ระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

(เล่มที่ 1 ส่วนฮาร์ดแวร์)

DIGITAL AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE IN LOCAL AREA

(Part I Hardtware)

โดย

นางสาวลิลลี่ สรุจิกำจรวัฒนะ

นายวีระชัย แซ่โคว้

วัน เดือน ปี 1 ต.ค. 2540

เลขทะเบียน 037457

เลขเรียกหนังสือ T 08430 ก455 ร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

(เล่ม 1 ส่วนฮาร์ดแวร์)

DIGITAL AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE IN LOCAL AREA NETWORK

(Part I Hardware)

โดย

นางสาว ลิลลี่ สรุจิกำจรวัฒนะ รหัสนักศึกษา 35104355

นายวีระชัย แซ่โคว้ รหัสนักศึกษา 35104406

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (เล่มหนึ่ง ส่วนฮาร์ดแวร์)

(Digital Automatic Branch Exchange in Local Area Network (Parth 1 Hardware))

ผู้จัดทำ

1. นางสาว ลิลลี่ สรุจิกำจรวัฒนะ
2. นาย วีระชัย แซ่โคว้

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบชุมสายโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

นางสาวลิลลี่ สรุจิกำจรวัฒนะ
นายวีระชัย แซ่โคว้
อ.สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ระบบชุมสายโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้ มาจากแนวความคิดที่จะพัฒนานำไปใช้ในการเชื่อมโยงเครือข่าย โดยผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น ให้สามารถโทรศัพท์ติดต่อถึงกันได้เช่นเดียวกับที่ผ่านชุมสายโทรศัพท์ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ลูกข่ายทำงานนี้แทน

โครงงานนี้แบ่งเนื้อหาสำคัญเป็น 2 เล่มคือ เล่ม 1 จะเป็นส่วนที่กล่าวฮาร์ดแวร์ของแผ่นการ์ดที่ใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการติดต่อสื่อสาร และ เล่ม 2 เป็นเนื้อหาของโปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้งาน ในการควบคุมหลัก

เนื้อหาภายในเล่ม 1 นี้จะเป็นส่วนฮาร์ดแวร์(Hardware) รายละเอียดวงจรและส่วนประกอบทั้งหมดบนแผ่นการ์ดที่ได้ออกแบบให้สามารถทำงานเป็นระบบชุมสายนี้ โดยเฉพาะ เช่น วงจรในการกำเนิดสัญญาณต่างๆของโทรศัพท์ ชุดจ่ายไฟเลี้ยง วงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย และวงจรรวมอื่นๆ ที่ประกอบกันเพื่อให้เกิดการติอต่อสื่อสารกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digital Automatic Branch Exchange in Local Area Network (Part 1 Hardware)

Ms. Lilly Sarujikumjornwattana
Mr. Veerachai Seakow
Advisor Surasit Wannakrairoj
Academic Year 2538

Abstract

Digital Automatic Branch Exchange in Local Area Network is another development of telecommunication through LAN - Using microcomputer client to make a telephone call and connect to another in the same way as common PABX (Private Automatic Branch Exchange) does .

This thesis has two main parts : Book I will give the hardware information of the designed card which develope to operate on PC (Personal Computer) and Book II will demonstrate the application software, Netware's communication service function to control the system .

The content of Book I is the Hardware Architecture of interface Card.It provides all circuit details and components to do the specific functions of this following system. For example, telephone signal generator, signal conversion circuit, power supply and other functional circuits,etc. It is assigned to put this card on microcomputer's slot for this communication services.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1-1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของระบบชุมสายโทรศัพท์	2-1
2.1 การติดต่อกับชุมสาย	2-1
2.2 สัญญาณที่ส่งในคู่สายโทรศัพท์	2-2
2.3 หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์	2-6
2.4 วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากสองสายเป็นสี่สาย	2-6
บทที่ 3 หลักการเบื้องต้นของการเข้ารหัสสัญญาณแบบเชิงเลข	3-1
3.1 การสุ่มตัวอย่าง	3-2
3.2 การแบ่งระดับแรงดัน	3-3
3.3 คอมแพนดิ้ง	3-4
3.4 การเข้ารหัส	3-6
บทที่ 4 หลักการเบื้องต้นในการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	4-1
4.1 สัญญาณต่างๆ บนสล็อต	4-1
4.2 การจัดอินเตอร์รัพท์ของเครื่อง IBM/PC	4-6
4.3 การจัดแอดเดรสสำหรับอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท	4-10
บทที่ 5 การออกแบบและการทำงานของวงจร	5-1
5.1 ส่วนวงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์	5-2
5.2 วงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข	5-7
5.3 วงจรสร้างสัญญาณควบคุม	5-12
5.4 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์	5-14
5.5 วงจรสับสวิทช์ในการติดต่อคู่สายแบบเชิงอุปมาน	5-18
5.6 วงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	5-19
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	6-1
บทที่ 7 สรุปวิจารณ์ผลการทดลองพร้อมทั้งแนวทางการพัฒนา	7-1
กิตติกรรมประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 การสื่อสารข้อมูลในปัจจุบัน	1-2
1.2 แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์	1-3
1.3 แสดงการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างข้อมูลคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์	1-4
1.4 แสดงการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโทรศัพท์กับคอมพิวเตอร์	1-4
1.5 แสดงลักษณะการทำงานของโครงงาน	1-7
2.1 แสดงการกระจายพลังงานของสัญญาณเสียง	2-2
2.2 แสดงความถี่ของสัญญาณ ในช่วงและนอกช่วง	2-3
2.3 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์	2-5
2.4 วงจรไฮบริดทรานสฟอร์เมอร์	2-7
3.1 แสดงหลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างเชิงอุปมานกับเชิงเลข	3-1
3.2 แสดงการสุ่มสัญญาณ	3-2
3.3 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากการสุ่มที่ความถี่ต่างกัน	3-3
3.4 แสดงการจัดระดับสัญญาณ	3-4
3.5 แสดงการเปรียบเทียบควอนไตซิ่งนอยส์ที่เกิดจากการจัดระดับ	3-5
3.6 คุณลักษณะการจัดระดับด้วยการคอมเพรสเซอร์และเอ็กเพนเดอร์	3-6
3.7 แสดงการเข้ารหัสด้วยเลขฐานสอง	3-7
3.8 แสดงโครงสร้างการทำงานของอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น	3-8
3.9 โครงสร้างของระบบอะแดพทีฟเดลต้ามอดูเลชั่น	3-9
3.10 หลักการทำงานของการเปลี่ยนสเต็ปในการจัดระดับอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น	3-10
3.11 โครงสร้างของวงจรอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่นที่เปลี่ยนขนาดสเต็ปได้	3-11
4.1 แสดงสัญญาณต่างๆ ของสลอ็ตบนเมนบอร์ด	4-2
4.2 โครงสร้างของวงจรการอินเตอร์รัพท์	4-8
4.3 แสดงการจัดตารางเวคเตอร์การอินเตอร์รัพท์	4-9
4.4 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O บนการ์ดต่างๆ	4-13
5.1 แสดงโครงสร้างของโครงงาน	5-1
5.2 แสดงวงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์	5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แสดงแผนภาพการโครงสร้างของวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข 5-7
5.4 แสดงวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข 5-11
5.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง 5-13
5.6 timing ของ MT8870 5-14
5.7 แสดงวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์ 5-17
5.8 แสดงวงจรสวิทช์ในการติดต่อโทรศัพท์แบบเชิงอุปมาน 5-18
5.9 แสดงวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 5-21
5.10 แสดงวงจรการอินเตอร์รัพท์ 5-22
6.1 แสดงสัญญาณให้หมุนที่ได้จากการทดลอง 6-1
6.2 แสดงสัญญาณสายไม่ว่าง 6-2
6.3 แสดงสัญญาณเรียกกลับ 6-3
6.4 วงจรการทดลองผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข 6-4
6.5 แสดงสัญญาณจากการทดลอง ที่ความถี่ต่างๆกัน 6-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

ในโลกแห่งยุคโลกาภิวัฒน์ (Grobalization) การติดต่อสื่อสาร เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วโดยทำการสื่อสารด้วยการสนทนาและการสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งต้องการการติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วฉับไว ถูกต้องเที่ยงตรงและมีเสถียรภาพ ดังนั้นการติดต่อสื่อสารระหว่างชุมชนหนึ่ง ๆ หรือสังคมหนึ่งไปอีกสังคมหนึ่งจึงต้องมีหลายระบบในการติดต่อ เช่น การสื่อสารโดยใช้ดาวเทียม ,ไมโครเวฟ , เคเบิล(Cable) , ใยแก้วนำแสง (Opticfiber) , คลื่นวิทยุ เหตุผลที่จำเป็นต้องมีตัวกลาง (Transmission medium) หลาย ๆ ระบบ เพื่อความมีเสถียรภาพของการสื่อสารเมื่อระบบใดระบบหนึ่งเกิดความขัดข้องหรือเสียหาย เช่น เหตุการพายุเกย์ที่จังหวัดชุมพร ทำให้สถานีส่งไมโครเวฟ ได้รับความเสียหายทำให้หลายจังหวัดทางภาคใต้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับภาคอื่น ๆ ของประเทศได้ แต่ในหน่วยงานของราชการยังสามารถติดต่อได้ โดยติดต่อผ่านทาง โคเอกซ์เชียนเคเบิล (Coaxial cable) ที่วางอยู่ใต้น้ำบริเวณอ่าวไทย จากจังหวัดสงขลาไปยังอำเภอ ศรีราชา จังหวัดชลบุรี

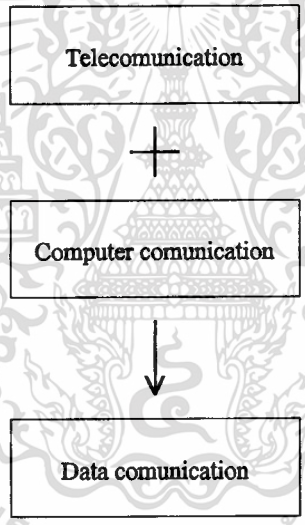
การติดต่อสื่อสารที่เป็นพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งคือโทรศัพท์ เพราะเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายที่สุดในการติดต่อกันในลักษณะข้อมูลเสียง ปัจจุบันโทรศัพท์ได้กลายเป็นปัจจัยพื้นฐานในชีวิตประจำวันของคนในสังคม ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อทางไกลหรือทางใกล้ แม้ว่ากระทั่งภายในอาคารหรือสำนักงานต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในอาคารหรือสำนักงานใหญ่มักจะมีระบบโทรศัพท์ส่วนตัวภายใน (Private Branch Exchange , PBX) โดยอาจจะเป็นแบบโอเปอร์เรเตอร์ คือมีเจ้าหน้าที่คอยจัดการติดต่อให้ หรือเป็นแบบอัตโนมัติ (Private Automatic Branch Exchange , PABX)ซึ่งนอกจากจะให้ความสะดวกในการติดต่อภายในแล้วยังติดต่อกับภายนอกหรือระบบขององค์การโทรศัพท์ (TOT) ก็จะสะดวกเช่นกัน

นอกจากระบบโทรศัพท์แล้ว การสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันที่กำลังเป็นที่นิยมอีกระบบหนึ่งก็คือ การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลเชิงเลข (Digital) ข้อมูลที่สื่อสารกันสามารถเป็นไปได้ทั้ง ข้อมูลทางด้านเอกสาร (document) ,โปรแกรม (Program) , เสียง , ภาพ , และอื่น ๆ ที่เป็นข้อมูลแบบเชิงเลข จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันได้มีการพูดถึงระบบอินเตอร์เนต (Internet) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลกันระหว่างคอมพิวแตอร์ทั่วโลก ไม่ว่าคุณจะอยู่ที่ใดของโลก คุณก็สามารถสื่อสารข้อมูลทางคอมพิวเตอร์กับคนอื่นได้ทั่วโลก ถ้าคุณสามารถเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์หรือโปรเซสเซอร์ของคุณเข้ากับระบบอินเตอร์เนตนี้ได้ หลักการพื้นฐานของระบบอินเตอร์เนตนี้ก็คือ การสื่อสารข้อมูลเชิงเลขระหว่างคอมพิวเตอร์ ซึ่งถ้าเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อกันภายในระบบที่ใกล้ ๆ กันเช่น ภายในตึกหรือสำนักงาน หรือภายในมหาวิทยาลัย จะเรียกว่าเป็นการติดต่อภายในท้องถิ่น (Local Area Network , LAN) และถ้าเป็นการติดต่อที่ห่างไกลออกไป เช่น ระหว่างเมือง หรือประเทศ ก็จะเรียกว่าระบบข่ายงานบริเวณกว้าง (Wild Area Network , WAN)

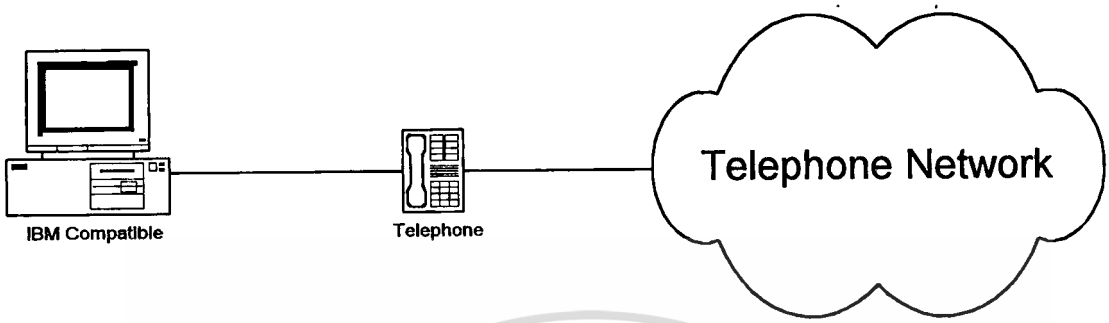
ในสมัยก่อนการสื่อสารข้อมูลแบบเชิงอุปมาณ (Analog) เช่น โทรศัพท์ โทรทัศน์ วิทยุ ซึ่งเรียกว่า เทเลคอมมูนิเคชัน (Tolecomunication) กับการสื่อสารข้อมูลแบบเชิงเลข ระหว่างคอมพิวเตอร์ ซึ่งเรียกว่า คอมพิวเตอร์คอมมูนิเคชัน (Computer communication) จะแยกจากกัน แต่ปัจจุบันการได้มีการรวมการสื่อสารทั้งสองระบบนี้เข้าด้วยกัน เรียกว่า คาต้าคอมมูนิเคชัน (Data communication)



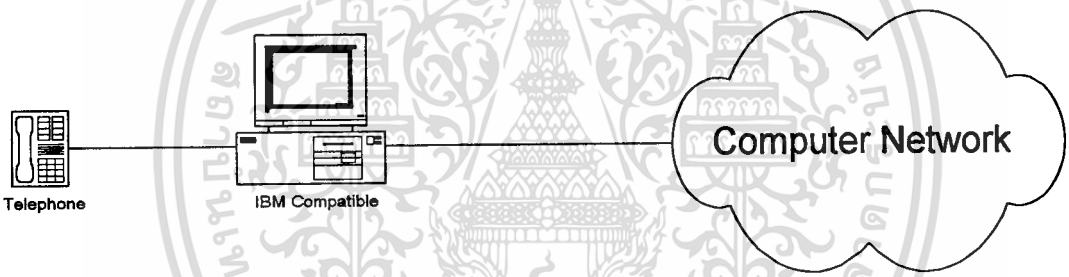
รูปที่ 1.1 การสื่อสารข้อมูลในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอาจมีลักษณะการติดต่อได้หลายแบบเช่นดังรูปที่ 1.2



(ก) การเชื่อมต่อโทรศัพท์เข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์

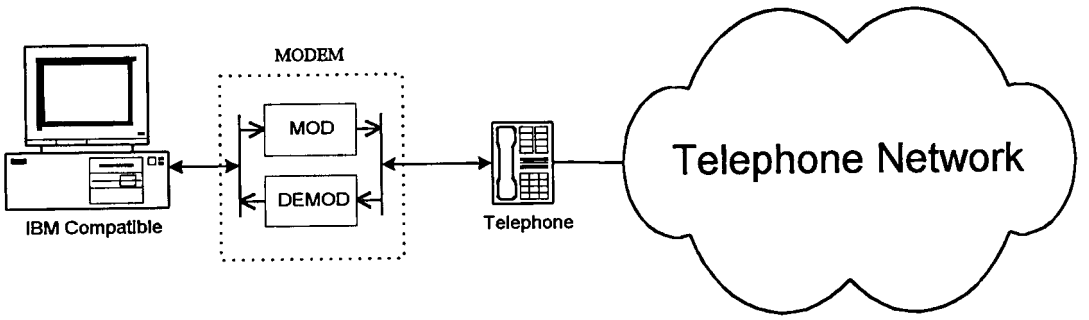


(ข) การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์

รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์

ซึ่งในการสื่อสารในแต่ละแบบจำเป็นต้องมีส่วนเชื่อมต่อ ในการสื่อความหมายกันระหว่างข้อมูลเชิงอุปมาน และข้อมูลเชิงเลข เช่น ในรูปที่ 1.2 (ก) เป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับระบบสื่อสารของโทรศัพท์ ดังนั้นจึงต้องมีวงจร ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงเลข เข้ากับโทรศัพท์ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงอุปมาน เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน วงจรที่ทำหน้าที่นี้ ได้แก่ โมเดม (MONDEM) ซึ่งมาจากการ มอด (MOD) กับ ดีมอด (DEMOD) ดังรูปที่ 1.3

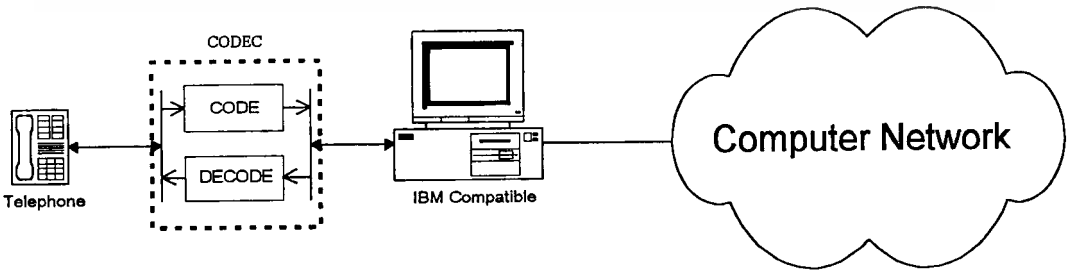
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แสดงการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างข้อมูลคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์

จากรูปที่ 1.3 ข้อมูลเชิงเลขจากคอมพิวเตอร์จะถูกมอด ให้เป็นสัญญาณเชิงอุปมาน ซึ่งอาจมีหลายวิธี เช่น เอฟเอ็ม (FM) , เอเอ็ม (AM) , เอฟเอสเค (FSK) แต่ที่นิยมใช้กันคือ เอฟเอสเค และในทางกลับกันสัญญาณเชิงอุปมานจากโทรศัพท์จะถูกดีมอดเพื่อให้ได้ข้อมูลแบบเชิงเลขกลับมา เหตุผลที่จำเป็นต้องเปลี่ยนข้อมูลดิจิตอลเป็นอนาลอก เพราะว่าในสายส่ง (Transmission Line) ข้อมูลเชิงอุปมาน ไม่สามารถที่จะส่งข้อมูลที่มีแบนวิธด์ (Band width) กว้างมาก ๆ ได้ และเนื่องจากข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) จะประกอบไปด้วย สเปคตรัม (Spectrum) ของความถี่มากมายไม่มีที่สิ้นสุด (Infinity) ในเรื่องมอดและดีมอดแบบต่าง ๆ สามารถศึกษาได้จากหนังสือเกี่ยวกับการสื่อสารขอมูลทั่วไป ในรายงานนี้จะไม่ขอกล่าวถึง

ในอีกรูปแบบหนึ่งดังรูปที่1.2 (ข) จะเป็นการเชื่อมต่อโทรศัพท์เข้ากับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer network) และเช่นกัน จำเป็นต้องมีอุปกรณ์หรือวงจรในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์กับคอมพิวเตอร์เพื่อสื่อสารกันได้วงจรดังกล่าวได้แก่ โคเดค (CODEC) ซึ่งมาจากศัพท์คำว่า โคด (CODE) กับ ดีโคด (DECODE)



รูปที่ 1.4 แสดงการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลระหว่างโทรศัพท์กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.4 ข้อมูลของโทรศัพท์ซึ่งเป็นแบบเชิงอุปมานถูกเข้ารหัส (Code) ให้เป็นแบบเชิงเลข ซึ่งใช้หลักการทั่วไปของการแปลงข้อมูลเชิงอุปมานไปเป็นเชิงเลข (Analog to Digital Convertor , ADC) และในทางกลับกันข้อมูลเชิงเลขจากคอมพิวเตอร์จะถูกถอดรหัส (Decode) ให้เป็นแบบเชิงอุปมาน ซึ่งก็ใช้หลักการแปลงข้อมูลแบบเชิงเลขเปเป็นแบบเชิงอุปมาน (Digital to Analog Convetor ,DAC) หลักการเข้าและถอดรหัสจะกล่าวถึงโดยสังเขปในบทที่ 3

หลักการและวัตถุประสงค์ของโครงงาน

จากแนวความคิดในการสื่อสารข้อมูลสมัยใหม่ที่จะทำการรวมการสื่อสารทั้งหมดเข้าด้วยกันไม่ว่าจะเป็นข้อมูลเชิงอุปมาน และข้อมูลเชิงเลข อุปกรณ์สื่อสารหลาย ๆ แบบสามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกันได้ ทำให้ทางคณะผู้จัดทำมีแนวความคิดที่จะศึกษาการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งคือ การสื่อสารข้อมูลด้วยโทรศัพท์ผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการรวมการสื่อสารข้อมูลเชิงอุปมาน เข้ากับการสื่อสารข้อมูลเชิงเลขโดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.เพื่อศึกษาถึงหลักการทำงานของการสื่อสารด้วยโทรศัพท์ที่เป็นแบบมีการควบคุมจากส่วนกลาง (Centralize Control) ซึ่งเป็นรูปแบบของระบบโทรศัพท์ทั่วไปรวมทั้งระบบโทรศัพท์ส่วนตัวที่ใช้กันตามสำนักงานทั่วไป

2.เพื่อศึกษาการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ (Computer Network)

3.เป็นการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

4.เป็นการประยุกต์ใช้งานคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการควบคุมการติดต่อของโทรศัพท์ เป็นการใช้งานคอมพิวเตอร์ได้คุ้มค่าขึ้น

5.เพื่อเพิ่มความสะดวกในการติดต่อกันทางโทรศัพท์ ภายในอาคารหรือสำนักงานเดียวกันที่มีการติดต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว

6.เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ทางด้านการสื่อสารข้อมูลร่วมแบบเชิงเลข (ISDN) ซึ่งกำลังจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการสื่อสารปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

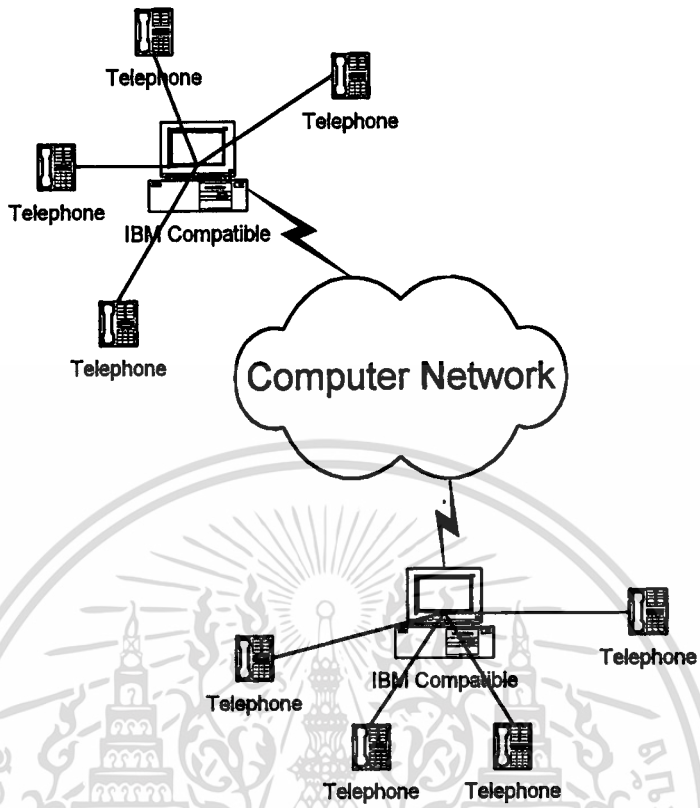
ลักษณะโครงสร้างและขอบเขตของโครงงาน

ลักษณะของโครงงานเป็นการสร้างระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ (ABX) โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการควบคุม (Centralize Control) และจะมีลูกข่ายที่เชื่อมต่ออยู่ 4 เครื่อง ลูกข่ายหรือโทรศัพท์แต่ละเครื่องสามารถติดต่อกันได้แบบอัตโนมัติ โดยมีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นส่วนควบคุม ซึ่งจะเป็นลักษณะของการติดต่อภายใน (Local) การติดต่อภายในนี้จะยังไม่มีการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แต่ก็จะเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบเชิงเลข

นอกจากจะมีการติดต่อกันภายในชุมสายได้แล้ว ยังสามารถติดต่อข้ามชุมสายได้ด้วย กล่าวคือจะมีชุมสายในลักษณะเดียวกัน โดยใช้คอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งเป็นส่วนควบคุม ซึ่งคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องนี้อาจจะติดตั้งอยู่ห่างไกลกัน เช่น คนละห้องหรืออาคาร แต่คอมพิวเตอร์นี้มีการเชื่อมต่อกันด้วยระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบท้องถิ่น (Local Area Network : LAN) การติดต่อของโทรศัพท์ข้ามชุมสายนี้ จะอาศัยการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ โดยผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบท้องถิ่น ซึ่งทำให้สามารถติดต่อพูดคุยได้ไกลขึ้น โดยมิต้องวางสายโทรศัพท์ใหม่

ลักษณะของโครงงานจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ซอฟท์แวร์ (Software) โดยในรายงานเล่มแรกนี้จะกล่าวเฉพาะส่วนของ ฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการ์ด (Card) ที่จะใช้ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์ ซึ่งสามารถนำไปเสียบเข้ากับ สล็อต (Slot) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ง่าย และนอกจากนั้นยังมีส่วนของชุดจ่ายกำลังอยู่ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 แสดงลักษณะการทำงานของโครงงาน

สรุปขอบข่ายความสามารถของโครงงาน

1.คอมพิวเตอร์ 1 เครื่องสามารถควบคุมการติดต่อของโทรศัพท์ภายในชุมสายได้สูงสุด 4 เครื่อง

2.สามารถสื่อสารข้ามชุมสายได้

3.คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมยังคงสามารถใช้ปฏิบัติงานอย่างอื่นได้ นอกจากการติดต่อจะมีการติดต่อพร้อมกันหลายเครื่อง อาจจะทำให้ไม่สามารถทำได้

ข้อจำกัดของโครงงาน

1.ต้องใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตั้งแต่รุ่น 386 ขึ้นไป

2.เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต้องเปิดอยู่ตลอดเวลา

3.ยังจำเป็นต้องมีชุดจ่ายกำลัง(Power Supply)จากภายนอก

4.คุณภาพของสัญญาณเสียงในการติดต่อต่างชุมสาย ต้องขึ้นกับปริมาณของการใช้งานของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

5.ถ้าต้องติดต่อข้ามชุมสายได้จำเป็นต้องมีระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ยังไม่สามารถติดต่อกับสายนอกขององค์การโทรศัพท์ได้ (TOT)

