เครื่องตอบรับโทรศัพท์

TELEPHONE ANSWER

โดย

นายนวรัตน์ คุณะโคตร

นายปัญญา สุริ

นางสาวศิริลักษณ์ แสงแก้ว

วัน เดือน ปี -1 ต.ค. 2541

เลขทะเบียน 038364

เลขเรียกหนังสือ TK7881.N299T

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องตอบรับโทรศัพท์	
	TELEPHONE ANSWER	
ชื่อนักศึกษา	นายนวรัตน์	คุณะโคตร
	นายปัญญา	สุริ
	นางสาวศิริลักษณ์	แสงแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์มนชนก ศรีเสือชาม	
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2539	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บันฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตอบรับโทรศัพท์

โดย นายนวรัตน์ คุณะโคตร
นายปัญญา สุริ
นางสาวศิริลักษณ์ แสงแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์มนชนก ศรีเสือขาม
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เสนอเครื่องตอบรับโทรศัพท์ ซึ่งนำสัญญาณความถี่ DTMF ที่ได้จากการกดปุ่มจากเครื่องโทรศัพท์มาใช้ในการควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดโดยที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมระบบของการทำงานในระบบต่าง ๆ เช่น ระบบฝากข้อความ และตรวจสอบหรือการทำงานที่ผ่านคู่สายโทรศัพท์แบบธรรมดา ซึ่งโครงงานนี้ สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมระบบต่าง ๆ เหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TELEPNONE ANSWER

BY MR.. NAVARAT KUNACOTE
MR.. PANYA SURI
MISS. SIRILAK SANGKAEW

ADVISOR MRS. MONCHANOK SRISUAKAM

ABSTRACT

This project is the presentation of Telephone answer. By means of utilizing the DTMF (Dual Tone Modulate Frequency) signal from touch tone switch and microprocessor ; enable to select whether leave message, message checking and normal use of the telephone. These tasks are the use of project.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทตัดย่อภาษาไทย	I
Abstract	II
สารบัญภาพ	V
สารบัญตาราง	VIII
กิตติกรรมประกาศ	IX
บทนำ	X
บทที่ 1 ทฤษฎีและหลักการของโทรศัพท์	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ระบบโทรศัพท์	15
1.3 การถอดรหัสความถี่ทางโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม	24
บทที่ 2 โครงสร้างของซีพียูและการอินเตอร์รัพท์	31
2.1 โครงสร้างของซีพียู Z-80	31
2.2 การจัดขาของ Z-80	35
2.3 ไดอะแกรมเวลาของซีพียู	39
2.4 การอินเตอร์รัพท์	40
บทที่ 3 ไอซี 8255 พอร์ตข้อมูลแบบขนานและการอินเตอร์เฟส	53
3.1 ไอซี 8255	53
3.2 ขาต่าง ๆ ของ ไอซี 8255	54
3.3 การเชื่อมต่อ 8255 กับ Z-80	55
3.4 รีจิสเตอร์ภายในของ 8255	58
3.5 โหมด 0 หรืออินพุตเอาต์พุตแบบพื้นฐาน	59
3.6 การทำงานในโหมด 0	61
3.7 การทำงานของ 8255 ในโหมด 1	66
3.8 การทำงานของ 8255 ในโหมด 2	70
3.9 การอินเตอร์เฟส	71
บทที่ 4 การออกแบบและการทดลอง	95
4.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน	95
4.2 การทำงานและวงจรที่ใช้งาน	98
4.3 การทดลองและผลการทดลอง	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปผลการทดลอง 117

5.1 ระบบฝากข้อความและตรวจสอบ 117

5.2 ส่วนของการตรวจสอบข้อมูล 117

5.3 ส่วนของการเปลี่ยนรหัส 117

เอกสารอ้างอิง 119

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ภาพ **หน้า**

รูปที่ 1.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น 2
รูปที่ 1.2 แถบความถี่ (พลังงาน) ของเสียงพูด 5
รูปที่ 1.3 สัญญาณ ๆ ที่อยู่ในและนอกความถี่เสียง 6
รูปที่ 1.4 วงจรอย่างง่ายในการอธิบายกำลังของสัญญาณ 6
รูปที่ 1.5 สัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับคลื่นพาห์ 8
รูปที่ 1.6 สัญญาณให้หมุน 8
รูปที่ 1.7 สัญญาณไม่ว่าง 9
รูปที่ 1.8 สัญญาณเรียกกลับ 9
รูปที่ 1.9 สัญญาณกริ่งเรียก 10
รูปที่ 1.10 ความถี่และการจัดปุ่ม 12
รูปที่ 1.11 ลักษณะทางไฟฟ้าปรากฏที่คู่สายในขณะทำการเรียก 13
รูปที่ 1.12 ลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้ที่เรียกเรียกเข้ามา 14
รูปที่ 1.13 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์ 14
รูปที่ 1.14 ผังการทำงานของโทรศัพท์ 15
รูปที่ 1.15(ก) โทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข 16
รูปที่ 1.15(ข) ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข 17
รูปที่ 1.16 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ 19
รูปที่ 1.17 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบขนานกับวงจรไฮบริด 20
รูปที่ 1.18 วงจรไฮบริด 21
รูปที่ 1.19 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบอนุกรมกับวงจรไฮบริด 22
รูปที่ 1.20 ผังการทำงานของไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ 22
รูปที่ 1.21 วงจรสมบูรณ์ของระบบที่ใช้ในการส่งสัญญาณพัลส์ 23
รูปที่ 1.22 ผังเวลาของสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการส่งสัญญาณพัลส์จากรูปที่ 1.21 24
รูปที่ 1.23 ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่ 26
รูปที่ 1.24 วงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ	หน้า
รูปที่ 1.25 ผังเวลาของไอซี MT 8870	27
รูปที่ 1.26 การต่อวงจรภาคอินพุต	29
รูปที่ 1.27 วงจรการใช้งานเบื้องต้นของไอซี (MT 8870 และการต่อวงจรผลิตความถี่)	30
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมซีพียู Z-80	31
รูปที่ 2.2 แสดงรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ใน Z-80	32
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของ ALU ภายใน	35
รูปที่ 2.4 ลักษณะของขาไอซี Z-80 ซีพียู	36
รูปที่ 2.5 ลักษณะการทำงานจะสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา	39
รูปที่ 2.6 แสดงขบวนการอินเตอร์รัพท์	42
รูปที 2.7 แสดงให้เห็นระบบการจัดลำดับความสำคัญ	44
รูปที่ 2.8 กรรมวิธีการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์โหมด 2	47
รูปที่ 2.9 แสดงไดอะแกรมเวลาของการตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์	50
รูปที่ 2.10 แสดงไดอะแกรมเวลาของการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์	52
รูปที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างของไอซี 8255	53
รูปที่ 3.2 แผนผังวงจรภายในและการจัดขาของไอซี 8255	54
รูปที่ 3.3 การกำหนดแอดเดรสให้กับ 8255	56
รูปที่ 3.4 วงจรการเชื่อมต่อสายสัญญาณควบคุมการเขียนและการอ่าน 8255	56
รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อ 8255 กับ Z-80 ทั้งระบบ	57
รูปที่ 3.6 ความหมายของบิทต่าง ๆ ในรหัสควบคุม	59
รูปที่ 3.7 ลักษณะของรหัสควบคุมแบบต่าง ๆ ในโหมด	61
รูปที่ 3.8 วงจรการต่อคีย์บอร์ดขนาด 32 คีย์แบบเมตริกซ์	63
รูปที่ 3.9 โครงสร้างตัวตรวจสอบสัญญาณของพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต	67
รูปที่ 3.10 วงจรการต่อ 8255 ในโหมด 1	68
รูปที่ 3.11 แผนผังเวลาการรับและส่งข้อมูลโดยใช้ตัวตรวจสอบสัญญาณ	69
รูปที่ 3.12 โครงสร้าวของพอร์ต A ที่ทำงานแบบพอร์ต 2 ทิศทาง	71
รูปที่ 3.13 แสดงเส้นทางสัญญาณต่าง ๆ และตารางเวลาการทำงานของ	73
รูปที่ 3.14 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง (Z-80X CPU กับ EPROM	74
รูปที่ 3.15 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Z-80 กับ EPROM 2716 และ 2764	78
รูปที่ 3.16 แสดงเส้นสัญญาณต่าง ๆ ของ IC 6116	79
รูปที่ 3.17 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Z-80 กับ 6116	80

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ	หน้า
รูปที่ 3.18 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Z-80 กับ 6116	82
รูปที่ 3.19 แสดงถึงรีจิสเตอร์ที่แกิดจากการนำฟลิบฟลอบมาต่อกัน	83
รูปที่ 3.20 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Z-80 กับฟลิบฟลอบ	83
รูปที่ 3.21 แสดงตัวอย่างวงจรจริงของการเชื่อมต่อระหว่าง Z-80 รีจิสเตอร์	84
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างแสดงการเชื่อมต่อกับ Tri-state Buffer	85
รูปที่ 3.23 แสดงตัวอย่างวงจรจริงของการเชื่อมต่อกับ Tri-state Buffer	86
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรเชื่อมต่อระหว่าง Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์กับชิพสนับสนุน	57
รูปที่ 3.25 แสดงวงจรสร้างสัญญาณ WAIT 1 ลูก	88
รูปที่ 3.26 แสดงวงจรสร้างสัญญาณ WAIT 0~5 ลูก	89
รูปที่ 3.27 แสดงวงจรสร้างสัญญาณ WAIT 1 ลูก	90
รูปที่ 3.28 แสดงวงจร Bus Buffer	92
รูปที่ 3.29 แสดงตัวอย่างวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	93
รูปที่ 3.30 แสดงตัวอย่างวงจรสร้างสัญญาณ Reset	94
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานแต่ละกรณีของระบบฝากข้อความ	95
รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมของการทำงานโดยรวม	96
รูปที่ 4.3 วงจรบันทึกเสียงและเล่นกลับ	99
รูปที่ 4.4 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส(ใช้ IC# MC145436)	101
รูปที่ 4.5 วงจรถอดรหัส DTMF โดยใช้ IC# MT8870	103
รูปที่ 4.6 วงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกและวงจรตั้งเวลาตรวจสอบ	105
รูปที่ 4.7 วงจรการทดลองภาคบันทึกเสียงและเล่นกลับ	106
รูปที่ 4.8 วงจรการทดลองตัวตรวจจับสัญญาณเรียกและวงจรตั้งเวลาการตรวจสอบ	108
รูปที่ 4.9 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส DTMF (IC# 145436)	111
รูปที่ 4.10 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF (IC# MT8870)	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข	3
ตารางที่ 2.1 แสดงสถานะสภาพของ IFF1 และ IFF2	49
ตารางที่ 3.1 สัญญาณควบคุมการกระทำของ 8255	58
ตารางที่ 3.2 หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ ของพอร์ต C	68
ตารางที่ 3.3 หน้าที่ของพอร์ต C ในโหมด 2	70

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีในทุก ๆ ด้าน ก็ด้วยความร่วมมือและการช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์มนชนก ศรีเสือขาม ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาทางด้านโครงงานของคณะผู้จัดทำ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำโครงงาน ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดมา และต้องขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างมาก และขออภัยที่ไม่ได้กล่าวนามได้ทั้งหมด ทางคณะผู้จัดทำหวังว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากทุก ๆ ท่านอีกในโอกาสต่อ ๆ ไป

สุดท้ายนี้ก็ต้องขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ทางด้านการศึกษา และกำลังใจ ด้วยดีตลอดมา

นายนวรัตน์ คุณะโคตร
นายปัญญา สุริ
นางสาวศิริลักษณ์ แสงแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

จากสภาพความเป็นจริงที่ว่าโครงสร้างของสังคมไทย ในปัจจุบันมีขนาดเล็กลง มีการแข่งขันในทุก ๆ ด้านเวลาอยู่กับบ้านน้อยลง ทำให้การสื่อสารของผู้คนไม่ว่าจะเป็น ญาติมิตร หรือบุคคลที่ติอต่อในวงสังคมที่มีโทรศัพท์เป็นสื่อกลาง ต้องผิดหวังเมื่อคู่สายที่ติดต่อไม่อยู่ ซึ่งอาจทำเสียเวลา หรือเสียโอกาส บางอย่างไปโดยที่ไม่น่าจะเสีย โครงงานนี้สามารถแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ผู้พักอาศัย สามารถตรวจสอบข้อความที่คู่สายฝากข้อความถึงตนในกรณีที่กลับเข้ามาในบ้าน โดยการกดรหัสของตนเอง 4 เลขหมาย ซึ่งในกรณีที่คู่สายติดต่อเข้ามา จะมี Operator ทำหน้าที่บอกให้คู่สายที่โทรเข้ามาทราบว่า ขณะนี้เจ้าของบ้านไม่อยู่ให้ฝากข้อความเอาไว้ แต่ละคนฝากได้ไม่เกิน 90 วินาที โดยการถอดรหัส 2 หมายเลข แล้วการกำหนดโดย โครงงานนี้ ผู้ฝากข้อความจะฝากได้สูงสุด 8 คน โดยมีรหัสของผู้ตรวจสอบ 4 คน สามารถตรวจสอบข้อความที่คู่สายฝากถึงตนสูงสุด 2 คน

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวกับขั้นตอนการทำ โครงงาน 2 ดังนั้นรายละเอียดต่าง ๆ บางส่วนจึงคล้ายคลึงกับในโครงงาน 1 บ้างโดยที่ โครงงาน 2 จะมีการนำเสนอเป็นเนื้อหา ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 ทฤษฎีและหลักการของโทรศัพท์

บทที่ 2 โครงสร้างของซีพียู และการอินเตอร์รัพท์

บทที่ 3 ไอซี 8255 พอร์ตข้อมูลแบบขนานและการอินเตอร์เฟส

บทที่ 4 การออกแบบและการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุปผลการทดลอง

จากที่กล่าวมาแล้วทางคณะผู้จัดทำ โครงงานนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความสนใจจากทุกท่านบ้างไม่มากก็น้อย หากมีความรู้ใดที่ก่อประโยชน์แก่ผู้อ่านก็ขอให้ความดีนั้นจงบังเกิดเกิดแก่ผู้ที่เอื้อเฟื้อและผู้ที่เกี่ยวข้องที่ทำให้รายงานฉบับนี้ สำเร็จได้ หากมีข้อมูลผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำก็ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วยซึ่งความผิดนี้ทางคณะผู้จัดทำขอรับไว้แต่ผู้เดียว

ขอขอบคุณทุกๆท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ทฤษฎีและหลักการของโทรศัพท์

1.1 บทนำ

ปัจจุบันนี้การสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน เรียกได้ว่าจะต้องมีการสื่อสารกันตลอดเวลาก็ว่าได้ และระบบโทรศัพท์ก็จัดว่าเป็นระบบสื่อสารที่ใกล้ตัวเรามากที่เดียว ซึ่งทุกคนต้องเคยใช้โทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสารกันมาแล้ว

โทรศัพท์ที่เห็นทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบกดปุ่ม และแบบหมุน โดยหน้าที่ของทั้ง 2 ระบบจะเหมือนกัน ต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์

1.1.1 หน้าที่หลักของโทรศัพท์

1. เครื่องโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น

2. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุนบอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือ เสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหู เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกัน

3. เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยไปยังชุมสายที่ควบคุม

4. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่าหมายเลขที่ ต้องการติดต่อด้วยว่าหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญากลับเป็นความถี่ 440 เฮิรตซ์ มอดดูเลตกันมาโดยจะดัง 2 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา

5. สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และเปลี่ยนจากสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง

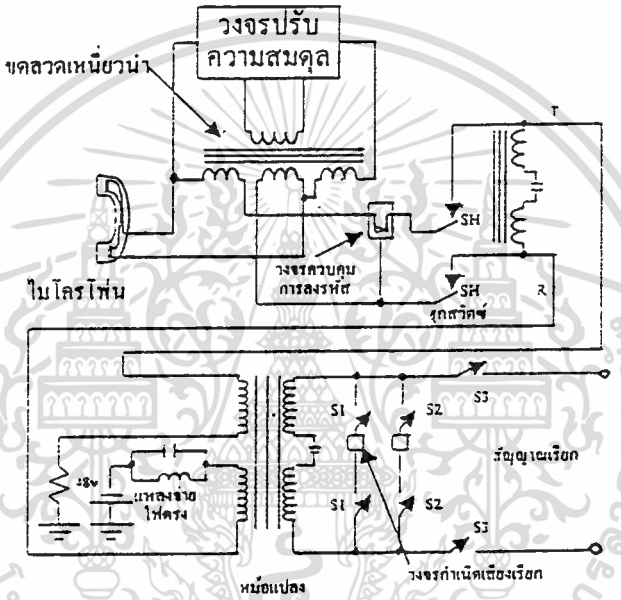
6. เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่เกิดมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น

7. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสาย เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 กลไกการเชื่อมต่อวงจรโทรศัพท์

วงจรพื้นฐานข้างในรวมทั้งการเชื่อมต่อกับชุมสายเบื้องต้นแสดงดังรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 2 สาย คือ T (Tip) และ R (Ring) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ สุกสวิตซ์ ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟังกับสายโทรศัพท์ที่มีหม้อแปลงแบบอัตโนมัติ ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟัง ทำให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพที่สุด รวมไปถึงทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไปในระดับที่เหมาะสม



รูปที่ 1.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้ว ก็จะมีสัญญาณถูกส่งไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ ก็คือ การส่งสัญญาพัลส์ (Pulse Train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งสัญญาณพัลส์ 1 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลข 0 ส่ง 2 พัลส์ ก็หมายถึงหมายเลข 1 ดังนั้น ถ้าเราหมุน 9 ก็จะมีการพัลส์จำนวน 10 พัลส์นั่นเอง และความเร็วในการส่งก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นจะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าของความถี่ที่แตกต่างกันออกไปสำหรับแต่ละเลขหมายที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง โดยในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดดูเลตแล้วส่งออกไป 2 ความถี่ ดังตารางที่ 1.1

ความถี่ (Hz)	รหัสหรือหมายเลข		
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#
ความถี่ Hz	1209	1336	1477

ตารางที่ 1.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข

ทางชุมสายเมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกแล้ว ก็จะแปลงสัญญาที่จะได้รับมาสั่งให้อุปกรณ์สวิตช์ชิ่งทำงาน เพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่ว่าสามารถต่อวงจรให้ได้แต่ถ้าปลายสายว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังปลายสายและส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ringing Back Tone) ไปยังผู้เรียก เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

1.1.3 การสนทนา

เมื่อปลายสายหรือผู้เรียกหรือผู้ถูกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนวงจรควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุด เพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไป แต่หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือ การทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง

ในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่ เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 รูปแบบไปพร้อมๆ กัน คือ แปลงจากสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง (Acoustic Energy) ซึ่งจะเรียกว่ารูปแบบการรับสัญญาณ (Receiver Mode) และในทางกลับกัน รูปแบบที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟฟ้า จะเรียกว่า รูปแบบการส่งสัญญาณ (Transmitter Mode) ในรูปแบบหลังนี้นี่เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องนั่นก็คือ การที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่า Side Tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังให้อยู่ในระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาจะได้ยินเสียงพูดของผู้เรียกได้อย่างชัดเจน

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่าย และวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากยุกสวิตช์ก็จะบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออก อุปกรณ์ต่างๆ ก็จะว่าง และพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

1.1.4 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

ในสายส่งโทรศัพท์นั้นมีสัญญาณต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อทำให้เราสามารถพูดคุยกันในระยะทางไกลๆ ได้ สัญญาณที่จะปรากฏในสายส่งจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ สัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมระบบสวิตช์ซึ่ง ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียกนั่นเอง รวมทั้งสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณบอกไม่ว่าง ตัวสัญญาณควบคุมนี้อาจจะเป็นได้ทั้งสัญญาณอะนาลอก หรือจะเป็นสัญญาณดิจิตอลก็ได้ โทรศัพท์แบบหมุนกับแบบกดปุ่มมีหลักการส่งรหัสหมายเลขโทรศัพท์คนละแบบกัน

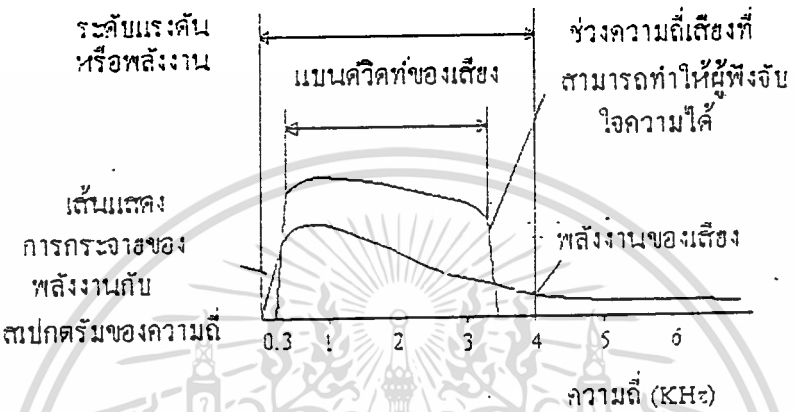
ดังนั้น ในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งบางครั้ง อาจจุมีการส่งทั้งสัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอะนาลอกไปพร้อมๆ กันก็ได้

1.1.5 สัญญาณเสียงพูด

สัญญาณเสียงพูดเป็นสัญญาณแอนะลอก จากรูปที่ 1.2 จะเห็นว่าเสียงพูดมีแบนดวิดธ์ ตั้งแต่ 100 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่จริงๆ แล้วเสียงพูด ที่ทำให้คนเรานั้นสามารถฟังแล้วจับในความได้ จะอยู่ในช่วง 200-4,000 เฮิรตซ์ เท่านั้น วงจรกรองความถี่จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันสัญญาณที่ไม่ต้องการเข้ามาภายในระบบ โดยจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0-400 เฮิรตซ์ สามารถผ่านเข้าไปในระบบได้ และความถี่ย่านนี้เรียกว่าช่องสัญญาณเสียงพูดแต่อย่างไรก็ตาม แบน์ดวิดธ์ของเสียงพูดในการส่งจริงจะอยู่ในช่วง 300-3,000 เฮิรตซ์ เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้ช่องสัญญาณในการส่งเต็มย่านความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 จะเห็นว่าช่วงความถี่ 300-3,000 เฮิรตซ์ ประกอบไปด้วยสัญญาณต่างๆ หลายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณหมุน หรือสัญญาณควบคุมต่างๆ ก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่นี้ทั้งสิ้น



รูปที่ 1.2 แถบความถี่ (พลังงาน) ของเสียงพูด

เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยิน นั่นก็คือ ขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณ ซึ่งสามารถอธิบายให้เห็นได้ดียิ่งขึ้น โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอยู่ในรูปของพลังงานที่ปรากฏที่โหลด ดังรูปที่ 2.4 เช่น สายโทรศัพท์คู่หนึ่งที่มีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหลดคือ

$$P_{load} = es^2/600$$

โดย P_{load} คือ กำลังที่ตกคร่อมโหลด (วัตต์)

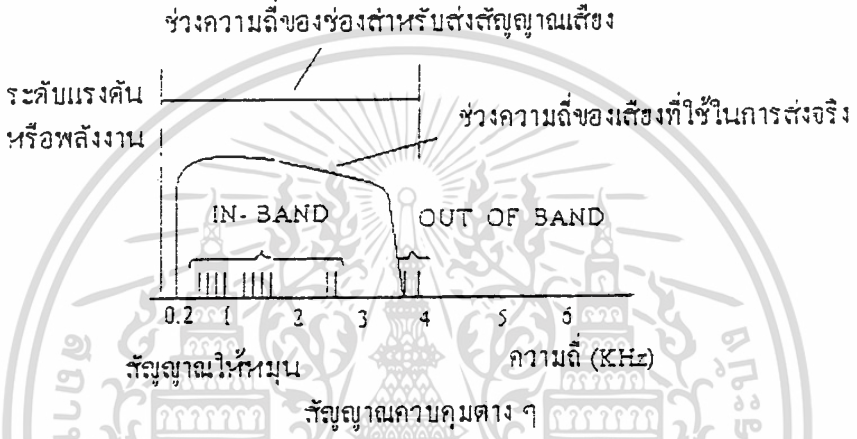
es คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งไป (วัตต์)

แต่ในระบบโทรศัพท์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงมักจะใช้การเปรียบเทียบกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์ อยู่เสมอโดยอยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

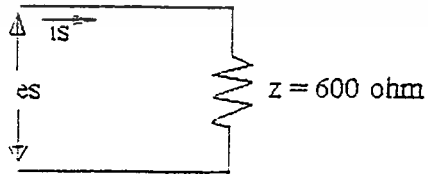
$$dB = 10 \log_{10} (P_1/P_2)$$

แต่เนื่องจากมักจะใช้ค่า 1 มิลลิวัตต์เป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (ค่า P2 = 1 มิลลิวัตต์ ในสมการนั่นเอง) ก็จะใช้สัญลักษณ์เป็น dB_m แทน ซึ่งความหมายก็คือ การเปรียบเทียบกำลังที่จุดใดๆ กับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์ นั่นเอง



รูปที่ 1.3 สัญญาณต่างๆ ที่อยู่ในและนอกความถี่เสียง

ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันจริงๆ จะมีการกำหนดจุดๆ หนึ่งในสายส่งให้มีค่า $dB_m = 0$ ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า Zero level Transmission Point (Zero LTP) ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับจากการ



รูปที่ 1.4 วงจรอย่างง่ายในการอธิบายกำลังของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดจุดนี้ขึ้นมา ก็คือ สามารถทำให้เราทราบได้ว่าที่ระยะต่างๆ ที่ห่างจากจุด Zero LTP มีค่ากำลังของสัญญาณที่ dB_m เท่าใด เมื่อทราบเพียงค่าแรงดันจากการวัดที่ระยะนั้นๆ

1.1.6 สัญญาณรบกวน

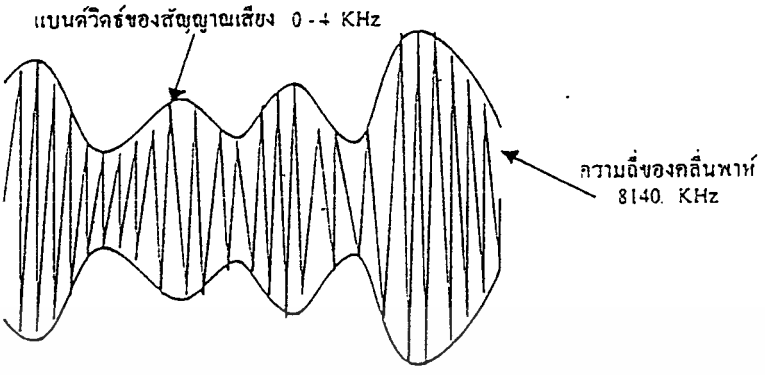
ในระบบใดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณเสียงพูดได้ และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน ก็คือสิ่งแวดล้อมรอบข้างนั้นเอง เช่น ความร้อนจากสวิตซ์, อุปกรณ์ไทริสเตอร์, สายไฟฟ้ากำลังสูงที่อยู่ใกล้กันกับสายส่งสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่อง สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่อง นอกจากนี้ ยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่ง คือ เสียงสะท้อนในสายโทรศัพท์ สาเหตุที่ทำให้เกิดเสียงสะท้อน ก็คือ เกิดการไม่สมดุลย์กัน (Mismatching) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุต โดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบโทรศัพท์ที่มี 2 สาย กับระบบที่มี 4 สาย และปัญหาเรื่องของเสียงสะท้อนจะมากยิ่งขึ้น ถ้าหากระยะระหว่างจุดที่ทำให้เกิดเสียงสะท้อนไกลกันมากๆ แต่โดยปกติแล้วมักจะไม่รู้สึกถึงการสะท้อนกลับของเสียงจนถึงขั้นที่ทำให้เรารำคาญ

1.1.7 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

ถ้าหากทำให้สายส่งสัญญาณโทรศัพท์เส้นหนึ่งสามารถใช้ส่งสัญญาณจากหลายๆ เครื่องได้ภายในเส้นเดียวกัน ก็จะทำให้สะดวกและประหยัดในการเดินสาย ดังนั้น ในระบบส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่บริการกับชุมสายท้องถิ่นนั้น จึงได้มีการนำวิธีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณมาใช้ ซึ่งเป็นระบบที่เรียกว่า Frequency Division Multiplexing (FDM) ซึ่งระบบนี้จะทำให้สามารถส่งสัญญาณที่มีความถี่ต่างกันไปในสายส่งเดียวกันได้

ในรูปที่ 1.5 แสดงถึงหลักการของวิธีการมอดูเลตแบบแอมปลิจูดมอดูเลตดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าความถี่ของสัญญาณเสียงที่เหมาะสมที่ใช้ในการส่งไปนั้นจะอยู่ในช่วงความถี่ 0-4 กิโลเฮริตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 สัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับคลื่นพาห์

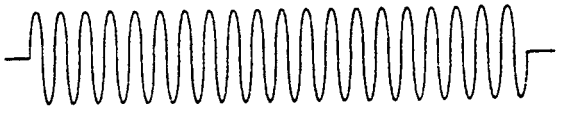
ถ้าหากต้องการจะส่งสัญญาณเสียงจากหลายๆ แหล่งพร้อมกัน จะต้องทำการมอดูเลตสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่าสัญญาณเสียงมาก เช่น ความถี่พาห์ขนาด 8,140 กิโลเฮิรตซ์เข้าไปกับสัญญาณเสียง

1.1.8 สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ส่งมายังสมาชิกผู้ใช้ (Subscriber) เป็นการบอกสถานะการติดต่อของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในระบบโทรศัพท์ และแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณแต่ละชนิด รายละเอียดของสัญญาณต่างๆ มีดังนี้

สัญญาณสมาชิก คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสภาวะต่างๆ ในการติดต่อให้ผู้เรียกทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณ สัญญาณสมาชิกประกอบด้วย

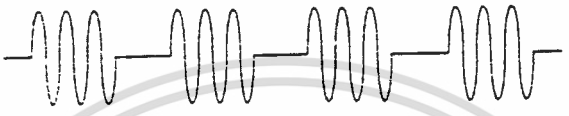
1. **สัญญาณให้หมุน (DT : Dial Tone)** สัญญาณให้หมุนนี้เป็นสัญญาณแบบคลื่นซายน์ มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งมาอย่างต่อเนื่อง และมีระดับขนาด 400 มิลลิโวลต์ พีคทูพีค ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 สัญญาณให้หมุน

