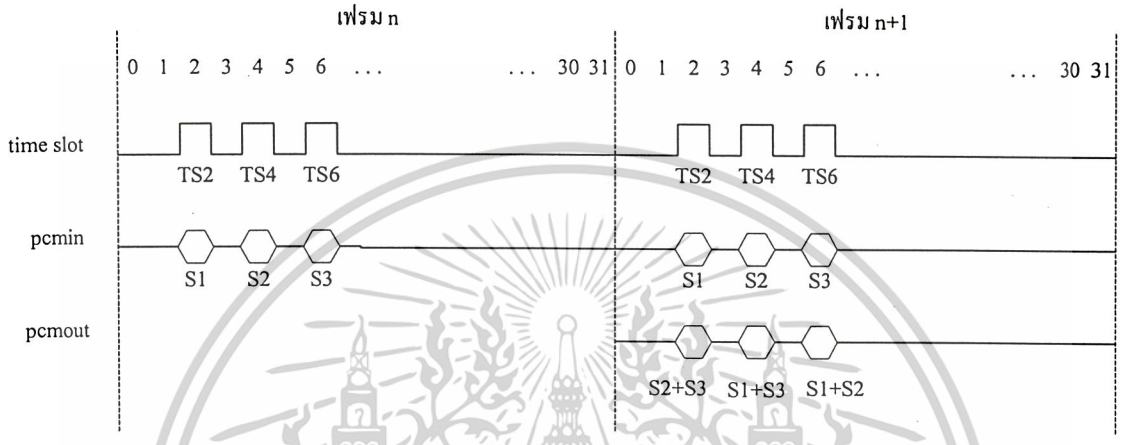
3.11 หลักการทำงานของชิป

เริ่มต้นด้วยโมดูลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมไปเป็นแบบขนาน โมดูลนี้จะทำการแปลงเป็นข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมที่มีอัตราเร็ว 2.048 Mbit/sec ให้เป็นข้อมูลแบบขนาน 8 บิท ซึ่งเป็นสัญญาณพีซีเอ็มแบบไม่เชิงเส้นจะถูกแปลงเป็นข้อมูลเชิงเส้นขนาด 12 บิท เนื่องจากข้อมูลพีซีเอ็มขนาด 8 บิทมีค่าอยู่ 2^8 ซึ่งเท่ากับ 256 ระดับ และเมื่อคิดเฉพาะขนาดของแอมปลิจูดไม่คิดเครื่องหมายจะทำให้ค่ารหัสมีเหลือ 128 ระดับ (ค่าทางด้านบวกและลบสมมาตรกัน) เมื่อแปลงเป็นเลขเชิงเส้นจะได้อยู่ระหว่าง 1-4032

เมื่อได้ข้อมูลเชิงเส้นขนาด 12 บิท นำข้อมูลเชิงเส้นขนาด 12 บิทของผู้ประชุมทำการบวกเข้าด้วยกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการบวกไปทำการลบด้วยข้อมูลของตัวเอง จะทำให้ผู้ประชุมแต่ละคนได้

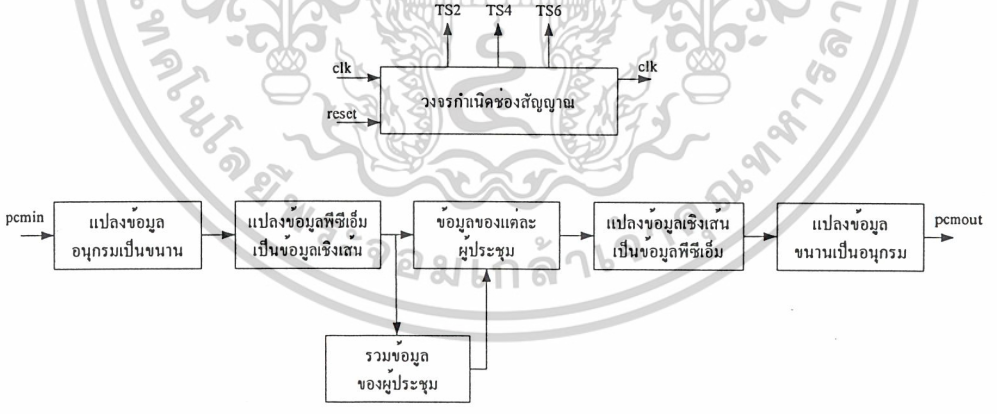
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลบวกของผู้ประชุมคนอื่น ต่อจากนั้นทำการแปลงจากข้อมูลเชิงเส้นเป็นข้อมูลแบบไม่เชิงเส้นและทำการแปลงจากข้อมูลแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรมและส่งไปยังผู้ประชุม ตัวอย่างเช่น มีข้อมูลพีซีเอ็ม S1 S2 และ S3 ในช่องสัญญาณที่ 2 4 และ 6 ตามลำดับ ทำการประชุมกันโดยข้อมูลทั้ง 3 อยู่ในสัญญาณด้านรับที่ชื่อว่า pcmin ในเฟรมที่ n ดังนั้นในเฟรม n+1 ที่สัญญาณด้านส่งที่ชื่อว่า pcmout ข้อมูลพีซีเอ็มที่ส่งออกมาจะเป็น S2+S3 , S1+S3 และ S1+S2 ในช่องสัญญาณที่ 2 ,4 และ 6 ตามลำดับ สามารถแสดงเป็นแผนภาพเวลาดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แผนภาพเวลาที่ใช้เป็นหลักการออกแบบชิปการประชุมทางโทรศัพท์

3.11.1 หลักการทำงานของแต่ละโมดูล



รูปที่ 3.16 รูปการทำงานของการประชุมร่วม

1. โมดูลแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน เนื่องจากข้อมูลพีซีเอ็มที่ใช้งานจะมีลักษณะเป็นเฟรม ใน 1 เฟรมประกอบไปด้วย 32 ช่องสัญญาณ ในแต่ละช่องสัญญาณจะมีข้อมูลแบบพีซีเอ็มที่มีลักษณะเรียงกันเป็นข้อมูลอนุกรมขนาด 8 บิท การทำงานของโมดูลนี้จะรับข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมเข้ามาด้วยอัตราเร็ว 2.048 Mbit/sec และนำข้อมูลมาแปลงเป็นข้อมูลแบบขนานขนาด 8 บิท ในการออกแบบจะเป็นการสร้างวงจรเลื่อนแบบรับข้อมูลอินพุทแบบอนุกรม แต่เอาท์พุทเป็นแบบขนาน Parallel โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อสัญญาณ TS2 , TS4 และ TS6 เป็น '1' โดยจะเลื่อนข้อมูลที่รับเข้ามาตัวแรกไปเก็บใน shift_en ขนาด 8 บิต และในทุกขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาข้อมูลจะถูกเลื่อนไปทางขวาจากบิต MSB ไปยังบิต LSB ไปเรื่อยๆ

2. โมดูลแปลงข้อมูลจากข้อมูลพีซีเอ็มเป็นข้อมูลเชิงเส้น เป็นโมดูลที่แปลงข้อมูลแบบพีซีเอ็มซึ่งเป็นข้อมูลไม่เป็นเชิงเส้นให้เป็นข้อมูลเชิงเส้นแบบ A-law เนื่องจากข้อมูลมีการเข้ารหัสแบบพีซีเอ็มและมีการควอนไทซ์แบบไม่สม่ำเสมอกล่าวคือบริเวณที่มีสัญญาณท่มีแอมปลิจูดต่ำจะใช้ขั้น (step) การจัดระดับสัญญาณแคบๆและในทางตรงกันข้ามบริเวณที่มีสัญญาณที่มีแอมปลิจูดสูงจะใช้ขั้นจัดระดับแบบกว้าง เลขรหัสพีซีเอ็มแต่ละหลักจะมีความหมายต่างๆดังนี้ รหัส A B C D E F G H : Aหมายถึงขั้ว, B C D หมายถึง หมายเลขของส่วนที่แบ่ง, E F G H หมายถึง ขั้นในส่วนที่แบ่ง (16 ขั้นเท่าๆกัน) ดังนั้นรหัสนี้ต้องทำการแปลงรหัสก่อนเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในทางตรรกศาสตร์ได้เช่นว่าเป็นการบวกกันของข้อมูลหรือการเปรียบเทียบข้อมูล การแปลงข้อมูลจากข้อมูลพีซีเอ็มเป็นข้อมูลเชิงเส้นดังตารางที่ 3.1