เนื้อหาที่นำเสนอในปริญญานิพนธ์เล่มนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงระบบสื่อสารทั่วไปในปัจจุบัน ลักษณะของโครงงาน

บทที่ 2 เป็นทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับระบบการสื่อสารด้วยโทรศัพท์

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการการเข้ารหัสสัญญาณเชิงอุปมานเป็นแบบเชิงเลข

บทที่ 4 กล่าวถึงการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

บทที่ 5 นำเสนอการออกแบบวงจรและรายละเอียดการทำงาน

บทที่ 6 เป็นการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 7 เป็นการสรุปวิจารณ์ผลการทดลองรวมทั้งปัญหา แนวทางการแก้ไขและแนวทางการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของระบบชุมสายโทรศัพท์

การสื่อสารในระบบโทรศัพท์เป็นการสื่อสารสัญญาณเสียงพูดสนทนากัน โดยการเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และใช้สายนำสัญญาณเป็นตัวกลางในการติดต่อ แต่ปัจจุบันตัวกลางในการติดต่อสามารถใช้ได้หลายทาง เช่น ผ่านระบบไมโครเวฟ ผ่านระบบดาวเทียมหรือสายใยแก้วนำแสง เป็นต้น ความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารโทรศัพท์จะอยู่ในช่วงระหว่าง 300 - 4000 เฮิตรซ์ (Hz)

2.1 การติดต่อกับชุมสาย

ในปัจจุบันมี 2 ระบบคือ

2.1.1 ระบบหมุน (Rotary Dialer) ระบบนี้จะใช้การส่งพัลส์ตั้งแต่ 1 - 10 พัลส์ โดยจำนวนพัลส์จะเท่ากับเลขที่หมุน จะมีการส่งพัลส์โดยมีความเร็วในการส่งคือ 10 พัลส์ต่อวินาที

2.2.2 แบบกดปุ่ม (Dual Tone Multi Frequency) ระบบนี้จะใช้สัญญาณความถี่คู่ในการติดต่อมีอยู่ 12 คู่ คือ 0-9 , * และ # บางเครื่องอาจมีเพิ่มเติมมาอีก 4 คู่ ได้แก่ A,B,C,D ถ้าต้องการหมุนหมายเลขใด ก็กดหมายเลขนั้นเครื่องจะทำการส่งความถี่ 2 ความถี่ออกมาเป็นคู่ความถี่ซึ่งแต่ละคู่จะไม่ซ้ำกัน

ตารางที่ 2.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากการกดคีย์แต่ละคีย์

ปุ่ม	ความถี่สูง(Hz)	ความถี่ต่ำ(Hz)
1	1209	697
2	1336	697
3	1477	697
4	1209	770
5	1336	770
6	1477	770
7	1209	852
8	1336	852

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

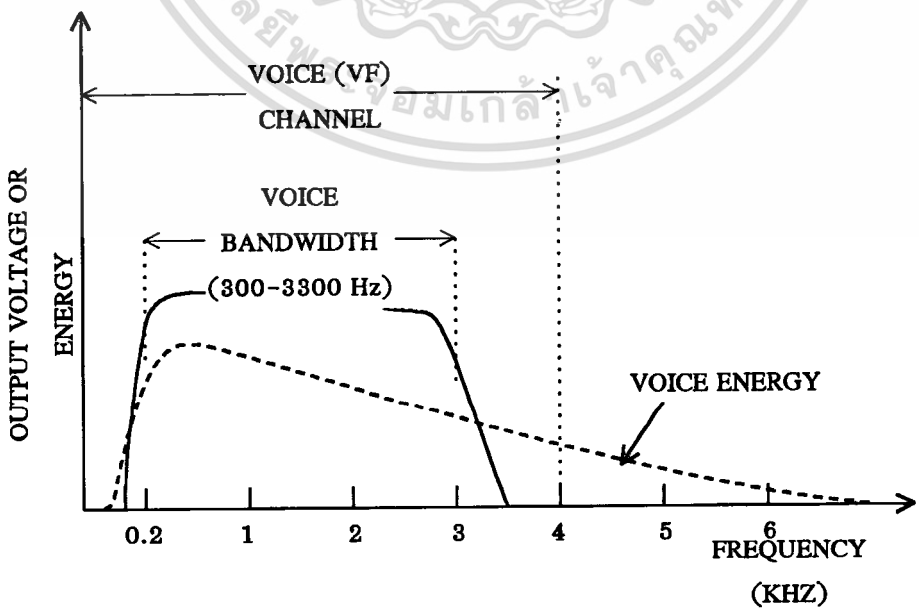
ปุ่ม	ความถี่สูง(Hz)	ความถี่ต่ำ(Hz)
9	1477	852
0	1336	941
*	1477	941
#	1633	941
A	1633	697
B	1633	770
C	1633	852
D	1633	941

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

2.2 สัญญาณที่ส่งในคู่สายโทรศัพท์

2.2.1. สัญญาณเสียงในการสนทนา

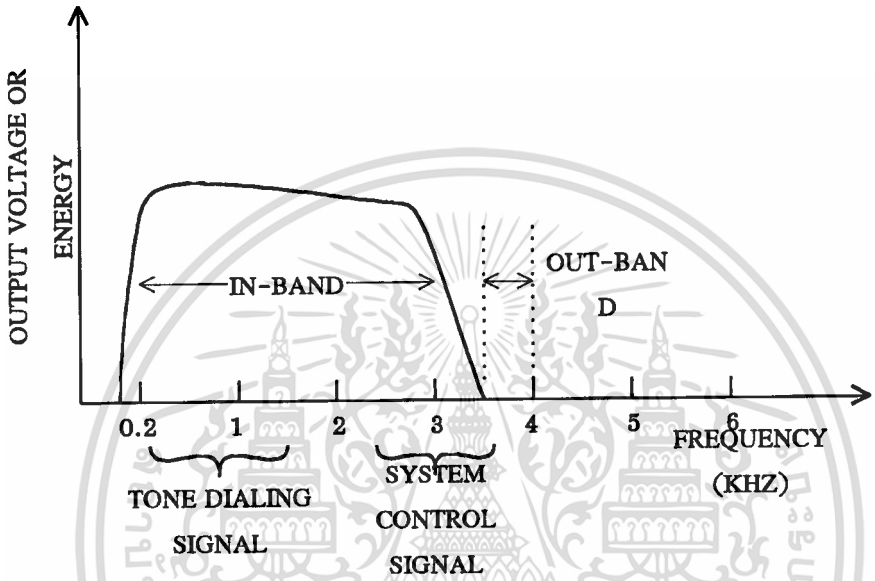
สัญญาณเสียงมีความถี่ในช่วง 20- 20000 เฮิรตซ์ และการกระจายของพลังงานเสียงแสดงดังรูปที่ 2.1จากรูปจะเห็นว่า พลังงานส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 100 เฮิรตซ์ จนถึง 4000 เฮิรตซ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าพลังงานของเสียงพูดของมนุษย์โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 200 เฮิรตซ์ ถึง 4000 เฮิรตซ์



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายพลังงานของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการขณะสนทนา เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นกับสัญญาณควบคุม วงจรผ่านเสียงโทรศัพท์จะต้องให้สัญญาณในช่วงหนึ่งเท่านั้นที่สามารถผ่านได้ เรียกความถี่ช่วงนี้ว่าความถี่เสียงพูด (Voice Frequency : VF) ซึ่งจะอยู่ช่วง 300-3400 เฮิรตซ์



รูปที่ 2.2 แสดงความถี่ของสัญญาณ ในช่วง และ นอกช่วง

2.2.2 สัญญาณควบคุม

เป็นสัญญาณลูกข่าย (Subscriber Signal) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสถานะต่าง ๆ ในลูกข่ายว่าควรทำอย่างไร เมื่อได้ยินสัญญาณนั้น ซึ่งประกอบด้วย

1. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) ใช้เพื่อแสดงให้ลูกข่ายรู้ว่าทางชุมสายพร้อมที่จะให้บริการแล้ว และให้ลูกข่ายกดปุ่มหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้ สัญญาณที่ส่งให้เป็นสัญญาณไซน์ต่อเนื่อง 400 เฮิรตซ์ มอดูเลทกับความถี่ 50 เฮิรตซ์ แบบแอมปลิจูดมอดูเลชั่น (AM.)

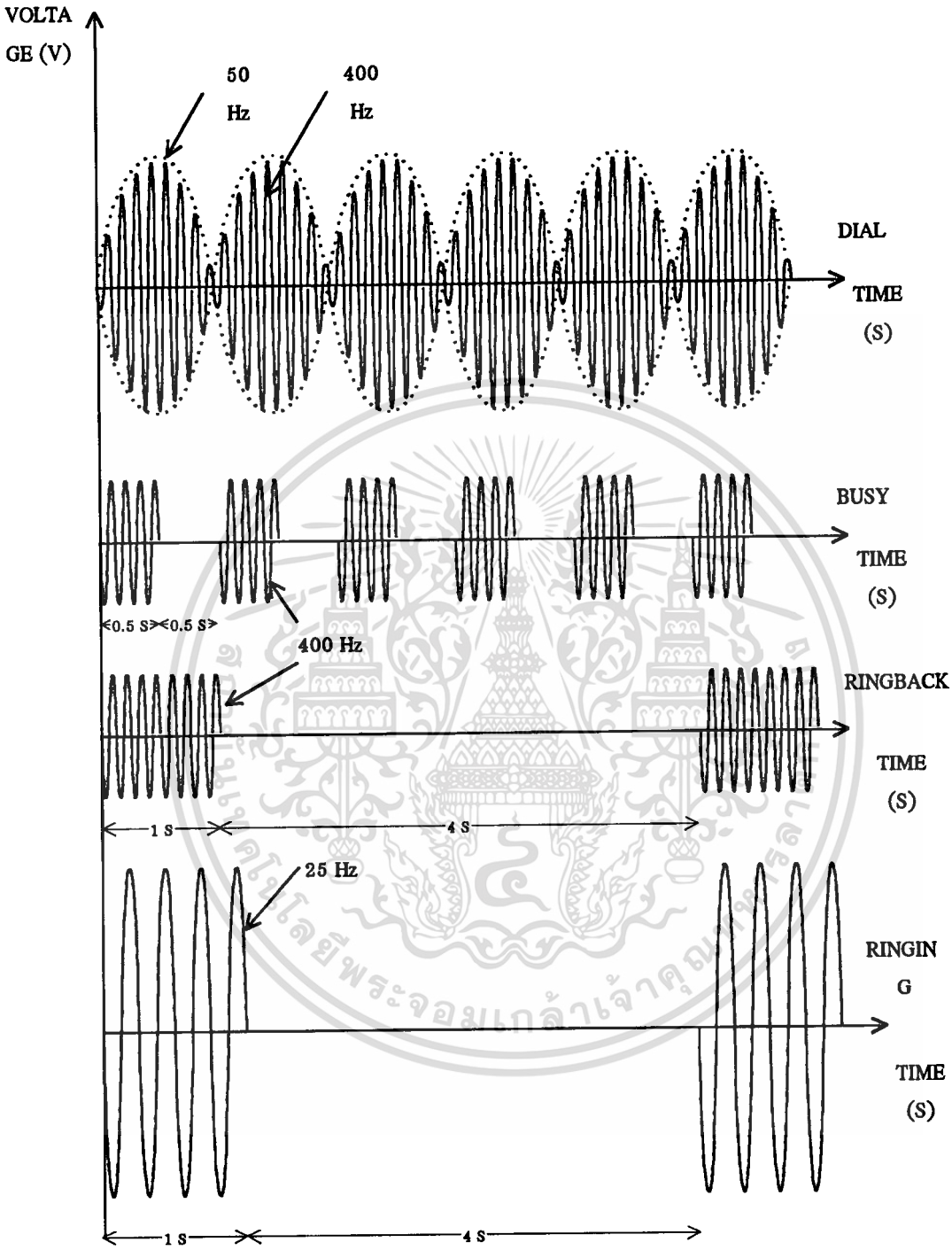
2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ใช้เพื่อบอกผู้เรียกว่า ปลายทางไม่ว่าง หรือ ทางชุมสายไม่สามารถติดต่อได้ เช่น เกิดความผิดพลาดในการรับหมายเลข และให้ผู้เรียกวางหูก่อน แล้วค่อยติดต่อใหม่ สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ ที่ส่งเป็นช่วง ๆ โดยที่เวลาในการส่ง 0.5 วินาที และหยุดส่ง 0.5 วินาที สลับกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) ใช้เพื่อบอกผู้เรียกว่า การติดต่อไปยังปลายทางประสบความสำเร็จ และกำลังรอปลายทางรับสาย สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณไซน์ 400 เฮิตรซ์ ที่ส่งเป็นช่วง ๆ เวลาการส่งประมาณ 1 วินาที และหยุดส่งประมาณ 4 วินาที สลับกันไป จนกว่าปลายทางจะรับสาย

4. สัญญาณกระดิ่งเรียก (Ringing Tone) ใช้ส่งให้ปลายทางเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์ใช้สร้างสัญญาณกระดิ่งเรียกผู้รับสาย เมื่อการติดต่อสำเร็จ สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่เท่ากับ 25 เฮิตรซ์ ระดับแรงดันประมาณ 75 - 100 โวลท์ ช่วงเวลาในการส่งเหมือนกับ สัญญาณเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์

เมื่อเริ่มต้นโทรศัพท์วางหูอยู่ เรียกว่า อยู่ในสภาวะวางหู (On Hook) วงจรระหว่างชุมสายหลักและโทรศัพท์จะเป็นวงจรเปิด ยกเว้นวงจรสัญญาณเรียก (Ring Circuit) ซึ่งจะต่ออยู่กับชุมสายหลักตลอดเวลา โดยมีคาปาซิเตอร์ (Capacitor) ทำหน้าที่กันไฟตรงไม่ให้ผ่าน และให้ผ่านได้เฉพาะสัญญาณเรียกซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น เรียกว่า อยู่ในสภาวะยกหู (Off Hook) จะทำให้ระดับไฟตรง (DC Voltage) ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ ชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเริ่มต้นการเรียก ก็จะทำการติดต่อระหว่างผู้เรียกกับชุมสาย โดยชุมสายจะส่งสัญญาณหมุน (Dial Tone) ในกรณีที่ชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมาย หรือส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ในกรณีที่ชุมสายมีปัญหาหรือเกิดผิดพลาดบางอย่าง เพื่อให้ผู้เรียกวางหูแล้วค่อยยกใหม่

เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน ก็จะกดหมายเลขโทรศัพท์ของปลายทาง เมื่อชุมสายได้รับสัญญาณการกดเลขหมายตัวแรกก็จะหยุดการส่งสัญญาณให้หมุน และทำการถอดรหัส เมื่อได้หมายเลขครบตามต้องการชุมสายจะทำการตรวจสอบว่าปลายทางว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Tone) ไปยังปลายทางและจะส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ring back Tone) มายังผู้เรียก แต่ถ้าปลายทางไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) กลับมายังผู้เรียก

ถ้าการติดต่อสำเร็จ คือ ปลายทางว่าง และมีผู้รับสาย ชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณเรียก และเรียกกลับ พร้อมทั้งทำการสร้างเส้นทางในการติดต่อระหว่าง ผู้เรียกและผู้รับ

2.4 วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากสองสายเป็นสี่สาย (Two - wire to four- wire conversion)

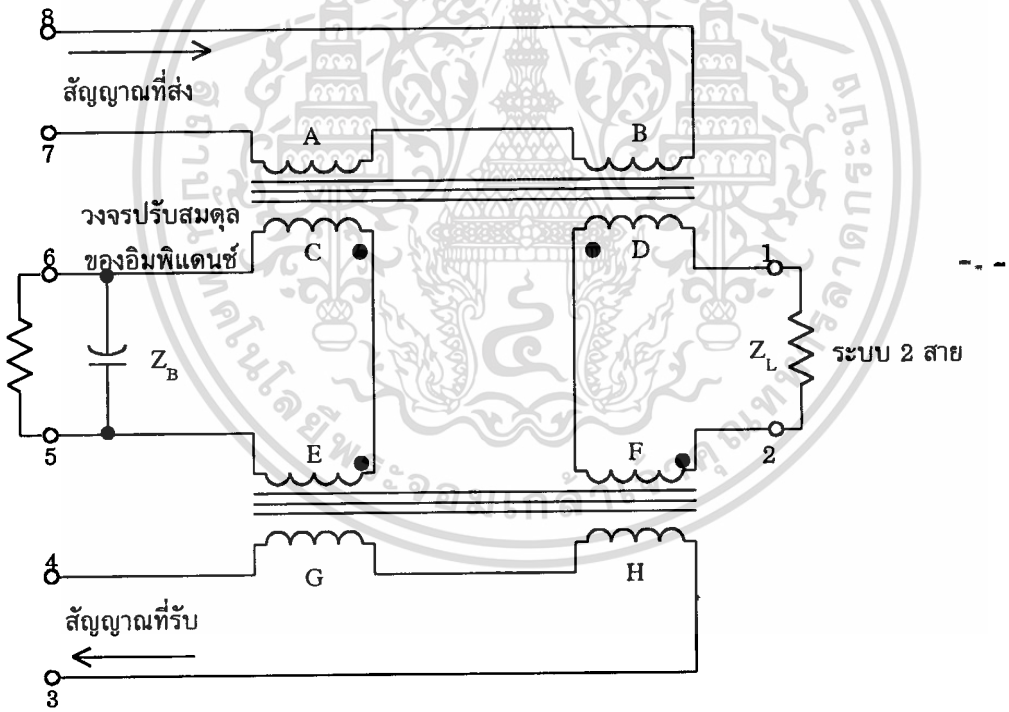
วงจรไฮบริดทรานฟอร์เมอร์ (Hybird Transformer) เป็นวงจรอย่างง่ายวงจรหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างวงจร 2 สายกับวงจร 4 สายเพื่อทำงานในลักษณะ ฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ซึ่งหมายถึงการส่งสัญญาณระหว่างวงจรจะเกิดขึ้นทั้ง 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน ระบบวงจรแบบ 2 สาย มักถูกใช้ในวงจรที่ใช้งานในเครื่องของผู้ใช้เพราะมีราคาถูกกว่าวงจรแบบ 4 สาย แต่ส่วนอื่นนั้นจะใช้โครงข่าย (Network) แบบวงจรแบบ 4 สายเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงใช้วงจรไฮบริดทรานฟอร์เมอร์ ที่เครื่องศูนย์กลางสำหรับเชื่อมต่อวงจรท้องถิ่นกับสายหลัก และระหว่างสายหลักในระบบโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับชุมสายโทรศัพท์แบบอัตโนมัติแบบไม่ใช้พนักงานรับสาย นั้นจะใช้วงจรไฮบริดนี้เพื่อทำหน้าที่แปลงระบบวงจร 2 สาย เป็นวงจรแบบ 4 สาย เพื่อใช้ติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์เครื่องลูกภายใน

นอกจากนี้ภายในตัวโทรศัพท์เองก็มีวงจรแปลงวงจร 2 สาย เป็นวงจรแบบ 4 สาย อยู่ภายใน แต่ภายในโทรศัพท์นั้นใช้วงจรป้องกัน เสียงข้างเคียง (Anti Side Tone) มากกว่าที่จะเป็นวงจร 2 สาย เป็นวงจรแบบ 4 สาย

ไฮบริดเป็นมัลติเพิลไวน์ดิ้งทรานสฟอร์เมอร์ (Multiple Winding Transformer) แบบหนึ่ง สามารถแบบหนึ่งสามารถแสดงได้วงจรดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรไฮบริดทรานสฟอร์เมอร์

จากรูปสัญญาณถูกส่งเข้ามายังปลายทางสาย 7 - 8 ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางสนามแม่เหล็กข้ามไปยังขดลวด C และ D โดยกระแสที่ไหลผ่านขดลวด A และ B จะเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นในขดลวด D จะทำให้กระแสไหลผ่านวงจร 2 สายซึ่งต่ออยู่ที่ปลายสาย 1-2 สำหรับการส่งผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่อไป และกระแสที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านขดลวด F ซึ่งทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นในขดลวด H

ในทำนองเดียวกัน การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดในขดลวด C จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านวงจรสมดุลย์ (Balance Network) และขดลวด E อิมพีแดนซ์ (Impedance) Z_B ของวงจรสมดุลย์มีค่าเท่ากับไลน์อิมพีแดนซ์ (Line Impedance) Z_L เพราะ Z_R เท่ากับ Z_L รอบขดลวด G และ H และวงจร D และ F เท่ากันทำให้การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวด G และ H เท่ากัน (ขดลวด G และ H มีจำนวนรอบเท่ากัน)

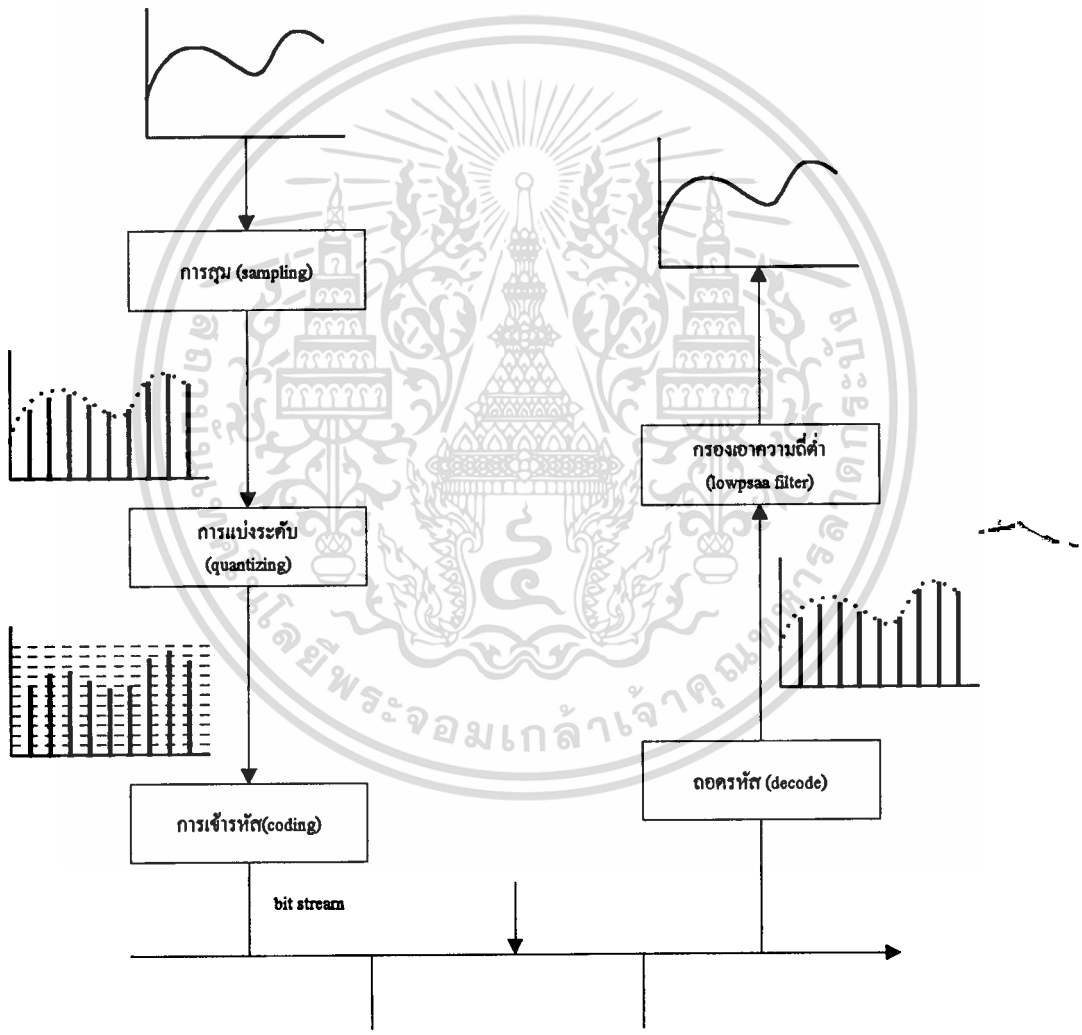
จะเห็นว่า ขดลวด C และ E มีการต่อขั้วเดียวกันเข้าหากัน ต่างจากขด D และ F ดังนั้น การเหนี่ยวนำไฟฟ้าในขดลวด G มีเฟสตรงกันข้ามกับขดลวด H (การเหนี่ยวนำในขดลวด G และ H มีจำนวนรอบเท่ากัน)
ทำให้การหักล้างซึ่งกันและกันจนหมด เหตุผลอันนี้ ทำให้สัญญาณจากตัวส่งที่ปรากฏที่ปลายสาย 7 - 8 ถูกส่งไปที่ปลายสาย 1 - 2 แต่ไม่ปรากฏที่ปลายสาย 3 - 4 ซึ่งต่อไปยังตัวรับ ระดับสัญญาณที่ปลายสาย 1 - 2 จะเป็นเพียงครึ่งหนึ่งของระดับอินพุทที่ปลายสาย 7 - 8 เพราะระดับสัญญาณที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งจะสูญเสียไปในวงจรสมดุลย์

ในทำนองเดียวกัน เมื่อปรากฏสัญญาณเข้ามาที่ปลายสาย 1 - 2 กระแสไหลผ่านขดลวด D และ F และทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ขดลวด B และ H โวลต์ที่เกิดขึ้นใน H จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านวงจรตัวรับและขดลวด G และ H กระแสที่ไหลผ่านขดลวด G (ซึ่งเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านขดลวด H) จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด E และผ่านขดลวด C ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นใน A แต่การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ A จะต่างเฟสกับใน B 180 องศา (เพราะขดลวด C และ E ต่อขั้วเหมือนกันชนกัน) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าไม่มีสัญญาณที่ปลายสาย 1 - 2 จากสายส่งไปปรากฏที่ปลายสาย 7 - 8 ซึ่งเป็นปลายสายตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 หลักการเบื้องต้นของการเข้ารหัสสัญญาณแบบเชิงเลข

ในการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบเชิงเลข สัญญาณที่ต้องการสื่อสารซึ่งเป็นแบบเชิงอุปมาน จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสัญญาณเชิงเลข หลักการทั่วไปในการเปลี่ยนแปลงแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่3.1 แสดงหลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเชิงอุปมานกับเชิงเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุปกระบวนการแปลงจะมี 3 ขั้นตอนใหญ่ คือ

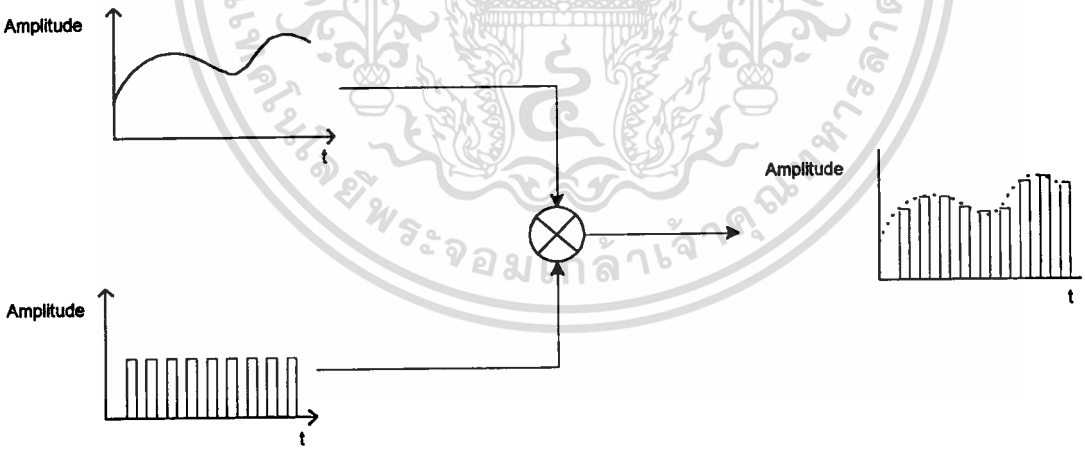
1.การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