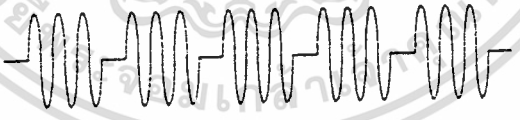
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **สัญญาณไม่ว่าง (BT : Busy Tone)** เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้สมาชิกทราบว่าผู้รับสายไม่ว่าง หรือการต่อระหว่างชุมสาย (Trunk) ไม่ว่าง ผู้เรียกจึงควรวางหูโทรศัพท์สักระยะหนึ่งแล้วจึงเริ่มทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างเป็นสัญญาณคลื่นซายน์ มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งมาให้คู่สายเป็นช่วงๆ โดยเป็นจังหวะดัง 0.5 วินาที สลับกันไป และมีขนาด 250-300 มิลลิโวลต์พีคทูพีค ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 สัญญาณไม่ว่าง

3. **สัญญาณเรียกกลับ (RBT : Ring Back Tone)** เป็นสัญญาณเพื่อแสดงว่า การต่อถูกขั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียกไปยังผู้รับ และสังสัญญาณกริ่งให้กับผู้รับเพื่อตอบรับการเรียกสัญญาณกริ่งเรียกเป็นสัญญาณคลื่นซายน์ที่มีความถี่ 20 เฮิรตซ์ มาเป็นช่วงๆ โดยมีจังหวะดัง 1 วินาที และเงียบ 4 วินาที ระดับขนาด 100 โวลต์พีคทูพีค ดังรูปที่ 1 .8

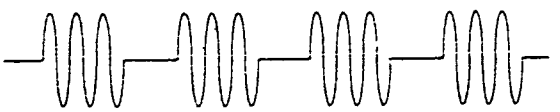


รูปที่ 1.8 สัญญาณเรียกกลับ

4. **สัญญาณกริ่งเรียก (RGT : Ringing Tone)** เป็นสัญญาณเพื่อแสดงว่าการต่อทุกขั้นตอนเป็นไปตามความต้องการของผู้เรียกไปยังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อได้สำเร็จ และส่งสัญญาณกริ่งมาให้ผู้รับตอบรับการเรียก สัญญาณกริ่งเรียกเป็นสัญญาณคลื่นซายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ ส่งมาเป็นช่วง ๆ โดยมีจังหวะดัง 1 วินาที มีระดับสัญญาณขนาด 100 โวลต์ พีคทูพีค ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 สัญญาณกริ่งเรียก

1.1.9 ระบบการต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์

1. ระบบการต่อทางด้านผู้เรียก

เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาเพื่อทำการเรียกออก จะทำให้ระดับสัญญาณไฟตรงของคู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ ทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ทราบว่าเป็นการเริ่มต้นการ เรียก ก็จะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังผู้เรียก ในกรณีที่ไม่ว่างชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก เพื่อให้ผู้เรียกวางหูสังครู่แล้วจึงเริ่มทำการเรียกออกใหม่ เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุนก็จะทำการส่งเลขหมายของผู้รับไปยังชุมสาย อุปกรณ์ของชุมสายโทรศัพท์จะทการแปลงรหัสพร้อมกันนั้นชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณให้หมุนหลังจากได้รับสัญญาณเลขหมายตัวแรก เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ได้รับเลขหมายของผู้รับ ก็จะทำการระบุตำแหน่งของชุมสายปลายทางจากเลขหมาย โดยพิจารณาเลขหมาย 3 หลักแรก เมื่อทราบตำแหน่งแล้วเครื่องโทรศัพท์ก็จะทำการเลือกเส้น (Route) ระหว่างชุมสายผู้เรียกกับชุมสายผู้รับให้สามารถกริ่งเรียกไปยังผู้รับในกรณีที่ผู้รับไม่ได้ใช้โทรศัพท์อยู่ หรือชุมสายไม่สามารถหาเส้นทางติดต่อได้ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก เพื่อให้ผู้เรียกวางหูแล้วค่อยทำการเรียกใหม่ เมื่อผู้รับตอบรับการเรียกสัญญาณ ตอบรับ (Answer Signal) ซึ่งเป็นสัญญาณเรียกกลับจะถูกส่งจากผุ้รับไปยังชุมสาย ทำให้ชุมสายตัดสัญญาณกริ่งเกรียกทางด้านผุ้รับ และยกเลิกสัญญาเรียกกลับทางด้านผุ้เรียก และผู้รับก็จะสามารถเริ่มต้นการสนทนากันได้ เมื่อมีการวางหูด้านผู้เรียกหรือผู้รับ ชุมสายโทรศัพท์ก็จะยกเลิกเส้นทางการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบการต่อด้านผู้รับ

เมื่อเกิดการเรียกไปยังผู้รับได้สำเร็จ ชุมสายโทรศัพท์ก็จะดำเนินการส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังผู้รับให้ทราบ เพื่อทำการตอบรับการเรียก ถ้ายังไม่มีการตอบรับการเรียกภายในเวลา 90 วินาที สัญญาณกริ่งเรียกที่ถูกส่งมาอย่างสม่ำเสมอก็จะถูกยกเลิกโดยทางชุมสายโทรศัพท์ และจะส่งสัญญาณไม่ว่างแจ้งไปยังผู้เรียกให้ทราบว่าผู้รับไม่ตอบรับการเรียกให้ทำการเรียกใหม่ กรณีที่ผู้รับตอบรับการเรียก จะทำให้ระดับสัญญาณไฟตรงเกิดการเปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ เป็นการแจ้งให้ทางชุมสายโทรศัพท์ทราบสถานะการตอบรับการเรียก ทำให้เกิดการยเลิกสัญญาณกริ่งเรียกด้านผู้รับ และยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้เรียก หลังจากนั้น วงจรสนทนาระหว่างผู้เรียกและผู้รับก็จะทำงาน และสามารถเริ่มต้นการสนทนากันได้ เมื่อเกิดสถานะการวางหูของผู้เรียกและผู้รับ ชุมสายโทรศัพท์จะทำการยกเลิกเส้นทางการติดต่อ

3. ระบบการกำหนดเลขโทรศัพท์

การต่อโทรศัพท์ของสมาชิกผู้เช่าแต่ละรายโดยผ่านชุมสายโทรศัพท์ จำเป็นต้องมีเลขหมายแทนชื่อผู้เช่า และเลขหมายที่ใช้นั้นจะต้องเกิดความสะดวกรวดเร็วในการเรียกติดต่อในประเทศหรือการเรียกโทรศัพท์ภายในท้องถิ่นเดียวกันนั้น จะกำหนดว่าต้องหมุนหมายเลขของชุมสายท้องถิ่นก่อน แล้วจึงหมุนหมายเลขของผู้เช่าตามหลัง ในกรณีการต่อในเขตอื่น จะต้องมีเลขแสดงการผ่านศูนย์ทางไกลซึ่งเป็นเลข 0 ก่อน แล้วตึงหมุนหมายเลขของศูนย์โทรศัพท์ทางไกล (Toll center) จากนั้นจึงจะเป็นเลขหมายของชุมสายท้องถิ่นและเลขหมายของผู้เช่า

กรณีการเรียกท้องถิ่นเดียวกัน

K K K X X X X

หมายเลขชุมสายท้องถิ่น หมายเลขของผู้เช่า

กรณีเรียกทางไกล

0 F F K K K X X X X

หมายเลขศูนย์ทางไกล หมายเลขชุมสายท้องถิ่น หมายเลขของผู้เช่า

2.1.10 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์

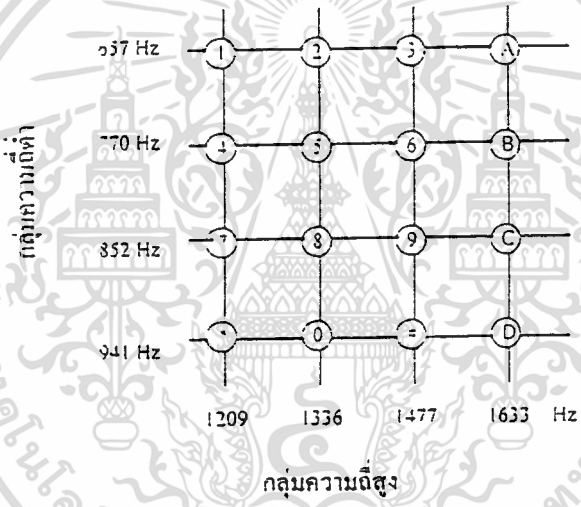
สัญญาณโทรศัพท์มีทั้งสัญญาณไฟตรง และไฟสลับซึ่งจะพิจารณาสัญญาณโทรศัพท์ได้เป็น 2 ลักษณะตามวิธีการใช้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อเป็นผู้เรียก

เมื่อโทรศัพทียังไม่ได้ใช้หรือไม่ได้ยกหู สัญญาณระหว่างคู่สายจะเป็น 48 โวลตี ดีซี เมื่อยกหูฟังขึ้นสัญญาณระหว่างโทรศัพท์จะตกลงเป็น 5 โวลต์ ดีซี ในขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณ 600 มิลลิโวลต์ ผสมมาด้วย

เมื่อหมุนหรือกดหน้าปัทม์เพื่อเรียกไปยังหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยนั้น ในแบบหมุนหน้าปัทม์จะส่งพัลส์จำนวนลูกเท่ากับจำนวนพัลส์ที่หมุน โดยจะส่งพัลส์ในแบบ 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 20 พัลส์ต่อวินาที สำหรับในแบบกดปุ่มหน้าปัทม์นั้นจะส่งสัญญาณคู่ความถี่ ซึ่งเป็นสัญญาณของกลุ่มความถี่ต่ำและความถี่สูงรวมกัน ซึ่งจะเป็นความถี่มาตรฐานที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 1.10

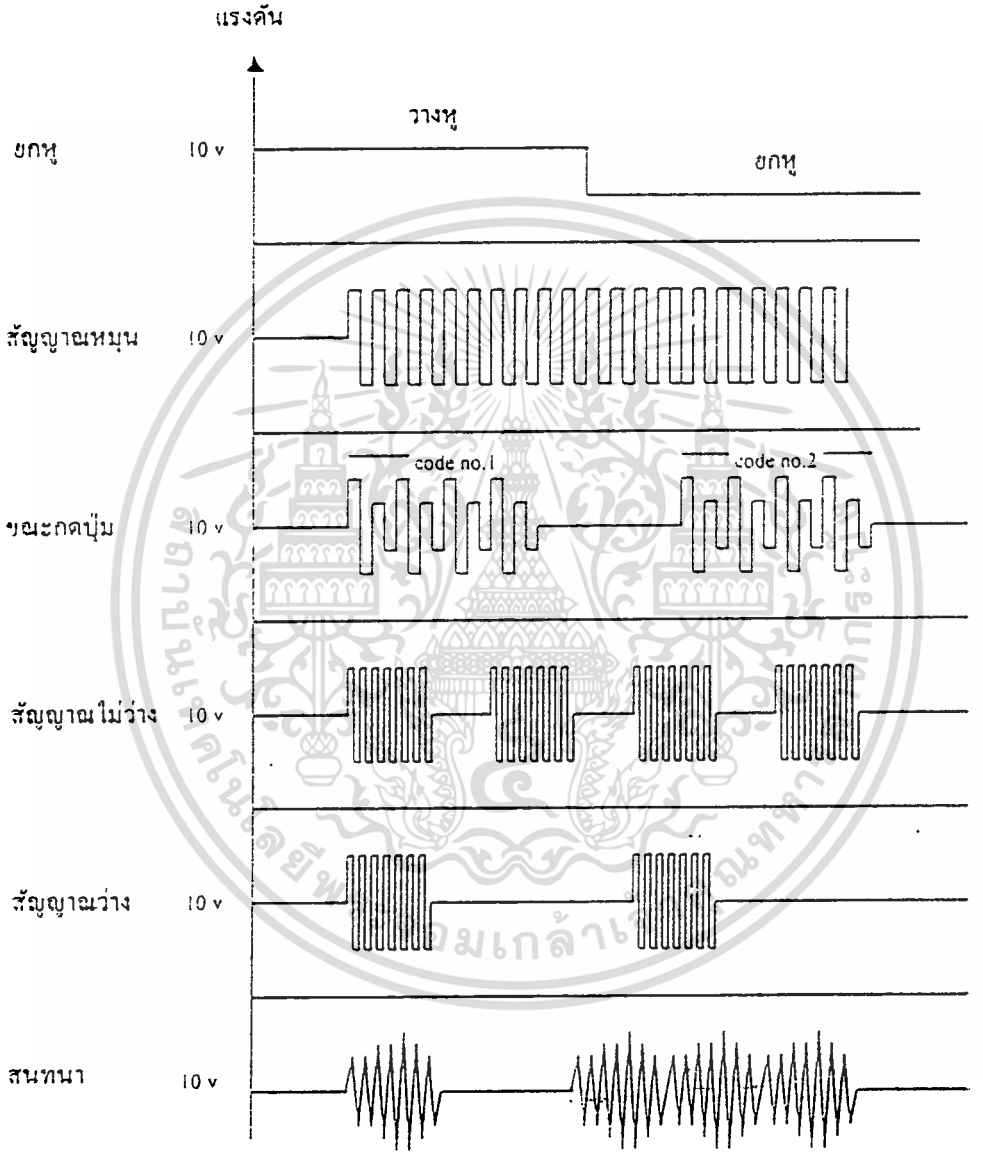


รูปที่ 1.10 ความถี่และการจัดปุ่ม

ขณะรอสัญญาณหลังการหมุนหรือกดปุ่มหน้าปัทม์ ถ้าได้รับสัญญาณเรียกกลับแสดงว่ากำลังมีการเรียกไปยังหมายเลขที่ต้องการติดต่ออยู่ โดยเป็นสัญญาณเป็นจังหวะดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที สลับกัน ที่มีความถี่ 440 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 200 มิลลิโวลต์ แต่ถ้าหากว่าได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง ซึ่งจะเป็นสัญญาณดังและหยุดสลับกันเป็นจังหวะทุก 0.5 วินาที ที่มีความถี่ 500 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 400 มิลลิโวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะพูด สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์ยังคงเป็นสัญญาณดีซี 5 โวลต์ เช่นเดิม แต่จะมีสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณเอซี ระดับสัญญาณขนาดไม่เกิน 1 โวลต์ คร่อมอยู่บนสัญญาณดีซี



รูปที่ 1.11 ลักษณะทางไฟฟ้าปรากฏที่คู่สายในขณะทำการเรียก

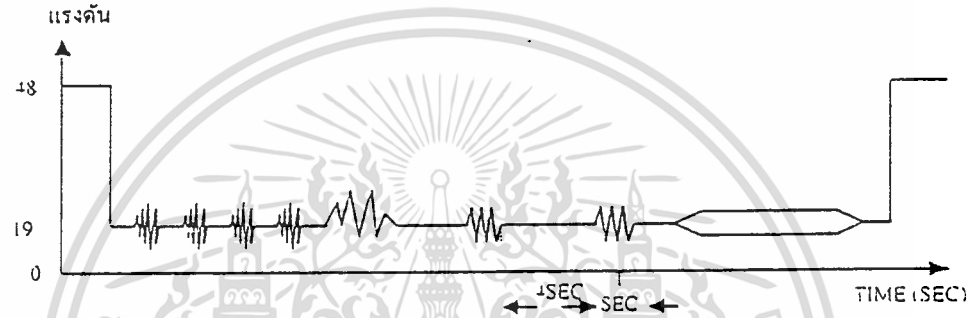
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อเป็นผู้รับ

ขณะยังวางหูอยู่ สัญญาระหว่างสายโทรศัพท์จะเป็น 48 โวลต์ ดีซี

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง จะมีสัญญาณเอซีความถี่ 16 เฮิรตซ์ ระดับสัญญาณ 270 โวลต์ ดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที สลับกัน