รหัสพีซีเอ็ม B C D E F G H	ข้อมูลเชิงเส้น
0 0 0 W X Y Z	0 0 0 0 0 0 0 0 W X Y Z 1
0 0 1 W X Y Z	0 0 0 0 0 0 0 1 W X Y Z 1
0 1 0 W X Y Z	0 0 0 0 0 0 1 W X Y Z 1 0
0 1 1 W X Y Z	0 0 0 0 0 1 W X Y Z 1 0 0
1 0 0 W X Y Z	0 0 0 1 W X Y Z 1 0 0 0
1 0 1 W X Y Z	0 0 1 W X Y Z 1 0 0 0 0
1 1 0 W X Y Z	0 1 W X Y Z 1 0 0 0 0 0
1 1 1 W X Y Z	1 W X Y Z 1 0 0 0 0 0 0

ตารางที่ 3.1 ตารางการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มเป็นข้อมูลเชิงเส้นแบบ A-law

3. โมดูลผลรวมของผู้ประชุมร่วม เป็นโมดูลที่ทำการนำข้อมูลของผู้ประชุมแต่ละคนขนาด 13 บิต มาทำการบวกซึ่งผลลัพท์จะเป็นผลรวมของข้อมูลของผู้ประชุมทั้งหมด เนื่องจากข้อมูลของผู้ร่วมประชุมอยู่คนละช่องสัญญาณ (time slot) จึงต้องมีตัวพักข้อมูลให้พร้อมกันก่อนจะนำไปรวมกันแล้วส่งไปยังโมดูลถัดไป

4. โมดูลข้อมูลที่จะส่งให้ผู้ประชุมแต่ละคน เป็นโมดูลที่จะนำผลรวมของข้อมูลของผู้ประชุมทั้งหมดนำไปลบด้วยข้อมูลของตัวผู้ประชุมเอง ดังนั้นข้อมูลที่ได้จะเป็นผลรวมของข้อมูลของผู้ประชุมที่เหลือ

5. โมดูลแปลงข้อมูลจากข้อมูลเชิงเส้นเป็นข้อมูลพีซีเอ็ม โมดูลที่ทำการแปลงข้อมูลขนาด 13 บิต กลับมาเป็นข้อมูลขนาด 8 บิต ซึ่งจะใช้เงื่อนไขกลับกันกับโมดูลแปลงข้อมูลจากข้อมูลพีซีเอ็มเป็นข้อมูลเชิงเส้น

6. โมดูลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบขนานเป็นแบบอนุกรม โมดูลนี้ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบขนานที่ส่งมาจากโมดูลแปลงข้อมูลจากข้อมูลเชิงเส้นเป็นข้อมูลพีซีเอ็มให้เป็นข้อมูลพีซีเอ็มแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมเพื่อส่งให้กับช่องสัญญาณ (ด้านรับ) ของผู้ประชุมร่วม โดยการสร้างวงจรสามารถโหลดค่าข้อมูลที่ใช้ในการเลื่อนได้ โดยการเลื่อนข้อมูลจะทำงานก่อนต่อเมื่อสัญญาณ TS2 TS4 และ TS6 มีค่าเป็น '1' โดยจะเลื่อนข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ shift_en ในทุกขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาข้อมูลจะเลื่อนไปทางขวาจากบิต MSB ไปยังบิต LSB ไปเรื่อยๆ โดยนำค่าบิต LSB ส่งมายังเอาท์พุทต่อไป

7. โมดูลวงจรกำหนดช่องสัญญาณ โมดูลใช้สัญญาณนาฬิกา 4.096 MHz เป็นสัญญาณอินพุตในการสร้างสัญญาณ TS2, TS4, TS6 และ TS7 ซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมใช้ในการบอกช่องสัญญาณให้กับข้อมูลต่างๆ ได้แก่ แปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน แปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบขนานเป็นแบอนุกรม

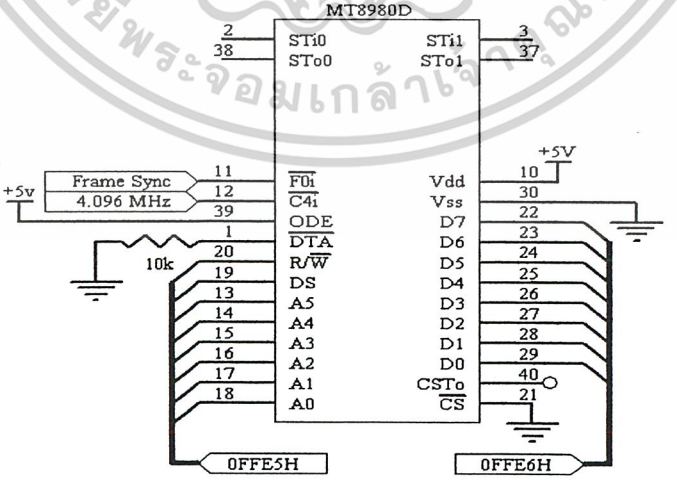
3.12 ส่วนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมส่วนต่าง ๆ นั้นใช้การทำงานเป็นลูปวนตรวจสอบสถานะและให้บริการส่วนต่าง ๆ เนื่องจากการทำงานเป็นลูปมีความเสถียรกว่าการทำงานแบบอินเตอร์รัปต์(Interrupt) และการทำงานของไมโคคอนโทรลเลอร์เร็วมากการวนลูปจึงทำได้รวดเร็วส่วนต่าง ๆ จึงไม่ต้องรอการบริการจากไมโครคอนโทรลเลอร์นานนักผู้ใช้งานจึงไม่รู้สึกติดขัดหรือต้องรอ การเขียนโปรแกรมควบคุมหลักมีโฟล์วชาร์ทในการเขียนดังรูปที่ 3.18

ในการเขียนโปรแกรมนั้นถ้าจะสั่งหรือรับข้อมูลจากส่วนใด จะต้องมีการส่งแอดเดรสออกมาจากพอร์ท 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนเพื่อกำหนดว่าให้ส่วนใดใช้ดาต้าบัส แล้วจึงสั่งหรือรับข้อมูลจากพอร์ท 2 ก็จะได้ติดต่อกับส่วนที่ต้องการ

3.13 ดิจิตอลสวิตช์ (Digital Switch)

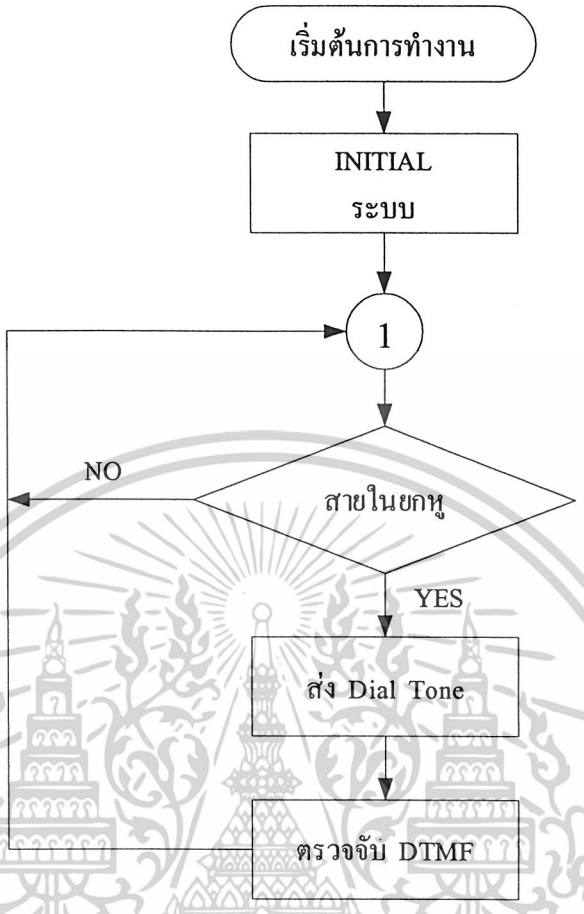
การต่อเพื่อใช้งานดิจิตอลสวิตช์นั้นจะเป็นดังในรูปที่ 3.17 โดยจะใช้แอดเดรสในการติดต่อกับขา A_0-A_5 ได้ที่แอดเดรส 05Hและติดต่อ D0-D7 ได้ที่แอดเดรส 06Hและขา DS จะไม่เชื่อมต่อกับดาต้าบัส แต่จะเป็นแอดเดรสบัสที่ 0AH เนื่องจากจะได้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.17 การต่อใช้งานดิจิตอลสวิตช์ MT8980D