2.การแบ่งแรงดันออกเป็นระดับต่างๆ (Quantizing)

3.การแก้รหัสเป็นข้อมูลเชิงเลข (Coding)

3.1 การสุ่มตัวอย่าง

สัญญาณเชิงอุปมานเป็นสัญญาณที่มีแอมปลิจูดต่อเนื่องกันตลอดเวลา การสุ่ม(Sampling) คือขบวนการเลือกค่าแอมปลิจูดบางค่าของสัญญาณเชิงอุปมานมาใช้งาน โดยมีระยะห่างของช่วงเวลาในการเลือกคงที่ วิธีการสุ่มก็ใช้หลักการเดียวกับการมอดูเลทแบบแอมปลิจูด (AM) หรือการคูณกันของสัญญาณ โดยสัญญาณอนาลอกที่ต้องการทำการสุ่มจะถูกนำมามอดูเลทกับสัญญาณพัลส์ที่มีแอมปลิจูดและความถี่คงที่ตลอด สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลทจะเป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องตามเวลา (Discrete Signal) โดยมีระยะห่างของช่วงเวลาหรือคาบเท่ากับคาบของสัญญาณพัลส์และมีแอมปลิจูดของแต่ละพัลส์เท่ากับสัญญาณเชิงอุปมานในขณะเวลานั้น สัญญาณที่ได้นี้เรียกว่า พัลส์แอมปลิจูดมอดูเลชั่น(Pulse Amplitude Modulation : PAM) แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการสุ่มสัญญาณ

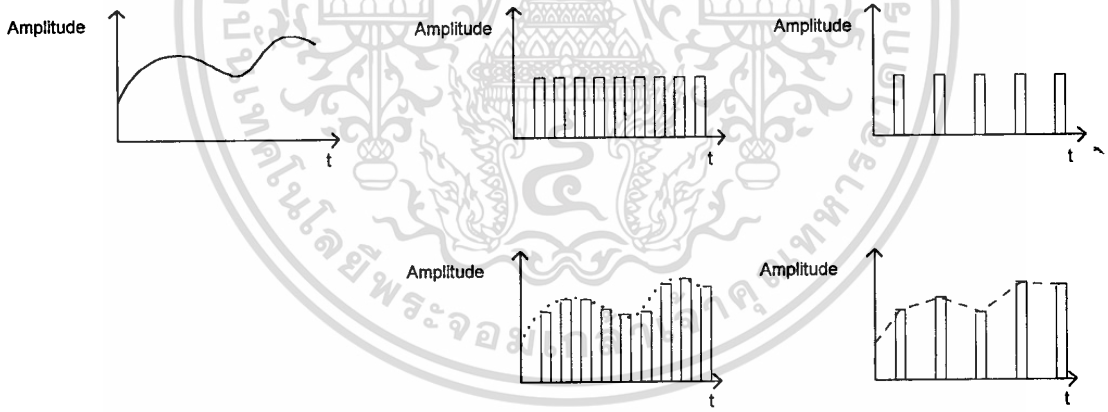
สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสุ่มสัญญาณเชิงอุปมานคือ ความถี่ของการสุ่มจะใช้ค่าเท่าไหร่จึงจะเหมาะสม จากรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าถ้าใช้ความถี่ในการสุ่มสูงๆ สัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องที่ได้ จะมีค่าใกล้เคียงกับสัญญาณเชิงอุปมานมากขึ้น เมื่อทำการรีคอฟเวอร์ (Recover) กลับมาด้วยวิธีการกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่การสุ่มด้วยความถี่สูงก็ต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนขึ้น และจำนวนของข้อมูลก็มากขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลในการส่งข้อมูลนี้ได้ คือต้องใช้แบนด์วิดธ์มากในการส่ง

การกำหนดความถี่ในการสุ่มอาศัยจากทฤษฎีการสุ่ม (Sampling Theorem) ที่กล่าวไว้ว่า " ถ้าสัญญาณเชิงอุปมานที่ต้องการสุ่มมีความถี่สูงสุดค่าหนึ่ง (f_m) แล้ว หากใช้ขบวนพัลส์ที่มีความถี่ f_s เท่ากับหรือมากกว่า 2 เท่าของความถี่สูงสุดนั้น ($f_s \geq 2f_m$) ทำการสุ่มแล้ว ก็จะสามารถเก็บรายละเอียดของสัญญาณเชิงอุปมานได้อย่างสมบูรณ์ " ระยะห่างระหว่างจุดแต่ละจุดที่ทำการสุ่มในแกนเวลาเรียกว่า ไนควิทน์อินเทอร์วัล (Nyquint Interval)

แถบความถี่เสียงที่คนสามารถรับฟังได้ จะอยู่ในช่วง 20-30 กิโลเฮิตรซ์ แต่ว่าโดยปกติพลังงานของเสียงพูดของคนโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงความถี่ ประมาณ 100 เฮิตรซ์ ถึง 3.4 กิโลเฮิตรซ์ ดังนั้นในระบบโทรศัพท์โดยทั่วไปจะกำหนดแถบความถี่เสียงไว้ประมาณ 4 กิโลเฮิตรซ์ ดังนั้นความถี่ที่ใช้สุ่มโดยไม่ทำให้สัญญาณเสียงเพี้ยนไปคือ 8 กิโลเฮิตรซ์



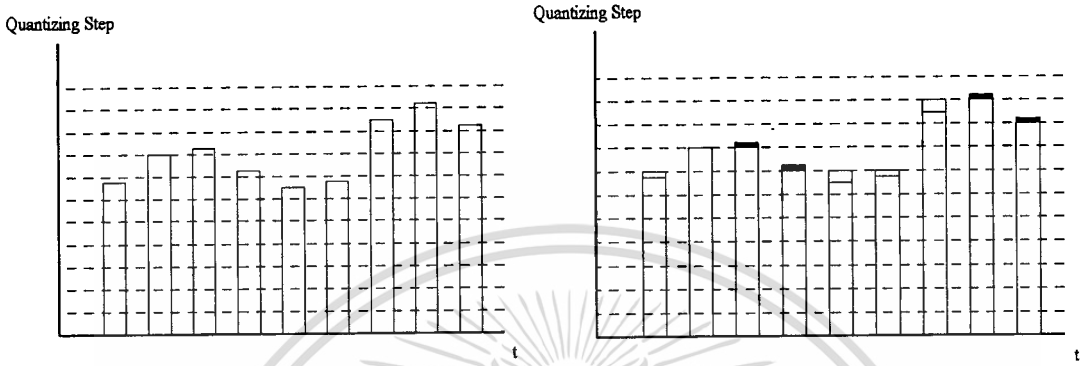
รูปที่ 3.3 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากการสุ่มที่ความถี่ต่างกัน

3.2 การแบ่งระดับแรงดัน

เป็นการนำสัญญาณที่ได้จากการสุ่ม มาทำการแบ่งระดับเรียกว่าระดับ ควอนไตซ์ (Quantize Level) โดยมีระยะห่างแต่ระดับเรียกว่า ควอนไตซิ่งอินเตอร์วัล (Quantizing Interval) หรือควอนไตซิ่งสเต็บ (Quantizing Step) ที่เท่ากัน ซึ่งเป็นการจัดระดับแบบยูนิฟอร์ม (Uniform)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
037137

ขนาดของสัญญาณที่ถูกสุ่มมาแต่ละพัลส์จะถูกแทนที่ด้วยระดับควอนไตซ์ที่มีค่าใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นสัญญาณไม่ต่อเนื่องที่ถูกจัดระดับแล้ว จะเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้นดังรูปที่ 3.4



(ก) สัญญาณไม่ต่อเนื่องที่ยังไม่จัดระดับ (ข) สัญญาณไม่ต่อเนื่องที่จัดระดับแล้ว

รูปที่ 3.4 แสดงการจัดระดับสัญญาณ

สัญญาณที่ผ่านการจัดระดับจะเกิดความผิดพลาด (Error) ไปจากสัญญาณไม่ต่อเนื่องเดิม ซึ่งอาจเกิดจากส่วนขาด หรือส่วนเกินไปจากค่าจริง ความผิดพลาดนี้เรียกว่า ควอนไตซิ่งนอยส์ (Quantizing Noise)

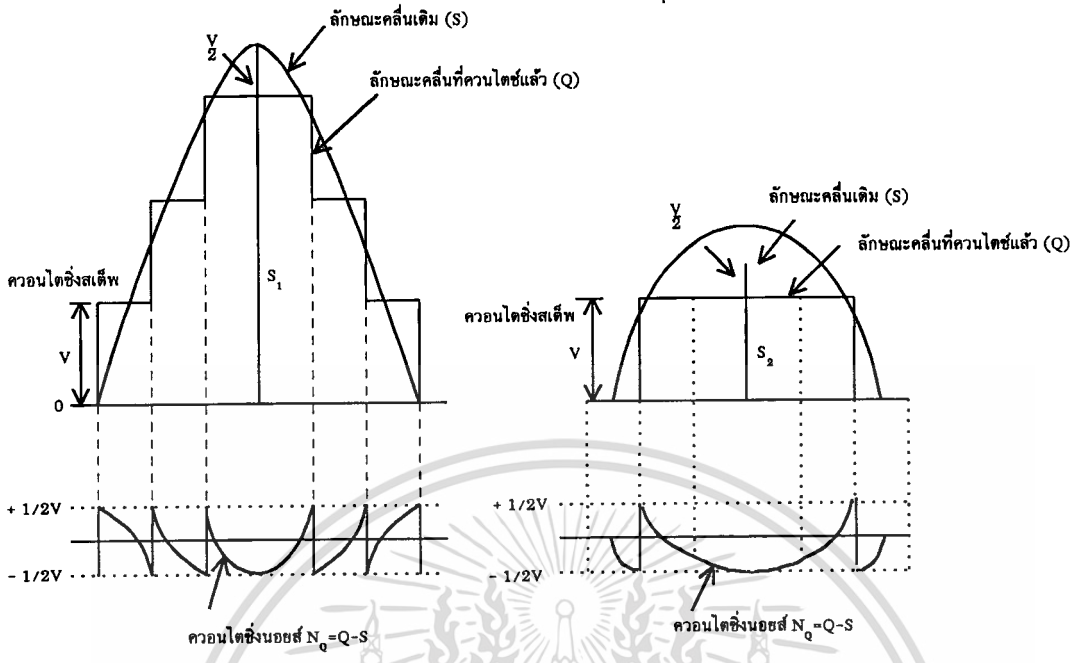
ในทางปฏิบัติ เราไม่สามารถที่จะเลี่ยงการเกิดควอนไตซิ่งนอยส์ได้ แต่สามารถลดควอนไต์ซิ่งนอยส์ให้มีค่าน้อยลงได้โดยการลดควอนไตซิ่งอินเตอร์วัลให้แคบลง ซึ่งเป็นการเพิ่มระดับควอนไตซ์นั่นเอง

3.3 คอมแพนดิ้ง (Companding)

จากการลดควอนไตซิ่งนอยส์โดยการเพิ่มระดับของการแบ่ง จะทำให้ต้องใช้ข้อมูลเชิงเลขในการแทนระดับแต่ละดับมากขึ้น เช่นถ้าใช้เลขฐานสอง 3 บิท จะแทนระดับได้ 8 ระดับ ถ้าใช้ 4 บิท จะแทนได้ 16 ระดับ ยิ่งบิทมากก็ต้องใช้เวลาและความเร็วในการส่งเพิ่มขึ้น

โดยปกติการวัดคุณภาพของการจัดระดับสัญญาณ จะใช้การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุท S ต่อควอนไตซิ่งนอยส์ N_Q หรืออยู่ในรูป S/N_Q และค่าควอนไตซิ่งนอยส์ N_Q จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอขึ้นกับจำนวนระดับที่แบ่งและจะไม่ขึ้นกับขนาดสัญญาณ S ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าที่ขนาดสัญญาณ S น้อยๆ ค่า S/N_Q จะมีค่าน้อย หรือกล่าวอีกอย่างว่า คุณภาพของสัญญาณ S ที่ทำการควอนไตซ์ ที่มีขนาดเล็กจะด้อยกว่ากรณีที่สัญญาณมีขนาดใหญ่กว่าซึ่งแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) กรณีที่แอมปลิจูดสูง (ข) กรณีที่แอมปลิจูดต่ำ

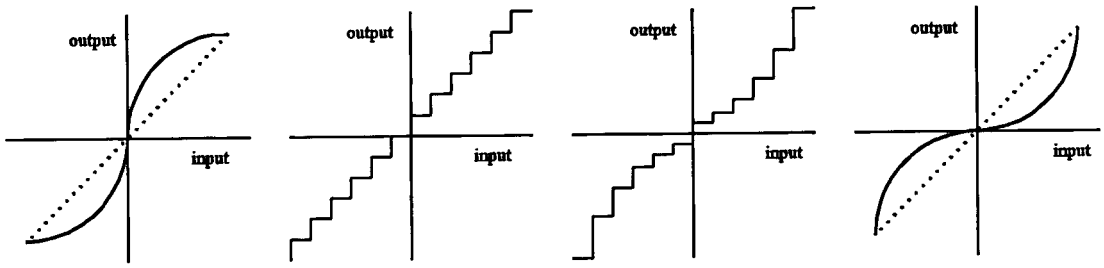
$$\frac{V/2}{S_1} < \frac{V/2}{S_2}$$

รูปที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบควอนไตซิ่งนอยส์ที่เกิดจากการจัดระดับ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวหลักการของคอมแพนดิ้งจะใช้การแบ่งระดับแบบนอนยูนิฟอร์มควอนไตซิ่ง (Nonuniform Quantizing) คือบริเวณที่มีแอมปลิจูดต่ำๆ จะแบ่งให้ควอนไตซ์อินเตอร์วัลแคบๆ และในทางกลับกันบริเวณที่สัญญาณมีแอมปลิจูดสูงๆ จะใช้ควอนไตซ์อินเตอร์วัลกว้างๆ

คอมแพนดิ้ง เป็นชื่อรวมของวงจรคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทางด้านส่งและวงจรเอ็กซ์แพนเดอร์ (Expander) ทางด้านรับ หลักการทำงานอย่างคร่าวๆของแพนดิ้งแสดงดังรูป 3.6 โดยมีขั้นตอนดังนี้ คือก่อนจะทำการจัดระดับจะผ่านสัญญาณไปยังวงจรคอมเพรสเซอร์ โดยมีลักษณะของอินพุทกับเอาท์พุทดังรูปที่ 3.6 (ก) แล้วจะทำการจัดระดับแบบยูนิฟอร์มตามรูปที่ 3.6 (ข) ก็จะได้การจัดระดับแบบยูนิฟอร์มดังรูปที่ 3.6 (ค) และทางด้านรับเมื่อสัญญาณเชิงเลขผ่านขั้นตอนการถอดรหัสแล้ว จะผ่านไปยังวงจรเอ็กแพนเดอร์ซึ่งมีลักษณะตรงข้ามกับวงจรคอมเพรสเซอร์ตามรูปที่ 3.6 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) คอมเพรสชั่น (ข) ยูนิฟอร์มควอนไตซิ่ง (ค) นอนยูนิฟอร์มควอนไตซิ่ง (ง) เอ็กซ์เพนเดอร์

รูปที่ 3.6 คุณลักษณะการจัดระดับด้วยคอมเพรสเซอร์และเอ็กเพนเดอร์

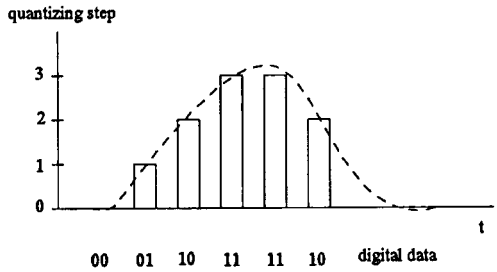
3.4 การเข้ารหัส

การเข้ารหัสเป็นการแทนระดับสัญญาณที่ระดับต่างๆด้วยค่าๆหนึ่งที่กำหนดขึ้น ความจำเป็นในการเข้ารหัสก็เพื่อสะดวกในการส่งข้อมูล ตรวจสอบความผิดพลาดง่าย และลดปัญหาจากการรบกวนในสายส่ง เช่นการเข้ารหัสแบบเลขฐานสองสัญญาณที่ส่งจะมีสองลักษณะคือ ลอจิกศูนย์ (Logic 0) และลอจิกหนึ่ง (Logic 1) ซึ่งการส่งจะส่งด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันค่าหนึ่ง เช่นลอจิกศูนย์ส่งด้วยแรงดันศูนย์โวลท์ ลอจิกหนึ่งส่งด้วยแรงดันห้าโวลท์ และแม้ว่าในสายส่งจะมีสัญญาณรบกวนฝ่ายรับก็ยังสามารถตรวจจับข้อมูลได้ตราบใดที่ยังสามารถตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่เข้ามามีค่าใกล้เคียงศูนย์ หรือหนึ่งแล้วก็สร้างข้อมูลใหม่ขึ้นมา การเข้ารหัสมีหลายวิธี แต่ที่จะกล่าวถึงในรายงานเล่มนี้คือ แบบ พัลส์โคดมอดูเลชั่น (Pulse Code Modulation , PCM) , อะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น (Adaptive Pulse Code Modulation , ADPCM) และแบบ อะแดพทีฟว์เดลต้ามอดูเลชั่น (Adaptive Delta Modulation)

3.4.1. พัลส์โคดมอดูเลชั่น

การเข้ารหัสแบบพัลส์โคดมอดูเลชั่นเป็นการแทนค่าระดับการควอนไตซ์ด้วยเลขฐานสองธรรมดา โดยจำนวนบิทที่ใช้ขึ้นกับจำนวนระดับของการควอนไตซ์ คือถ้าใช้ n บิทในการแทนค่าระดับจะสามารถแทนได้ 2^n ระดับดังแสดงในรูป 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการเข้ารหัสด้วยเลขฐานสอง

การถอดรหัสจะเป็นการทำงานในลักษณะตรงกันข้ามกับการเข้ารหัส คือจากข้อมูลเชิงเลข เมื่อถูกถอดรหัสจะได้สัญญาณที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเมื่อนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Lowpass filter) ก็จะได้สัญญาณเชิงอุปมานที่เหมือนกับสัญญาณเดิมที่ส่งมาดังแสดงในรูปที่ 3.1 การเข้ารหัสแบบนี้ได้เป็นที่นิยมใช้กันมากในการสื่อสารในระบบดิจิตอลทั่วไปเช่น การสื่อสารด้วยระบบดาวเทียม การสื่อสารในระบบโทรศัพท์ไร้สายเคลื่อนที่แบบเชิงเลข โดยจะมีมาตรฐานในการเข้ารหัสอยู่สองแบบที่ใช้กันที่ไป คือการคอมแพนดิ้งแบบ เอ็มยู-ลอว์ (Mu-Law) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ และการคอมแพนดิ้งแบบ เอ-ลอว์ (A-Law) ซึ่งเป็นมาตราฐานของ ซีซีไอทีที (CCITT) และใช้กันในทวีปยุโรป การเข้ารหัสทั้งสองแบบจะใช้แปดบิทในการแทนระดับสัญญาณต่อหนึ่งแซมปลิ้งโดยแต่ละแบบจะใช้รหัสที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

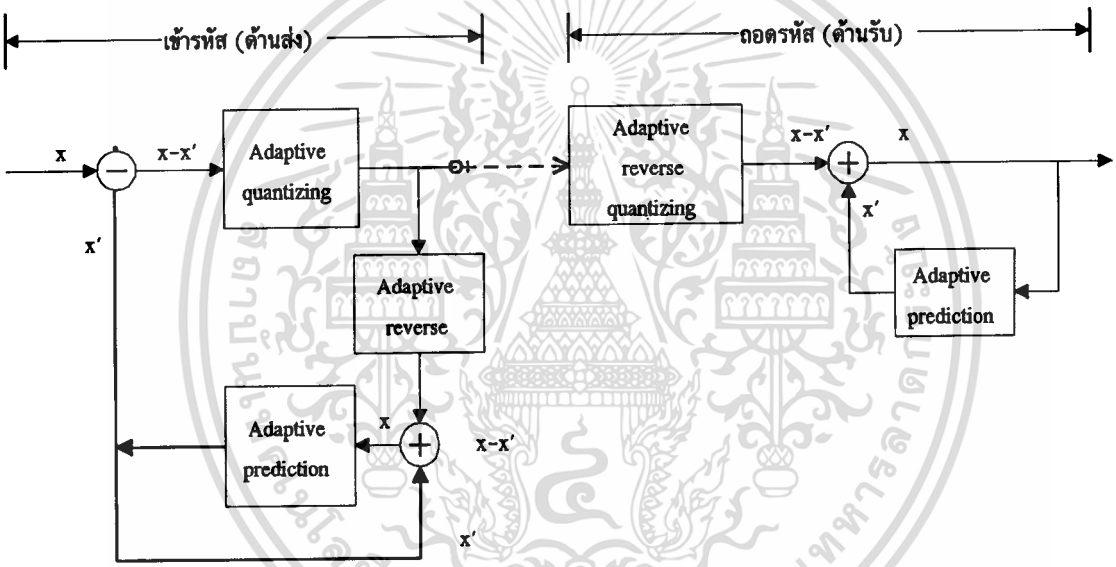
ตารางที่ 3.1 รูปแบบของข้อมูลในการเข้รหัสแบบพัลส์โคดมอดูเลชั่น

	Mu-Law			A-Law		
Level	Sign Bit	Chord Bits	Step Bits	Sign Bit	Chord Bits	Step Bits
+Full Scale	1	000	0000	1	010	1010
+Zero	1	111	1111	1	101	0101
-Zero	0	111	1111	0	101	0101
-Full Scale	0	000	0000	0	010	1010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2. การเข้ารหัสแบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น

ในการเข้ารหัสแบบ พัลส์โคดมอดูเลชั่นที่กล่าวมาแล้วนั้น จะจัดระดับของสัญญาณเสียงจากแซมเปิ้ลโดยตรง แต่สำหรับในระบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น จะจัดระดับโดยใช้ผลต่างระหว่างค่าแซมเปิ้ลเนื่องจากค่าแซมเปิ้ล ซึ่งอยู่ใกล้เคียงกันจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงคาดคะเนสัญญาณอินพุทที่เข้ามาก่อน แล้วจัดระดับโดยใช้ผลต่างระหว่างสัญญาณที่คาดคะเน และสัญญาณปัจจุบันเพื่อทำรหัสส่งออกไปและผลต่างนี้มีค่าน้อย จึงทำให้จำนวนบิทในการเข้ารหัสลดลงได้ โครงสร้างเบื้องต้นของอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น แสดงไว้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างการทำงานของอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น

จากรูปที่ 3.8 ขั้นแรก ที่วงจรเข้ารหัส (ด้านส่ง) จะสร้างผลต่าง X-X' ระหว่างสัญญาณอินพุท X และสัญญาณที่คาดคะเน X' จากอินพุทตัวก่อน ๆ โดยวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ (Differentialtor) ต่อจากนั้น จะนำผลต่าง X-X' ของสัญญาณไปจัดระดับแบบยูนิฟอร์ม แต่จะใช้วิธีจัดระดับเพื่อให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยอาศัยแซมเปิ้ลตัวก่อน (Adaptive Quantizing) วิธีนี้จะปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

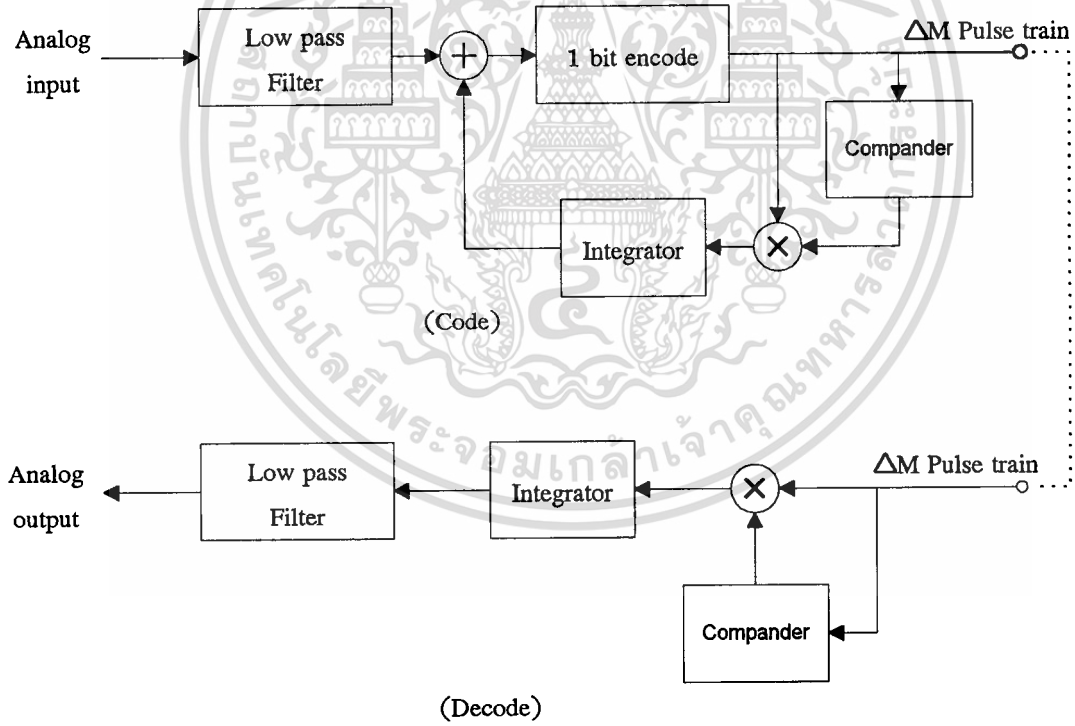
วิธีการเข้ารหัสแบบ อะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น นี้จะใช้เพียง 4 บิท (32 กิโลบิทต่อวินาที) ซึ่งมีคุณภาพใกล้เคียงกับระบบ ซึ่งใช้ 7 บิท (56 กิโลบิทต่อวินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3. การเข้ารหัสแบบอแดพทิฟว์เดลต้ามอดูเลชั่น

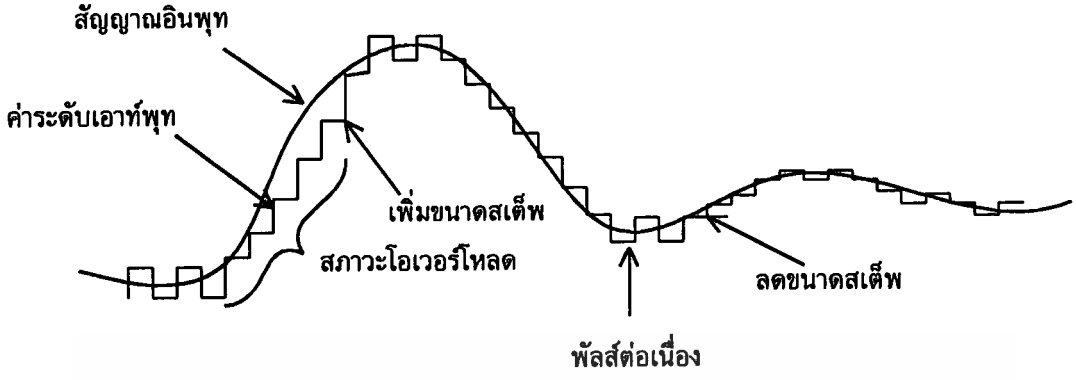
ในขณะที่ความถี่ในการแซมปลิ้งสูงขึ้น ผลต่างระหว่างค่าแซมเปิ้ลข้างเคียงจะน้อยลง ระบบการเข้ารหัสแบบอะแดพทีฟว์เดลต้ามอดูเลชั่นจะพิจารณาจุดนี้ คือ ใช้ความถี่ในการแซมเปิ้ลให้สูงขึ้น และการเข้ารหัสของผลต่างของสัญญาณ เพื่อส่งออกไปด้วย 1 บิท ตามรูปที่ 3.9 ซึ่งแสดงโครงสร้างของการเข้ารหัส และถอดรหัสแบบอะแดพทีฟว์เดลต้ามอดูเลชั่น ประกอบด้วย คอมพาเรเตอร์ (Comparator) อินทิเกรเตอร์ (Integrator) ดิจิตอลทูอนาลอก คอนเวอร์เตอร์ (Convetor) และวงจรลอจิกที่จำเป็นบางวงจร เนื่องจากมีขนาดเล็กและการสูญเสียพลังงานน้อย จึงสามารถสร้างได้โดยง่าย