เมื่อยกหูโทรศัพท์ สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์จะตกลงไปเป็น 10 โวลต์ ดีซี และจะได้ยินเสียงจากผู้เรียก



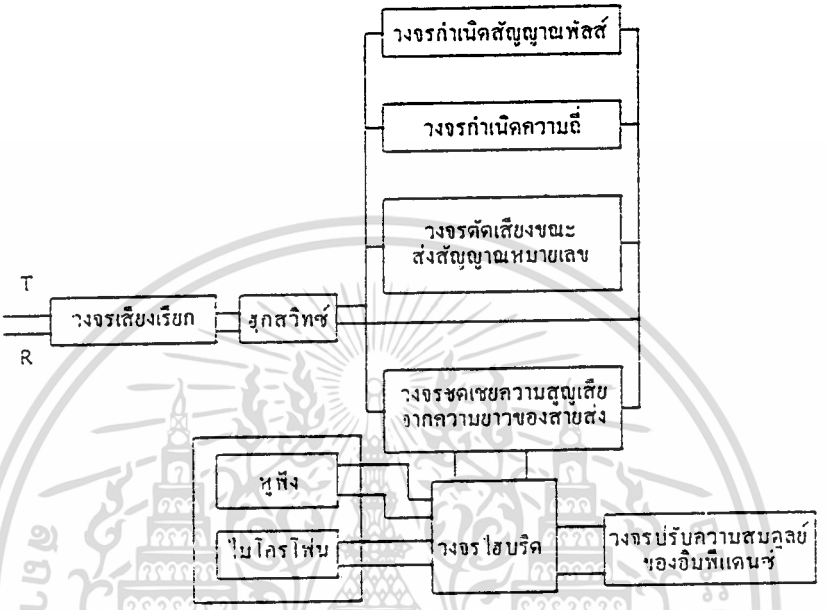
รูปที่ 1.12 ลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้ที่เรียกเรียกเข้ามา

รูปที่ 1.13 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ระบบโทรศัพท์

1.2.1 ระบบทำงานของโทรศัพท์



รูปที่ 1.14 ผังการทำงานของโทรศัพท์

ในรูปที่ 1.14 เป็นผังการทำงานของส่วนต่างๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (Tip) และสาย R (Ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ชุมสาย คือวงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงก็คือเมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วาง ฮุกสวิตช์จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังฮุกสวิตช์ได้ ดังนั้น ถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากฮุกสวิตช์จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีการติดต่อเข้ามา

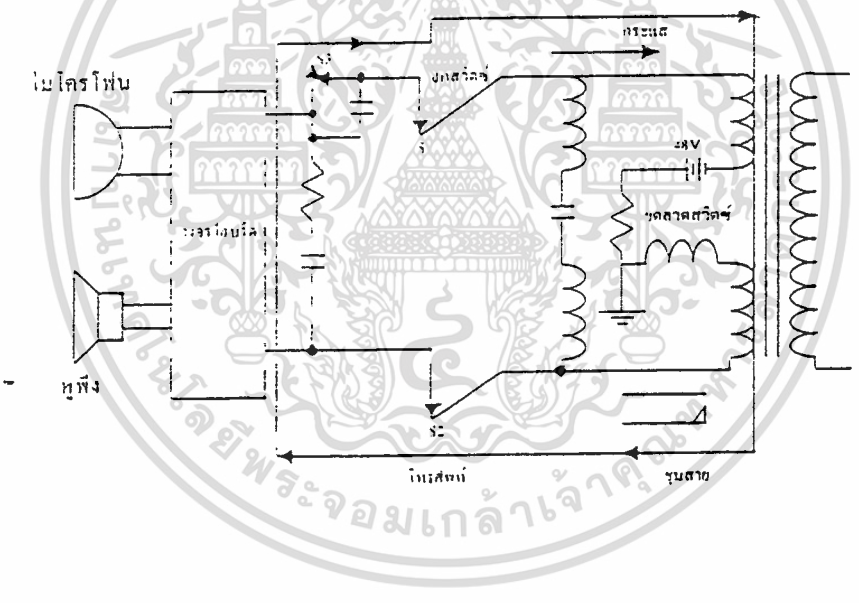
เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น ฮุกสวิตช์ S_1 และ S_2 ในรูปที่ 1.14 ก็ปิดวงจร ทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกัน กระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุนไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขที่ถูกส่งมาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นรวดเร็ว

การส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ที่แสดงถึงค่าของหมายเลขต่างๆ และอีกวิธีหนึ่งก็คือ การส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆ กัน โดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนด้วยค่าความถี่ 2 ความถี่ที่มอดูเลตรวมกัน ลักษณะการใช้งานของแต่ละแบบมีดังนี้

1.2.2 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข (Rotating - Type)



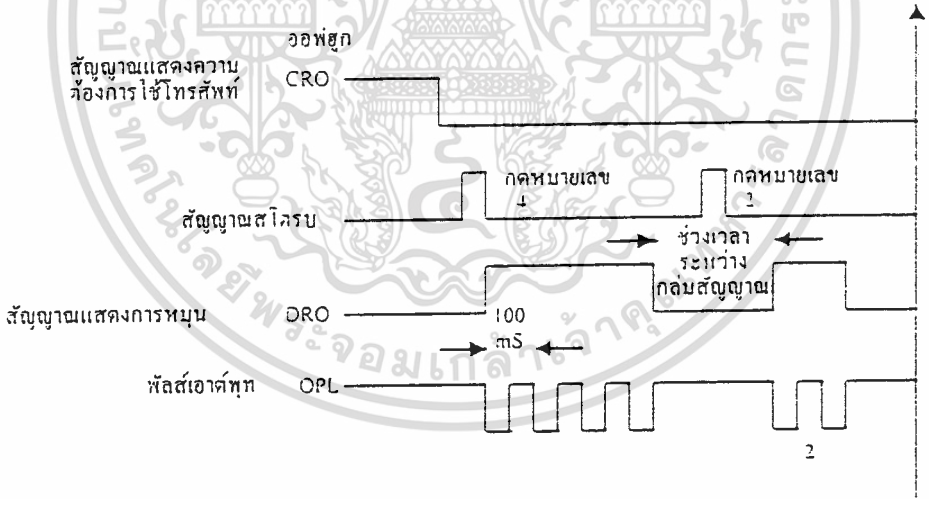
รูปที่ 1.15(ก) โทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข

รูปที่ 1.15(ก) จะเป็นวงจรที่ใช้การส่งหมายเลขโทรศัพท์ในแบบหมุน จะเห็นได้ว่าสวิตช์ S3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิตช์ S3 ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมือนว่าเป็นการขัดจังหวะการไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่สวิตช์S3ถูกเปิดออกจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของแป้นหมุนที่ถูกหมุนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆ ดังเช่น ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิตซ์ S3 ก็จะถูกทำให้เปิดออก 4 ครั้ง หรือถ้าหมุนหมายเลข 7 สวิตซ์ S3 ก็จะถูกเปิดออก 7 ครั้ง ซึ่งสวิตซ์ S3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุน กลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่หมุนหมายเลขอยู่

รูปที่ 1.15 (ข) จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์จากรูปนี้จะเห็นว่าในตอนแรกโทรศัพท์อยู่ในสภาวะออนฮุก (On-Hook) คือ หูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่บนที่วางหูโทรศัพท์ตามปกติ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ โทรศัพท์จะอยู่ในสภาวะออฟฮุก (Off-Hook) ฮุกสวิตซ์จะถูกปิดวงจรลง ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลข โดยในรูปจะเป็นการหมุนหมายเลข 4 ก็จะทำให้วงจรถูกเปิดออกด้วยสวิตซ์ S3 เป็นจำนวน 4 ครั้ง ก็จะได้รูปสัญญาณออกมาอย่างที่แสดงในรูป



รูปที่ 1.15 (ข) ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลส์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 10 PPS (Pulses Per Second) และเพื่อความเข้าในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้น จึงควรที่จะทราบความหมายของคำต่อไปนี้

1. คาบของสัญญาณพัลส์ (Pulse Period) เท่ากับช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิด (Break Duration) + ช่วงเวลาที่วงจรถูกปิด (Make Duration) ซึ่งคาบของสัญญาณพัลส์จะถูกออกแบบให้มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที

2. อัตราการส่งสัญญาณพัลส์ (Pulse Rate) เท่ากับจำนวนพัลส์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที 1,000/คาบเวลาของสัญญาณพัลส์ (เป็นมิลลิวินาที)

3. เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (Percent Break) เท่ากับ 100 x อัตราส่วนการเปิดวงจร (Break Ratio) = 100 x ช่วงเวลาที่ถูกวงจรเปิด / คาบเวลาของสัญญาณพัลส์

4. ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (Interdigit Interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

สำหรับในสหรัฐอเมริกาจะกำหนดค่ามาตรฐานของสัญญาณไว้แน่นอน ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิวินาที หรืออัตราการเปิดวงจรเท่ากับ 60% สำหรับประเทศอื่นๆ มักจะใช้ที่ค่า 67% เป็นส่วนใหญ่

ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง

ตามปกติ สายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์จะมีความต้านทานของตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำแฝงอยู่ โดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ ระยะทาง 1 ไมล์ ที่เพิ่มขึ้นของสายย่งจะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุต่อคร่อมระหว่างสายส่ง มีค่าประมาณ 42 โอห์ม และ 1 มิลลิเฮนรี่ ตามลำดับ ซึ่งอุปกรณ์แฝงพวกนี้จะมีผลทำให้สัญญาณพัลส์ที่ส่งไปตามสายส่งเกิดความผิดเพี้ยนทั้งขนาด และคาบเวลา ดังนั้น ชุมสายจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถจะรับรู้สัญญาณที่ผิดเพี้ยนเหล่านี้ไว้ และไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดต่อ

1.2.3 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่

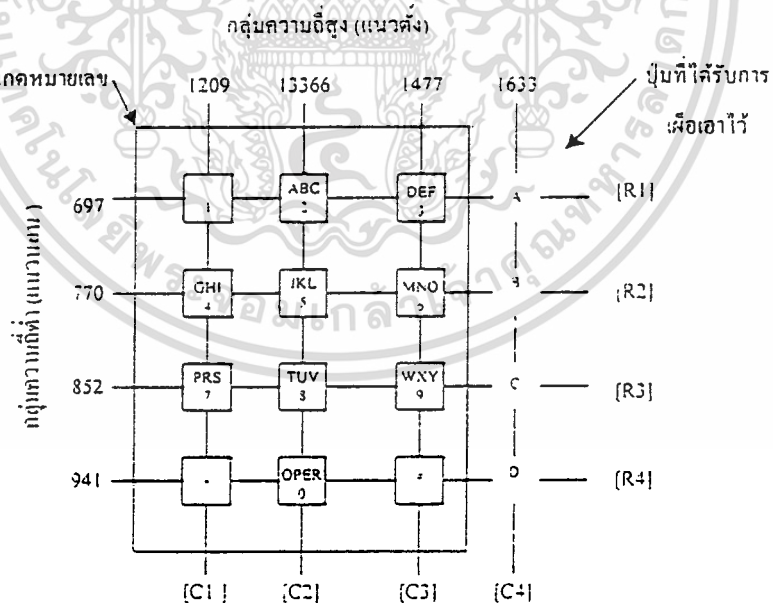
เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งใช้มากกว่าระบบการส่งเป็น สัญญาณพัลส์ ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อโดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่ส่งออกไปจะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในย่านของเสียงพูด (0.4 กิโลเฮริตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าจะแสดงไว้ในรูปที่ 1.16

1.2.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างโทรศัพท์แบบหมุนกับระบบ DTMF

ในการส่งสัญญาณแบบพัลส์ 1 ลูก จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (60 วินาที สำหรับช่วงการเปิดวงจร และ 40 วินาที สำหรับช่วงการปิดวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที และยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยมีค่ามาก และยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น เช่น หมายเลข 555-5555 จะใช้เวลาในการส่งสัญญาณ = 5 (พัลส์/มิลลิวินาที) x 1000 (มิลลิวินาที / พัลส์) x 7 = 3.5 วินาที และระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ = 700 (มิลลิวินาที) x 6 = 4.2 วินาที ดังนั้น จะใช้เวลาในการส่งทั้งหมด = 3.5 + 4.2 = 7.7 วินาที แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังชุมสายได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายสามารถใช้อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



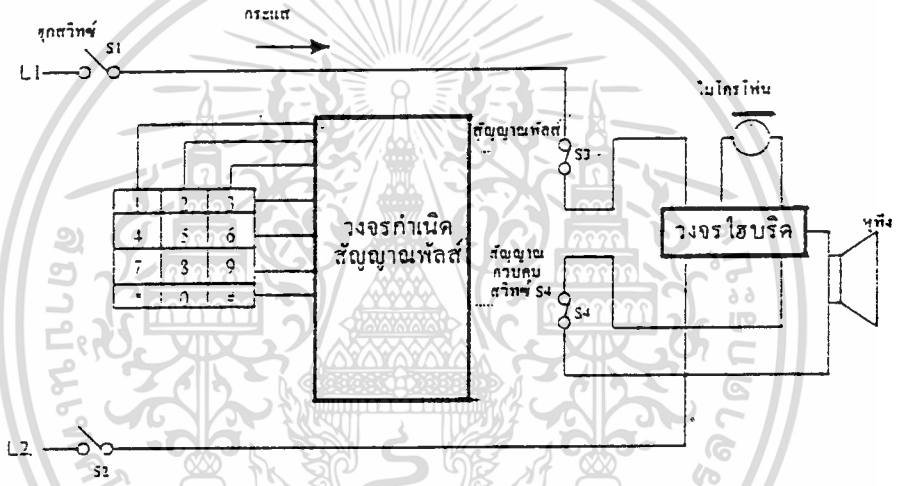
รูปที่ 1.16 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038364

1.2.5 วงจรของระบบที่ใช้การแบบพัลส์สื่อสารสัญญาณ

ดังที่ทราบแล้วว่าการส่งรหัสแบบพัลส์ คือ การขัดจังหวะการไหลของกระแส ดังนั้น วงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้วก็ยังคงใช้หลักการเดียวกันอยู่ เพียงแต่ใช้อุปกรณ์ที่เป็นไอซีแทนอุปกรณ์ทางกล โดยวงจรที่จะกล่าวถึงนี้เรียกว่า วงจรกำเนิดสัญญาพัลส์ ซึ่งยังคงสามารถสร้างสัญญาณพัลส์ด้วยความเร็ว 10 พัลส์ต่อวินาที และจะต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดเสียงเล็ดลอดเข้าไปสู่หูฟังเนื่องจากการส่งสัญญาณพัลส์ จากวงจรที่ได้ถูกออกแบบใหม่นี้จะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน

แบบแรกจะเป็นวงจรที่ออกแบบให้วงจรหมุนหมายเลขต่อขนานกับวงจรไฮบริด (Hybrid) หรือเสียงพูด ดังรูปที่ 1.17