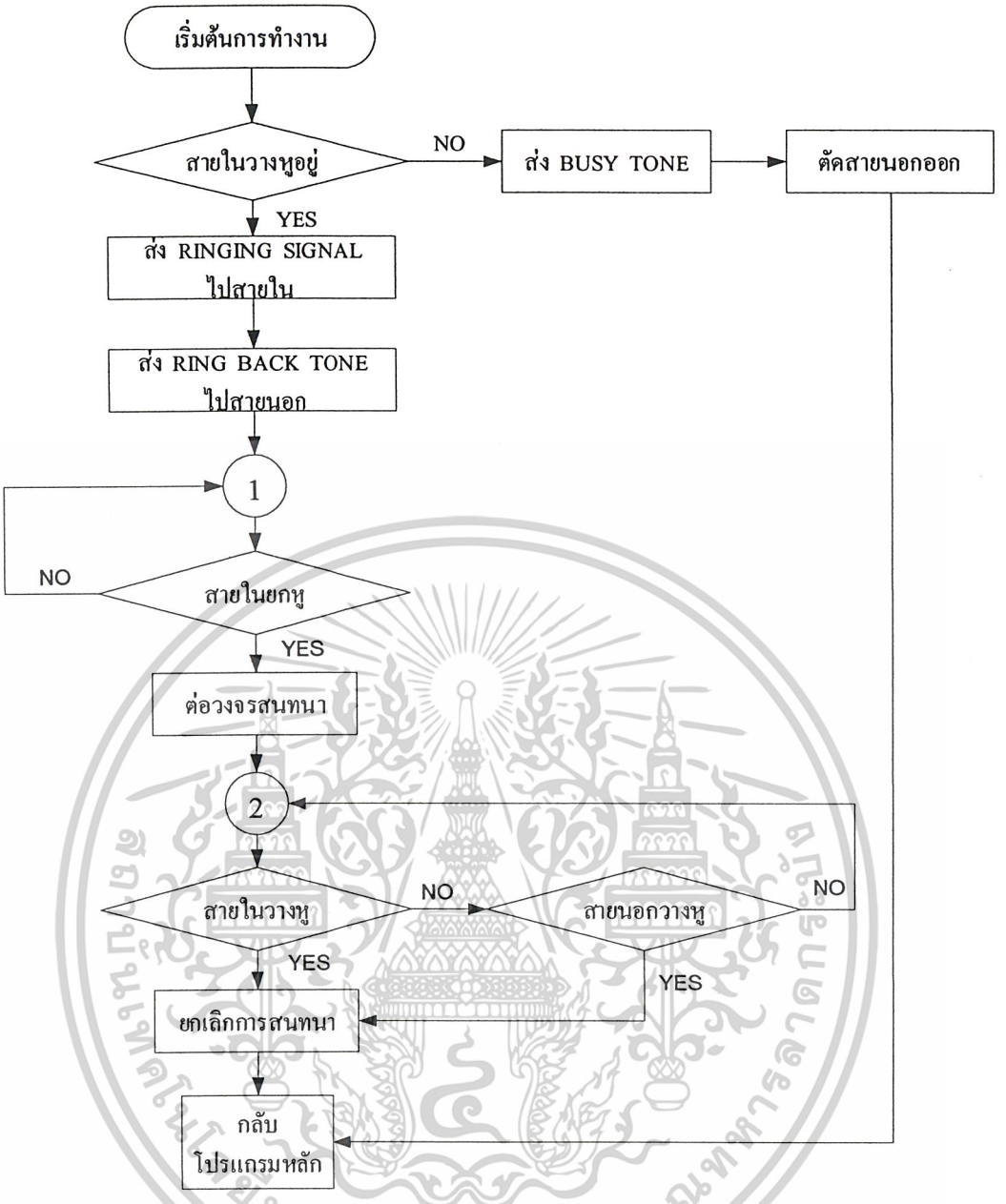
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนโปรแกรมหลัก



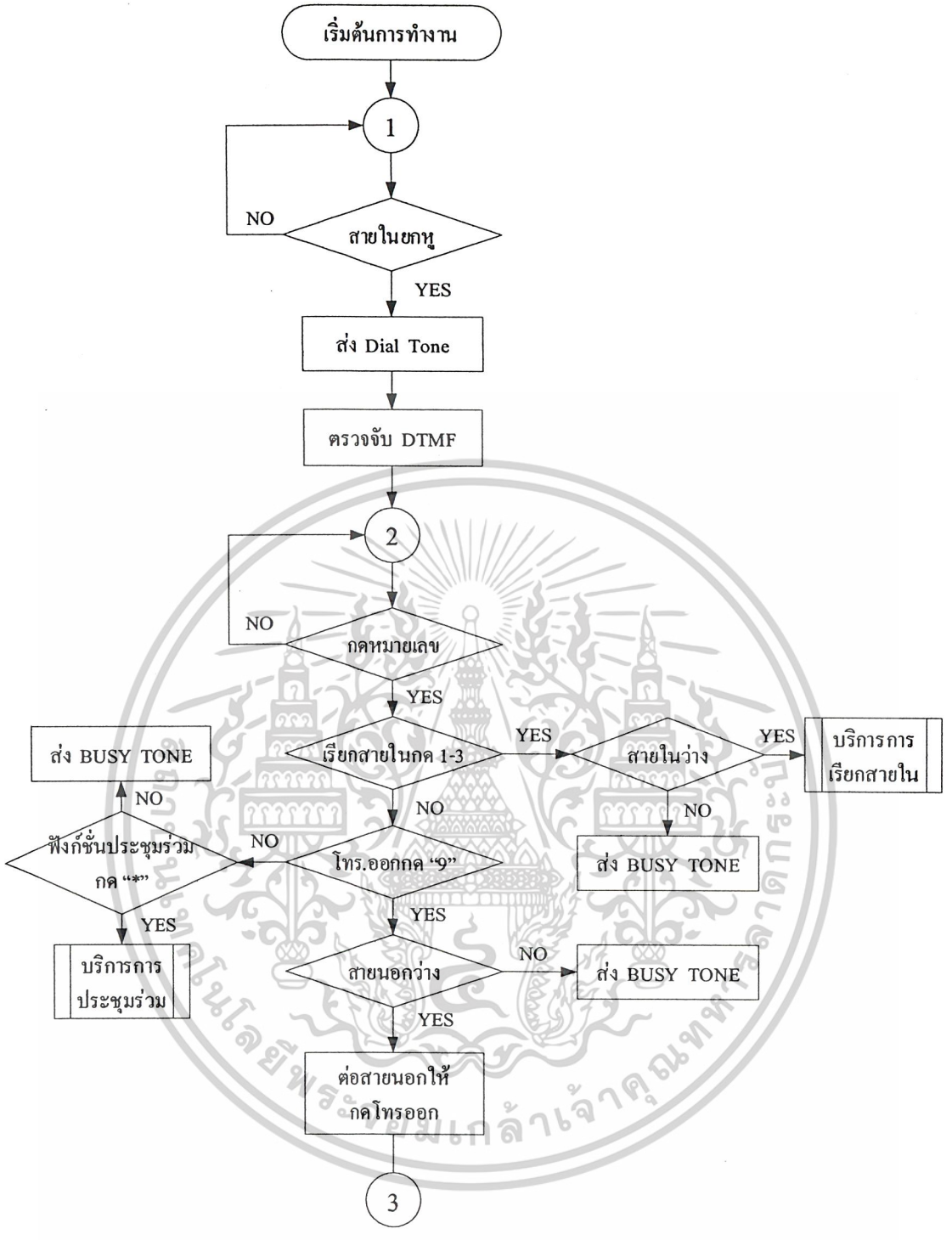
รูปที่ 3.18a โฟล์วชาร์ทของส่วนโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