การที่เข้ารหัสโดยใช้เพียง 4 บิท จะกำหนดขนาดของสเต็ป จากขบวนพัลส์ที่เข้ามาก่อน (ขบวนพัลส์ ΔM) กล่าวคือ ตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของระบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูที่ 3.10 หลักการของการเปลี่ยนสเต็ปในการจัดระดับอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น

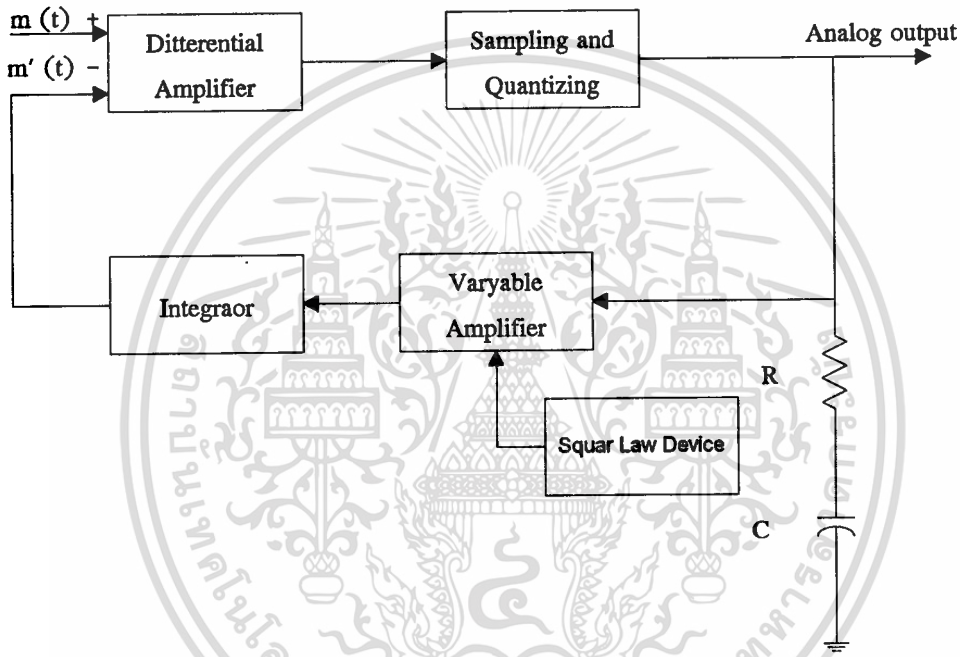
สัญญาณที่ได้หลังจากผ่านวงจร อินทิเกรเตอร์จะเป็นพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเชิงอุปมาน (อินพุท) อย่างใกล้ชิด และมีรูปร่างคล้ายสัญญาณเชิงอุปมานมาก ยกเว้นในกรณีที่สัญญาณเชิงอุปมานเปลี่ยนแปลงขนาดอย่างรวดเร็ว หรือกล่าวได้ว่าความชันของสัญญาณสูงมาก ๆ ทำให้วงจรส่วน เดลต้ามอดูเลชั่นไม่สามารถสร้างพัลส์ไล่ทันสัญญาณเชิงอุปมาน ในกรณีนี้เราเรียกว่า เกิดการเกินการะของความชัน (Slope Overload) การแก้ปัญหานี้สามารถทำได้โดย การปรับขนาดของสเต็ป แต่จริง ๆ แล้วขนาดของสเต็ป ควรจะให้เล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเกิดขึ้นช้า ๆ และเพิ่มขนาดของสเต็ป เพื่อที่จะหลีกเลี่ยง สโลป โอเวอร์โหลด (Slop Overload) เมื่อสัญญาณเปลี่ยนแปลงมาก

โครงสร้างแบบหนึ่งของระบบอะแดพทีฟว์เดลต้ามอดูเลชั่น ที่สามารถปรับขนาดสเต็ปตามลักษณะของสัญญาณแสดงได้ดังในรูปที่ 3.11 ขนาดของสเต็ปจะเปลี่ยนแปลงได้โดยการควบคุมอัตราการขยาย ของอินทิเกรเตอร์ซึ่งอัตราการขยาย จะมีค่าต่ำเมื่อระดับศักดา เป็น 0 และอัตราการยาย จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับศักดาควบคุมเพิ่มมากขึ้น

วงจรควบคุมอัตราขยายประกอบด้วย ตัวต้านทาน , ตัวเก็บประจุ และ อุปกรณ์กฎกำลังสอง (Square Law) เมื่อสัญญาณอินพุทคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ΔM จะตามได้ทัน และเอาท์พุทของ มอดูเลเตอร์ จะเป็นพัลส์ บวก และ ลบ สลับกันตลอดเวลา พัลส์ เหล่านี้ เมื่ออินทิเกรตโดย ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ แล้ว จะได้ศักดาเอาท์พุทออกมาเฉลี่ยเป็น 0 ซึ่งต่ำ ดังนั้นสเต็ปของ เอคคิวมูเลชั่น (Accumulation) จึงต่ำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่จะเกิดสโลปโอเวอร์โหลด เอาท์พุทของมอดูเลเตอร์จะเป็น บวกหรือ ลบตลอด ตอนนี้ที่อินทิเกรเตอร์ จะอินทิเกรตให้ศักดาเอาท์พุท ออกมาจึงไปเพิ่มอัตราขยายของ วงจรขยาย ทำให้มีขนาดสเต็ปเพิ่มขึ้น จึงทำให้ไม่เกิด สโลปโอเวอร์โหลด หรือเกิดเพียงเล็กน้อย สำหรับการถอดรหัสในระบบ อะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น จะมีวงจรเหมือน อะแดพทีฟ เอ็นโคดเดอร์ (Adaptive Encoder) ทุกประการ



รูปที่ 3.11 โครงสร้างของวงจร อะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่นที่เปลี่ยนขนาดสเต็ปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4 หลักการเบื้องต้นในการติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

หลักการทั่วไปในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งสามารถติดต่อได้โดยผ่านทางพอร์ทมาตรฐานที่มีอยู่แล้ว เช่น พอร์ทคอม1 (COM1) , คอม2 (COM2) , แอลพีที1 (LPT1) , แอลพีที2 (LPT 2) เป็นต้น และยังมีอีกวิธีหนึ่งคือการติดต่อผ่านทางสล็อต (SLOT) ซึ่งมีช่องสัญญาณมาตรฐานต่างๆให้ติดต่อ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการติดต่อผ่านทางสล็อตโดยมีเนื้อหาดังนี้

1. สัญญาณที่ใช้ติดต่อบนสล็อต
2. การอินเตอร์รัพท์ (Interupt) หน่วยประมวลผล
3. การอ้างตำแหน่งพอร์ทอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทของหน่วยประมวลผล

4.1. สัญญาณต่างๆ บนสล็อต

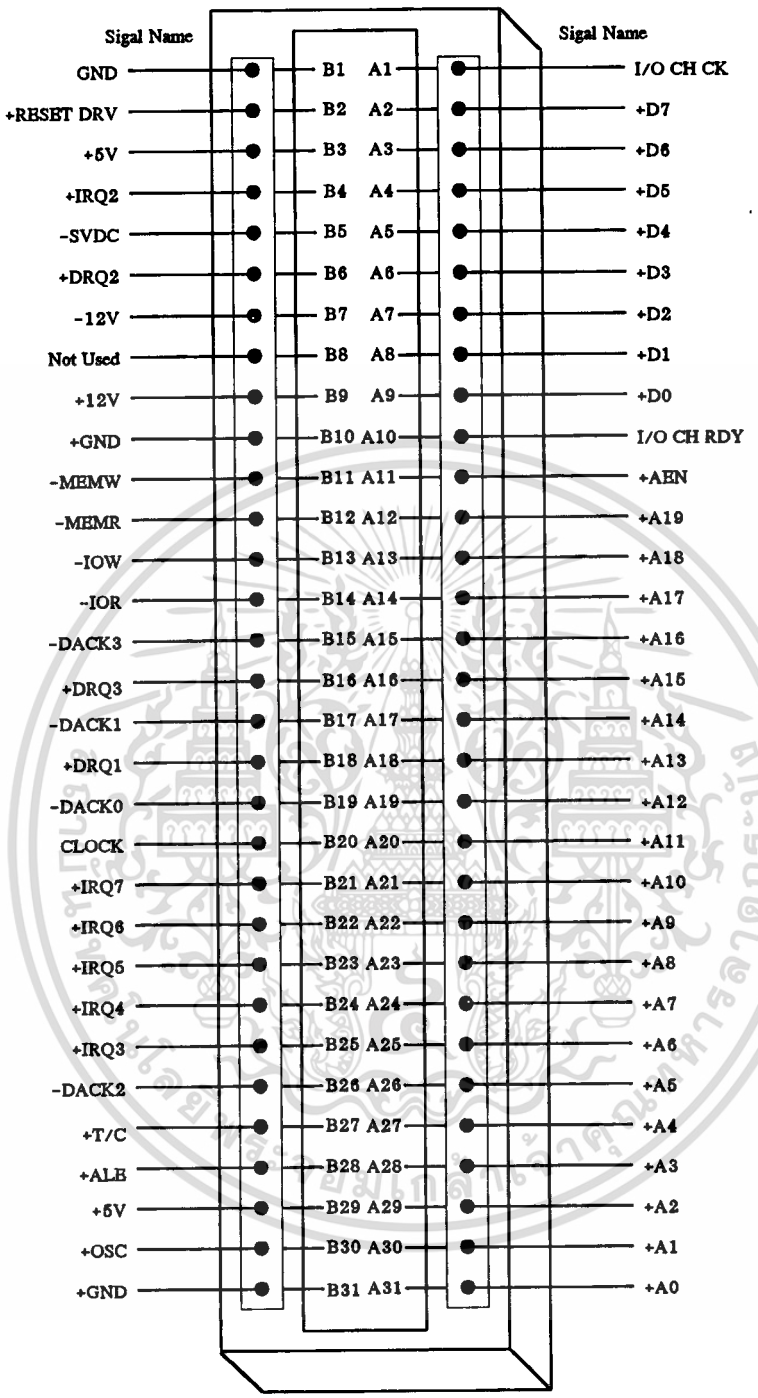
ภายใน IBM/PC ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในภายหลังได้ โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด (Main Board) สำหรับสล็อตบนเมนบอร์ดนี้จะมีจำนวน 5 สล็อต ซึ่งแต่ละสล็อตจะมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา ส่วนการเรียกตำแหน่งขาของสล็อตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับว่าขานั้นอยู่ข้างใด (ซ้ายหรือขวา) ของสล็อต โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร “B” นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่นขา B16 ก็คือขาทางด้านซ้ายของสล็อตขาที่ 16 (นับจากทางด้านท้ายของเครื่อง) ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร “A” นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่น ขา A24 ก็คือขาทางด้านขวาของสล็อตขาที่ 24 (สับจากทางด้านท้ายของเครื่อง)

แต่ละขาของสล็อตเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับเส้นสัญญาณต่าง ๆ บนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอินเทอร์เฟสกับ IBM/PC สามารถทำได้โดยสะดวก ซึ่งเส้นสัญญาณที่เชื่อมต่อกับขาของสล็อตเหล่านี้จะประกอบไปด้วย เส้นสัญญาณของบัสแอดเดรส (Address Bus) , บัสข้อมูล (Data Bus) , บัสควบคุมสำหรับการเขียน อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือพอร์ท ไอโอ (I/O) , เส้นสัญญาณสำหรับการขออินเทอร์รัพท์ของวงจรเชื่อมต่อ,เส้นสัญญาณสำหรับการขอ ดีเอ็มเอ(DAM) , สัญญาณฐานเวลา (Timing Signal) ต่างๆที่ใช้ในระบบ, เส้นสัญญาณแสดงการรีเฟรชหน่วยความจำ และสัญญาณสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาด (I/O CHCK)

นอกจากเส้นสัญญาณเหล่านี้แล้ว สล็อตบนเมนบอร์ดยังเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบอีกด้วย คือ +5Vdc , -5Vdc , +12Vdc และ -12Vdc

แต่ในรายงานเล่มนี้จะกล่าวเฉพาะสัญญาณที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูที่ 4.1 แสดงสัญญาณต่างๆของสลอ็ตบนเมนบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_0-A_{19} (Address Bus; ขา A31-A12) :

ขาสัญญาณทั้ง 20 ขานี้เป็นเอาท์พุท ซึ่งใช้สำหรับกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์ I/O ที่ 8088 ต้องการติดต่อด้วย โดยที่สัญญาณ A_0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit) และ A_{19} จะมีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit) สำหรับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรส A_0-A_{19} นี้ จะถูกกำหนดโดย 8088 ในระหว่างขบวนการอ่าน เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ อุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท แต่ในช่วงของขบวนการ DMA นั้น DMA-Controller จะเป็นผู้กำหนดค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสเอง (ในระหว่างนี้ 8088 จะถูกตัดออกจากระบบ)

จะเห็นได้ว่าจำนวนเส้นแอดเดรสนี้จะมีอยู่ 20 เส้น ซึ่งสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำได้ถึง 1 เมกกะไบท์ แต่อย่างไรก็ตามจะมีแอดเดรสบางแอดเดรสที่ถูกใช้งานโดย IBM /PC อยู่ก่อนแล้ว คือแอดเดรสของหน่วยความนำ แรม (RAM) บนเมนบอร์ดที่ถูกใช้โดยระบบ จำนวน 64 กิโลไบท์ (สำหรับ IBM PC/XT จะเป็นจำนวน 256 กิโลไบท์) และแอดเดรสสำหรับหน่วยความนำ รอม (ROM) อีก 48 กิโลไบท์ ซึ่งถูกจัดในช่วงของแอดเดรสบนสุดใน 1 เมกกะไบท์ คือ OFCOOH จนถึง OFFFFFH (สำหรับ IBM PC/XT จะเป็น 64กิโลไบท์)

สำหรับการอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O นั้น จะใช้เส้นแอดเดรสเพียง 16 เส้น คือ A_0-A_{15} ซึ่งจะทำให้อ้างแอดเดรสของพอร์ทได้ 64 กิโล พอร์ท โดยผ่านทางชุดคำสั่ง IN และ OUT ส่วนเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ A_{16}-A_{19} นั้นจะไม่ถูกใช้งาน อย่างไรก็ตามภายใน IBM/PC จะใช้เส้นแอดเดรสในการอ้างแอดเดรสของพอร์ทเพียง 10 เส้น คือจาก A_0-A_9 และค่าแอดเดรสที่ใช้งานจะต้องอยู่ในช่วง 0200H จะถึง 03FFH เท่านั้น

D_0-D_7 (Data Bus ; ขา A9-A2) :

ขาสัญญาณนี้จะเป็นแบบส่งข้อมูลได้สองทิศทาง (Bi - Directional) ซึ่งต่อกับบัสข้อมูลของระบบ เพื่อทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างพอร์ท I/O กับ IBM/PC โดยบิท D_0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุดและบิท D_7 จะมีนัยสำคัญสูงสุด

สำหรับในบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนที่สัญญาณ $\overline{IOW}$ (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับพอร์ท) หรือ $\overline{MAMW}$ (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น) ซึ่งโดยทั่วไปขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{IOW}$ หรือ $\overline{MAMW}$ นี้ จะถูกใช้เพื่อสั่งให้พอร์ท I/O หรือหน่วยความจำที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลไปเก็บไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น พอร์ท I/O หรือหน่วยความจำที่ถูกอ้างถึงจะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ $\overline{IOR}$ (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากพอร์ท) หรือ $\overline{MEMR}$ (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจาก ลอจิก "0" (ขอบขาขึ้น)

ALE (Address Latch Enable; ขา B28) :

ขาสัญญาณนี้เป็นสัญญาณเอาท์พุทที่ 8288 Bus Controller สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับแสดงการเริ่มต้นของบัสไซเคิล และแสดงให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าแอดเดรสที่ 8088 ต้องการจะติดต่อด้วยนั้นถูกส่งออกมาบนบัสแอดเดรสแล้ว โดยที่สัญญาณ ALE นี้จะเปลี่ยนจากลอจิก "1" เป็น "0" เมื่อค่าแอดเดรสที่ถูกต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นขอบขาลงของสัญญาณ ALE นี้จะถูกใช้ในการแลทช์ค่าบัสแอดเดรส/ข้อมูล (Address/Data Bus ; AD_0-AD_7)ของ 8088 ทำให้สามารถแยกค่าแอดเดรส (A_0-A_{19}) และข้อมูล (A_0-A_7) ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามสัญญาณ ALE จะแอคทีฟเฉพาะที่บัสไซเคิลที่สร้างขึ้นโดย 8088 เท่านั้น โดยจะไม่แอคทีฟในระหว่างขบวนการ DMA

IRQ_2-IRQ_7 (Interrupt Request 2 Through 7 ; ขา B4 และ B25-B21) :

ขาสัญญาณทั้ง 6 สี้ เป็นขาอินพุทที่ใช้สำหรับการขออินเทอร์รัพท์จาก 8088 โดยสัญญาณเหล่านี้จะต่อเข้ากับ 8259A บนเมนบอร์ดโดยตรง โปรแกรมในส่วน BIOS ของIBM/PC จะทำการโปรแกรม 8259A ให้ IRQ_2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด (Highest Preority) และ IRQ_7 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด ในกรณีที่มีการขออินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นคือระดับลอจิกที่ขา IRQ ขาใดขาหนึ่งถูกเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น) 8259A ก็จะทำการส่งสัญญาณ INT ให้กับ 8088 เพื่อทำการขออินเทอร์รัพท์

สิ่งสำคัญในการขออินเทอร์รัพท์ โดยผ่านทาง IRQ2 - IRQ7 นี้ ก็คืออุปกรณ์ที่ทำการขออินเทอร์รัพท์โดยผ่านทาง IRQ ขาใดก็จะต้องรักษาระดับสัญญาณที่า IRQ นั้น ให้แอคทีฟ (ลอจิก "1") อยู่จนกว่าจะได้รับสัญญาณ INTA (Interrupt Acknowiedge) จาก8088 เสียก่อน ถ้าไม่เช่นนั้นการขออินเทอร์รัพท์จะถูกยกเลิก และอินเทอร์รัพท์ level 7 (IRQ_7) ก็จะถูกสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติ ไม่ว่าการขออินเทอร์รัพท์ที่ถูกยกเลิกนั้นจะเป็นการขออินเทอร์รัพท์ใน Level หรือขา ใด

แต่อย่างไรก็ตามสัญญาณ INTA นี้จะไม่ถูกต่อออกมาที่ขาของสล็อตด้วย ดังนั้นโปรแกรมที่ทำการตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine) จะต้องทำการรีเซ็ทสัญญาณ IRQ เอง โดยใช้คำสั่ง OUT ไปยังพอร์ท I/O ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{IOR}$ (I/O Read; ขา B14) :

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก "0" ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้ในการแสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากพอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลโดยข้อมูลต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{IOR}$ ประมาณ 30 นาโนวินาที เพื่อให้มั่นใจได้ว่า 8088 สามารถรับข้อมูลได้ถูกต้อง สำหรับในขบวนการ DMA 8237A- DMA Controller จะทำการสร้างสัญญาณ $\overline{IOR}$ เอง โดยที่ค่าแอดเดรสที่อยู่บนบัสแอดเดรสจะเป็นค่าแอดเดรสของหน่วยความจำ (แทนที่จะเป็นแอดเดรสของพอร์ท I/O) ที่พอร์ท I/O ที่ของ DMA ต้องการจะนำข้อมูลไปเก็บที่พอร์ทใดจะส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลนั้น จะอาศัยสัญญาณ DACK จาก DMA Controller เป็นตัวกำหนดเช่นกรณีที่ สัญญาณ DACK1แอคทีฟก็จะแสดงว่าพอร์ท I/O ที่จะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลก็คือพอร์ทI/O ที่ขอ DMA ผ่านทางแชนแนลที่ 1 (DRQ_1) เป็นต้น

$\overline{IOW}$ (I/O Write; ขา B13) :

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก "0" ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้แสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้เป็นบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ท I/Oเพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น รับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากในช่วงเวลาที่สัญญาณ $\overline{IOW}$ นี้แอคทีฟ (ลอจิก "0")นั้นข้อมูลบนบัสข้อมูลอาจจะยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการออกแบบจึงควรใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณ$\overline{IOW}$แทนขอบขาลงในการทำให้พอร์ท I/O ที่เกี่ยวข้องรับข้อมูลไปเก็บไว้ เพื่อให้ข้อมูลบนบัสข้อมูลสมบูรณ์เสียก่อน สำหรับในขบวนการ DMA-Controller จะทำการสร้างสัญญาณ $\overline{IOW}$เอง โดยที่ค่าแอดเดรสที่อยู่บนบัสแอเดรสจะเป็นค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่พอร์ทI/O ที่ขอ DMA ต้องการจะอ่านข้อมูล

+5Vdc (ขาB3 และ B29) :

ขาทั้งสองนี้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง +5 โวลท์ ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 5% คืออยู่ในช่วง +4.75 ถึง +5.25 โวลท์

+12Vdc (ขา B19) :

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง +12 โวลท์ ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) อยู่ในช่วง +11.4 ถึง +12.6 โวลท์

±

-5Vdc (ขา B5) :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลท์ ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 10% คืออยู่ในช่วง -5.5 ถึง -4.5 โวลท์

-12Vdc (ขา B7) :

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง - 12 โวลท์ ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) ± 10% คืออยู่ในช่วง -13.2 ถึง -10.8 โวลท์

GND (ขา B1 , B10 และ B31) :

ขาทั้งสามนี้จะต่อเข้ากับกราวด์ (Ground) ของระบบ

4.2 การจัดอินเทอร์รัพท์ของ IBM/PC

การจัดอินเทอร์รัพท์ใน IBM/PC จะแบ่งออกเป็น 9 ระดับ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การอินเทอร์รัพท์แบบนอน - มาสเคเบิล (Non - Maskable Interrupt ; NMI) และ การอินเทอร์รัพท์แบบมาส์เคเบิล (Maskable Interrupt ; INT)

สำหรับการอินเทอร์รัพท์แบบ นอน - มาสเคเบิล นั้น จะเกิดขึ้นได้จาก 3 กรณี คือ

1. เมื่อเกิดความผิดพลาดในการเช็คพาริตี้ (Parity) ของข้อมูลในหน่วยความจำ (ข้อมูลทุกไบท์ที่อยู่ในหน่วยความจำของ IBM/PC นั้นจะมีอยู่ 9 บิท โดยข้อมูลที่ใช้งานจริงจะมีอยู่เพียง 8 บิท ส่วนบิทที่ 9 จะใช้เป็นบิทพาริตี้เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่อ่านออกจากหน่วยความจำนั้นผิดพลาดหรือไม่ ถ้ามีความผิดพลาดก็จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัพท์แบบ Non-Maskable ขึ้น)

2. สัญญาณจากขา 32 ของซอกเก็ตที่ใช้สำหรับ 8087

3. สัญญาณ I/O CHECK จากสล็อต

ในการอินเทอร์รัพท์แบบนี้ เราไม่สามารถสั่งให้ 8088 ทำการดิสเอเบิล (Disable) การอินเทอร์รัพท์ได้แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถจะทำให้สัญญาณการขออินเทอร์รัพท์นั้นไม่ถูกส่งไปยังขา NMI ของ8088 ได้ โดยใช้บิทมาสค์ (Mask Bit) เข้าช่วย สำหรับบิทมาสนี้ก็คือ บิทที่ใช้ควบคุมว่าจะให้สัญญาณขออินเทอร์รัพท์นั้นถูกส่งไปยังขา NMI ของ 8088 ได้หรือไม่นั่นเอง โดยถ้าบิทนี้มีลอจิกเป็น “1” ก็จะเท่ากับเป็นการอีนาเบิล (Enable) การขออินเทอร์รัพท์แบบ Non-Maskable (ยอมให้สัญญาณขออินเทอร์รัพท์ผ่านไปยัง 8088 ได้) และ การขออินเทอร์รัพท์จะถูกดิสเอเบิล (สัญญาณอฆขออินเทอร์รัพท์ผ่านไปยัง 8088 ไม่ได้) ถ้าบิทนี้มีลิจิกเป็น “0” (ดูรูป 4.2 ประกอบ) ซึ่งบิทมาสค์นี้จะเป็นข้อมูลบิทที่ 7 ของพอร์ท 00A0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

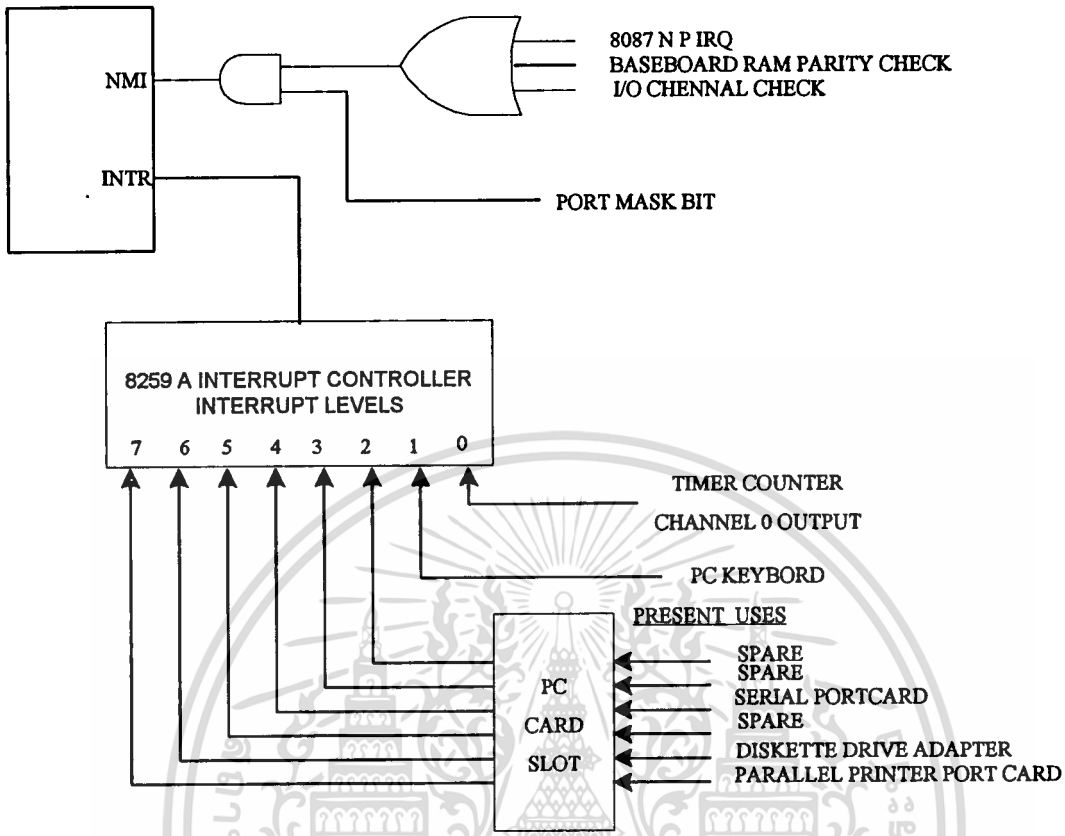
ดังนั้นถ้าต้องการอีนาเบิลการอินเทอร์รัพท์แบบ Non-Maskable ก็จะต้องส่งข้อมูล 80H (บทที่ 7 ถูกเซ็ท) ไปยังพอร์ท 00A0H