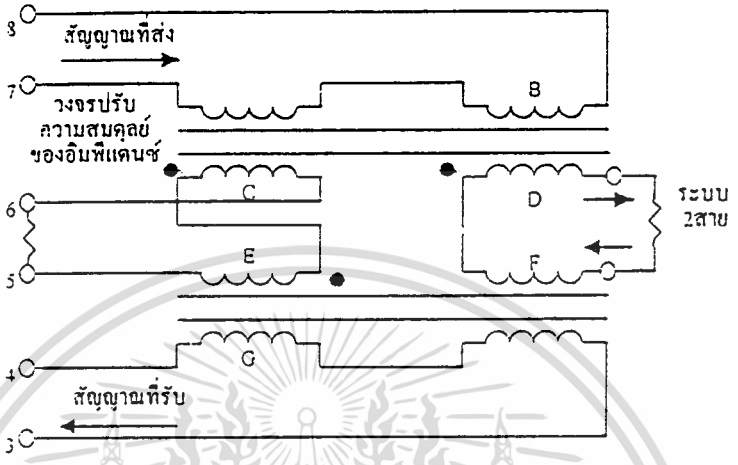
รูปที่ 1.17 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบขนานกับวงจรไฮบริด

สำหรับวงจรไฮบริดหรือวงจรเสียงพูด ก็คือวงจรที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างระบบ 4 สายเข้ากับระบบ 2 สาย โดยเมื่อเชื่อมต่อเข้าด้วยกันแล้ว ทำให้โทรศัพท์สามารถสื่อสารแบบสวนทางกันได้ในเวลาเดียวกันนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 1.18

วงจรในเครื่องรับโทรศัพท์จะใช้ระบบ 4 สาย คือ ใช้ 2 สายสำหรับส่งสัญญาณเสียงพูด และอีก 2 สายสำหรับนำสัญญาณเข้าสู่หูฟัง แต่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายระดับท้องถิ่น จะเป็นการติดต่อโดยผ่านสาย T และ R เพียง 2 สายเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรไฮบริดที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อทั้งระบบ 2 สาย และ 4 สาย ให้สามารถติดต่อกันได้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์จะมีขดลวดเหนี่ยวนำต่อเป็นวงจรไฮบริดแล้ว การติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นด้วยกันก็จำเป็นต้องมีวงจรไฮบริดด้วยเช่นกัน นอกจากนั้น



รูปที่ 1.18 วงจรไฮบริด

ในส่วนของวงจรไฮบริดเองก็จะมีวงจรที่ทำหน้าที่ปรับความสมดุลทางอิมพีแดนซ์ของระบบที่ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อให้สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันมีประสิทธิภาพที่สุด

สำหรับวงจรอีกแบบหนึ่งจะเป็นวงจรที่ถูกออกแบบให้วงจหมุนหมายเลขโดยต่ออนุกรมกับวงจรไฮบริด ซึ่งแสดงในรูปที่ 1.19

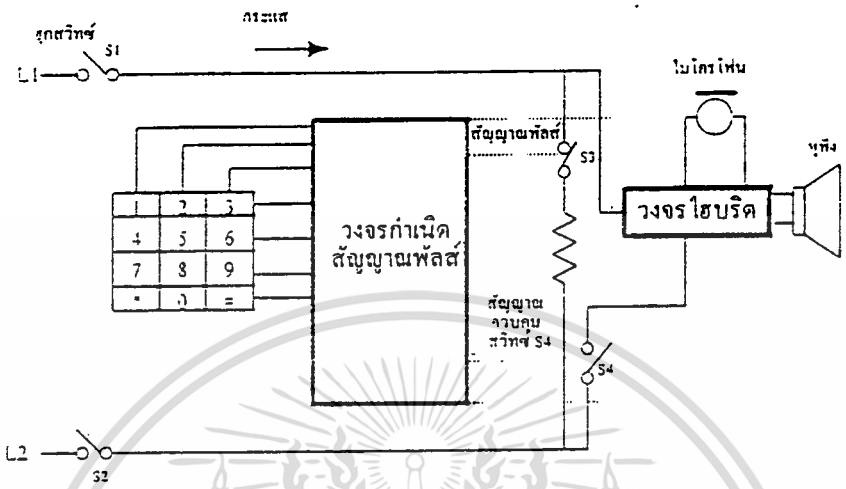
ตามวงจรที่แสดงในรูปที่ 1.19 จะเห็นว่าสวิตซ์ชิ่ง S3 จะถูกต่ออนุกรมกับวงจรไฮบริดอยู่ โทรศัพท์ระบบนี้จะใช้สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์มาควบคุมสวิตซ์ S3 ให้เปิดปิดวงจร เพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณควบคุมให้สวิตชิง S4 เปิดวงจร เพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณออกทางหูฟัง ขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่ จะเห็นว่าหลักการทำงานของทั้ง 2 ระบบจะเหมือนกัน จะแตกต่างกันก็ตรงลักษณะการเชื่อมต่อวงจรเท่านั้นเอง

ไอซีที่ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์และสัญญาณควบคุมต่างๆ จะมีรายละเอียดดังนี้

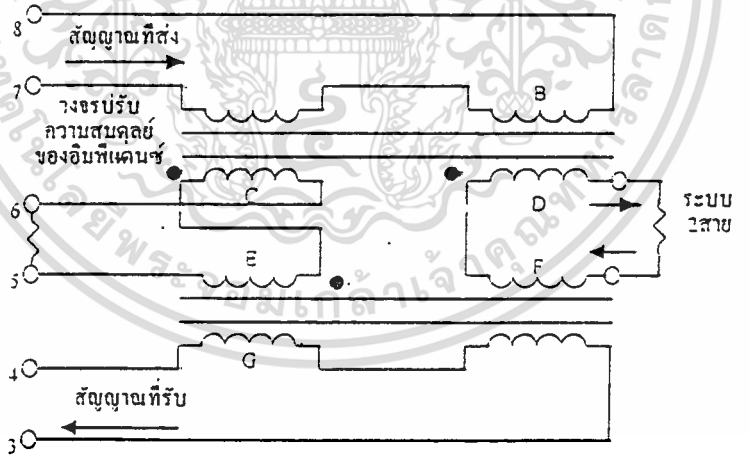
ในรูปที่ 1.20 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซีตัวนี้ จะเห็นว่าเอาต์พุตของไอซีจะเป็นสัญญาณพัลส์ และสัญญาณควบคุมที่จำเป็นต้องใช้สัญญาณอินพุตจะเป็นรหัสไบนารี่ ซึ่งใช้แทนหมายเลขโทรศัพท์, สัญญาณให้ถือหูรอ, สัญญาณหมุนซ้ำ เป็นต้น วงจรออสซิลเลเตอร์จะถูกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรภายในไอซี สำหรับภาคขับสัญญาณเอาต์พุต จำเป็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่ทนแรงดันสูงได้ดี



รูปที่ 1.19 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบอนุกรมกับวงจรไฮบริด

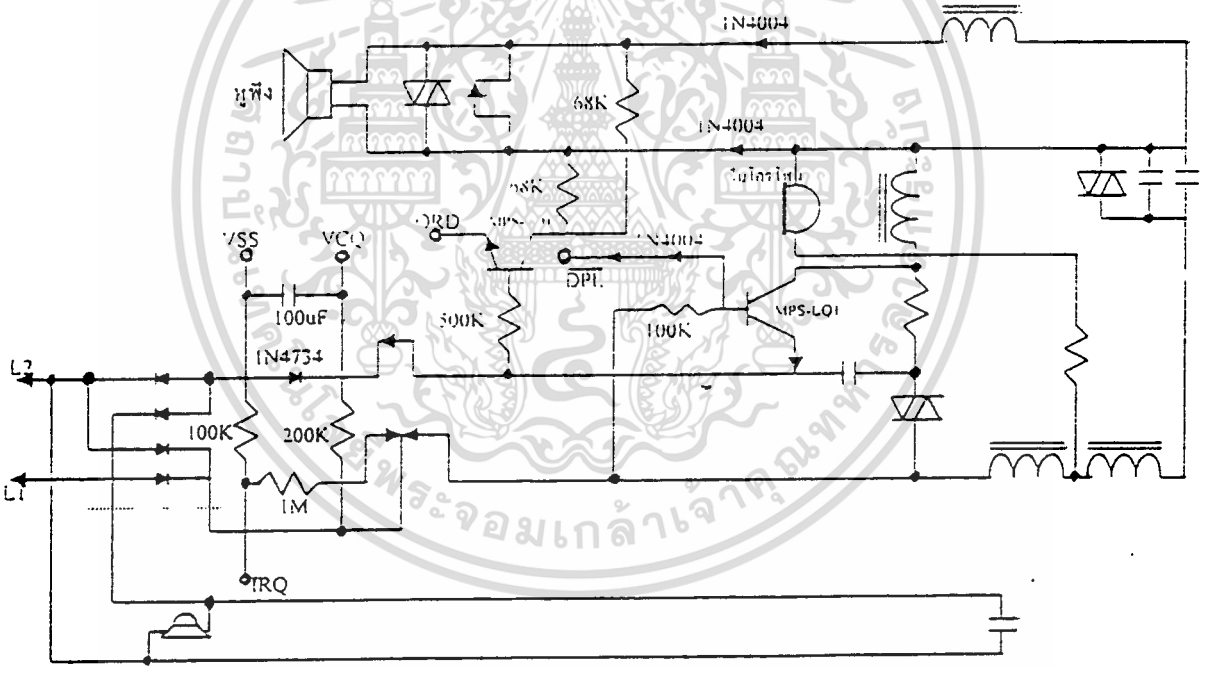


รูปที่ 1.20 ผังการทำงานของไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณสภาวะที่ควบคุมช่วงเวลาในการส่งสัญญาณที่มีความจำเป็น ก็คือสัญญาณออนฮุก /ออฟฮุก, สัญญาณบอกช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณพัลส์ และสัญญาณกำเนิดอัตราส่วนการปิด/เปิดวงจร สำหรับสัญญาณจากวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นจะไม่สามารถผลิตความถี่ออกมาได้

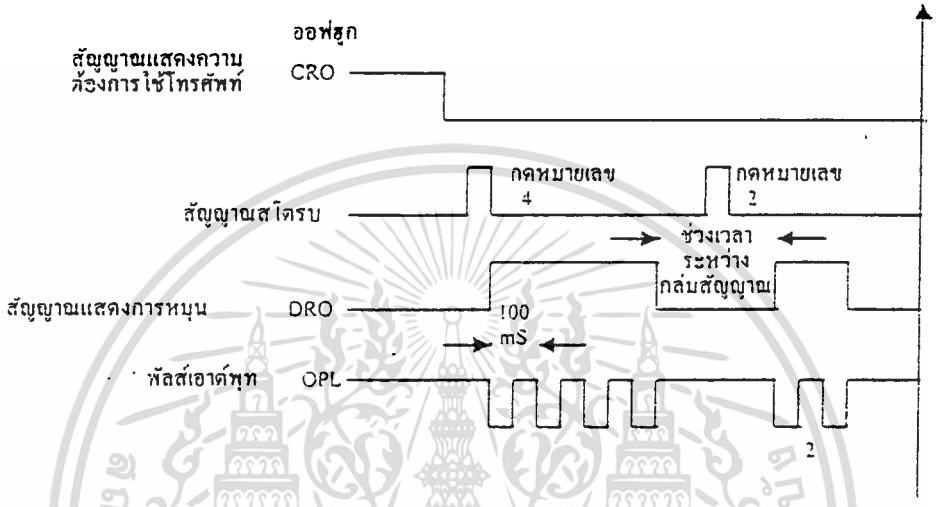
สัญญาณที่กำหนดช่วงห่างระหว่างกลุ่มของสัญญาณพัลส์ หรือสัญญาณ IDT จะกำหนดช่วงห่างของเวลาได้ระหว่าง 200 ถึง 1,000 มิลลิวินาที เมื่ออัตราในการส่งสัญญาณพัลส์อยู่ที่ 10 พัลส์ต่อวินาที และอยู่ระหว่าง100 ถึง 500 มิลลิวินาที ถ้าส่งสัญญาณพัลส์ในอัตรา 20 พัลส์ต่อวินาที ส่วนค่าของอัตราส่วนของปิดเปิดวงจรจะมีค่าประมาณ 67% (เป็นสภาวะ 0 เป็นเวลา 67% ใน 1 คาบสัญญาณ) หรืออาจจะใช้ค่า 61% ก็ได้เช่นกัน



รูปที่ 1.21 วงจรสมบูรณ์ของระบบที่ใช้ในการส่งสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบัน ไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ คือ มีเบอร์ MC 14408 ซึ่งเป็นของโมโตโรล่าโครงสร้างภายในเป็นแบบ CMOS เนื่องมาจากการใช้งานต้องการสัญญาณอินพุตเป็นรหัสไบนารี่ จึงจำเป็นต้องมีตัวเข้ารหัส เบอร์ MC 14419 มาอินเตอร์เฟสเข้ากับแป้นกดหมายเลขด้วยดังแสดงในรูปที่ 1.21 และสามารถอธิบายได้ด้วยไดอะแกรมของเวลาดังรูปที่ 1.22



รูปที่ 1.22 ผังเวลาของสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการส่งสัญญาณพัลส์จากรูปที่ 1.21

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สัญญาณแสดงความต้องการใช้โทรศัพท์ (Call Request : CRQ) จะเป็นสภาวะ 0 เป็นการหยุดทำงานทำให้ MC 14408 เริ่มต้นรับหมายเลขใหม่เข้ามา จากนั้นสัญญาณสโตรบและสัญญาณแสดงการหมุน (Dial Rotating Output: DRO) ซึ่งเป็นสภาวะ 1 ก็จะถูกส่งออกไป ซึ่งสัญญาณ DRO นี้เองที่ถูกนำไปตัดเสียงที่จะเกิดขึ้นในการส่งสัญญาณพัลส์ หลังจากนั้น ชุมสายก็จะรับข้อมูลไป และติดต่อกับหมายเลขที่ถูกเรียกให้กับผู้ใช้ให้ถูกต้อง

1.3 การถอดรหัสความถี่ทางโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ คือ การแปลงสัญญาณที่เกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งใช้ไอซี MT8870 แปลงความถี่ทางโทรศัพท์ให้เป็นระบบตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 คุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวของ MT 8870

1. เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF RECEIVER)
2. กินกระแสไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับไอซี TTL
3. สามารถตั้งอัตราการขยายภายในตัวไอซีได้
4. สามารถปรับช่วงคาบเวลาของความถี่ได้
5. เป็นไอซีที่มีคุณภาพสูง

1.3.2 โครงสร้างของไอซี MT 8870

โครงสร้างภายในของ MT 8870 ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสทางดิจิตอลเป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี IOS2-CMOS

ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและกรองความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับ และถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานขนาด 4 บิต และตรวจสอบช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายโดยต่อุปกรณ์ภายนอก ส่วนเอาต์พุตเป็นวงจรค้าง 3 สถานะ