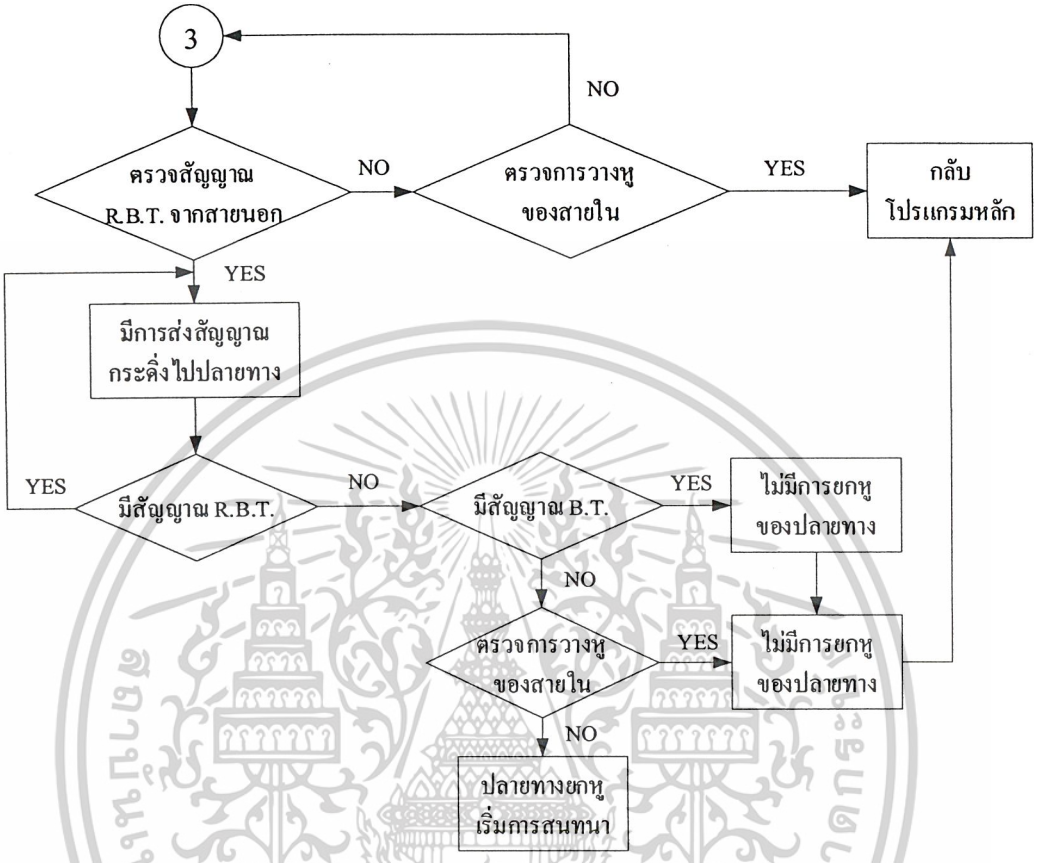
รูปที่ 3.18b โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการโทรเข้ามาของสายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



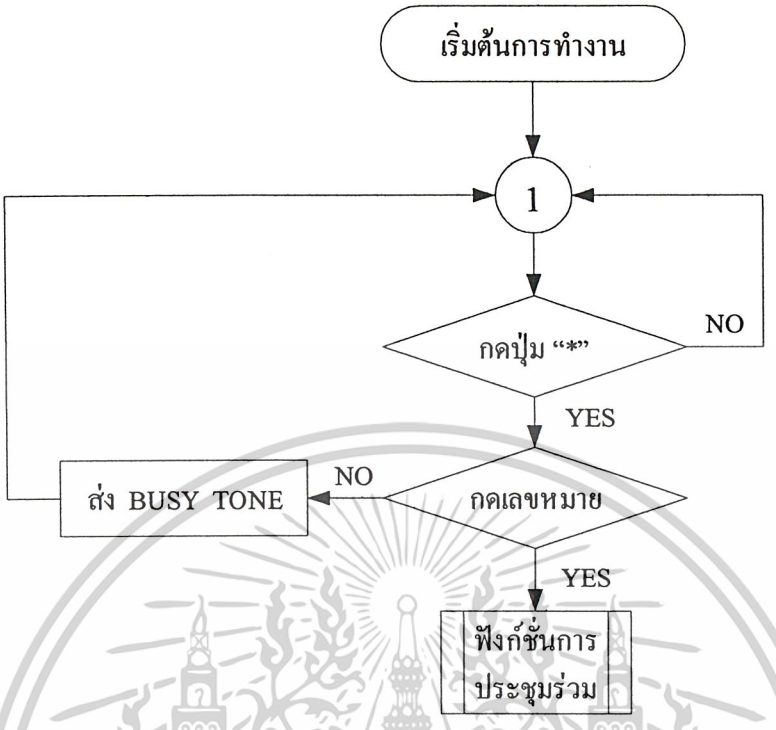
รูปที่ 3.18c โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการโทรออกของสายใน (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18d โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการโทรออกของสายใน (2)

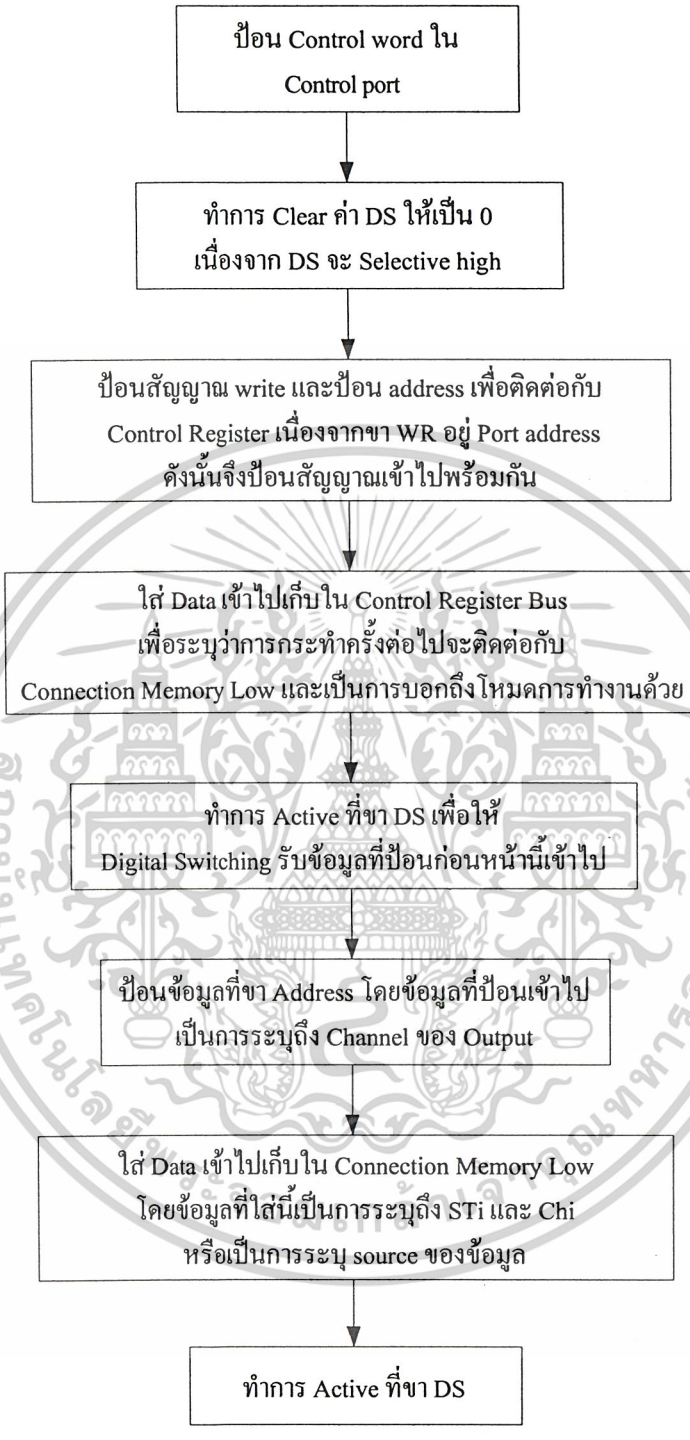
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18e โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการประชุมร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนโปรแกรมควบคุมดิจิตอลสวิตช์