และถ้าต้องการดิสเอเบิลการขออินเทอร์รัพท์แบบ Non-Maskable ก็จะต้องส่งข้อมูล 00H (บทที่ 7 ถูกรีเซ็ท) ไปยังพอร์ท 00A0H

สำหรับการอินเทอร์รัพท์แบบ Maskble นั้น IBM/PC จะใช้ชิพซัพพอร์ท (Chip Support) เบอร์ 8259A Interrupt Controller เข้าช่วยในการจัดอินเทอร์รัพท์แบบ Maskable ของระบบ ซึ่งการใช้ 8259A เข้าช่วยนี้ทำให้ IBM/PC สามารถจัดแบ่งการขออินเทอร์รัพท์ในแบบ Maskable ออกได้ถึง 8 ระดับ โดยผ่านทางแชนแนลการอินเทอร์รัพท์ทั้ง 8 แชนแนลของ 8259A คือ IR_0-IR_7

จากที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าภายใน IBM/PC จะมีการจัดระดับของการขออินเทอร์รัพท์แบบ Maskableอีก 8 ระดับแต่อย่างไปก็ตามเราไม่สามารถที่จะเลือกใช้แชนแนลของการออินเทอร์รัพท์ได้หมดทั้ง 9 ระดับ ทั้งนี้ก็เพราะการขออินเทอร์รัพท์ในบางระดับนั้นถูกใช้งานโดย IBM/PC อยู่แล้ว ดังนั้นในการที่จะออกแบบระบบอินเทอร์เฟสกับ IBM/PC ได้นั้น จึงจำเป็นต้องทราบถึงการใช้งานอินเทอร์รัพท์ในระดับต่าง ๆ ของ IBM/PC ด้วย สำหรับในตารางข้างล่างนี้จะแสดงถึงการใช้งานอินเทอร์รัพท์ในระดับต่าง ๆ ของ IBM/PC (แชนแนลที่ 2,3 และ 5 ยังไม่ถูกใช้งาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



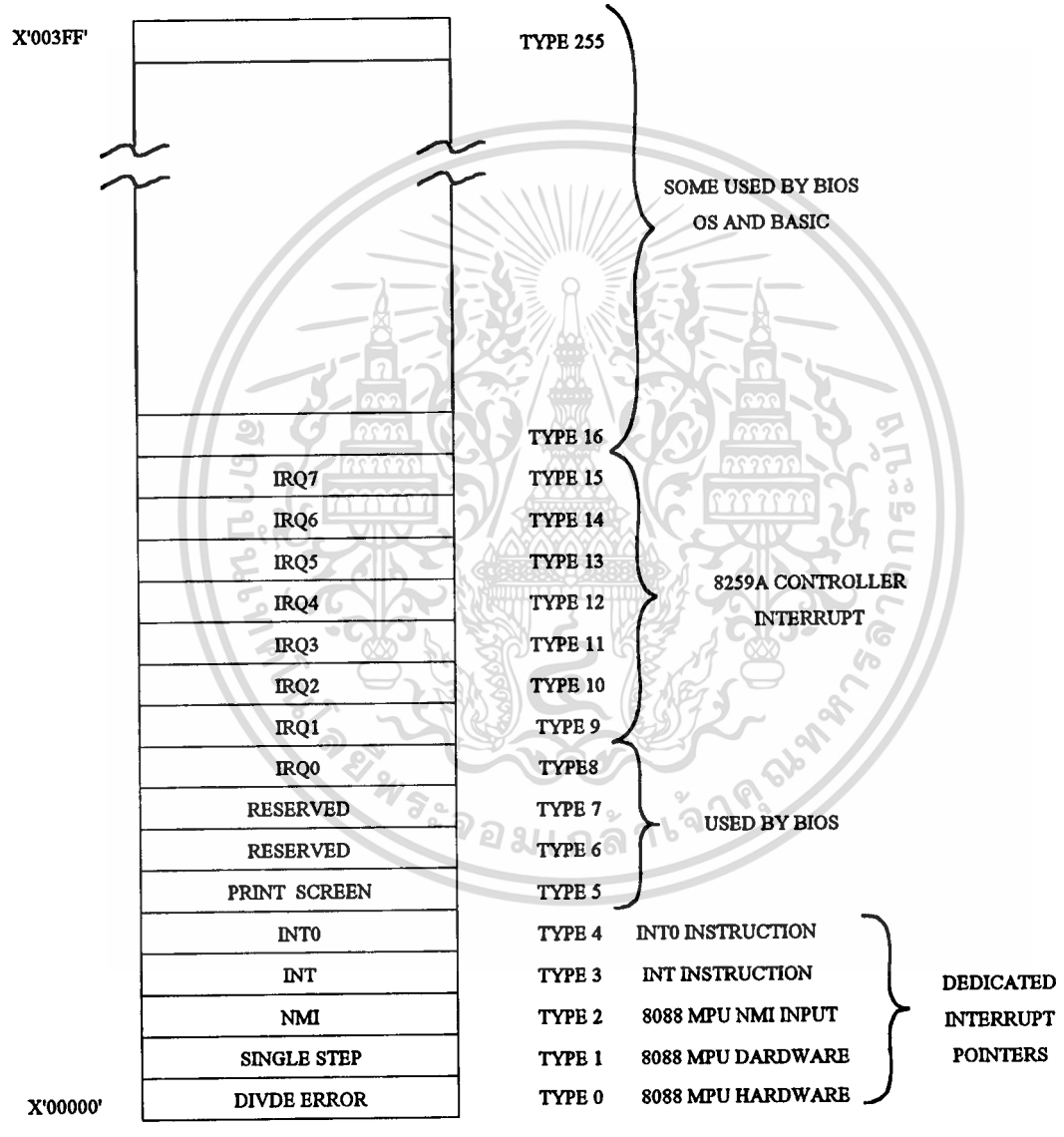
รูปที่ 4.2 โครงสร้างของวงจรการอินเตอรัพท์

ตารางเวคเตอร์บน IBM/PC

8088 ใช้หน่วยความจำ 1024 ไบท์ล่าง คือจาก 00000H จนถึง 003FFH สำหรับการอินเทอร์รัพท์ของระบบ ซึ่งจะมีการอินเทอร์รัพท์ได้ทั้งสิ้น 256 แบบ โดยหน่วยความจำส่วนนี้จะถูกใช้ในการเก็บแอดเดรสของโปรแกรมย่อยที่ตอบสนองต่อการอินเทอร์รัพท์ทั้ง 256 แบบ นี้และเนื่องจากการอ้างแอดเดรสในหน่วยความจำต้องกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์2ตัว คือ รีจิสเตอร์ IP และ CS ซึ่งเป็นรีจิเตอร์ขนาด 16บิททั่งคู่ ดังนั้นหน่วยความจำที่ใช้เก็บแอดเดรสสำหรับการอินเทอร์รัพท์แต่ละ แบบ จะมีจำนวน 4 ไบท์ คือ 2 ไบท์ใช้สำหรับเก็บค่าแอดเดรสที่จะป้อนให้กับ CS (คือ แอดเดรสเซกแมนท์) และ อีก 2 ไบท์ใช้สำหรับเก็บค่าแอดเรสที่จะป้อนให้กับ IP (คือ แอดเดรสออฟเซ็ท) ซึ่งเมื่อนำแอดเดรสทั้งสองมาประกอบกันแล้ว ก็จะได้แอดเดรสของโปรแกรมที่ตอบสนองต่อการขออินเทอร์รัพท์ที่เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อรวมทั้ง 256 แบบ แล้ว ก็จะเป็นเนื้อที่ในหน่วยความจำเท่ากับ 256x4 หรือ 1024 ไบท์พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีการขออินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น 8088 จะใช้ตารางนี้ เพื่อหาตำแหน่งแอดเดรสของโปรแกรมตอบหสองการอินเทอร์รัพท์ ซึ่งการอินเทอร์รัพท์ที่กล่าวถึงนี้อาจจะเป็นการอินเทอร์รัพท์ทางซอฟท์แวร์ (คำสั่ง INT)หรือ ฮาร์ดแวร์ภายนอกก็ได้ รูปที่ 4.3 จะแสดงการใช้งานหน่วยความจำ 1024 ไบท์ล่างของ IBM/PC สำหรับการขออินเทอร์รัพท์ทั้ง 256 แบบ



รูปที่ 4.3 แสดงการจัดตารางเวคเตอร์การอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การจัดแอดเดรสสำหรับอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจัดแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O ต่างๆ ภายใน IBM/PC ซึ่งจะอ้างถึงแอดเดรสต่าง ๆที่ถูกใช้งานโดยพอร์ท I/O และหน่วยความจำ

4.3.1 การอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O

ในการควบคุมและตรวจสอบสภาวะการทำงาน รวมทั้งการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิพซัพพอร์ทหรือการ์ดต่างๆที่ใช้ในระบบของ IBM/PC นั้น จะกระทำโดยผ่านทางพอร์ท I/O ของระบบ ดังนั้นในการที่จะใช้งานหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงวิธีการควบคุมพอร์ท I/O ต่างๆของระบบด้วย และเนื่องจากการควบคุมหรือติดต่อกับพอร์ทเหล่านี้ต้องกระทำโดยการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ท I/O เหล่านั้นโดยตรง เราจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงหลักการอ้างแอดเดรสของ8088 ใน IBM/PC ด้วย

สำหรับแอดเดรสของพอร์ท I/O ต่างๆนั้น จะเป็นแอดเดรสที่ถูกสร้างขึ้นโดย 8088 ซึ่งแอดเดรสเหล่านี้เป็นแอดเดรสจัดไว้สำหรับพอร์ท I/O โดยเฉพาะ คือแยกจากแอดเดรสของหน่วยความจำโดยเด็ดขาด ส่วยการส่งข้อมูลให้กับพอร์ทเหล่านี้จะทำได้โดยการใช้คำสั่ง OUT ของ 8088 ส่งข้อมูลนั้นไปยังแอดเดรสของพอร์ทที่ต้องการ และ สำหรับการตรวจสอบหรือการอ่านข้อมูบจากพอร์ท ก็จะทำได้โดยการใช้คำสั่ง IN ของ 8088 อ่านข้อมูลจากแอดเดรสของพอร์ทที่ต้องการเช่นกัน

ภายในไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088 นี้จะมีแอดเดรสสำหรับใช้กับพอร์ท I/O อยู่ทั้งสิ้น 65,536 หรือ 64 กิโลแอดเดรส (ในขณะที่มีแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำอยู่ 1เมกกะไบท์) ซึ่งทำให้การอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O ที่ทำงานร่วมกับ 8088 นั้น ต้องใช้จำนวนเส้นแอดเดรสในบัสแอดเดรสทั้งสิ้น 16 เส้น คือ A_0-A_{15} แต่สำหรับใน IBM/PC นี้ถูกออกแบบมาให้ใช้เส้นแอดเดรสเฉพาะ 10 เส้นล่าง คือ A_0-A_9 เท่านั้น ดังนั้นในการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ทของอุปกรณ์หรือชิพซัพพอร์ทใดๆ ที่ใช้ร่วมกับ IBM/PC จึงใช้จำนวนเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้นด้วย โดยเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ A_{10}-A_{15} นั้นจะไม่ถูกนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเส้นแอดเดรส A_{10}-A_{15} นี้จะไม่ถูกนำไปใช้งาน แต่ค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรสเหล่านี้ ยังคงเปลี่ยนแปลงตามค่าแอดเดรสของพอร์ท ที่กำหนดไว้ในคำสั่ง 0UT หรือ IN อยู่ด้วย เพียงแต่ไม่ได้ถูกนำมาดีโค้ดร่วมกับแอดเดรส A_0-A_9 เท่านั้น ตัวอย่างเช่นในการใช้คำสั่ง OUT ส่งข้อมูลไปยังพอร์ทที่ตรงกับแอดเดรส 0010H นั้นจะให้ผลเหมือนกับการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทที่ตรงกับแอดเดรส 0410H , 0810 , 0C10H , ทั้งนี้เนื่องจากแอดเดรส 6 บิทบนไม่ได้ถูกใช้งาน จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรส A_{10}-A_{15} นั้น ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างใดๆขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากใน IBM/PC ได้ใช้งานเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้น (คือ A_0-A_9) ดังนั้นจึงสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของพอร์ทได้สูงสุดเพียง 1024 พอร์ท (จากจำนวน 64กิโล พอร์ท) เท่านั้น นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นการอ่านข้อมูลจากพอร์ทของ IBM/PC ข้อมูลในบิท A_9 จะถูกจัดให้มีหน้าที่ในการแบ่งพอร์ททั้ง 1024 พอร์ทออกเป็น 2 ส่วน (ส่วนละ 512 พอร์ท) อีกด้วย กล่าวคือถ้าข้อมูลในบิท A9 เป็น "0" แล้ว เราจะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ทของอุปกรณ์หรือชิพซัพพอร์ทต่างๆที่อยู่บนเมนบอร์ด (Main Board) ของ IBM/PC เช่น 8253-5, 8237-5 หรือ 8259A เท่านั้น แต่ถ้าข้อมูลในบิท A9 นี้เป็น "1" ก็จะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ทที่อยู่บนการ์ดต่างๆเท่านั้น

จากที่ได้กล่าวมานั้นจะสรุปได้ว่าพอร์ทบน IBM/PC ทั้ง 1024 พอร์ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของพอร์ทที่อยู่บนเมนบอร์ด และกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่จัดเตรียมไว้สำหรับพอร์ทที่อยู่บนการ์ดต่างๆ

สำหรับในกรณีของการส่งข้อมูลให้กับพอร์ททั้ง 1024 พอร์ท เราสามารถที่จะเลือกส่งไปยังพอร์ทใดๆใน IBM/PC ได้ดังนั้นการเลือกแอดเดรสสำหรับพอร์ทที่อยู่บนการ์ดจึงสามารถทำให้โดยสะดวก แต่อย่างในก็ตามสิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงก็คิดถ้าแอดเดรสที่เราเลือกให้กับพอร์ทนี้ตรงกับค่าแอดเดรสเดิมที่มีอยู่บนเมนบอร์ดแล้ว เมื่อเราทำการส่งข้อมูลให้กับพอร์ทที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสนี้ ก็จะเท่ากับเป็นการส่งข้อมูลให้กับทั้งพอร์ทที่อยู่บนเมนบอร์ดและพอร์ทที่อยู่บนการ์ดด้วย ซึ่งในกรณีเช่นนี้อาจจะก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้เช่นกัน ดังนั้นในการกำหนดค่าแอดเดรสให้กับพอร์ทที่ถูกสร้างขึ้นบนการ์ดต่างๆ จึงควรจะใช้ค่าแอดเดรสที่แอดเดรสบิท A_9 มีค่าเป็น "1" คือ แอดเดรส 0FE00H จนถึง 0FFFFH เท่านั้น (แอดเดรสบิท A_{10}-A_{15} ไม่ถูกใช้ในการดีโค้ด แต่เพื่อความสะดวกจึงกำหนดให้มีค่าเป็น "1" ในฐานสองทั้งหมด แต่ในการใช้งานจริงอาจเปลี่ยนให้แอดเดรส A_{10}-A_{15} แต่ละบิทมีค่าเป็น "1" หรือ "0" ก็ได้)

การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O ใน IBM/PC

จากที่ได้กล่าวไว้นั้น พอร์ท I/O ทั้ง 1024 พอร์ทใน IBM/PC จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 512 พอร์ท สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้งานพอร์ทต่างๆ เหล่านี้ โดยจะแบ่งออกเป็น2 กลุ่มตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมาดังนี้

1. ในกลุ่มแรกนี้เป็นกลุ่มของพอร์ทI/O ที่อยู่บนเมนบอร์ดของ IBM/PC ซึ่งจะมีแอดเดรสอยู่ในตำแหน่ง 0000H จนถึง 01FFH หรือแอดเดรสที่มีบิท A9 เป็น "0" นั้นเอง

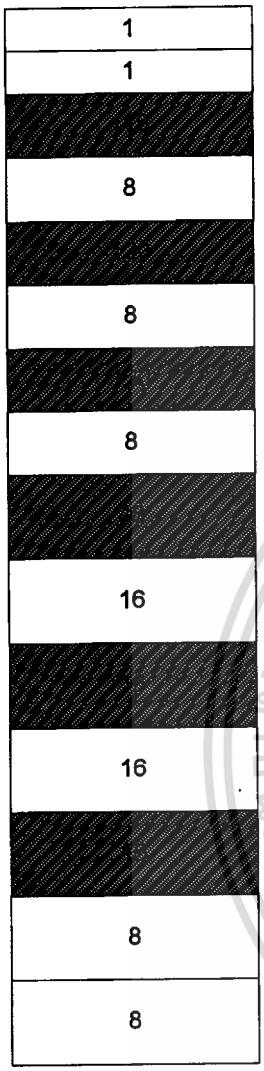
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแอดเดรสของพอร์ท I/O ในกลุ่มนี้จะถูกใช้ในการอ้างแอดเดรสของชิพซัพพอร์ท และอุปกรณ์ที่เป็น I/O ต่างๆ บนเมนบอร์ดของ IBM/PC เช่น แอดเดรส 0000H จนถึง 000FH จะถูกใช้เป็นแอดเดรสสำหรับ 8237-5 DMA Controller เป็นต้น

2. ในกลุ่มที่สองนี้ จะเป็นกลุ่มของพอร์ท I/O ที่ถูกใช้งานอยู่บนการ์ดที่ใช้เสียบบนสล็อตต่างๆของ IBM/PC สำหรับแอดเดรสของพอร์ทเหล่านี้จะเริ่มต้นจากแอดเดรส 0200H จนถึง 03FFH ซึ่งกลุ่มนี้จะแสดงได้ดังรูป 4.4

อย่างไรก็ตามการใช้งานแอดเดรสในกลุ่มนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานการ์ดต่างๆร่วมกับ IBM/PCโดยการ์ดที่ถูกออกแบบผลิตขึ้นใหม่นั้นอาจจะใช้ค่าแอดเดรสต่างๆที่เหลืออยู่นี้ได้ ดังนั้นก่อนที่จะทำการออกแบบวงจะอินเทอร์เฟสที่จำเป็นต้องใช้ค่าแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O จึงควรจะตรวจสอบดูก่อนว่าการ์ดต่างๆที่ใช้อยู่ในระบบของ IBM/PC ที่เราใช้งานอยู่นั้นมีการ์ดใดบ้าง และ การ์ดเหล่านั้นใช้งานแอดเดรสใดบ้าง จากนั้นจึงทำการออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสโดยเลือกใช้เฉพาะแอดเดรสที่ยังไม่ถูกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



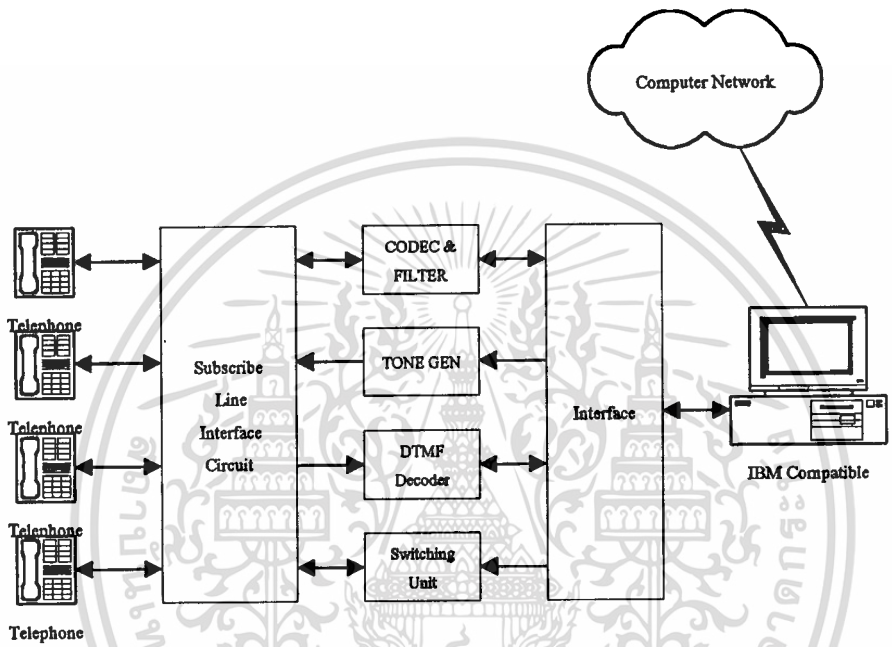
	HEX ADDRESS	USED
1	0200H	NOT USED
1	0201H	GAME CONTROL ADAPTER
	0378H-037FH	NOT USED
8	0202H-0277H	SECOND PRINTER PORT ADAPTER
	0280H-02F7H	NOT USED
8	02F8H-02FFH	SECOND SERIAL PORT ADAPTER CARD
	0300H-0377F	NOT USED
8	0378H-037FH	PRINTER PORT ADAPTER CARD
	0380H-03AFH	NOT USED
16	03B0H-03BFH	MONOCHROME AND PRINTER CARD
	03C0H-03CFH	NOT USED
16	03D0H-03DFH	COLOR GRAPHICS ADAPTER
	03E0H-03EFH	NOTUSED
8	03F0H-03F7H	S1/4 INCH DISKETTE DRIVE ADAPTER CARD
8	03F8H-03FFH	SERIAL PORT ADAPTER CARD

รูปที่ 4.4 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O บนการ์ดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การออกแบบและการทำงานของวงจร

จากลักษณะโครงสร้างของโครงงานในบทที่ 1 สามารถแสดงส่วนประกอบต่างๆของโครงงานได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างของโครงงาน

จากรูป โครงสร้างของโครงงานประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1.ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์(Subscriber Line Interface Circuit ,SLIC)

2.ส่วนวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข (Digital Speech Path)

3.ส่วนวงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Tone Generator)

4.ส่วนวงจรถอดรหัสการกดเลขหมายโทรศัพท์ (Dual Tone Multi Frequency Decoder ,DTMF Decoder)

5.ส่วนวงจรสับสวิทซ์ในการติดต่อคู่สายแบบเชิงอุปมาณ (Analog Switching)

6.ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Computer Interface)

รายละเอียดการทำงานของแต่ละส่วนเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (Subscriber Line Interface Circuit ,SLIC)

วงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ หรือวงจรสลิค (SLIC) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ โดยมีหน้าที่พื้นฐานดังนี้คือ เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงให้กับโทรศัพท์ , ตรวจสอบการยกหูวางหู , ควบคุมการจ่ายสัญญาณกระดิ่งเรียก (Ringing) , ป้องกันแรงดันเกินให้กับโทรศัพท์ และทำหน้าที่ในการเปลี่ยนวงจรสายส่งแบบสองสายทางด้านโทรศัพท์ ไปเป็นแบบสี่สายในการติดต่อกับระบบ

จากรูปที่ 5.2 ใช้ไอซี เบอร์ 5540B ทำหน้าที่เป็น SLIC เป็นตัวจ่ายกระแสให้กับวงจร 2 สาย ทางขา Tip(1) และ ขา Ring(2) ขา Tip Feed(9) จะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณเสียงให้กับขา Tip ซึ่งทำงานร่วมกับขา Ring โดยผ่านความต้านทาน 150 โอห์ม และทำนองเดียวกันขา Ring Feed(10) ก็จะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณเสียงให้กับขา Ring โดยมีไดโอดทำหน้าที่ป้องกัน โวลต์เตจตกคร่อมเกิน ระหว่างขา Tip Feed และ Ring Feed

ทางด้านวงจรสี่สาย ขา Tx จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณออก และขา Rx จะรับสัญญาณเข้ามา ซึ่งจะผ่านวงจรสมดุล (Balanced Network) ทางด้านส่งจะมีการขยายสัญญาณก่อน โดยใช้ออปแอมป์ (Op-Amp) ภายในตัวไอซีโดยขา 19 เป็นอินพุทลบและขา 20 เป็นอินพุทบวก ส่วนขา 18 เป็นเอาท์พุท

ในการตรวจสอบสถานะการยกและวางหูจะทำการตรวจสอบ และให้เอาท์พุทที่ขา SHD (Switch Hook Detect) เป็นสัญญาณเชิงเลข ซึ่งจะทำงานที่ระดับสัญญาณต่ำ เมื่อมีการยกหู ในการจ่ายสัญญาณกระดิ่งเรียก ส่งผ่านทางรีเลย์ ซึ่งถูกควบคุมโดยสัญญาณเชิงเลข ที่ขา Ring CMD ทำงานที่ระดับสัญญาณต่ำโดยจะทำงานสัมพันธ์กับขา RD ซึ่งจะทำหน้าที่ขับรีเลย์ เมื่อมีระดับต่ำที่ขา Ring CMD ขา RD จะทำงาน ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านรีเลย์ ทำให้ K1a ที่ขา Tip ต่อลงกราวน์ และขา K1b ที่ขา Ring ต่อกับสัญญาณกระดิ่งเรียก

ค่าอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ได้จากคู่มือไอซีเบอร์นี้