1.3.3 หน้าที่การทำงานภายในไอซี MT 8870

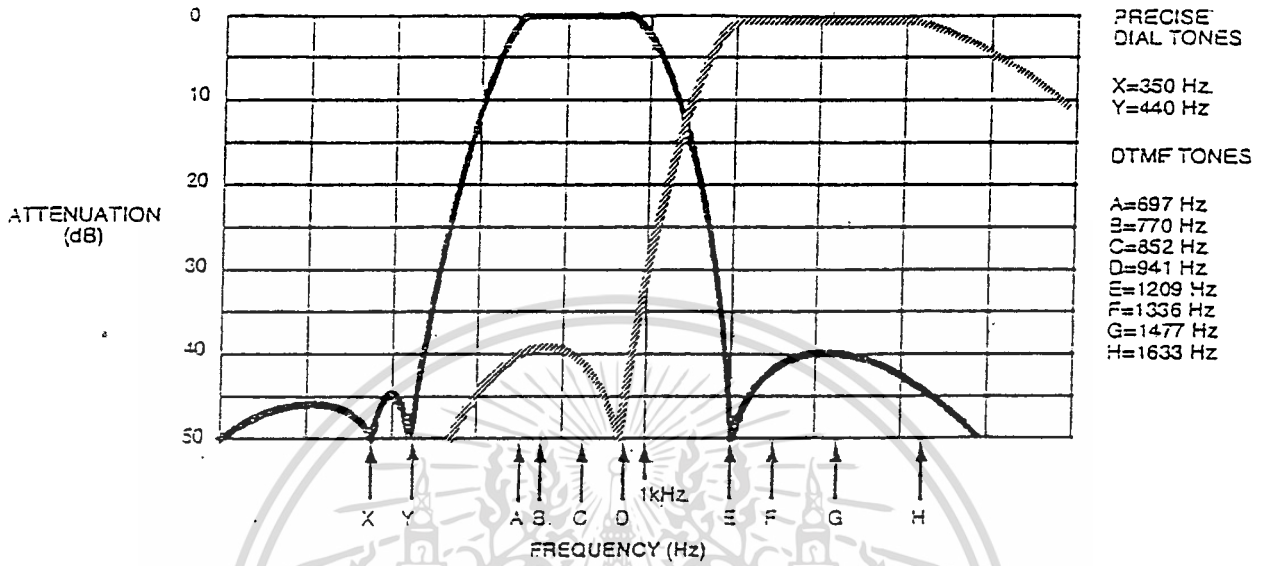
ภายในไอซี MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steerin circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

1. ภาคกรองความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรความถี่อันดับ 6 ชนิด สวิตซ์คาปาเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูง (High Frequency) และช่วงความถี่ต่ำ (Low Frequency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.23 ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาปน

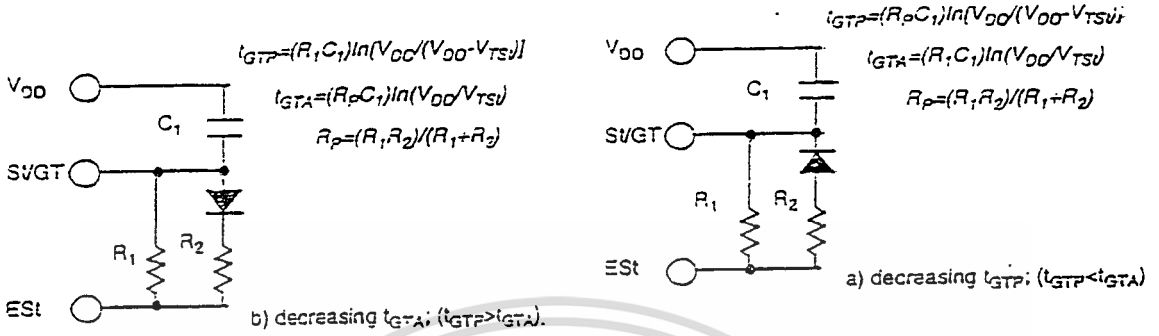
เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (EARLY STEERING) ก็จะทำงาน

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

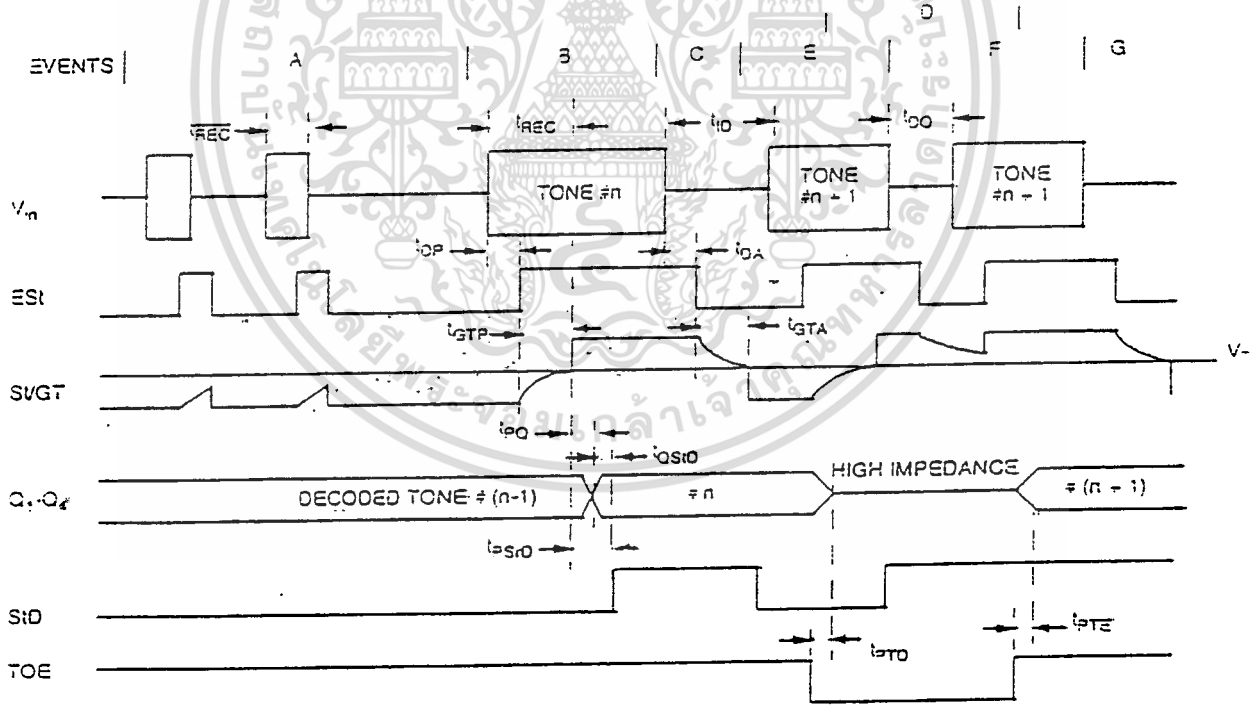
ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุตจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ภายนอก สัญญาณที่ขา EST จะเป็น 1 นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 1.24 เมื่อขา EST เป็น 1 ทำให้ VC สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะค่ายประจุทำให้แรงดัน VC สูงขึ้นจนถึงค่าเทรสโฮลด์ วงจรถอดรหัสถึงจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานพิจารณาได้จากแผนภูมิเวลาในรูปที่ 1.25



รูปที่ 1.24 วงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย



รูปที่ 1.25 ผังเวลาของไอซี MT 8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A - ตรวจสอบความถี่ที่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยนแปลง

B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบ และมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ที่ถูกถอดรหัส และค้างไว้ที่เอาต์พุต

C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงค้างจนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นอิมพีแดนซ์สูง

E - ความพี่ # n + 1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและค้างไว้

F - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงค้างอยู่

G - ความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังค้างอยู่จนถึงความถี่ใหม่

อธิบายคำศัพท์

Vin	-	สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา
Est	-	Early Sterring output ให้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง
St/Gt	-	Sterring input / Guard Time outpur สำหรับต่อกับ RC ภายนอก
Q1-Q4	-	เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต
StD	-	Deleyed Sterring output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือที่หายไปมีคาบเวลา ตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ
TOE	-	Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q1-Q2 ให้เป็นอิมพีแดนซ์สูง
tREC	-	คาบเวลาที่นานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
tID	-	เวลาสั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
tDO	-	เวลานานที่สุดที่ยอมให้สัญญารหายไป ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง
tDP	-	เวลาที่ใช้ในการตรวจพบความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
tDA	-	เวลาที่ใช้ในการตรวจหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
tGTP	-	ช่วงคาบเวลาของความถี่ของการปรากฏความถี่ DTMF
tGTA	-	ช่วงคาบเวลาของความถี่ของการหายไปของความถี่ DTMF

สำหรับคำว่า Grand time หมายถึง ช่วงคาบเวลาความถี่ที่เข้ามาซึ่งจะต้องนานเท่ากับ หรือกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

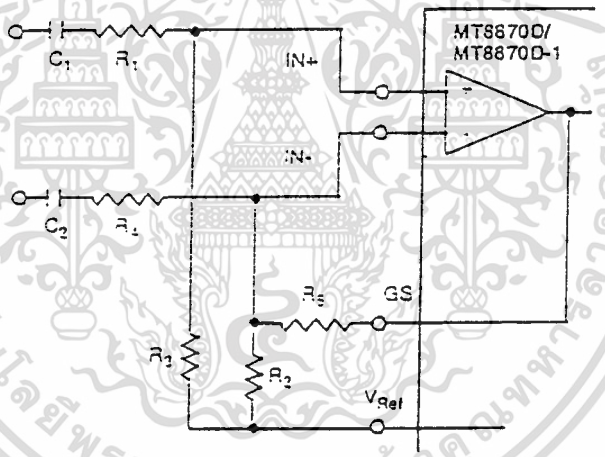
เราตั้งไว้โดย RC ก็คือ Grand time นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงสามรถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่ที่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณดูได้จากรูปที่ 1.24

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุตของ MT 8870 เป็นภาคขยายสัญญาณแบบออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราการขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป และแสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุต ซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของอินพุต และอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

อัตราขยาย (Av diff = R5/R1)

อินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin diff) = 2 / RI EXP 2 + (1 / We) EXP 2



รูปที่ 1.26 การต่อวงจรภาคอินพุต

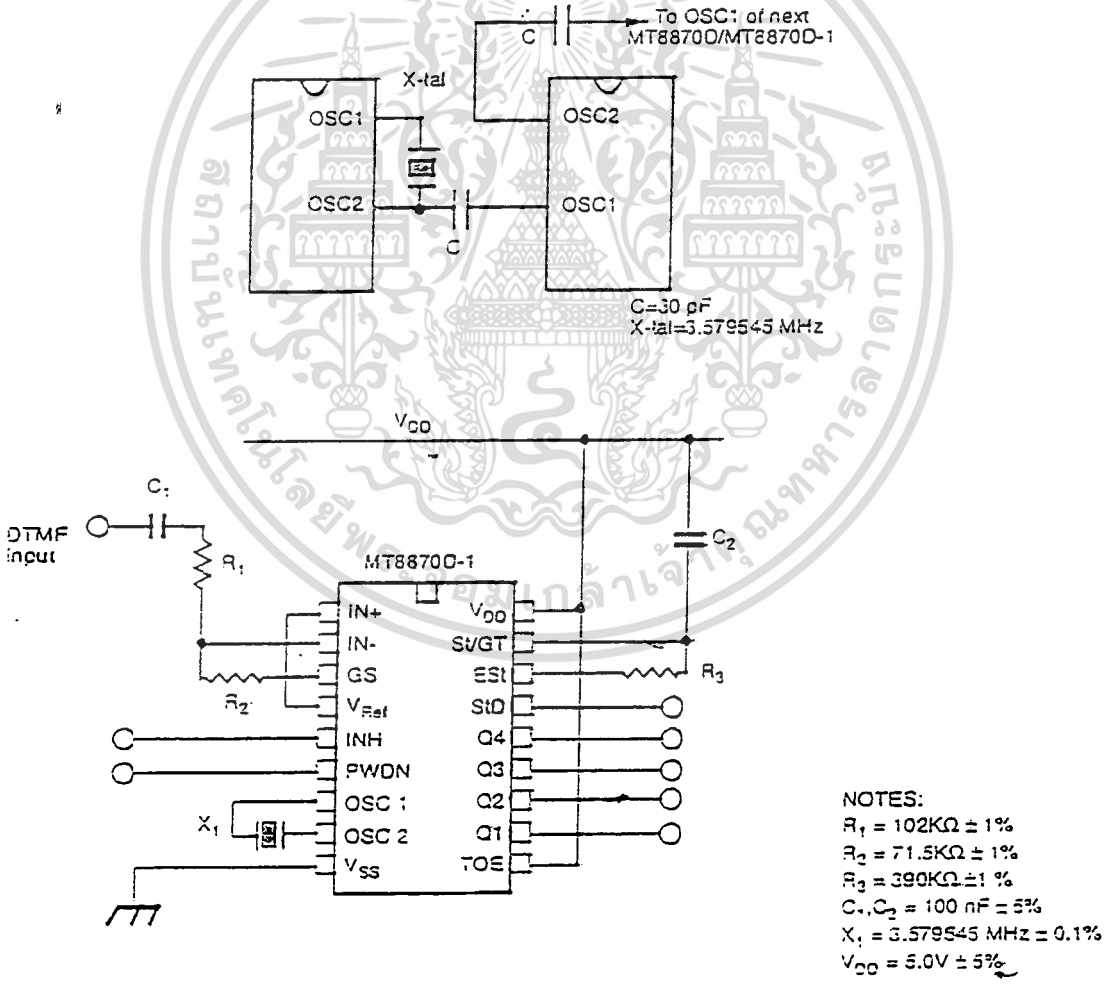
5. ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้จะมีวงจรเวลาอยู่ภายในเพียงแต่ต่อแร่ X-TAL ที่มีความถี่ 3.579545 Mhz ก็จะสามารถใช้งานได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 การนำ MT 8870 ไปใช้งาน

1. นำไปใช้งานด้านการควบคุมระยะไกล
2. เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
3. ใช้ในงานด้านเครดิตการ์ด
4. ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
5. ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยๆ หรือ PABX
6. ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
7. เครื่องกันขโมย
8. การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
9. ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์



รูปที่ 1.27 วงจรใช้งานเบื้องต้นของไอซี (MT 8870 และการต่อวงจรผลิตความถี่)

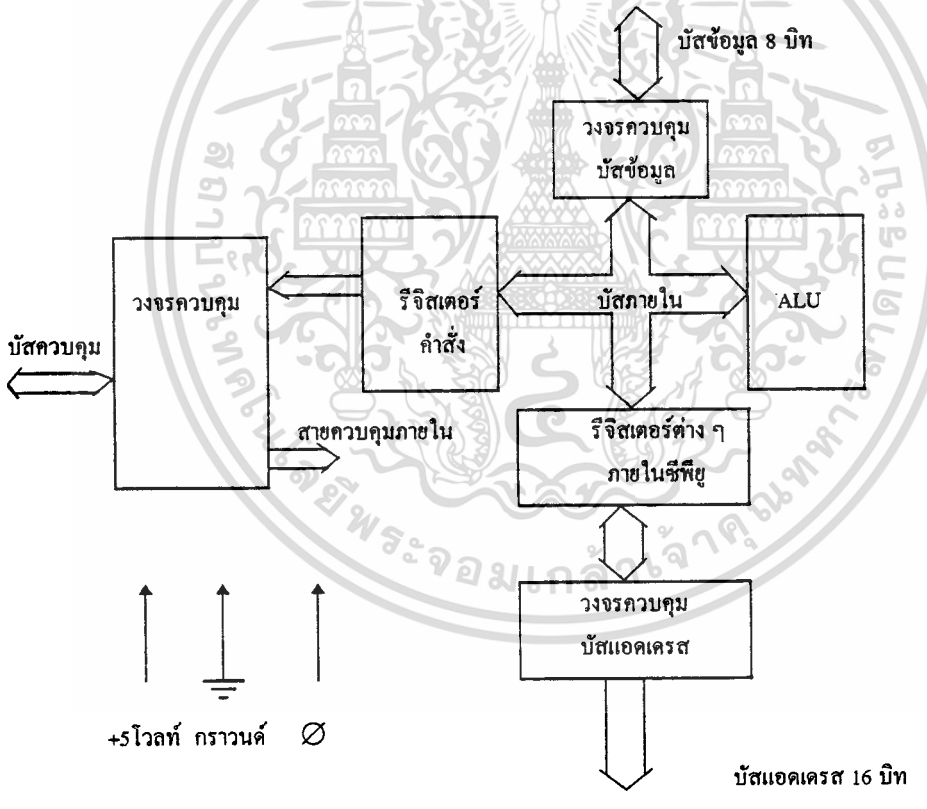
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