รูปที่ 3.19 โฟล์วชาร์ทของโปรแกรมควบคุมดิจิตอลสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ส่วนสร้างสัญญาณทางโทรศัพท์

จากการทดลองได้ผลการทดลองดังนี้

1. สัญญาณรูปซายน์ความถี่ 400 Hz ที่ได้จากวงจรเวนบริดจ์ออสซิลเลเตอร์ซึ่งนำไปสร้างสัญญาณ ให้กด แสดงในรูปที่ 4.1

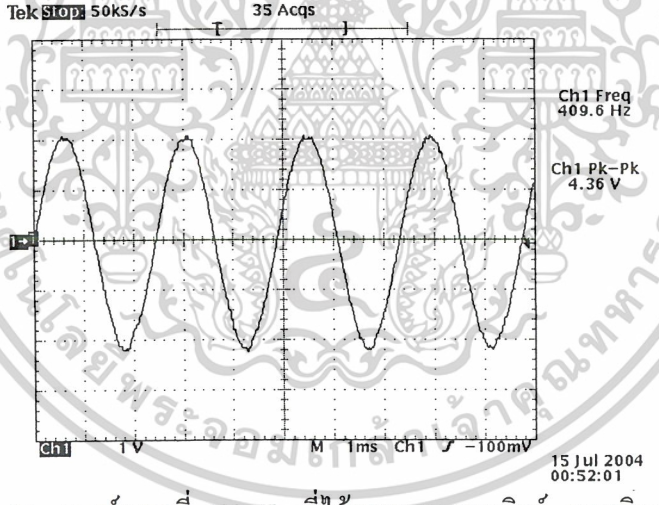
2. สัญญาณจากไอซี 555 เพื่อนำไปคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์สร้างสัญญาณไม่ว่างแสดงดังรูปที่ 4.2

3. สัญญาณจากไอซี 555 เพื่อนำไปคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์สร้างสัญญาณเรียกกลับ ถึงแม้ว่าสัญญาณที่ได้จะมาจากไอซีตัวเดียวกันแต่รูปร่างและขนาดสัญญาณจะต่างกันเพราะใช้งานคนละหน้าที่กัน แสดงดังรูปที่ 4.3

4. สัญญาณไม่ว่าง แสดงดังรูปที่ 4.4

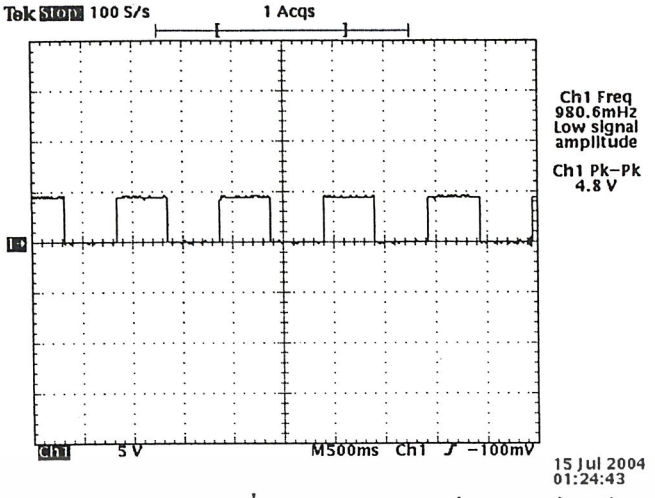
5. สัญญาณเรียกกลับ แสดงดังรูปที่ 4.5

6. สัญญาณกระดิ่ง แสดงดังรูปที่ 4.6

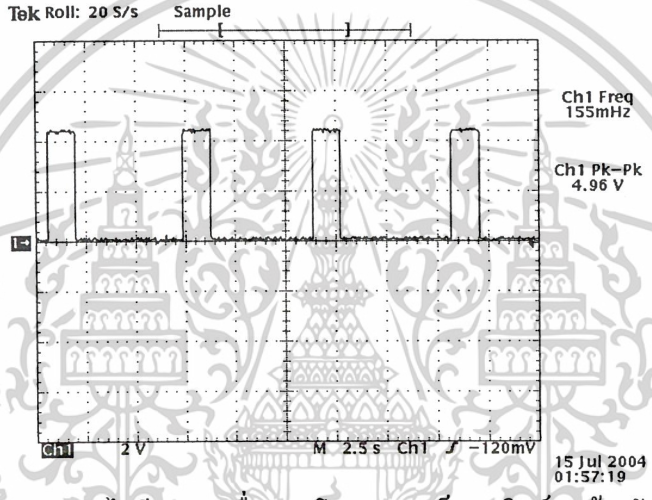


รูปที่ 4.1 ซายน์ความถี่ 400 Hz ที่ได้จากวงจรเวนบริดจ์ ออสซิลเลเตอร์

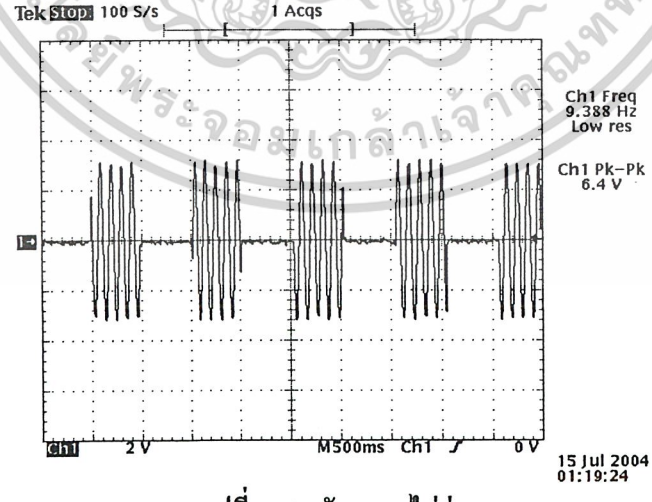
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 สัญญาณจากไอซี 555 เพื่อคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์ สร้างสัญญาณไม่ว่าง