รายละเอียดการทำงานของขาต่างๆ ของไอซี HC 5504B

ขาที่	ชื่อขา	รายละเอียด
1.	TIP	สัญญาณอนาลอก จะต่อกับด้าน Tip(ค่าบวก) ของ SLIC ผ่านทางความต้านทาน 150 โอห์มและต่อกับ Ring Relay การทำงานร่วมกับขา Ring เพื่อรับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์และการตรวจสอบการทำงาน Loop การทำงาน
2.	RING	สัญญาณอนาลอกจะต่อกับด้าน Ring (ค่าลบ) ของ SLIC ผ่านทางค่าความต้านทาน 150 โอห์ม และต่อกับ Ring Relay การทำงานร่วมกับขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		Tip เพื่อรับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์และการตรวจสอบ Loop การทำงาน
3.	RFS	ใช้ในการตรวจสอบด้าน Ring ของ Loop เพื่อป้องกัน Ground Key และ Ring Tip Detect ในช่วง Ringing จะถูกป้อนเข้ามาทางขานี้และ RF จะจาก RFS เช่นเดียวกับรีเลย์
4.	Vb+	แหล่งจ่ายไฟค่าบวก จะใช้ค่า 12 โวลต์ หรือ 5 โวลต์ ก็ได้
5.	C3	ค่าตัวเก็บประจุภายนอกที่ต่อระหว่างขานี้กับอนาลอกกราวน์(Analog Ground) เพื่อการต่อวงจรที่เหมาะสมใน Loop กระแสและเพื่อกรอง Vb ใช้ค่า 0.3 uF 30V
6.	DG	ดิจิตอลกราวน์(Digital Ground) จะรักษาระดับ 0 และเป็นค่าอ้างอิงสำหรับ ดิจิตอลอินพุทและเอาท์พุทในSLICในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
7.	RS	Ring Synchronization Input จะจัดสัญญาณนาฬิกาซึ่งให้ขบวนพัลส์บวกเกิดขึ้นใน Zero Crossing ของ Ring Voltage Source เมื่อปรากฏค่าที่ขา RFS สำหรับด้าน TIP เมื่อป้อนมาพัลส์จของ RS ควรจะมีค่าลบผ่าน Zero Crossing และป้อน Ring เกิดค่าบวกผ่าน Zero Crossing ทำให้แน่ใจว่า Ring Relay ทำงานและยกเลิก เมื่อค่า Ring เดียวกันนี้เข้าใกล้ 0 ถ้าไม่ต้องการให้เกิดสัญญาณพร้อมกัน ควรต่อขานี้กับ 5 V.
8.	RD	Relay Driver เมื่อแอคทีฟจะเปิดวงจรด้านเอาท์พุท Collector Logic และเมื่อทำงาน RingRelay ภายนอกจะถูกกระตุ้น
9.	TP	Tip Feed ค่าเอาท์พุตอนาลอก ความต้านทานต่ำต่อกับขา Tip ผ่านค่าความต้านทาน 150 โอห์ม การทำงานร่วมกับขา RF เพื่อจ่ายกระแส Loop และป้อนสัญญาณเสียงสู่ตัวเครื่อง และดึงกระแส Longitudinal Current
10.	RF	Ring Feed ค่าเอาท์พุตอนาลอก ความต้านทานต่ำต่อขา Ring ผ่านค่าความต้านทาน 150 โอห์ม ทำงานร่วมกับขา TF เพื่อจ่ายกระแส Loop และป้อนสัญญาณเสียงสู่ตัวเครื่องและดึงกระแส Longitudinal Current
11.	Vb	Negative Voltage Source Vb- ใช้ค่า -48V. อาจอยู่ระหว่าง -42 ถึง -58 V. มักเรียกว่า "Battery"
12.	BG	Battery Ground ต่อกับค่า 0 Loop กระแสและค่ากระแสเกินจะไหลผ่านขากราวน์

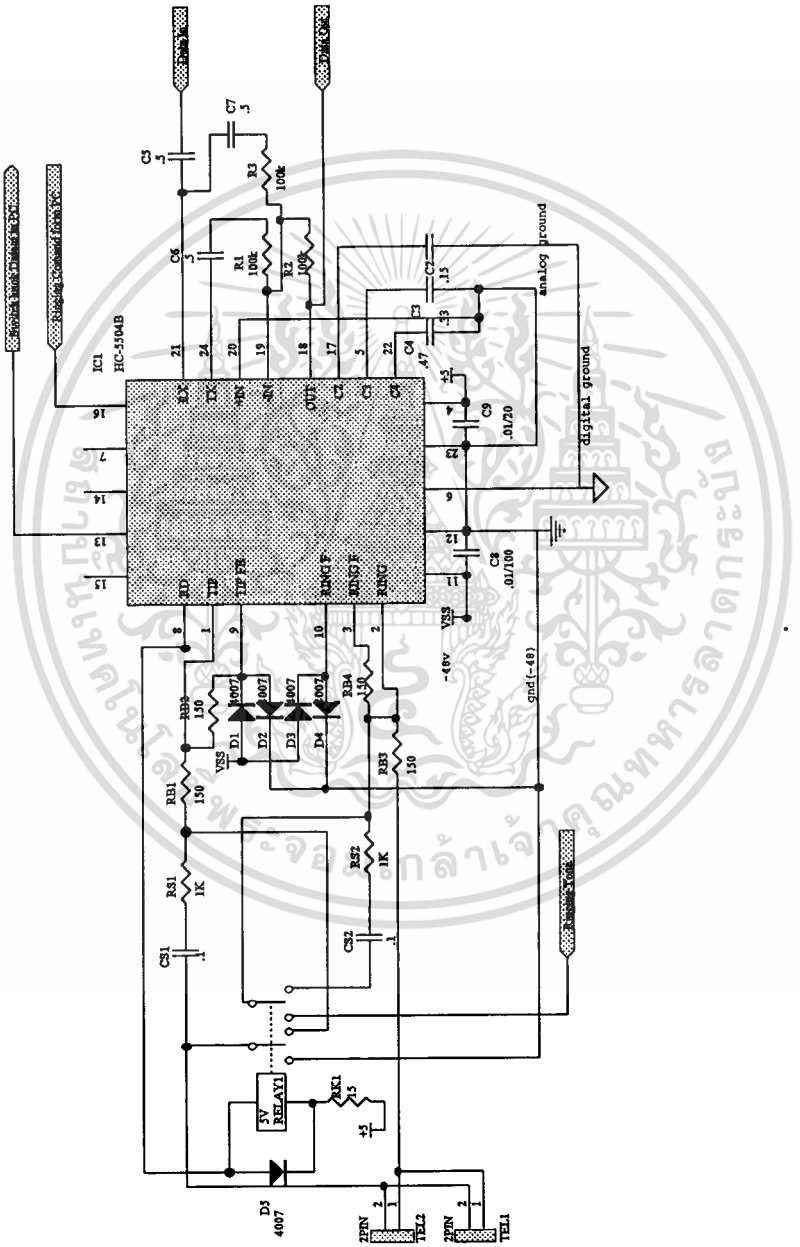
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.	$\overline{SHD}$	Switch Hook Detection ตัว TTL มีค่าแอคทีฟที่ low ต่อกับค่า Logic Output ใดๆได้ และค่าเอาท์พุตจะเกิดขึ้นในLoopกระแสที่มีค่าเกิน 10mA
14.	GKD	Ground Key Detect TTL มีค่าแอคทีฟที่ low ค่าเอาท์พุทจะเกิดขึ้นถ้ากระแส DC ที่ในเส้น Ring มากกว่ากระแส DC ที่ออกจากเส้น Tip ประมาณ 10 mA
15.	$\overline{PD}$	Power Deny TTL มีค่าที่ แอคทีฟ low เมื่อป้อนสัญญาณที่ตัวตรวจสอบ Switch Hook ($\overline{SHD}$) และ Ground Key ไม่จำเป็นต้องใช้ และค่าเอาท์พุท ของ Relay Driver(RD) ก็จะถูกยกเลิก
16.	$\overline{RC}$	Ring Command เมื่อป้อน แอคทีฟ low เข้าไปจะทำให้ Relay Driver (RD) นั้นมีเอาท์พุท low และในระดับ high ของ Ring Sync Input ต่อตราบที่ SLIC ไม่อยู่ในภาวะ Power Deny State($\overline{PD} = 0$) หรือ Subscriber ไม่พร้อมที่จะ off-hook ($\overline{SHD} = 0$)
17.	C2	ค่าตัวเก็บประจุภายนอกต่อขานี้กับดิจิตอลกราวน์ เพื่อป้องกันความผิดพลาดของ Ground Key ในช่วง Ring Tip Detection มักใช้ค่า 0.15 uF 10V เราอาจไม่ต้องใช้ถ้า Ground Key ไม่ได้ใช้และ ขา 17 ว่าจะปล่อยหรือต่อกับดิจิตอลกราวน์
18.	OUT	ขาเอาท์พุทของตัวออปแอมป์สำรองจะมีเอาท์พุทเกิดขึ้นสวิงในช่วง ±5V.
19.	-IN	ขา Inverting Analog Input ของออปแอมป์สำรอง
20.	+IN	ขา Non-Inverting Analog Input ของออปแอมป์สำรอง
21.	Rx	Receive Input,Four Wire Side เป็นอินพุทแบบอนาลอกที่มีค่าความต้านทานสูงแบบไบอัสในตัว จำเป็นต้องมี Capacitive Coupling สำหรับขานี้สัญญาณ AC ที่เกิดขึ้นจะขับขา Tip และ Ring ซึ่งจะผ่านค่าความต้านทาน 300 โอห์ม ในแต่ละด้านของเส้น
22.	C4	ตัวเก็บประจุภายนอกต่อขานี้เข้ากับ อนาลอกกราวน์ ใช้เพื่อป้องกัน Ground Key และ Ring Tip Detection ที่เกิดขึ้นเมื่อ Longitudinal Current นั้นเกิดเหนี่ยวนำใน Subscriber Loop เมื่อเข้าใกล้ Power Lines และแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน ค่า C ที่ใช้ในการต่อ Detection ของ Ring Tip ที่เหมาะสมด้วย จะใช้ค่า 0.5 uF - 1 uF แบบไม่มีขั้ว
23.	AG	อนาลอกกราวน์ ต่อกับค่า zero และใช้อ้างอิงสำหรับ Transmit Output (Tx) และ ตัว Receive Input(Rx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. Tx Transmit Output,Four Wire Side เป็น Input แบบอนาลอก ค่าความต้านทานสูงซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของโวลต์เตจ ของ Tip และ Ring จำเป็นต้องใช้ Tranhybrid Balance เพื่อให้เอาท์พุทที่ได้เป็นส่วนที่ออกมาจาก 2-4 Wire Conversion เอาท์พุทจากขานี้จะไม่สมดุล และเปรียบเทียบเสมือนอนาลอกกราวน์ เมื่อค่าระดับไฟตรงของขานี้เปลี่ยนแปลงตามกระแส Loop จึงต้องใช้ Capacitive coupling ในช่วงภาวะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

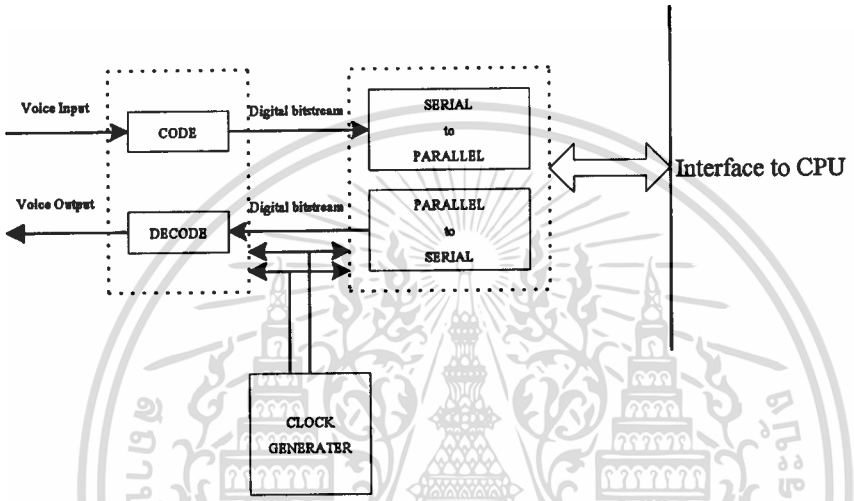


รูปที่ 5.2 แสดงวงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ส่วนวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข (Digital Speech Path)

ในส่วนของวงจรนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเชิงอุปมาณที่ได้จากวงจร เชื่อมต่อกับโทรศัพท์ ไปเป็นข้อมูลเชิงเลขเพื่อส่งไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และในขณะเดียวกันก็จะทำการเปลี่ยนข้อมูลเชิงเลขที่ ได้จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสัญญาณเชิงเลขเพื่อส่งไปยังวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์



รูปที่ 5.3 แสดงแผนภาพโครงสร้างของวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลขล

การทำงานของวงจรส่วนนี้ทั้งหมดแสดงได้ดังโครงสร้างดังรูปที่ 5.3 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าวงจรนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนได้แก่

1.วงจรเปลี่ยนข้อมูลจากเชิงเลขไปเป็นแบบข้อมูลเชิงเลขและทำการเปลี่ยนจากเชิงเลขไปเป็นเชิงอุปมาณ หรือเรียกว่าวงจรโคเดค (CODEC) ซึ่งมาจากวงจรโคด (Code) และดีโคด (Decode)

2. วงจรเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลเชิงเลขระหว่างแบบอนุกรม (Serie) กับแบบขนาน (Parallel)

3. วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock) เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรทั้งสองวงจรข้างต้น

รายละเอียดการทำงานแต่ละวงจรจะเป็นดังนี้ และรูปวงจรทั้งหมดแสดงในรูปที่ 5.4

5.2.1 วงจรโคเดค

ในการออกแบบวงจรการเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเชิงอุปมาณกับเชิงเลขนี้ได้เลือกใช้วิธีการเข้ารหัสแบบพัลส์โคดมอดูเลชั่น (PCM) โดยมีเหตผลอยู่ 3 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเข้ารหัสแบบนี้เป็นมาตรฐานในการใช้งานในระบบสื่อสารทั่วไป ซึ่งจะง่ายในการพัฒนาต่อไปในการเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารอื่นๆ

2. สามารถใชงานในช่วงความถี่เสียงพูดของคนได้ดี

3. สามารถหาอุปกรณ์หรือไอซี (IC) ในการทำงานในส่วนของวงจรนี้ได้

เหตุผลประหารสุดท้ายเป็นเหตุผลประการสำคัญ เพราะในตลาดเมืองไทยไอซีบางตัวไม่สามารถหาได้ เช่นไอซีที่ทำหน้าที่เข้ารหัสแบบอแด็ปทีฟพัลส์โคดมอดูเลทชั่น (ADPCM) ซึ่งจะมีแบนวิดธ์ข้อมูลน้อยกว่าแบบพัลส์โคดมอดูเลทชั่นในขณะที่คุณภาพเสียงเหมือนกันแต่ไอซีตัวนี้ไม่มีขายในเมืองไทย

สุดท้ายจึงต้องเลือกใช้แบบพัลส์โคดมอดูเลทชั่น โดยได้เลือกใช้งานไอซีของโมโตโรล่าเบอร์ MC145557 ด้วยเหตุผลที่ว่าไอซีตัวนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในระบบโทรศัพท์แบบเชิงเลขโดยเฉพาะ คือจะทำงานในช่วงเสียงพูดของคนและสามารถทำงานเข้ากันได้ (Competible) กับวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ทั่วไปได้ดี

โครงสร้างของไอซี ภายในจะมีวงจรกรองความถี่ผ่านบางช่วง (Bandpass Filter) โดยประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Lowpass Filter) แบบสวิตซ์คาพาซิเตอร์ (Switch Capacitor) แบบ 5 โพล (Pole) ซึ่งจะมีความถี่ตัดทางด้านความถี่สูง (Lowfrequency Cutoff) ที่ 3.4 กิโลเฮิตรซ์ และวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (Hightpass Filter) แบบ 3 โพล ซึ่งมีความถี่ตัดที่ความถี่ต่ำ (Lowfrequency Cutoff) ที่ 200 เฮิตรซ์ ซึ่งทำให้ได้ความถี่ช่วงใช้งานตั้แต่ 200 เฮิตรซ์ - 3.4 กิโลเฮิตรซ์ ซึ่งเป็นช่วงความถี่เสียงพูดของคน

ในส่วนของวงจรการเปลี่ยนข้อมูลจากเชิงอุปมาณไปเป็นเชิงเลขและเปลี่ยนจากเชิงเลขไปเป็นแบบเชิงอุปมาณนั้น จะใช้วงจรดิจิตอลทูอะนาล็อกคอนเวิร์ตเตอร์ (DAC) ชุดเดียวกันโดยจะสลับการทำงานด้วยวงจรมัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexer , MUX) ซึ่งควบคุมการทำงานจากสัญญาณนาฬิกาภายนอกที่ขามาสเตอร์คล็อก (ขา $MCLK_R$ /PDN)

ในการแบ่งระดับแรงดันของสัญญาณเสียงของไอซีตัวนี้ จะใช้แบบเชิงเส้นโดยใช้ 13 บิท ในการแทนระดับซึ่งทำให้สามารถแบ่งระดับได้ 2^{13} ระดับซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดจากการแบ่งระดับหรือควอนไตซิ่งนอยส์ แต่การส่งข้อมูลเชิงเลขที่ส่งและรับจะเป็นแบบพัลส์โคดมอดูเลทชั่นที่มี 8 บิท ดังนั้นไอซีเบอร์นี้จึงใช้การคอมแพนดิ้งแบบ เอ-ลอว์ (A- Law) (เบอร์อื่นเช่น MC145554 , MC145564 จะใช้การคอมแพนดิ้งแบบ เอ็มยู-ลอว์ (Mu-Law))

สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมการทำงานมี 2 สัญญาณได้แก่สัญญาณนาฬิกาควบคุมการสุ่ม (Sampling) ข้อมูลเชิงอุปมาณ และสัญญาณนาฬิกาควบคุมการส่งข้อมูล และควบคุมการทำงานของวงจรมัลติเพล็กเซอร์หรือมาสเตอร์คล็อก ซึ่งทั้งสองสัญญาณต้องทำงานเข้าจังหวะกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Syncronize) โดยสัญญาณควบคุมการสุ่มจะใช้ที่ความถี่ 8 กิโลเฮิตรซ์ ซึ่งสามารถครอบคลุมความถี่เสียงได้ถึง 4 กิโลเฮิตรซ์ ตามทฤษฎีการสุ่ม และจะมีความกว้างพัลส์เป็นแปดเท่าของคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกามาสเตอร์คล็อก ซึ่งใช้ที่ความถี่ 2.048 เมกกะเฮิตรซ์

5.2.2 วงจรเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลเชิงเลขระหว่างแบบอนุกรม (Serie) กับแบบขนาน (Parallel)

เนื่องจากข้อมูลที่รับและส่งจากไอซี MC145557 เป็นแบบอนุกรม แต่การอ่านเขียนข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นแบบขนานดังนั้นจึงต้องมีวงจรส่วนนี้

ในส่วนของวงจรนี้จะใช้ไอซีชิพรีจีสเตอร์ (Shift Register) เบอร์ 74HC164 และใช้สัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 2.048 เมกกะเฮิตรซ์ ในการเลื่อนข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับที่ใช้กับวงจรโคเดคแต่จะหน่วงเวลาออกไปช่วงหนึ่งเพื่อรอให้ข้อมูลออกจากโคเดคมาถึงอย่างแน่นอน และก่อนจะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์จะมีบัฟเฟอร์เพื่อเก็บข้อมูลไว้ช่วงหนึ่ง โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC374 ซึ่งข้อมูลจะถูกโหลดเข้าบัฟเฟอร์นี้เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของระดับศักดาที่ขา 11 จากศูนย์เป็นห้าโวลท์ (ทำงานที่ขอบขาขึ้นของคล็อก) โดยใช้สัญญาณควบคุมจากสัญญาณนาฬิกาที่กลับเฟสจากการสุ่มในวงจรโคเดคซึ่งเป็นจังหวะที่ข้อมูลออกมาครบทั้งแปดบิท และในการนำข้อมูลออกจะถูกควบคุมด้วยระดับศักดาต่ำ (Logic Low) ที่ขา 1 ซึ่งจะควบคุมจากคอมพิวเตอร์เวลาที่คอมพิวเตอร์ต้องการอ่านข้อมูล

ส่วนวงจรเปลี่ยนข้อมูลจากแบบขนานเป็นแบบอนุกรม ใช้ไอซีเบอร์ 74HC165 ซึ่งจะทำการเลื่อนข้อมูลที่โหลดเข้ามาแบบขนานออกไปที่ละบิทเป็นแบบอนุกรม โดยสัญญาณควบคุมการโหลดข้อมูลเข้าก็จะใช้สัญญาณเดียวกับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมการสุ่มในวงจรโคเดค และสัญญาณควบคุมการเลื่อนข้อมูลใช้สัญญาณมาสเตอร์คล็อกของโคเดค และเช่นเดียวกันข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์จะมีบัฟเฟอร์ไว้เก็บข้อมูลชั่วคราว โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC373 ซึ่งการทำงานจะคล้ายกับ 74HC374 แต่ต่างกันที่การโหลดข้อมูลเข้าของไอซีเบอร์ 74HC373 นี้จะกระทำที่ระดับสัญญาณสูง (ทำงานที่ Logic High)ที่ขา 11 และการโหลดข้อมูลออกจะควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมการสุ่มของวงจรโคเดคเช่นกัน

5.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

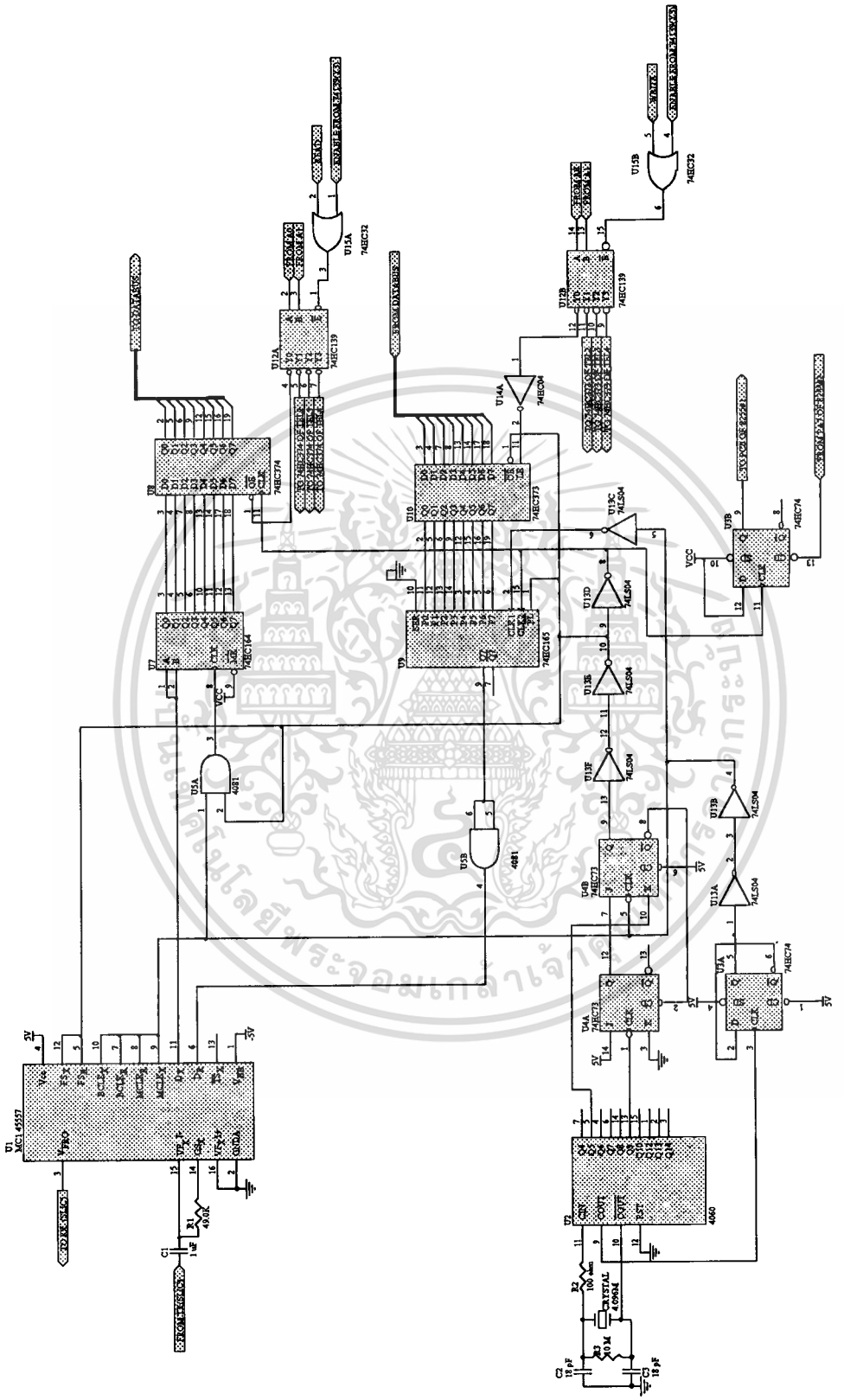
จากวงจรทั้งสองที่กล่าวมา จำเป็นต้องใช้สัญญาณนาฬิกาสองความถี่คือ 8 กิโลเฮิตรซ์ และ 2.048 กิโลเฮิตรซ์ ที่เข้าจังหวะกัน และสัญญาณนาฬิกา 8 กิโลเฮิตรซ์ จะต้องมีความกว้างพัลส์เป็นแปดเท่าของคาบเวลาของความถี่ 2.048 กิโลเฮิตรซ์

จากวงจรในรูปที่ 5.4 จะใช้ไอซีเบอร์ 4060 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่วงจรนับ และใช้คลิสตัล (Crytal) ในการสร้างความถี่ 4.096 เมกกะเฮิตรซ์ (เนื่องจากหาคลิสตัล 2.048 เมกกะเฮิตรซ์ ไม่ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วใช้วงจรหารสองที่สร้างจาก ดี ฟลิป-ฟลอป (D Flip-Flop) เพื่อให้ได้ความถี่ 2.048 เฮิตรซ์ และส่วนสัญญาณความถี่ 8 กิโลเฮิตรซ์ จะใช้เอาท์พุท Q_5 และ Q_9 ของไอซี 4060 และสัญญาณความถี่ 2.048 เฮิตรซ์ ต่อกับวงจรที่สร้างจาก เจเค ฟลิป-ฟลอป (JK Flip-Flop) ดังรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Tone generator)

จากทฤษฎีและหลักการของระบบโทรศัพท์ในบทที่ 2 นั้น จะมีสัญญาณเสียงที่ทางชุมสายสร้างขึ้น เพื่อส่งให้ถูกข่าย หรือตัวเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่อง เพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานและแสดงสถานะต่างๆ ของชุมสายเพื่อให้ถูกข่ายทราบ สัญญาณดังกล่าวได้แก่ สัญญาณให้หมุน (Dial tone) สัญญาณสายไม่ว่าง (Busy tone) สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone) และสัญญาณเรียก (Ringing) วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณทั้งหมดดังกล่าวแสดงในรูปที่ 5.5 และรายละเอียดการทำงานเป็นดังนี้

5.3.1 สัญญาณให้หมุน

สัญญาณให้หมุนมีลักษณะเป็นการมอดูเลทกันระหว่างสัญญาณ 2 ความถี่คือ 400 เฮิตรซ์ กับ 50 เฮิตรซ์ ทั้งสองความถี่ได้เลือกใช้วงจรออสซิลเลทแบบวีนบริดจ์ในการสร้างสัญญาณตามวงจรวีนบริดจ์ออสซิลเลเตอร์ในรูปที่ 5.5

สัญญาณทั้งสองความถี่ที่ได้ถูกนำมามอดูเลทกันด้วยวงจรมอดูเลชั่นแบบดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ (Differential Amp) และก่อนนำเอาสัญญาณไปใช้ ต้องนำไปขยายกระแสด้วยวงจรขยายแบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ (Common Collector) เพื่อป้องกันผลกระทบจากการดึงกระแสของโหลด

5.3.2 สัญญาณสายไม่ว่าง

สัญญาณสายไม่ว่างซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิตรซ์ โดยมีการปิดเปิดเป็นจังหวะคือ ปิดเป็นเวลา 05 วินาที เปิด 05 วินาที สัญญาณควบคุมการปิดเปิดนี้สร้างจากวงจรไทม์เมอร์ (Timer) โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 ที่มีความถี่ 1 เฮิตรซ์ มีช่วงเวลาการปิดเปิดเท่ากันคือ 05 วินาที สัญญาณที่ได้จะนำไปควบคุมการปิดเปิดสวิตช์อนาลอกในการตัดต่อสัญญาณไซน์ 400 เฮิตรซ์ เป็นจังหวะตามต้องการโดยใช้ไอซีสวิตช์อนาลอกเบอร์ 4066