โครงสร้างของซีพียูและการอินเตอร์รัพท์

2.1 โครงสร้างของซีพียู Z-80

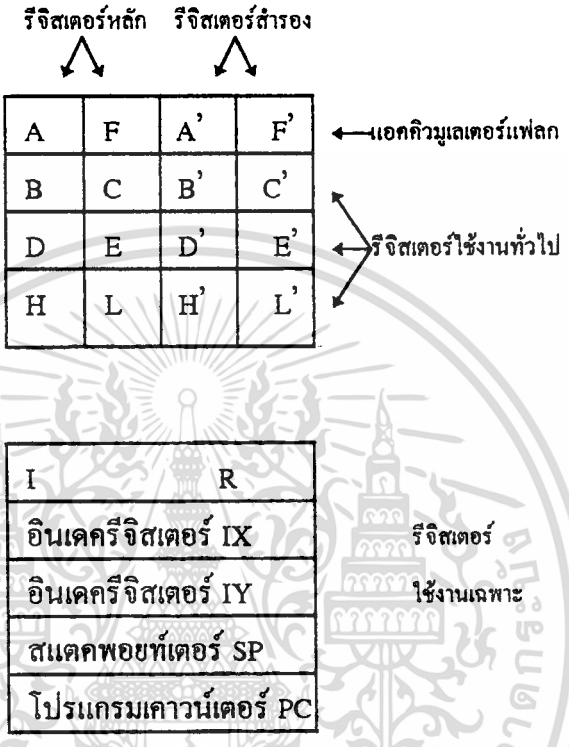
โครงสร้างของซีพียู Z-80 มีโครงสร้างที่พัฒนามาจาก 8080 ดังนั้นในแง่โครงสร้างพื้นฐานจะเหมือนกับซีพียูของ 8080 แต่เนื่องจาก Z-80 มีการพัฒนามามากขึ้นทางซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์ จึงมีรายละเอียดแตกต่างเพิ่มเติมอีกหลายประการด้วยกัน บล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1 เป็นไดอะแกรมแสดงให้เห็นโครงสร้างของ Z-80 โดยโครงสร้างของซีพียูนี้จะบรรจุลงในแแอลเอสไอขนาด 40 ขา



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมซีพียู Z-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ Z-80 ซีพียูประกอบด้วยรีจิสเตอร์ภายในที่สามารถเขียนและอ่านได้ถึง 208 บิท โดยแยกเป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท 18 รีจิสเตอร์ และรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท อีก 4 รีจิสเตอร์ โดยมีชุดรีจิสเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ใน Z-80

2.1.1 รีจิสเตอร์หลักที่ใช้งานทั่วไป

รีจิสเตอร์ในกลุ่มแรกคือ A,F,B,C,D,E,H,L เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่ใช้งานทั่วไป โดยรีจิสเตอร์เหล่านี้สามารถประกอบรวมกันเป็นคู่รีจิสเตอร์ได้ คือ AF, BC, และ HL โดยคู่รีจิสเตอร์เหล่านี้จะได้รับการใช้งานในลักษณะของรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท การกระทำภายในซีพียูอาจจะอาศัยเพียงรีจิสเตอร์เดียวหรือกระทำเป็นคู่รีจิสเตอร์ได้ โดยที่ A คือ แอคคิวมูเลเตอร์ F คือ แฟลก แฟลกของ Z-80 จะมีด้วยกันทั้งหมด 6 ตัว จึงใช้เพียง 6 บิท แต่ Z-80 อาศัยการเพิ่มบิทขึ้นอีก 2 บิท และกลายเป็นรีจิสเตอร์ F รีจิสเตอร์ F สามารถได้รับการเซท รีเซทการกระทำตามคำสั่งทางคณิตศาสตร์ หรือลอจิกได้ และเราสามารถใช้ F เหมือนรีจิสเตอร์หนึ่ง ซึ่งเมื่อรวมกันกับ A แล้วจะกลายเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 กลุ่มรีจิสเตอร์สำรอง

เป็นกลุ่มรีจิสเตอร์ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ โดยเป็นตัวเก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์หลัก รีจิสเตอร์ชุดนี้จึงมีด้วยกัน 8 ตัว คือ A',F',B',C',D',E',H',L' รีจิสเตอร์เหล่านี้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลชั่วคราว ในการที่ต้องการใช้รีจิสเตอร์หลักทำงานอย่างอื่นก่อน ดังนั้นรีจิสเตอร์นี้จึงไม่สามารถกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิกได้

2.1.3 กลุ่มรีจิสเตอร์ที่ใช้เฉพาะอย่าง

โปรแกรมเคาวน์เตอร์ (PC-Program counter) โปรแกรมเคาวน์เตอร์เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท ที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของโปรแกรมในขณะสภาวะการกระทำการแฟทช์ โดยขณะทำการแฟทช์ค่าที่อยู่ในโปรแกรมเคาวน์เตอร์จะไปปรากฏอยู่ที่แอดเดรสบัส เพื่อชี้ไปยังตำแหน่งในหน่วยความจำให้ซีพียูอ่านคำสั่งมาตีความหมาย ค่าที่อยู่ในโปรแกรมเคาวน์เตอร์จะเพิ่มค่าขึ้นได้อย่างอัตโนมัติหลังการกระทำการเฟทช์ แต่ถ้าหากซีพียูกระทำคำสั่งให้ข้ามไปยังตำแหน่งอื่น (Jump) ค่าแอดเดรสที่จะกระโดดข้ามนั้นจะโหลดเข้ามายังโปรแกรมเคาวน์เตอร์ได้อย่างอัตโนมัติ

สแตคพอยท์เตอร์ (SP-Stack pointer) เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 16 บิท ที่ใช้สำหรับชี้ไปยังแอดเดรสชั้นบนสุดของสแตกที่อยู่ใน RAM โดยส่วนของสแตกมีลักษณะโครงสร้างเป็นหน่วยความจำเป็นแบบเก็บทีหลังเรียกออกได้ก่อนข้อมูลในสแตคอาจได้รับการพุชหรือพอพมาจากข้อมูลรีจิสเตอร์ภายในวีพียู ลักษณะของสแตคในที่นี้ยังเป็นส่วนช่วยในการกระทำอินเตอร์รัพท์ และการเรียกโปรแกรมย่อย กล่าวคือในการอินเตอร์รัพท์ค่าของโปรแกรมเคาวน์เตอร์จะได้รับการเก็บรักษาไว้ในชั้นสแตค ครั้นเมื่อโปรแกรมกลับจากอินเตอร์รัพท์ไปกระทำยังโปรแกรมหลักก็จะนำค่าจากสแตคกลับเข้ามายังโปรแกรมเคาวน์เตอร์ใหม่ ในทำนองเดียวกัน การกระโดดไปกระทำยังโปรแกรมย่อย ก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นการกระทำในรูปของอินเตอร์รัพท์หรือโปรแกรมย่อย สามารถซ้อนกันได้ไม่มีสิ้นสุด

อินแดครีจิสเตอร์ (IX,IY-index register) ซีพียู Z-80 มีอินแดครีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท 2 ตัว แต่ละตัวใช้ประโยชน์หลักในการทำหน้าที่เป็นตัวเก็บแอดเดรสฐาน (base address) เพื่อทำหน้าที่อ้างแอดเดรสแบบอินเดคแอดเดรสซิ่ง (index adressing) ในโหมดของอินเดคแอดเดรสซิ่งมีข้อมูลที่อยู่ในอินแดครีจิสเตอร์นี้จะรวมกับข้อมูลที่ติดมากับคำสั่งอีก 8 บิท เพื่อเป็นตัวกำหนดแอดเดรสให้กับคำสั่งข้อมูลที่ติดมากับคำสั่งนี้เราเรียกว่า ดิสเพลซเมนท์ (displacement) ซึ่งจะเก็บในรูปของตัวเลข 2' s คอมพลีเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์รัพท์เพจแอดเดรสรีจิสเตอร์ (I-Interrupt page address register) การอินเตอร์รัพท์ของ Z-80 มีหลายโหมด และโหมดหนึ่งที่ทำให้การอินเตอร์รัพท์ของ Z-80 มีประสิทธิภาพสูง กล่าวคือเมื่อมีการอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้ขึ้นมันสามารถอ้างแอดเดรสโดยทางอ้อมไปกระทำโปรแกรมในที่ใดก็ได้ในหน่วยความจำ โดยอาศัยค่าในรีจิสเตอร์ I รวมกับค่าที่ส่งมาจากอุปกรณ์เพอริเฟอรัลอีก 8 บิท ชี้ไปยังค่าหน่วยความจำ เพื่อนำค่านั้นมาโหลดเข้าในโปรแกรมเคาวน์เตอร์เพื่อกระทำต่อไป ด้วยวิธีการนี้เราจึงสามารถกระโดดเข้าไปทำที่ส่วนใดก็ได้ในหน่วยความจำ

รีจิสเตอร์รีเฟรชหน่วยความจำ (R-memory reflesh register) การต่อซีพียูกับหน่วยความจำนั้นโดยปกติจะต่อกับหน่วยความจำสแตติคได้โดยง่าย แต่อย่างไรก็ดี ชนิดไดนามิคที่ต้องการรีเฟรชมีราคาถูกกว่า มีความหนาแน่นสูงกว่า Z-80 ให้ข้อดีกว่าประการหนึ่งคือมันสามารถให้การรีเฟรชหน่วยความจำได้อย่างอัตโนมัติ โดยค่าใน R รีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าขึ้นอีก 1 ทุกครั้งที่มีการกระทำการเฟรชคำสั่ง และข้อมูลในรีจิสเตอร์ R นี้จะส่งออกไปยังแอดเดรสบัสในส่วนบิทที่มีนัยสำคัญต่ำกว่าจัวหวะของการส่งนี้จะเป็นจังหวะเดียวกันกับที่ซีพียูส่งสัญญาณรีเฟรชออกมา ผู้โปรแกรมสามารถกำหนดค่ารีจิสเตอร์ R นี้ได้ แต่ค่าในรีจิสเตอร์นี้จะเรียกใช้โดยผู้โปรแกรมทางคำสั่งโดยตรงไม่ได้

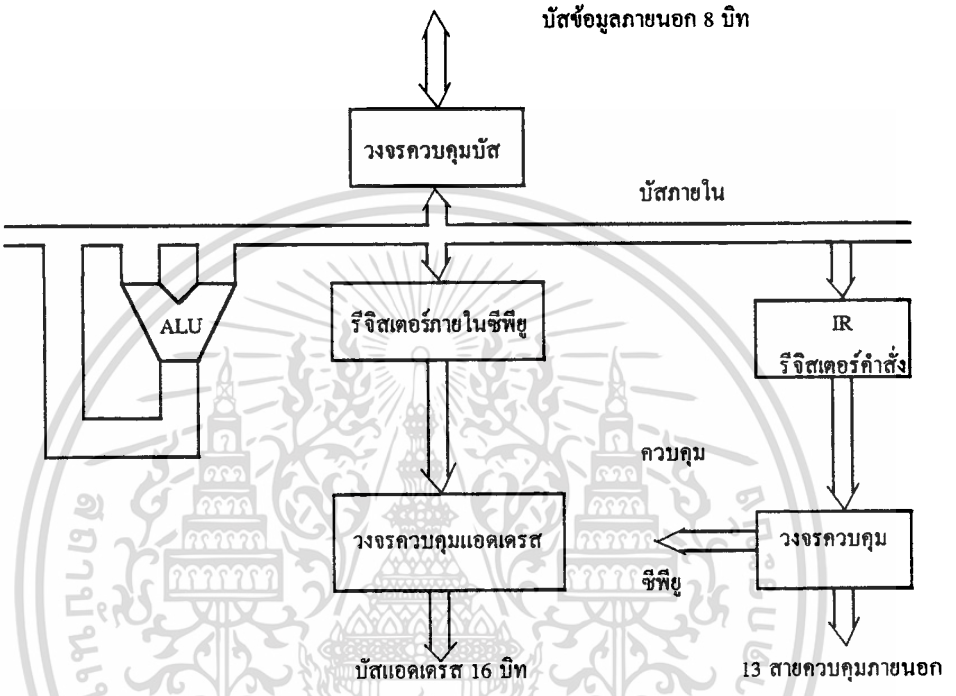
แอคคิวมูเลเตอร์ (accumulator) และแฟลก (flag) ซีพียูจะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นหลักในการเป็นตัวโอเปอร์แรนด์สำหรับกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยรีจิสเตอร์หลักนี้จะมีเพียง 8 บิท เรียกว่า “แอคคิวมูเลเตอร์ (accumulator) การกระทำในส่วนของหน่วยคณิตศาสตร์และลอจิกย่อมเกิดเงื่อนไขได้หลายอย่างที่จะต้องแสดงสถานะภาพของเงื่อนไขเหล่านี้ เช่น เงื่อนไขผลลัพท์เป็นศูนย์ ผลลัพท์เป็นนวกหรือลบ มีตัวทดหรือตัวขอยืมในการกระทำทางคณิตศาสตร์ แสดงเงื่อนไขพาริตี้คู่หรือคี่ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จะให้ผลลัพท์แสดงสถานะได้ด้วยแฟลก (flag) แฟลกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8บิท ซึ่งสามารถรวมกับแอคคิวมูเลเตอร์เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิทได้ ผู้โปรแกรมยังสามรถใช้คำสั่งในการเคลื่อนย้ายข้อมูลจากแอคคิวมูเลเตอร์ A และแฟลก F ไปเก็บไว้ใน A’และ F’ได้เพื่อทำให้การใช้งานของของ A และ F มีประสิทธิภาพดียิ่ง

หน่วยคำนวนทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU-arithmetic and logic unit) การประมวลผลที่สำคัญของซีพียูของคอมพิวเตอร์ยังขึ้นกับหน่วยคำนวนทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) ส่วน ALU นี้จะนำข้อมูลซึ่งอาจจะมาจากภายนอกซีพียูก็ได้มาประมวลผล การประมวลผลในส่วน ALU ที่สำคัญจะประกอบด้วย

การบวก(add)	การเลื่อนบิททางซ้ายหรือขวา
การลบ(substarct)	การเพิ่มค่า(increment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอจิก AND	การลดค่า(decrement)
ลอจิกOR	การเซทบิท(set bit)
ลอจิกEX-OR	การรีเซท(rest bit)
เปรียบเทียบ(conpare)	การทดสอบบิท(test bit)