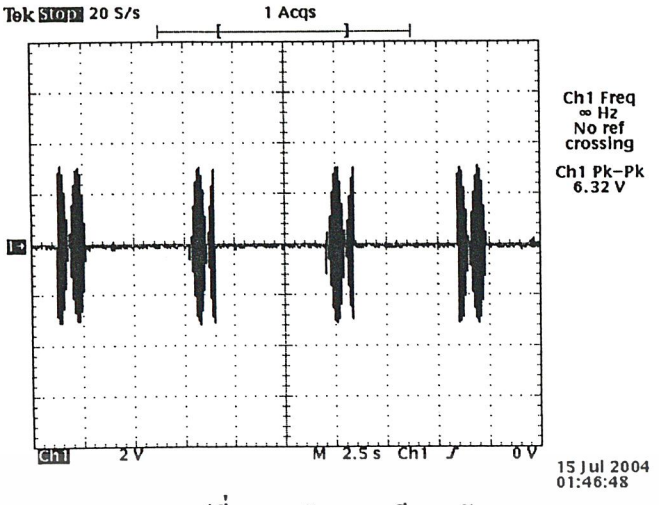


รูปที่ 4.3 สัญญาณจากไอซี 555 เพื่อคอนโทรลอะนาล็อกสวิตซ์ สร้างสัญญาณเรียกกลับ

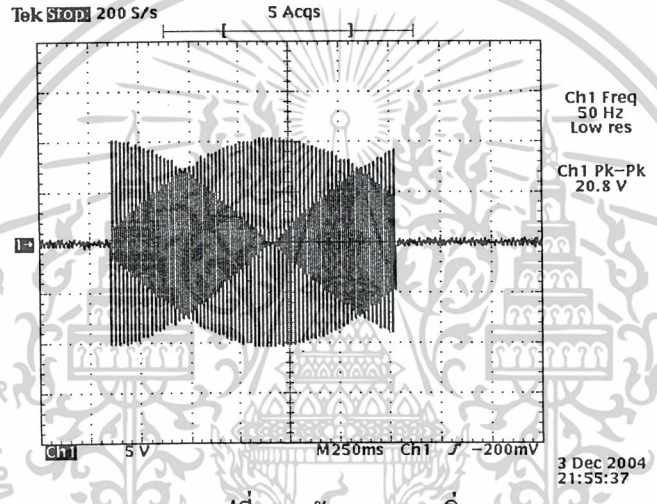


รูปที่ 4.4 สัญญาณไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



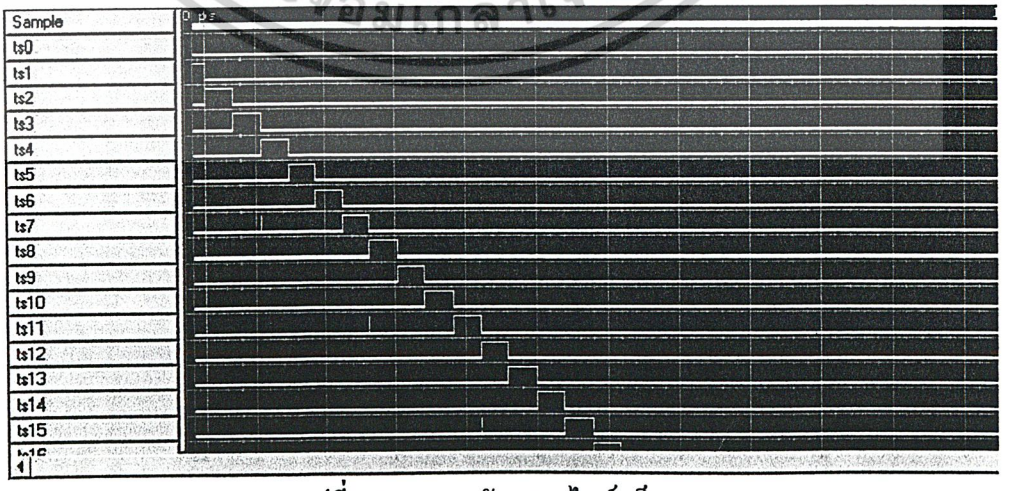
รูปที่ 4.5 สัญญาณเรียกกลับ



รูปที่ 4.6 สัญญาณกระดิ่ง

4.2 ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาสัญญาณซิงค์และไทม์สล็อต

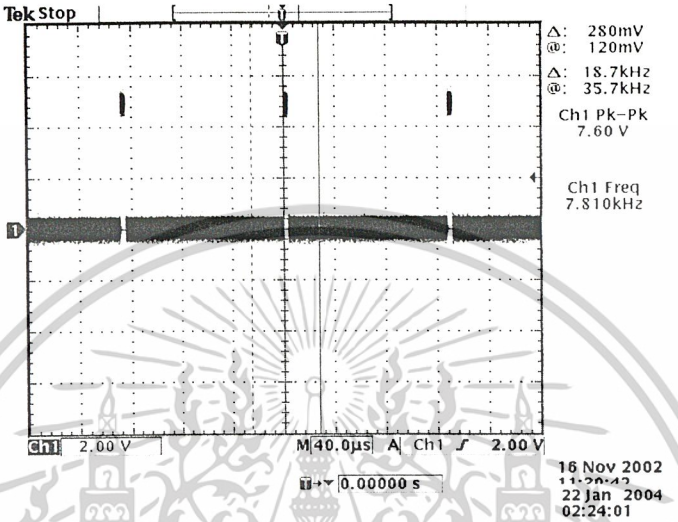
จากการทดลองวัดสัญญาณที่ได้จากวงจรในรูปที่ 3.10 ที่สร้างขึ้นได้ผลการทดลองดังนี้



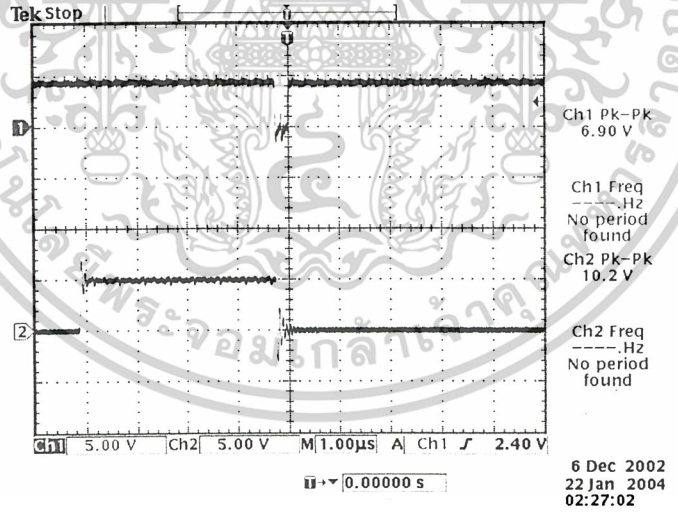
รูปที่ 4.7 ผลของสัญญาณไทม์สล็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในส่วนของเฟรมซิงค์จะทำการแยกเฟรมแต่ละเฟรมออกจากกันเนื่องจากข้อมูลจะถูกส่งมาเรื่อย ๆ ต่อเนื่องกันทำให้เราไม่สามารถทราบได้ว่าอยู่ที่ชาแนลที่เท่าไรและเฟรมไหนโดยเฟรมซิงค์จะอยู่หลังชาแนลที่ 31 และอยู่หน้าชาแนลที่ 0 ของเฟรมถัดไป

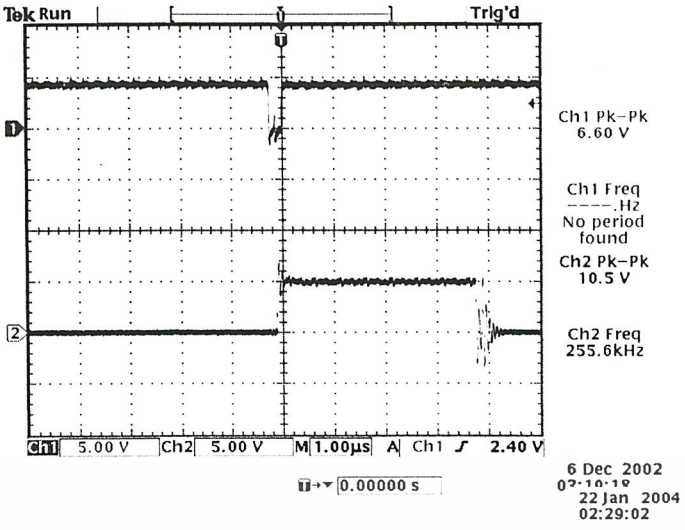


รูปที่ 4.8 สัญญาณชาแนลซิงค์ ของสัญญาณที่ชาแนล 0



รูปที่ 4.9 สัญญาณเฟรมซิงค์เปรียบเทียบกับสัญญาณชาแนลซิงค์ที่ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



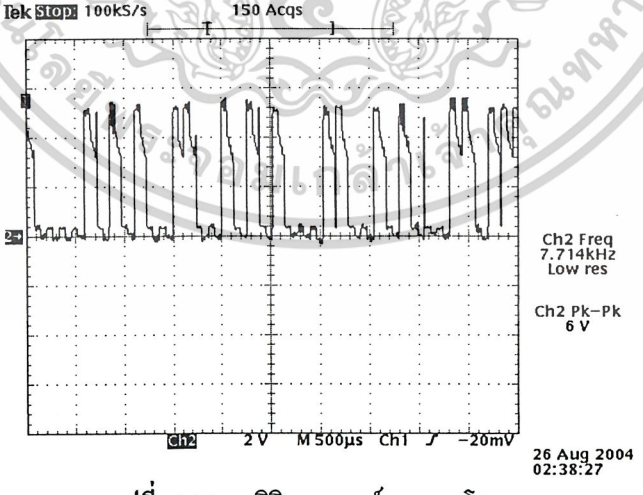
รูปที่ 4.10 สัญญาณเฟรมซิงค์เปรียบเทียบกับสัญญาณชาแนลซิงค์ที่ 0