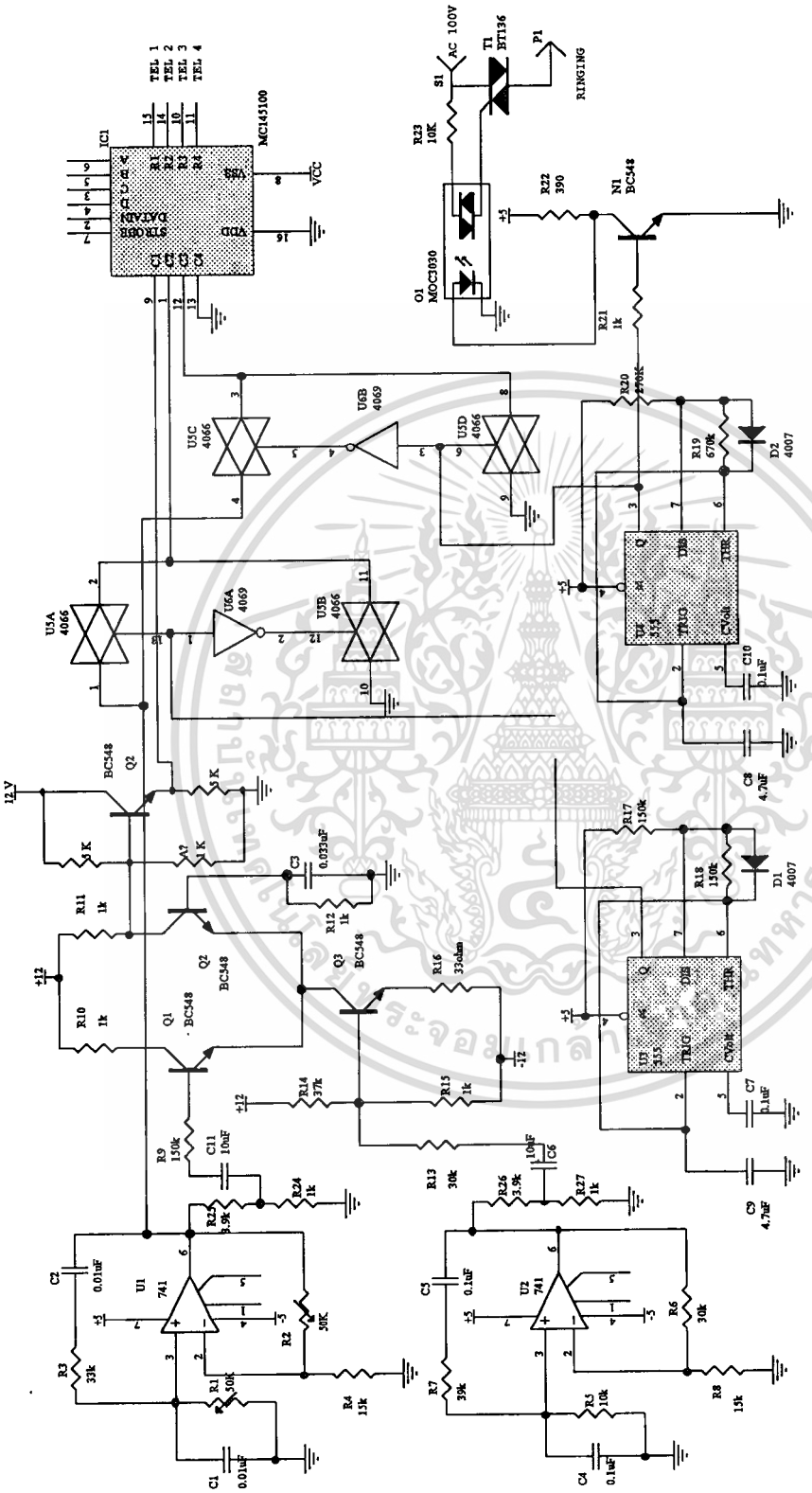
5.3.3 สัญญาณการเรียกกลับ

ก็ใช้วิธีเดียวกันกับสัญญาณสายไม่ว่าง เพียงแต่สัญญาณที่ควบคุมการปิดเปิดสวิตช์อนาลอกซึ่งสร้างจากไอซี 555 จะเป็นสัญญาณความถี่ 0.2 เฮิตรซ์ ซึ่งมีจังหวะการเปิด 1 วินาที และจังหวะการปิด 4 วินาที

5.3.4 ส่วนสัญญาณเรียก

ก็จะใช้สัญญาณควบคุมการปิดเปิดเดียวกับสัญญาณเรียกกลับไปควบคุมการนำสัญญาณของไตรแอค (Triac) ในการนำสัญญาณไฟ 50 เฮิตรซ์ แรงดันประมาณ 60 โวลท์ จากหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

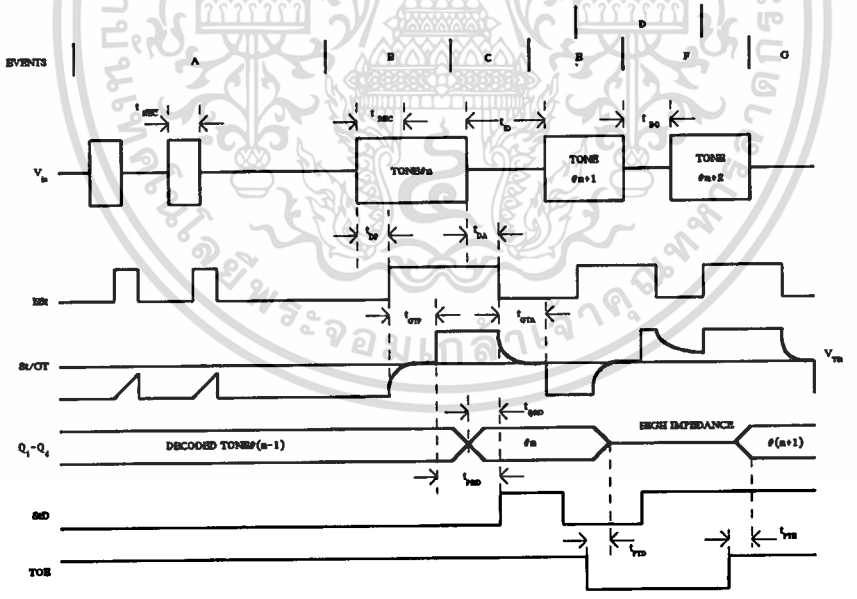
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์(DTMF)

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ซึ่งเป็นความถี่ผสมที่เกิดจากการกดปุ่มของตัวเลขของ โทรศัพท์แบบกดปุ่มให้เป็นข้อมูลเชิงเลข ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลให้กับหน่วยประมวลผลในการหาปลายทาง

จากรูปวงจรที่ 5.7 ใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่คู่ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท หลักการทำงานของไอซีเบอร์นี้คือ จะทำการแยกสัญญาณความถี่ที่เข้ามาทางอินพุทออกเป็น 2 กลุ่ม คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำโดยใช้ความถี่ต่ำโดยใช้วงจรกรองแถบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้ความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดไว้หรือไม่โดยตรวจสอบระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเห็นช่วงระยะพอสมควร มิฉะนั้นไอซีจะไม่รับสัญญาณความถี่ที่ถูกกดปุ่มนั้นมาถอดรหัส เนื่องจากระยะเวลาของสัญญาณความถี่น้อยเกินไป

การทำงานของไอซีถอดรหัสความถี่นี้สามารถอธิบายเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



รูปที่ 5.6 timing ของ MT8870

Vin = สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

EST = Early Sterring Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/Gt = stearing input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RCภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_1-Q_4 = เอาท์พุท แบบไบนารีโคดเดซิมอล(BCD)

STD = Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนดเพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE = Tone Output Enable (Input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ = คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} = คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} = เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} = เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} = เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} = เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} = การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} = การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

ช่วง A สัญญาณที่ขา EST เป็นลอจิกสูง เนื่องจากตรวจพบว่ามีความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาหรือระยะเวลาที่เข้ามาไม่ถูกต้อง(คาบเวลาสั้นไป)จึงไม่ทำการถอดรหัสความถี่นี้ ดังนั้นเอาท์พุทไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ช่วง B มีความถี่เข้ามาอีกครั้ง (ความถี่ n) ซึ่งมีคาบเวลาที่ถูกต้อง (เท่ากับ หรือ มากกว่าเวลาที่การ์ดไทม์กำหนดไว้) ดังนั้นความถี่ที่เข้ามาใหม่นี้จะถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้ที่เอาท์พุท

ช่วง C หมดความถี่ n ตรวจสอบช่วงห่างว่าถูกต้อง เอาท์พุทยังคงถูกแลตช์ไว้จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

ช่วง D ความถี่ n+1 เข้ามาใหม่ สัญญาณที่ลอจิก EST เปลี่ยนเป็นลอจิกสูงอีกครั้ง

ช่วง E เอาท์พุทเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพความต้านทานสูง เนื่องจากการดิสเอเบิ้ลเอาท์พุท (สัญญาณที่ TOE เป็นลอจิกต่ำ)

ช่วง F ความถี่ n+1 เข้ามาใหม่อย่างถูกต้อง และอีนาเบิ้ลเอาท์พุทแล้วจึงทำการถอดรหัสและแลตช์ไว้

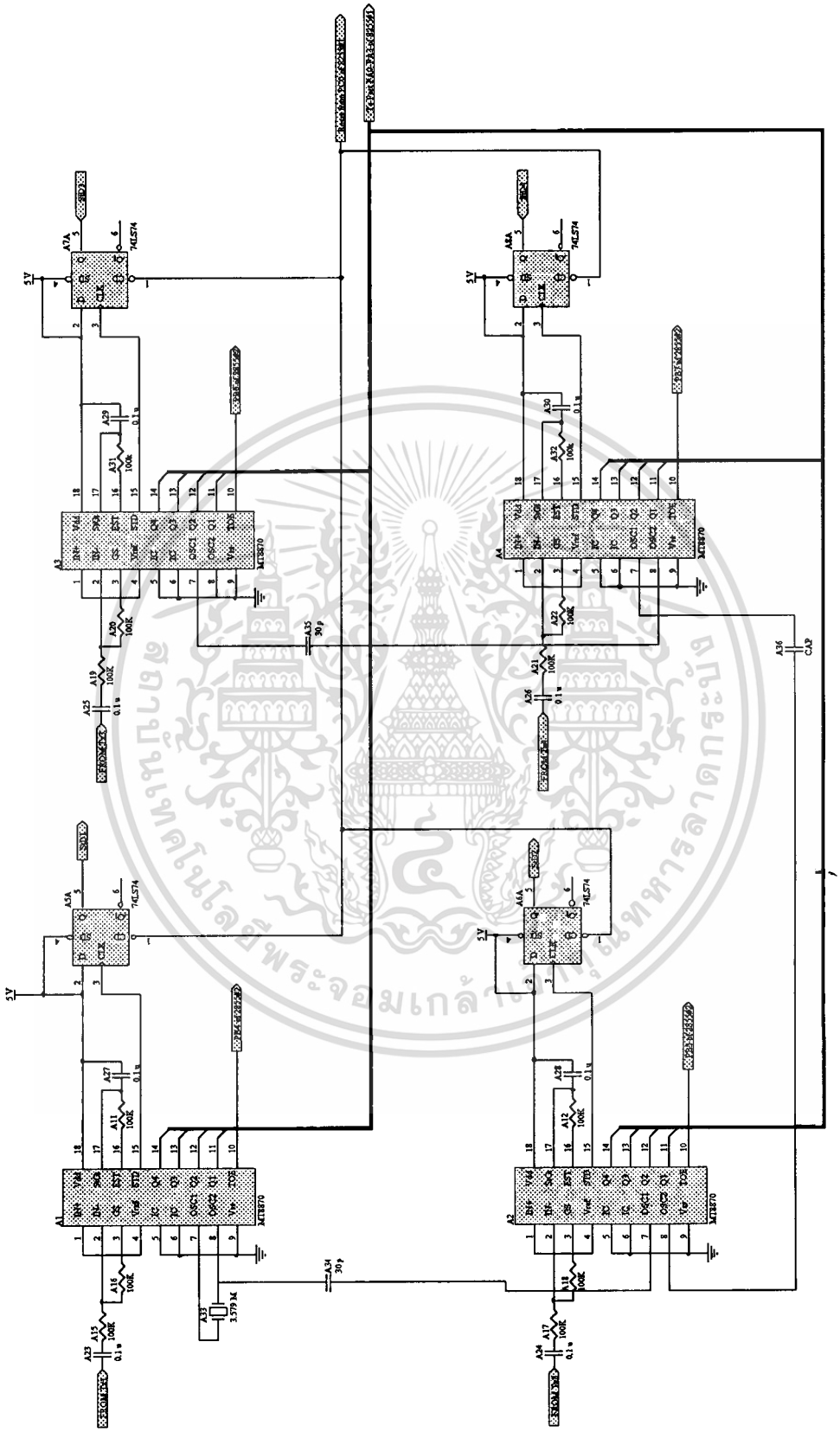
ช่วง G หมดความถี่ n+1 ช่วงเวลาห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังแลตช์อยู่จนกว่าจะมีความถี่ใหม่เข้ามา

เมื่อมีการถอดรหัสและได้ข้อมูลเชิงเลขที่ถูกต้องแล้ว ระดับศักดาที่ขา 15 (STD) จะมีค่าระดับสูง (Logic high) ดังนั้นจึงใช้สัญญาณที่ขานี้ในการแจ้งให้คอมพิวเตอร์ทราบว่ามีการกดเลขหมายโทรศัพท์ โดยส่งผ่านโดยวงจรอินเตอร์รัพท์ และข้อมูลเชิงเลข 4 บิทจะยังไม่ปรากฏบนบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล จนกว่าระดับศักดาที่ขา 10 (TOE) จะมีค่าระดับต่ำ (Logic low) ซึ่งจะถูกควบคุมจากคอมพิวเตอร์เวลาที่ต้องการอ่านข้อมูล เพราะเนื่องจากข้อมูล 4 บิท ของแต่ละเครื่องนี้จะส่งทางบัสเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการปล่อยข้อมูลลงบัสด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อไม่ให้ข้อมูลเกิดการชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

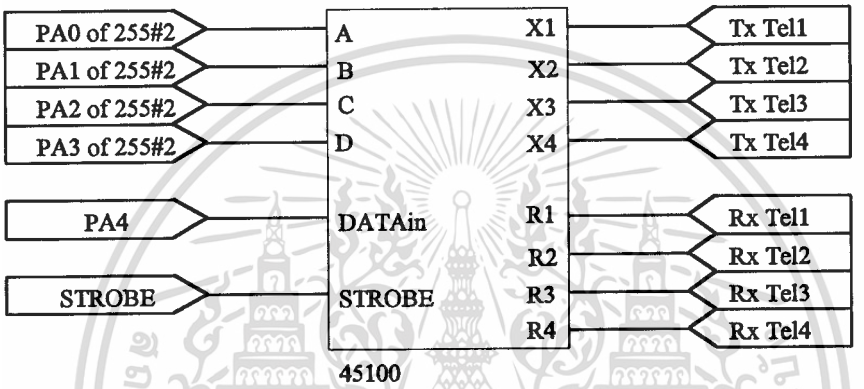


รูปที่ 5.7 แสดงวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ส่วนวงจรสับสวิทช์ในการติดต่อคู่สายแบบเชิงอุปมาณ

ใช้ในการติดต่อกันภายในชุมสาย ซึ่งในตอนแรกออกแบบไว้เพื่อการทดสอบการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ แต่ตอนนี้การติดต่อภายในชุมสายได้เปลี่ยนมาใช้แบบเชิงเลขแล้ว แต่อย่างไรก็ตามวงจรนี้ก็ยังสามารถใช้ได้อยู่เช่นกัน การทำงานของวงจรเพียงแต่ใช้ไอซี เชิงอุปมานครอสพอยท์สวิทช์ เบอร์ MC145100 เช่นเดียวกับวงจรในการสร้างสัญญาณ ดังแสดงดังรูป



รูปที่ 5.8 แสดงวงจรสวิทช์ในการติดต่อโทรศัพท์แบบเชิงอุปมาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 วงจรเชื่อมต่อ (Interface) กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในส่วนของวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นี้ จะทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับการ์ด รวมทั้งทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการขออินเตอร์รัพท์เครื่องคอมพิวเตอร์จากการ์ด ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

5.6.1 วงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ทอินพุทเอาท์พุท (Address decoders)

โดยทั่วไปเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะกำหนดตำแหน่งของพอร์ทอินพุทและพอร์ทเอาท์พุทไว้จำนวน 1024 ตำแหน่ง โดยใช้เอดแดรสบัสจำนวน 10 เส้น (A_0-A_9) ในการกำหนดตำแหน่ง ในส่วนวงจรเชื่อมต่อนี้จะใช้พอร์ทจำนวน 12 พอร์ทซึ่งจะต้องเลือกใช้ตำแหน่งพอร์ทที่ยังว่างอยู่ และเนื่องจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องอาจมีการใช้พอร์ทในตำแหน่งที่ไม่ตรงกัน ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งของพอร์ทจึงต้องใช้แบบเปลี่ยนค่าได้

-สัญญาณจากขา 4 และ 5 จะถูกนำไปใช้ในการอีนาเบิล (Enable) พอร์ทเอนกประสงค์ 8255 สองตัว โดยแต่จะตัวจะทำงานในโหมดศูนย์ คือใช้เป็นพอร์ทอินพุทเอาท์พุทมาตรฐาน ซึ่งมี 3 พอร์ทคือ พอร์ท A , B และ C การกำหนดให้พอร์ทใดเป็นพอร์ทอินพุทหรือเอาท์พุท จะใช้การโปรแกรมผ่านทางคอนโทรลเวิร์ด (Control word) ของไอซี 8255 และการเลือกใช้งานพอร์ท A , B หรือ C จะเลือกจากเอดแดรส A_0 และ A_1 ดังนี้

$A_0 = 0$ $A_1=0$ เป็นการเลือกใช้งานพอร์ท A

$A_0 = 1$ $A_1=0$ เป็นการเลือกใช้งานพอร์ท B

$A_0 = 0$ $A_1=1$ เป็นการเลือกใช้งานพอร์ท C

$A_0 = 1$ $A_1=1$ เป็นการเลือกใช้งานคอนโทรลเวิร์ดรีจีสเตอร์ (Control word register) ในการโปรแกรมพอร์ท

ส่วนการเชื่อมต่อพอร์ทต่างๆ กับระบบก็จะเป็นดังรูปวงจรในรูปที่ 5.9

-สัญญาณจากขา 6 จะถูกนำไปใช้ในการอีนาเบิล ไอซี 74HC139 อีกตัวหนึ่งซึ่งจะทำหน้าที่ดีมัลติเพล็กซ์ เอดแดรสบัส A_0 A_1 เพื่อให้ได้สัญญาณควบคุมการอ่านเขียนข้อมูลของคอมพิวเตอร์กับวงจรผ่านเสียงพูดแบบดิจิตอล ซึ่งมีสี่วงจรสำหรับโทรศัพท์ สี่เครื่อง การอ่านและการเขียนจะถูกแยกกันด้วยการใช้สัญญาณ IOR และ IOW ออร์ (OR) กับสัญญาณจากขา 6 ดังกล่าวนี้ก่อนที่จะนำไปอีนาเบิล ไอซี 74HC139 ซึ่งภายในตัวเดียวจะมีวงจรดีมัลติเพล็กซ์สองวงจร ดังแสดงในรูปวงจรที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2 วงจรขยายการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt expanding)

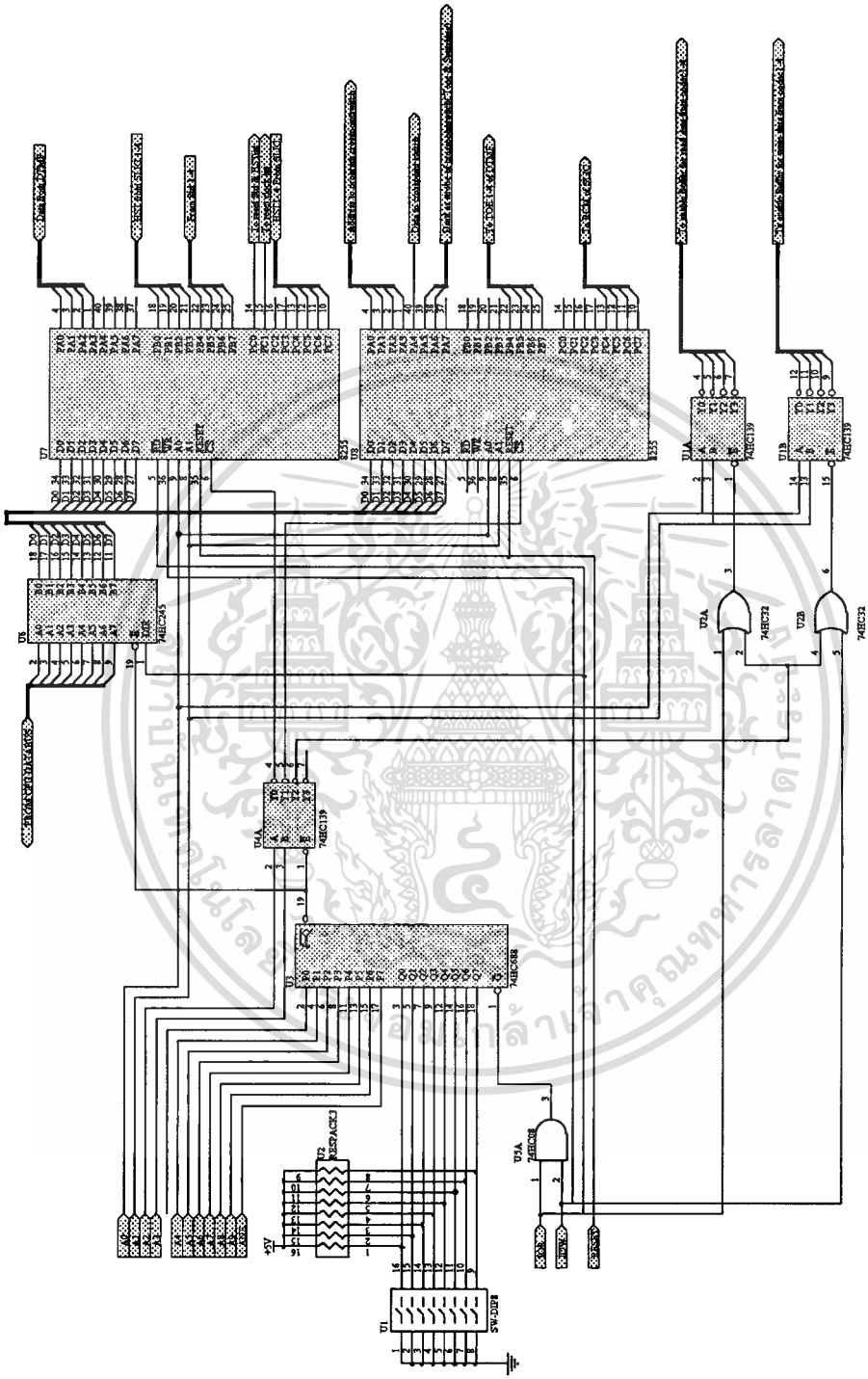
เนื่องจากการทำงานของระบบชุมสายที่ได้ออกแบบขึ้นจำเป็นต้องใช้การอินเตอร์รัพท์หน่วยประมวลผล (CPU) ซึ่งมีการอินเตอร์รัพท์หลายสัญญาณได้แก่ การอินเตอร์รัพท์จากการเปลี่ยนสถานะการยกและวางหูของโทรศัพท์จำนวนสี่เครื่อง , การอินเตอร์รัพท์จากการกดเลขหมายโทรศัพท์จำนวนสี่เครื่องและ การอินเตอร์รัพท์จากสัญญาณนาฬิกาซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับที่ใช้ในการแซมปลิ้งในวงจรโคเดคซึ่งจะใช้เป็นจังหวะในการอ่านเขียนข้อมูล ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข ดังนั้นสรุปว่าต้องใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ถึง 9 สัญญาณ แต่สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ที่ให้ใช้ได้ผ่านทางสล็อตเพียง 8 สัญญาณและถูกใช้ไปบ้างแล้วตามอุปกรณ์ที่ติดตั้งประกอบอยู่ด้วยแล้ว เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ เป็นต้น ดังนั้นจึงเลือกใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพท์จากสล็อตเพียงเส้นเดียวมาทำการขยายโดยใช้การ ออร์ กันของสัญญาณการอินเตอร์รัพท์ต่างๆ จากระบบเข้าด้วยกันจนเหลือเพียงสัญญาณเดียวแล้วจึงต่อเข้ากับดิปสวิตซ์ (Dip switch) เพื่อที่จะเลือกได้ว่าจะให้อินเตอร์รัพท์เข้าทางเส้นไหนของเครื่องคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 5.10

สัญญาณการอินเตอร์รัพท์จากการยกหูและการวางหูได้จากวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์จากไอซี 5504 ซึ่งมีเพียงสัญญาณเดียวในการบอกสถานะของโทรศัพท์ คือถ้าเป็น 0 จะเป็นการยกหูและเป็น 1 เมื่อวางหู แต่การอินเตอร์รัพท์ของสัญญาณนี้จะต้องอินเตอร์รัพท์ เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ ดังนั้นจึงมีวงจรในการสร้างสัญญาณการอินเตอร์รัพท์นี้โดยใช้ ดี ฟลิป-ฟลอป 2 ตัว ทำงานให้เอาท์พุทที่ขา Q เป็นระดับศักดาสูงเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะคือจากยกหูเป็นวางหูหรือจากการวางหูเป็นยกหูและจะคงค่า (Latch) ไว้จนกว่าจะได้รับการรีเซต (Reset) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปวงจรที่ 5.10

สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ของการกดเลขหมายโทรศัพท์จะได้จากสัญญาณที่ขา 15 (STD) ของไอซี MT8870 ในวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์โดยนำมาคงค่าไว้ ด้วย ดี ฟลิป-ฟลอป จนกว่าจะได้รับการรีเซตจากคอมพิวเตอร์

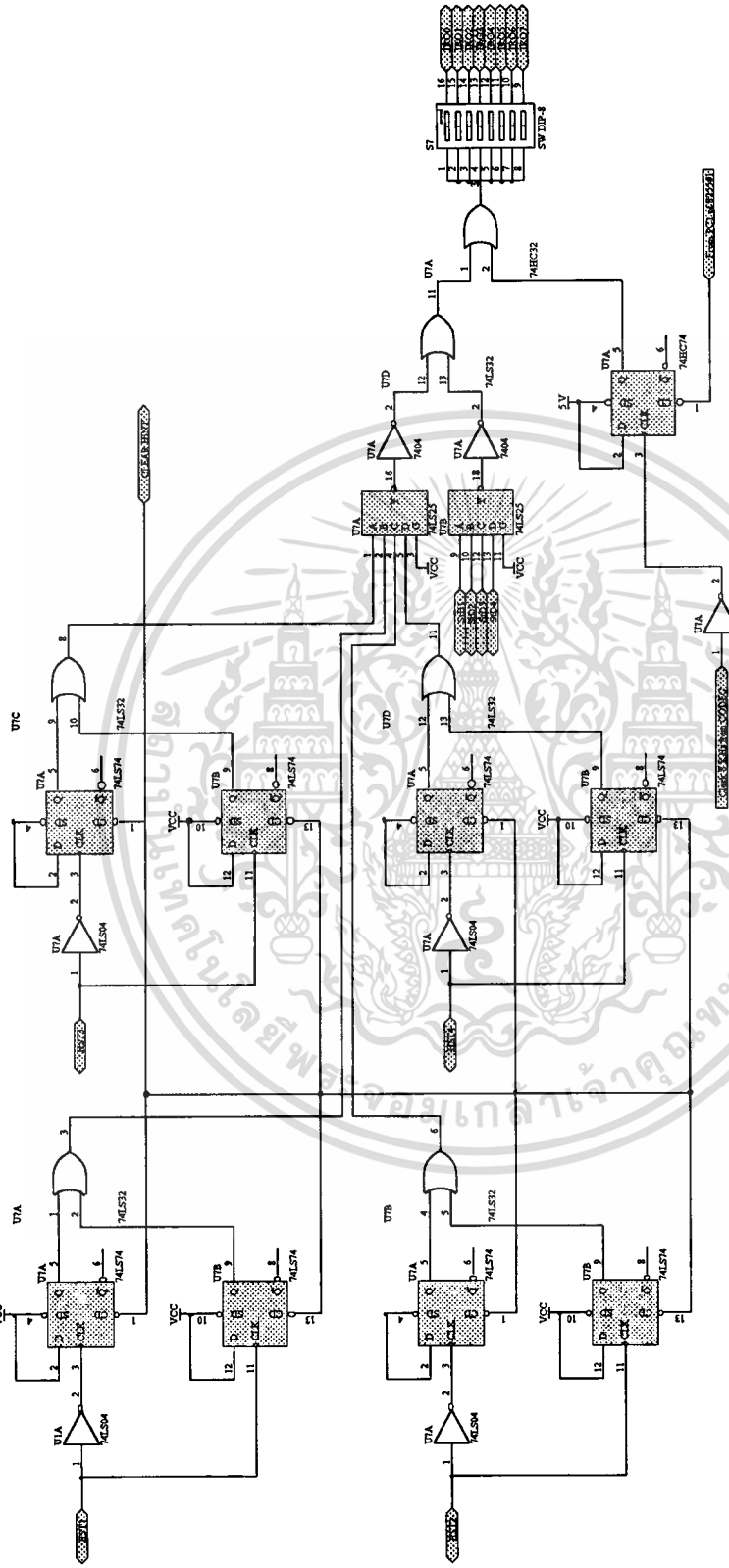
ส่วนสัญญาณการอินเตอร์รัพท์อีกสัญญาณหนึ่งคือสัญญานาฬิกาซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับสัญญาณที่ใช้ควบคุมการสุ่มของวงจรโคเดค โดยการนำมาคงค่าไว้ด้วย ดี ฟลิป-ฟลอป จนกว่าจะได้รับการรีเซตจากคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงวงจรการอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

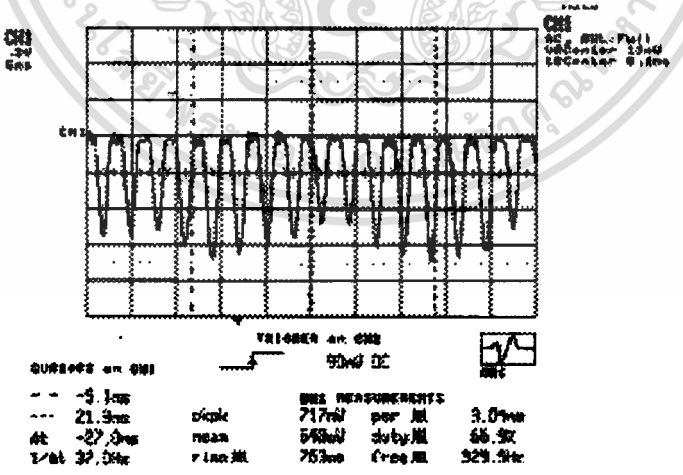
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง

จากวงจรที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 5 เมื่อได้ทำการทดลองในแต่ละวงจรได้ผลดังนี้

6.1 วงจรสร้างสัญญาณต่างๆ

6.1.1 สัญญาณให้หมุน

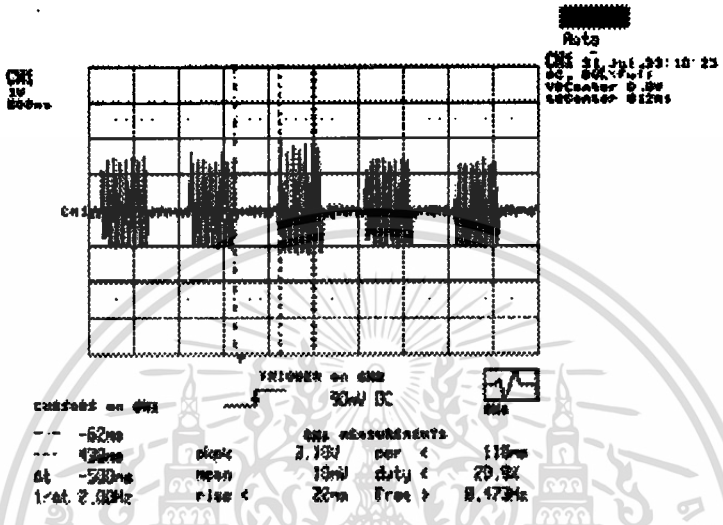
จากเดิมทดลองสร้างความถี่ 400 เฮิรตซ์ ที่มีลักษณะเป็นพัลส์โดยสร้างจากวงจรไทม์เมอร์ เมื่อทดลองฟังเสียง คุณภาพเสียงจะไม่ดี เสียงจะไม่เรียบฟังแล้วรู้สึกขัดหู หลังจากนั้นได้ใช้วงจรวีนบริดส์ในการสร้างสัญญาณไซน์ ที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ เมื่อทดลองฟังปรากฏว่าคุณภาพเสียงดีขึ้นมาก แต่ยังไม่เหมือนของทางองค์การโทรศัพท์ ดังนั้นจึงได้สร้างวงจรวีนบริดส์อีกวงจรโดยมีความถี่ 50 เฮิรตซ์ และนำมามอดดูเลท (Modulate) กับความถี่ 400 เฮิรตซ์ ด้วยวงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ (Differential Amplifier) ทำให้คุณภาพเสียงดีขึ้นและคล้ายกับของทางองค์การโทรศัพท์มาก แต่สัญญาณจะถูกรบกวนจากสัญญาณ 0.25 เฮิตรซ์ ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณเรียกกลับ (Ringback) ทำให้ขนาด (Amplitude) ของสัญญาณนี้ไม่คงที่ คือจังหวะการปิดสัญญาณเรียกกลับ(Ringback) (ช่วงที่สัญญาณเรียกกลับเงียบ) ทำให้ขนาดของสัญญาณให้หมุนลดลงไปนิดหนึ่งซึ่งสามารถยอมรับได้



รูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณให้หมุนที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้นำเอาสัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ มาทำการปิด เปิด โดยใช้สวิทซ์อนาลอก โดยใช้สัญญาณการควบคุมการปิดเปิด จากวงจรไทม์เมอร์ซึ่งมีความถี่ 1 เฮิรตซ์ โดยมีจังหวะการปิด 0.5 วินาที และเปิด 0.5 วินาที สัญญาณที่ออกมาได้ตามต้องการดังรูปที่ 4-2

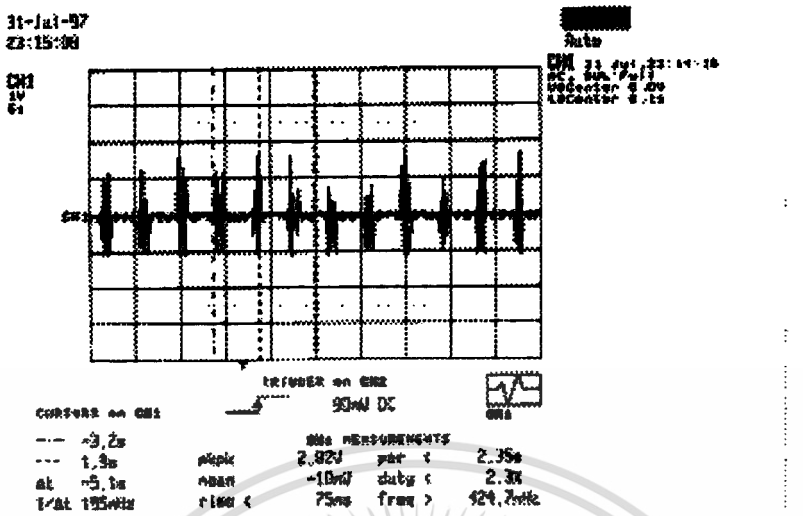


รูปที่ 6.2 แสดงสัญญาณสายไม่ว่าง

6.1.3 สัญญาณเรียกกลับ

การทดลองเช่นเดียวกับสัญญาณสายไม่ว่าง คือจะใช้สัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ มาปิดเปิด เป็นจังหวะด้วยสัญญาณควบคุมจากวงจรไทม์เมอร์ ซึ่งมีจังหวะเปิด 1 วินาที และปิด 4 วินาที ซึ่งให้ผลการทดลองตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 แสดงสัญญาณเรียกกลับ

6.1.4 สัญญาณเรียก

จากการทดลองสัญญาณเรียกโดยใช้สัญญาณควบคุมเดียวกับสัญญาณเรียกกลับไปควบคุมการทำงานไตรแอก ในการปิดเปิดสัญญาณไฟกระแสสลับ 50 เฮิรตซ์ ระดับศักดาประมาณ 60 โวลท์ ซึ่งได้ผลตามต้องการ แต่จะมีปัญหาเล็กน้อย เมื่อนำสัญญาณดังกล่าวนี้ในการใช้งานจริงไปขับกระดิ่งโทรศัพท์ ปรากฏว่าระดับแรงดันลดลงเหลือประมาณแค่ประมาณ 30 โวลท์ ซึ่งเกิดจากชุดจ่ายกำลังจ่ายกำลังไม่พอ ทำให้สัญญาณกระดิ่งไม่ค่อยดัง

6.2 วงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์(SLIC)

การทดลองได้ทดลองต่อวงจร สลิก (SLIC) ในโปรโตบอร์ด และได้ผลทดลองดังนี้

- เมื่อต่อกับโทรศัพท์สามารถจ่ายกระแสให้กับโทรศัพท์ได้

- เมื่อยกหูโทรศัพท์ สัญญาณที่ ขา 13 (HD) มีระดับเป็น 0 (Low) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะตรวจจับการยกหูหรือวางหูได้เพราะขณะวางหูระดับจะเป็น 5 โวลท์

- เมื่อส่งสัญญาณควบคุมการติดต่อสัญญาณเรียก (Ring Command) เป็นระดับต่ำ (low) ตัวไอซีจะทำการขับรีเลย์ได้ทั้ง 2 จุด (ที่ขา TFP และ ที่ขา Ring Feed) แต่จากการทดลองยังไม่ป้อนสัญญาณเรียก (Ringing)

-เมื่อทดลองต่อวงจรนี้ 2 วงจร และต่อโทรศัพท์ทั้ง 2 วงจรต่อขา Rx(21) ของวงจรหนึ่งกับขา OUT(18) ของอีกวงจรและกลับการต่อขา Rx(21) อีกวงจรกับขา OUT(18) ของอีกวงจรและทดลองสนทนากัน ผลที่ได้สามารถคุยกันได้รู้เรื่องคุณภาพเสียงชัดเจนดี สรุปแล้วในส่วน

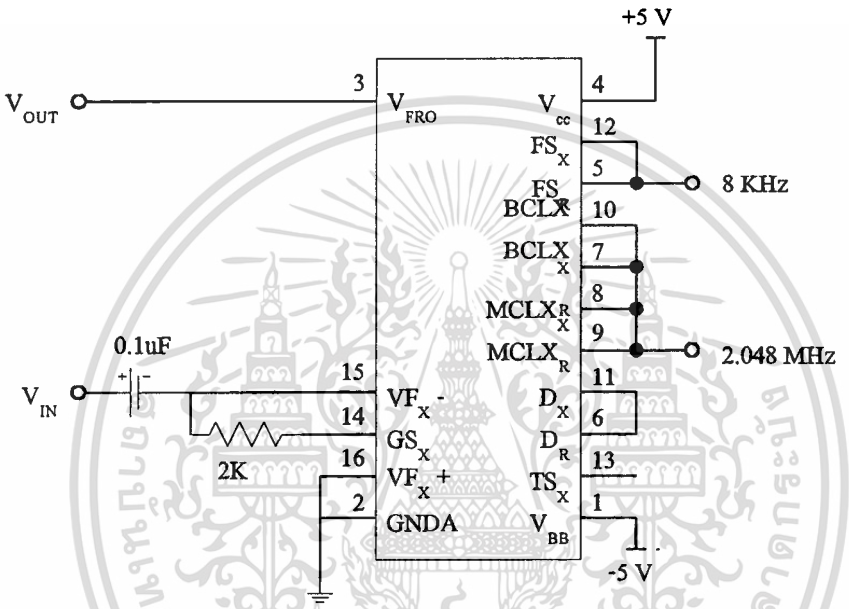
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรนี้สามารถทำงานได้ดีจึงได้ทำการออกแบบสายวงจรของส่วนนี้ เมื่อความสะดวกในการใช้งานและการประกอบเข้ากับส่วนวงจรอื่นๆ

6.3 วงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข

การทดลองและผลการทดลองมีดังนี้

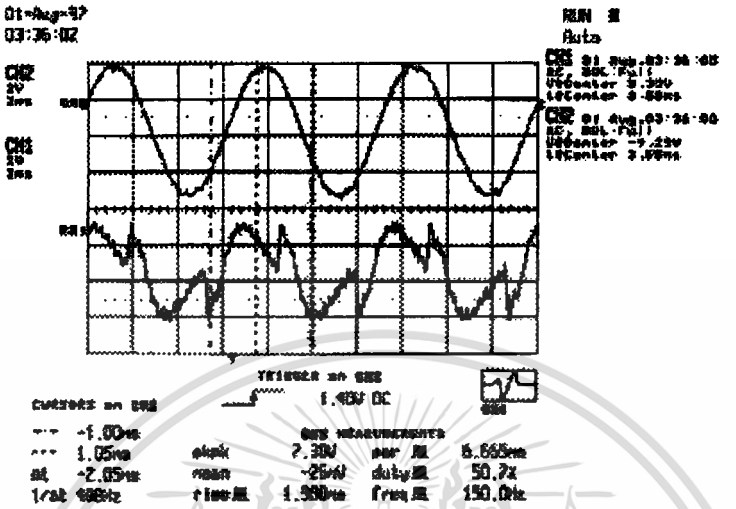
- ใช้ไอซีเบอร์ MC145557 ต่อวงจรตามรูปที่ 6.4



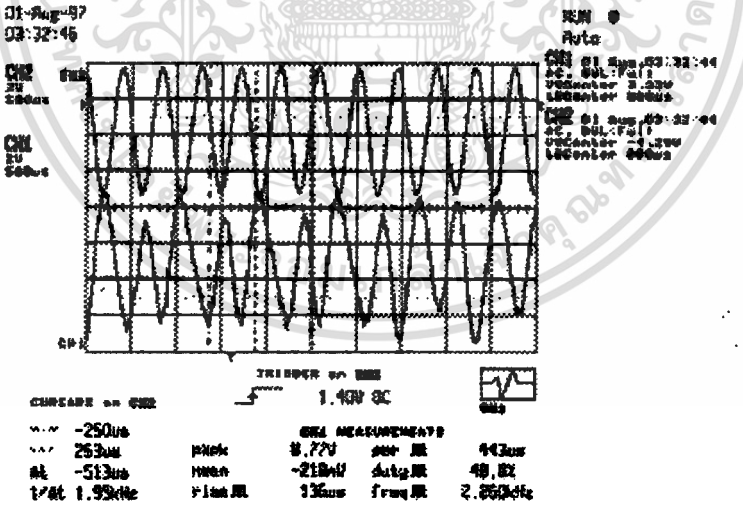
รูปที่ 6.4 วงจรการทดลอง

โดยใช้ไอซีนี้เพียงตัวเดียวในการแปลงสัญญาณเชิงอุปมาน ไปเป็นสัญญาณเชิงเลข และแปลงกลับจากเชิงเลขเป็นเชิงอุปมาน โดยสัญญาณอนาลอกที่ป้อนเป็นสัญญาณไซน์ที่ความถี่ต่างๆ กัน ซึ่งได้ผลดังนี้ สัญญาณที่แปลงกลับมาจะได้สัญญาณคล้ายกับสัญญาณที่ป้อนในช่วงความถี่ประมาณ 200 - 3400 เฮิตรซ์ นอกเหนือจากความถี่นี้ สัญญาณที่แปลงกลับมาจะมีขนาดเล็กมากและผิดเพี้ยนไป และสัญญาณที่แปลงกลับมาจะเหมือนกับสัญญาณที่ป้อนมากที่สุด ในช่วงความถี่ 2-3 กิโลเฮิตรซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



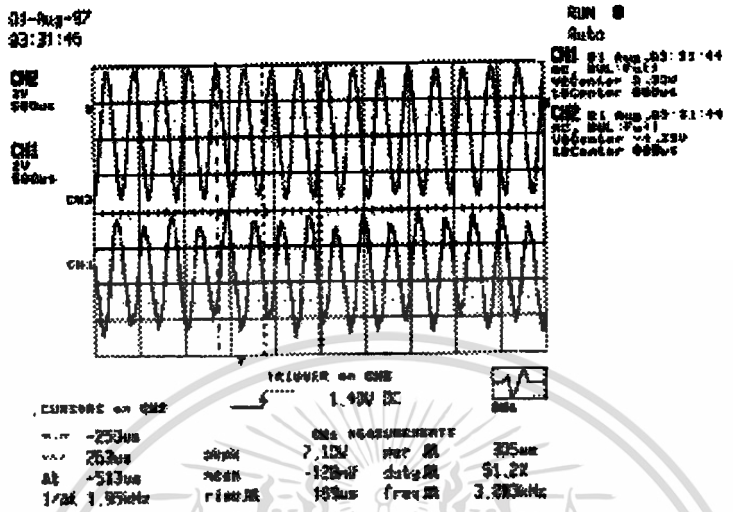
(a) ความถี่ 150 เฮิรตซ์



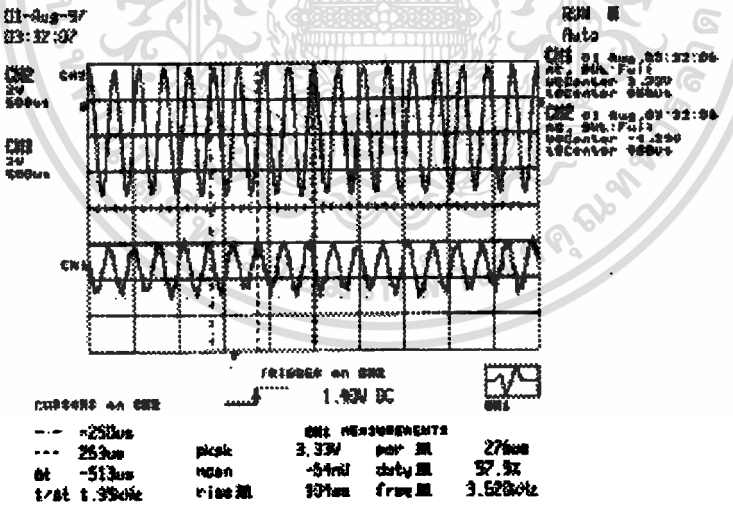
(b) ความถี่ 2,260 กิโลเฮิรตซ์

รูปที่ 6.5 แสดงสัญญาณจากผลการทดลอง ที่ความถี่ต่างๆ กัน CH2 อินพุท , CH1 เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c) ความถี่ 3,280 กิโลเฮิรตซ์



(d) ความถี่ 3,600 กิโลเฮิรตซ์

รูปที่ 6.5 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-และเมื่อใช้ไอซี 2 ตัวและใช้สัญญาณควบคุมคนละชุดกัน ก็สามารถทำงานได้เหมือนกัน แต่ต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่พักข้อมูลไว้ชั่วคราว ซึ่งได้แก่ไอซีที่หน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ดังที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 5 ดังกล่าวข้างต้น

6.4 วงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

จากวงจรที่ได้ออกแบบในบทที่ 5 เมื่อนำมาทดลองโดยการทดสอบการส่งรับข้อมูลผ่านๆ ทางพอร์ทต่างๆ สามารถทำงานได้ดี

และในส่วนของวงจรการอินเตอร์รัพท์ได้ทดลอง โดยการยกหู วางหู การกดคีย์ สามารถทำงานได้เช่นกัน รวมทั้งการอินเตอร์รัพท์จากสัญญาณนาฬิกาก็ทำงานได้เช่นกัน

6.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณการกดเลขหมาย

วงจรที่ได้ออกแบบทำงานได้ตามต้องการ คือสามารถถอดรหัสสัญญาณการกดคีย์แล้ว ส่งออกมาสัญญาณเชิงเลข 4 บิท รวมทั้งสัญญาณแจ้งการกดคีย์

เมื่อนำเอาวงจรทั้งหมดมาทำงานรวมกันเป็นระบบ ก็สามารถทำงานได้ คือสามารถพูดสนทนาระหว่างโทรศัพท์ และคุณภาพเสียงก็ชัดเจนดี แต่สัญญาณควบคุมยังมีเสียงรบกวนอยู่เล็กน้อยโดยเฉพาะสัญญาณให้หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 สรุปวิจารณ์ผลการทดลองพร้อมทั้งแนวทางการพัฒนา

7.1 สรุปและวิจารณ์พร้อมทั้งปัญหาและแนวทางการแก้ไข

จากโครงงานที่ได้สร้างขึ้นในส่วนของฮาร์ดแวร์นี้ ถือได้ว่าประสบความสำเร็จพอสมควร คือสามารถใช้เป็นชุมสายอัตโนมัติ ในการติดต่อระหว่างโทรศัพท์ภายในได้ แต่ในระหว่างการสร้าง ได้ประสบปัญหามากมาย แต่ก็ได้ทำการแก้ไขจนสำเร็จได้ ทำให้คณะผู้จัดทำได้รับประสบการณ์และความรู้พอสมควร

แต่อย่างไรก็ตาม ชุมสายที่ได้สร้างขึ้นก็ยังมีปัญหาและข้อจำกัดอยู่พอสมควร เช่น

- สัญญาณเรียกมีกำลังน้อยเกินไปในการขับกระดิ่งเครื่องโทรศัพท์ ทำให้สัญญาณกระดิ่งไม่ค่อยดัง โดยเฉพาะขณะส่งสัญญาณนี้พร้อมกันทั้งสี่เครื่อง การแก้ไขก็โดยการออกแบบวงจรชุดการจ่ายกำลังให้ดีกว่านี้

- สัญญาณต่างๆเช่น สัญญาณให้หมุน สัญญาณสายไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ ยังไม่ดีมากนัก คือยังมีสัญญาณรบกวนอยู่ การแก้ไขคือต้องปรับแต่งวงจรให้ดีกว่านี้

- ในการอินเตอร์รัพท์หน่วยประมวลผล จำเป็นต้องใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ระหว่างหมายเลข 2-7 (IRQ_2 - IRQ_7) ซึ่งในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่องมีการใช้งานอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ดีบนเมนบอร์ดของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีการเพิ่มสัญญาณการอินเตอร์รัพท์ (IRQ_8 - IRQ_{15}) โดยจะอยู่ในสล็อตที่ขยายต่อจากสล็อตเดิม แต่การ์ดที่ใช้ทำไม่มีส่วนในการติดต่อสล็อตเพิ่มเติมนี้ ทำให้ไม่สามารถใช้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ในช่วง IRQ_8 - IRQ_{15} ได้ แนวทางการแก้ไข ก็โดยการใช้การ์ดที่มีส่วนในการติดต่อกับช่องสล็อตที่ขยายเพิ่ม และปรับแต่งวงจรเล็กน้อย

- จากขอบเขตของโครงงานที่ได้กำหนดไว้ ที่จะให้คอมพิวเตอร์สามารถใช้งานอย่างอื่นได้ในขณะที่ยังทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์นั้น ยังไม่สามารถทำได้ เพราะแนวความคิดนี้ได้มาจากการสร้างชุมสายให้ปฏิบัติงานบนวินโดว์ซึ่งสามารถทำงานหลายอย่างพร้อมกันได้ แต่ต้องมีโปรแกรมไดรเวอร์สำหรับการติดต่อกับวินโดว์ ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยากมาก โดยเฉพาะการอินเตอร์รัพท์วินโดว์ ผู้จัดทำยังมีความรู้ความสามารถไม่เพียงพอ

7.2 แนวทางการพัฒนา

7.2.1 การเพิ่มความสามารถของชุมสาย เช่น

- สามารถติดต่อพร้อมกันได้หลายเครื่อง ซึ่งเป็นลักษณะการประชุม (Conference) ซึ่งทำได้โดยการปรับปรุงเฉพาะซอท์ฟแวร์ โดยใช้หลักการรวมกันของสัญญาณ แต่สัญญาณเชิงเลขที่ใช้สื่อสารกันเป็นข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัส ดังนั้นในการรวมกันจะต้องถอดรหัสก่อน และเมื่อรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันแล้วจะต้องเข้ารหัสกลับมา ซึ่งต้องใช้งานหน่วยประมวลมากขึ้น นอกจากกนี้ยังมีอีกวิธีการหนึ่ง คือใช้ฮาร์ดแวร์ช่วย ซึ่งในปัจจุบันมีไอซีที่ทำหน้าที่ในการจัดการเรื่องนี้ เรียกว่า PCM Conference

- การฝากข้อความในกรณีที่ผู้รับไม่อยู่ ซึ่งพัฒนาได้โดยการปรับปรุงแค่ซอต์ฟแวร์ก็เพียงพอ

7.2.2 การเพิ่มจำนวนลูกข่ายในแต่ละชุมสาย อาจทำได้โดยการเพิ่มการ์ดและต้องมีการปรับปรุงซอต์ฟแวร์เพื่อให้สามารถติดต่อกับแต่ละการ์ดในเครื่องเดียวกันได้

7.2.3 ถ้าสามารถเขียนโปรแกรมไดรเวอร์เพื่อติดต่อกับวินโดว์ได้ จะสามารถเพิ่มขีดความสามารถต่างๆ ได้อย่างมาก เพราะบนวินโดว์มีโปรแกรมชุดพัฒนาเกี่ยวกับการทำงานงานของระบบโทรศัพท์ให้ใช้งาน คือ โปรแกรม Telephony Application Programing Interface (TAPI) ซึ่งสามารถพัฒนาการใช้งานโทรศัพท์ได้กว้างขึ้น

7.2.4 การพัฒนาเพื่อการเชื่อมต่อกับสายนอกขององค์การโทรศัพท์ เพื่อให้สามารถติดต่อกับสายนอกได้

7.2.5 การพัฒนาในการลดปริมาณข้อมูล หรือลดแบนวิดธ์ของข้อมูล เพื่อลดเวลาในการส่งข้อมูลระหว่างชุมสาย อาจทำได้สองวิธี คือโดยการใช้ซอท์ฟแวร์ในการบีบอัดข้อมูล ซึ่งไม่จำเป็นต้องแก้ไขฮาร์ดแวร์ แต่หน่วยประมวลผลต้องทำงานหนักขึ้น หรืออีกวิธีหนึ่ง โดยการใช้ฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นการใช้วงจรการเข้ารหัสเสียงแบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งในปัจจุบันมีไอซี ที่ทำหน้าที่นี้อยู่สองแบบ คือ การเข้ารหัสจากสัญญาณเสียงโดยตรง และอีกแบบคือการนำข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัสแบบพัลส์โคดมอดูเลชั่นแล้ว มาทำการบีบอัดเป็นข้อมูลแบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น ซึ่งจะช่วยลดแบนวิดธ์ของข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบคุณ อาจารย์สุรสิทธ์ วรรณไกรโรจน์ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา และขอขอบคุณ อาจารย์ อัครินทร์ คุณกิตติ ที่ให้คำแนะนำ รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ รวมทั้งห้องปฏิบัติการในการทำงานครั้งนี้ และขอขอบคุณบริษัท 401 AUTOMATION ที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้ไอซีบางตัวมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้