4.3 ส่วนดิจิตอลสวิตชิ่งและโคเดค

จากการทดลองต่อวงจรดังรูปที่ 2.14 (ส่วนโคเดค) ได้ผลการทดลองดังนี้

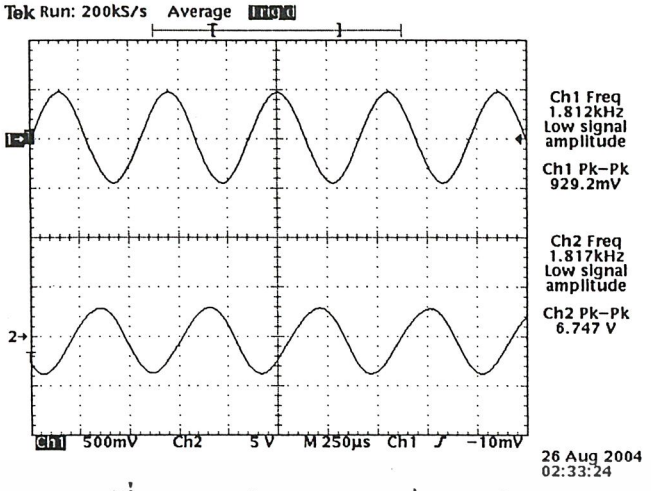
1. สัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทของโคเดค ในการแซมปลิ้ง 1 ครั้งมีสัญญาณนาฬิกาขนาด 2 MHz จำนวน 8 ลูก หมายความว่ามี 8 บิทใน 1 แซมปลิ้ง ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.11

2. เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทกับเอาท์พุทของโคเดค ในการสลับช่องสัญญาณจากชาแนลที่ 1 ไปชาแนลที่ 3 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ผลดิจิตอลเอาท์พุทของโคเดค

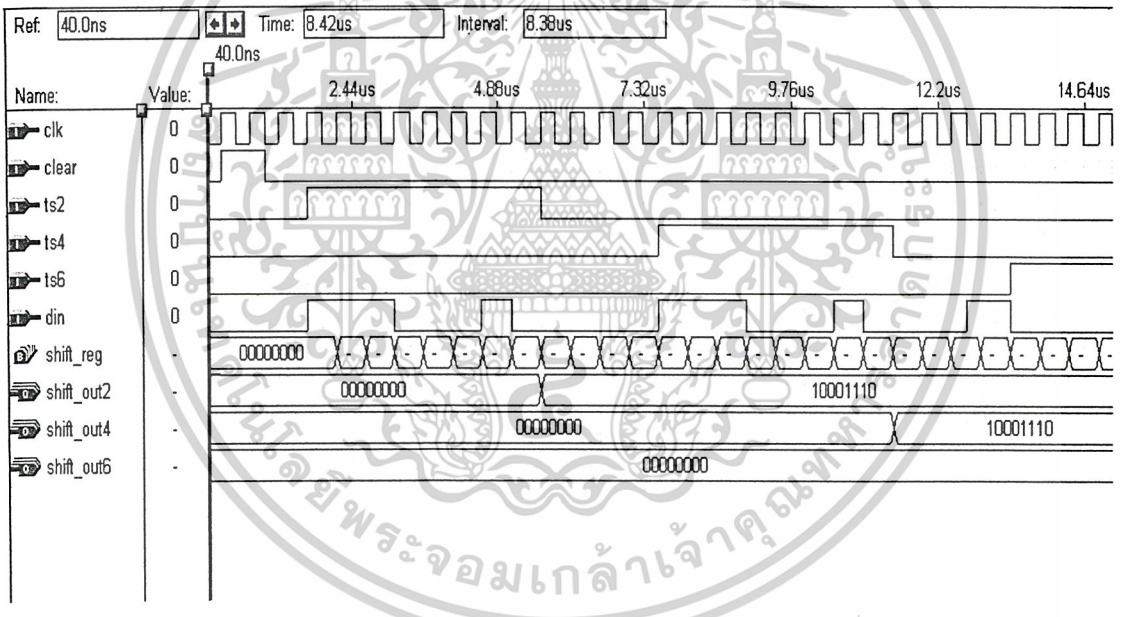
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลอินพุทและเอาท์พุทของโคเดค

4.4 ผลการทดลองของชิปการประชุม

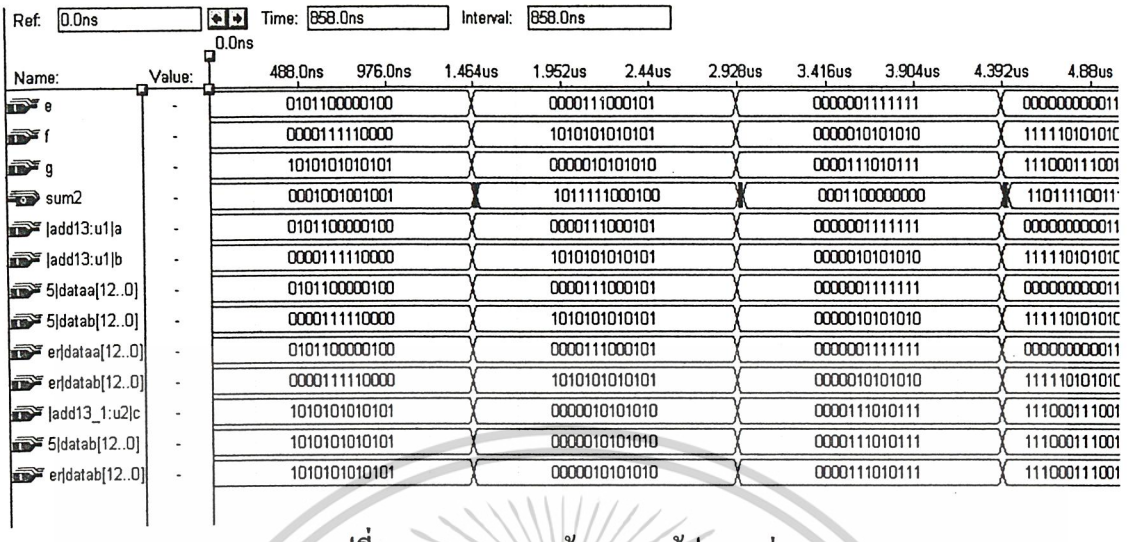
4.4.1 ผลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน



รูปที่ 4.13 ผลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน

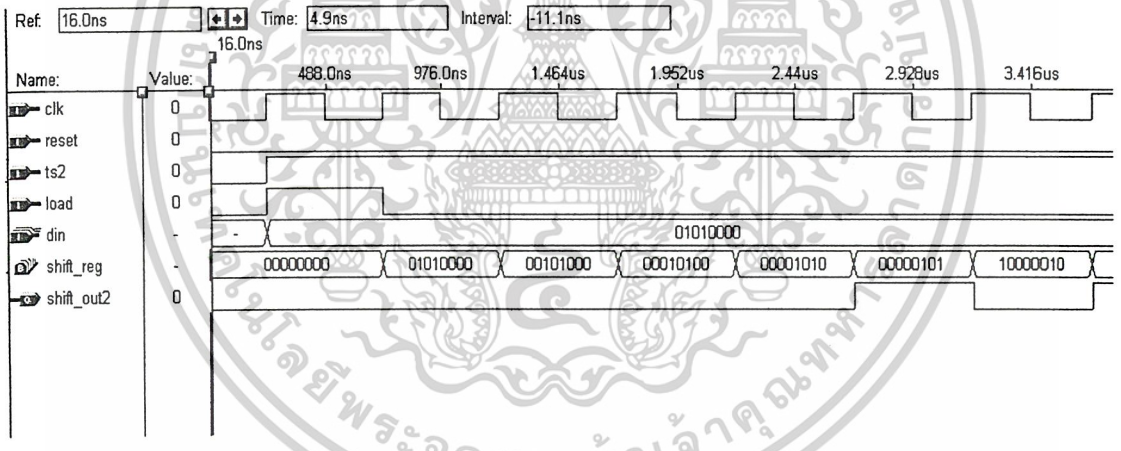
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2. ผลรวมของข้อมูลของผู้ประชุมร่วม



รูปที่ 4.14 ผลรวมของข้อมูลของผู้ประชุมร่วม

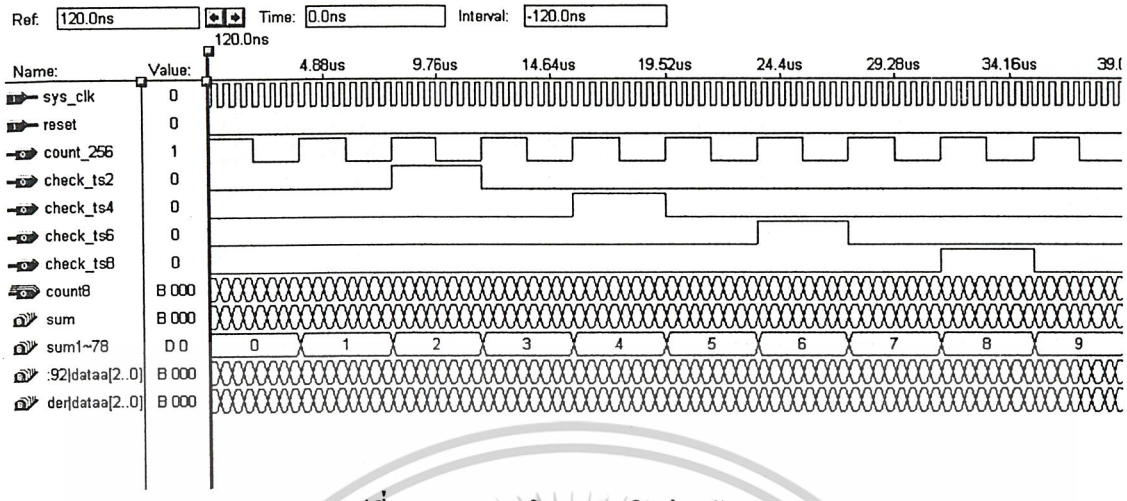
4.4.3 ผลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบขนานเป็นแบบอนุกรม



รูปที่ 4.15 ผลการแปลงข้อมูลพีซีเอ็มแบบขนานเป็นแบบอนุกรม

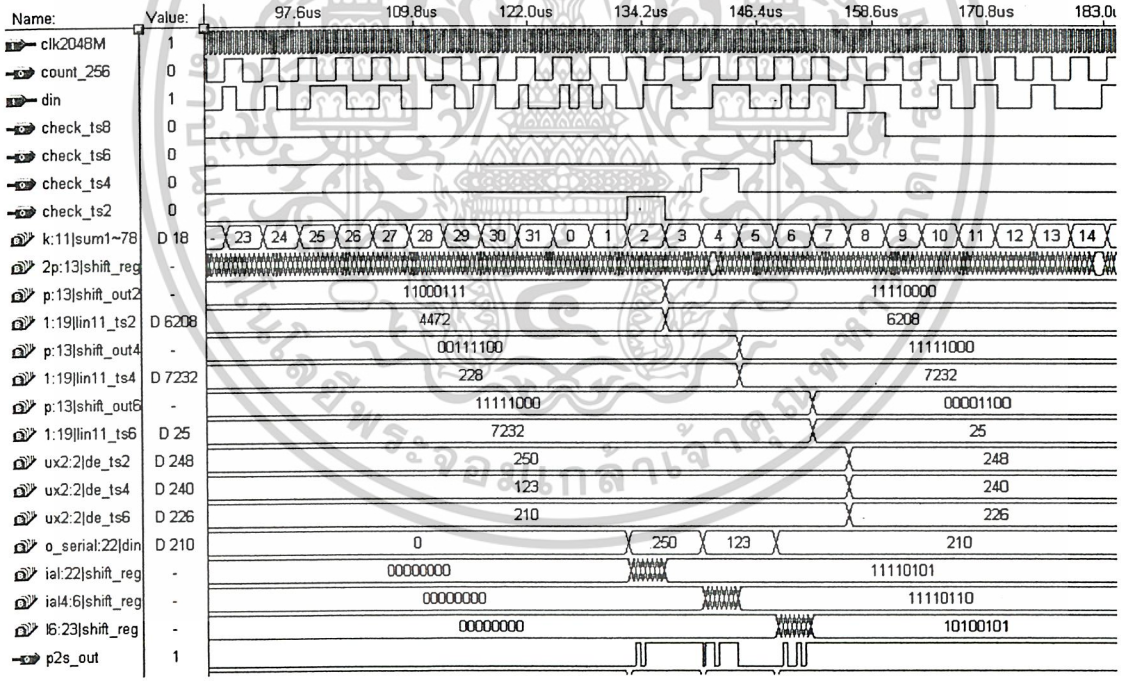
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ผลของโมดูลกำเนิดช่องสัญญาณ



รูปที่ 4.16 ผลของโมดูลกำเนิดช่องสัญญาณ

4.4.5 ผลการจำลองการทำงานของวงจรการประชุมทางโทรศัพท์



รูปที่ 4.17 ผลการจำลองการทำงานของวงจรการประชุมทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทำโครงงานนี้ทำให้ทราบถึงการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของตู้โทรศัพท์สาขาอัตโนมัติแบบดิจิตอลว่ามีการทำงานเป็นอย่างไร ซึ่งหลักการทำงานจะคล้ายกับระบบชุมสายโทรศัพท์ มีการทำงานที่เป็นระบบและมีส่วนในการควบคุมการทำงานทั่วทั้งระบบ และในโครงงานนี้ยังสามารถประยุกต์ตู้โทรศัพท์สาขาแบบดิจิตอลให้สามารถทำการประชุมร่วมกันได้โดยใช้วิธีการรวมสัญญาณเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดในแง่ความถูกต้องที่ได้รับและถูกต้องในแง่ความเป็นธรรมในการประชุม

ในส่วนของผลการทดลองนั้นเป็นไปตามความต้องการ เช่น วงจรตรวจจับสัญญาณคู่ความถี่ (DTMF), วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาและซิงโครนัส, วงจร Analog to Digital และ Digital to Analog, วงจรจ่ายไฟเลี้ยง, วงจรอินพุท — เอาท์พุท, วงจรบันทึกเสียงและเล่นกลับ

ปัญหาและอุปสรรค

ในทางฮาร์ดแวร์จะไม่เป็นไปตามทฤษฎีเสมอไป จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้ตรงตามความต้องการนั้นๆ จึงเป็นเรื่องที่ยากและเสียเวลา

ในส่วนของโปรมแกรม ต้องมีความเข้าใจในภาษาที่ใช้เขียนนั้นเป็นอย่างดีเพราะต้องมีการแก้ไขเพื่อให้ตรงกับความต้องการที่จะควบคุมทั้งระบบอยู่ตลอด

ส่วนของปัญหาอุปกรณ์กำเนิดความถี่คือ สัญญาณความถี่ 2.048 เมกกะเฮิรตซ์ที่ได้จากบอร์ด FPGA จะมีความผิดเพี้ยนทำให้ได้สัญญาณพัลส์ที่ไม่คมชัดเมื่อป้อนให้ตัวโคเดคสัญญาณที่ได้จากโคเดค จึงเกิดความผิดเพี้ยนไปด้วย

ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

สามารถเพิ่มจำนวนคู่สายทั้งภายนอกและภายในโดยใช้ทฤษฎีและหลักการเดียวกัน ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการควบคุมควรต่อ R พูลอัพเพื่อให้มีการทำงานได้มีประสิทธิภาพขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรกฎ วัฒนวิเชียร และ วิชัย แซ่ตั้ง, การออกแบบวงจรสลับคู่สายสัญญาณดิจิตอลเพื่อใช้กับชิป FPGA, น.223-228 ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16, 25-26 พ.ย. 2536, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2536.

[2] ชำนาญ ปัญญาใส , วัชรากร หนูทอง , "ภาษา VHDL สำหรับการออกแบบวงจรดิจิตอล" , กรุงเทพฯ :ซีเอ็ดยูเคชั่น,2547".

[3] น.อ. ธวัชชัย เลื่อนฉวี , "เทคโนโลยีโทรศัพท์" , บริษัท ศุภาลัย มีเดีย จำกัด , พิมพ์ครั้งที่ 3 , 2533.

[4] วิวัฒน์ กิรานนท์ , "วิศวกรรมการสื่อสาร" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[5] สมยศ จุณณะปิยะ , "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์" , คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ กอบชัย เดจหาญ และ อาจารย์ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา และ พี่ๆเพื่อนๆในห้อง T211 ที่กรุณาให้ทั้งในด้านความรู้ ให้คำปรึกษารวมถึงความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี ตลอดจน บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจอยู่ตลอดเวลา

สุดท้ายนี้ขอยกความดีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ ครูบาอาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้กับข้าพเจ้า ส่วนข้อผิดพลาดคณะผู้จัดทำขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้