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของ ALU ภายใน

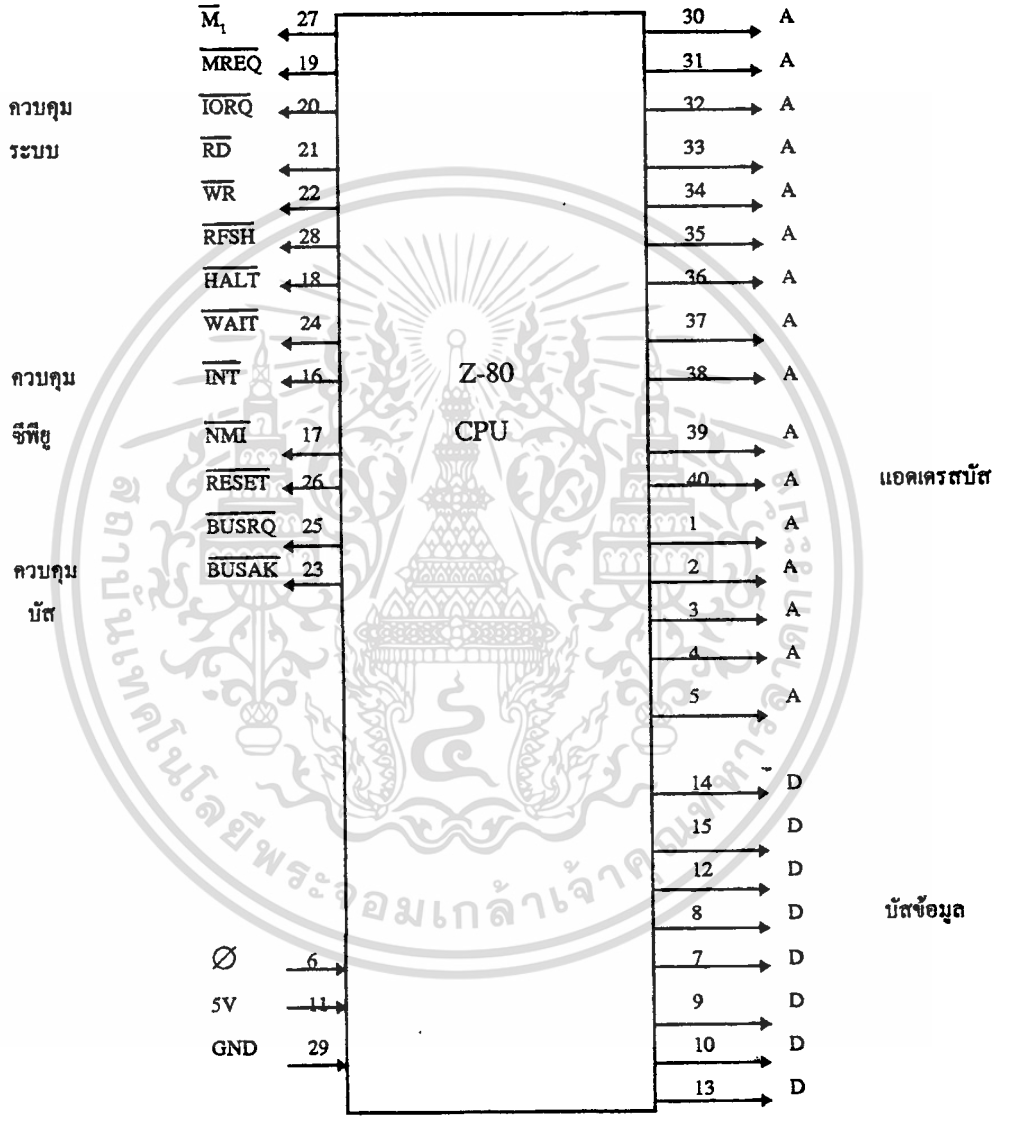
รีจิสเตอร์คำสั่งและส่วนควบคุม (Instruction and control) ในการกระทำการเฟทช์ซีพียูจะอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำที่เป็นส่วนของโปรแกรมโดยรอคำสั่งนั้น มาเก็บไว้ใน IR เพื่อทำการถอดรหัสคำสั่งและส่งสัญญาณควบคุมการทำงานภายในซีพียู หรือควบคุมการทำงานของระบบ สัญญาณคบคุมเหล่านี้จะออกมาในจังหวะต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ควบคุมระบบในการทำงานต่อไป

2.2 การจัดขาของ Z-80

Z-80 ซีพียูเป็นไอซีไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีขาเพียง 40 ขา โดยหลักการแล้ว Z-80 เป็นซีพียูได้โดยสมบูรณ์ กล่าวคือ Z-80 ไม่ต้องประกอบกับอุปกรณ์ประกอบอื่นที่จะแยกการทำงานเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมกันเป็น ซีพียู ส่วนของสัญญาณจะประกอบด้วยบัสแอดเดรส บัสข้อมูล และสัญญาณควบคุม การจัดวางขา แสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะของขาไอซี Z-80 ซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของขาต่าง ๆ แสดงได้ดังนี้

A_0 - A_{15} บัสแอดเดรส สัญญาณที่ออกมาจากขาไอซีเหล่านี้จะให้แอคตีฟขณะ high โดยขาเหล่านี้เป็นเอาท์พุทแบบไตรสเตท บัสแอดเดรสมีด้วยกันทั้งหมด 16 สาย เพื่อให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำได้มากถึง 2^{16} = 64k นอกจากนี้ส่วนของแอดเดรสยังเป็นตัวกำหนดเบอร์พอร์ทของอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท โดยขณะที่ซีพียูกระทำคำสั่งเกี่ยวกับอินพุทหรือเอาท์พุทค่าของแอดเดรสบัสใน 8 บิทล่าง (A_0 - A_7) จะแสดงค่าเบอร์พอร์ท ดังนั้นเราจึงมีอุปกรณ์อินพุทหรือเอาท์พุทได้ทั้งหมด 2^8 = 256 พอร์ท และในขณะช่วงเวลารีเฟรชโดยเมื่อสัญญาณรีเฟรชปรากฏขึ้นที่ขารีเฟรช ($\overline{RFSH}$) ค่าในแอด เดรสบัส A_0 - A_7 จะแสดงค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะได้รับการกระทำการรีเฟรช

D_0 - D_7 บัสข้อมูล (data bus) เป็นลักษณะบัสแบบสองทิศทาง Z-80 ซีพียูมีบัสข้อมูล 8 เส้น บัสข้อมูลเป็นเส้นทางผ่านของข้อมูลระหว่างซีพียูกับหน่วยความจำ ซีพียูกับอุปกรณ์อินพุท เอาท์พุท หรือการติดต่อระหว่างอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุทกับหน่วยความจำ

$\overline{M_1}$ (machine cycle one) มีลักษณะเป็นแอคตีฟที่ลอจิก "0" $\overline{M_1}$ เป็นส่วนที่จะบอกให้ทราบว่าขณะนี้ซีพียูกำลังอยู่ในสภาวะเฟทช์ ในขณะที่ซีพียูเฟทช์คำสั่งที่มีออพโคดสองไบท์ ส่วนของ $\overline{M_1}$ จะสร้างขึ้นขณะเฟทช์ในแต่ละไบท์ลักษณะของคำสั่งที่มีออพโคด สองไบท์จะขึ้นด้วยCBH, DDH, EDH, FDH, (H ต่อท้ายหมายถึงตัวเลขฐานสิบหก) นอกจากนี้ $\overline{M_1}$ ยังสร้างสัญญาณร่วมกับ $\overline{IORQ}$ เพื่อบอกสถานะการตอบรับการอินเตอร์รัพท์

$\overline{MREQ}$ (memory request)เป็นลักษณะไตรสเตท ให้ลอจิกแอคตีฟ "0" เป็นสายสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ซีพียูต้องการเขียนหรืออ่านหน่วยความจำตามแอดเดรสที่ปรากฏอยู่ในแอดเดรสบัส

$\overline{IORQ}$ (input output request) เป็นเอาท์พุทลักษณะไตรสเตทให้ลอจิกแอคตีฟที่ "0" เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ซีพียูต้องการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุทโดยแอดเดรสบัส 8 บิทล่างจะให้แสดงค่าเบอร์พอร์ท ส่วนบัสข้อมูลจะแสดงข้อมูลที่จะมีการส่งถ่ายระหว่างซีพียูกับ I/O นอกจากนี้ $\overline{IORQ}$ ถ้าเกิดขึ้นพร้อมกับสัญญาณ $\overline{M_1}$ เป็นตัวบอกถึงสถานะที่ซีพียูกำลังตอบสนองผลการอินเตอร์รัพท์ โดยขณะนี้ส่วนของบัสจะมีการส่งผ่านเข้ามาด้วยค่าของอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์

$\overline{RD}$ (memory read) เป็นเอาท์พุทที่ไตรสเตทและแอคตีฟขณะลอจิก "0" $\overline{RD}$ เป็นตัวบอกว่าขณะนี้ซีพียูต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{WR}$ (memery write) เป็นขาเอาท์พุทแบบไตรสเตท และแอคตีฟขณะลอจิก "0" $\overline{WR}$ เป็นสัญญาณบอกว่าซีพียูต้องการเขียนข้อมูลในตำแหน่งที่แอดเดรสบัส กำหนดขึ้นอาจเป็นหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O ก็ได้

$\overline{RFSH}$ (refresh) เป็นขาเอาท์พุทแอคตีฟขณะลอจิก "0" $\overline{RFSH}$ เป็นสัญญาณที่จะบอกให้ทราบว่าสัญญาณในแอดเดรสบัส ในส่วน A_0 - A_6 เป็นแอดเดรสที่จะใช้ในการรีเฟรชหน่วยความจำไดนามิค ส่วนบิท A_7 จะเป็น "0" ส่วนบิท A_{15} - A_8 จะแสดงค่าของรีจิสเตอร์ I

$\overline{HALT}$ (halt state) เป็นเอาท์พุทที่แอคตีฟด้วยลอจิก "0" สัญญาณ $\overline{HALT}$ จะแสดงเมื่อซีพียูได้กระทำคำสั่ง $\overline{HALT}$ และจะหยุดรอจนกว่าจะมีการอินเตอร์รัพท์หรือรีเซท ขณะที่อยู่ในช่วง $\overline{HALT}$ ซีพียูจะเสมือนกำลังกระทำคำสั่ง NOP(no operation) เพื่อให้เกิดไซเคิลในการทำงาน เพื่อส่งสัญญาณไปกระทำการรีเฟรชหน่วยความจำชนิดไดนามิกส์

$\overline{WAIT}$ (wait) เป็นขาอินพุท จะแอคตีฟด้วยลอจิก "0" $\overline{WAIT}$ เป็นตัวกำหนดแสดงเพื่อบอกซีพียูให้ซีพียูหยุดรอ ในกรณีที่อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท หรือหน่วยความจำไม่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทัน $\overline{WAIT}$ จะเป็นตัวทำให้ซีพียูซิงค์ได้พอดีกับอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทที่ทำงานด้วยความเร็วช้า ๆ

$\overline{INT}$ (interupt request) เป็นขาอินพุท แอคตีฟด้วยลอจิก "0" $\overline{INT}$ เป็นสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจากอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท เพื่อต้องการที่จะอินเตอร์รัพท์ซีพียู ซีพียูจะทำการตรวจสอบสัญญาณนี้ทุก ๆ ครั้งที่จบการการะทำแต่ละคำสั่ง การตอบสนองของการอินเตอร์รัพท์สามารถควบคุมได้ด้วยซอฟท์แวร์ ด้วยการเซทค่าอินเตอร์รัพท์ฟลิบฟลอบ (IFF) การตอบสนองอินเตอร์รัพท์จะเกิดได้ยังต้องให้ $\overline{BUSRQ}$ ไม่แอคตีฟ เมื่อซีพียูตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ ซีพียูจะสร้างสัญญาณตอบด้วยการสร้างสัญญาณ $\overline{IORQ}$ ระหว่างช่วงเวลา $\overline{M}_1$ การตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์มีแยกแยะได้ 3 แบบ

$\overline{NMI}$ (nonmaskable interupt) เป็นขาอินพุท ที่จะทริกบอกซีพียูในขณะขอบพัลซ์ขาลง การอินเตอร์รัพท์ด้วยวิธีนี้ ซีพียูจะให้ความสำคัญสูงกว่า $\overline{INT}$ กล่าวคือมันจะตอบสนองและกระทำทันทีด้วยการเริ่มเอ็กซีคิ้ว คำสั่งในตำแหน่ง 0066H โดยอัตโนมัติ การกระโดดไปกระทำในกรณีนี้ ซีพียูจะเก็บค่าโปรแกรมเคาวน์เตอร์เดิมไว้ในสแตค เพื่อจะได้กลับไปทำงานเดิม เมื่อเสร็จสิ้นการอินเตอร์รัพท์ได้

$\overline{RESET}$ (reset) เป็นขาอินพุทที่แอคตีฟด้วยลอจิก "0" การรีเซทในกรณีนี้จะมีผลดังนี้

1. ค่าของ PC มีค่าเป็น "0"
2. IFF จะได้รับการ Disable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รีจิสเตอร์ I จะมีค่า 00H

4. รีจิสเตอร์ R จะมีค่า 00H

5. จะมีการเซทอินเตอร์รัพท์โหมดมาอยู่โหมด 0

ระหว่างการรีเซทสายแอดเดรสบัสและมบัสข้อมูลจะได้รับการกระทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์สูงเพื่อแยกออกจากซีพียู ส่วนสายสัญญาณควบคุมจะได้รับการทำให้เป็นสัญญาณที่ไม่แอคตีฟ การรีเฟรชจะไม่เกิดขึ้น

$\overline{\text{BUSRQ}}$ (bus request) เป็นขาอินพุทที่แอคตีฟด้วยลอจิก "0" $\overline{\text{BUSRQ}}$ เป็นสัญญาณที่ส่งบอกกับซีพียู เพื่อต้องการให้ซีพียูควบคุมบัส กล่าวคือต้องการให้ซีพียูทำให้แอดเดรสและบัสข้อมูลอยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูง คือต้องการแยกซีพียูออกจากบัสนั่นเอง

$\overline{\text{BUSAK}}$ (bus acknowledge) เป็นขาเอาท์พุท แอคตีฟขณะลอจิก "0" $\overline{\text{BUSAK}}$ เป็นสัญญาณตอบจากซีพียูว่าซีพียูได้แยกตัวเองออกจากแอดเดรสบัสและบัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

ϕ (clock) สัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนเข้าระบบ

2.3 ไดอะแกรมเวลาของซีพียู

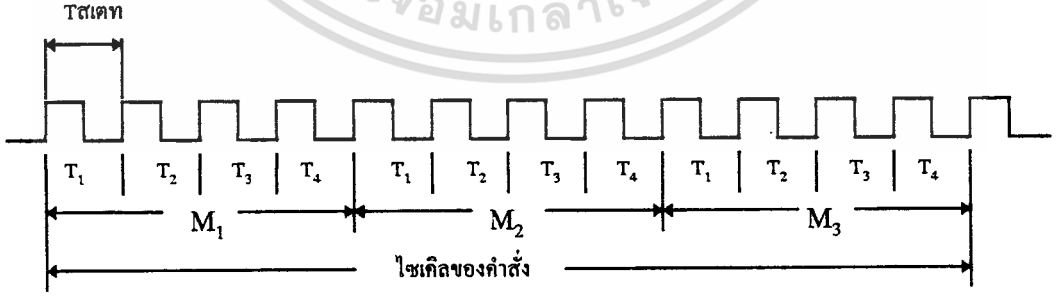
Z-80 ซีพียูจะทำงานในลักษณะพื้นฐาน ที่สำคัญประกอบด้วย

การเขียน-อ่านหน่วยความจำ

การเขียน-อ่านอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

การตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์

ลักษณะการทำงานจะสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา ขอให้พิจารณารูปที่ 5



รูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเคิลการทำงานที่แสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าในหนึ่งไซเคิลของคำสั่งจะประกอบด้วยหลายแมชีนไซเคิล (Mไซเคิล) กล่าวคือ M_1 M_2 M_3 ...M_5 นั่นเอง ในกรณีของ Z-80 จำนวนแมชีนไซเคิลของแต่คำสั่งไม่เท่ากัน มากบ้างน้อยบ้าง ที่น้อยที่สุดใช้ 1 แมชีนไซเคิล ส่วนที่มากที่สุดใช้ 5 แมชีนไซเคิล คำสั่งที่มีสภาวะการทำงานแต่เพียงภายในซีพียู โดยเมื่อเฟทช์คำสั่งจากหน่วยความจำมาถอดความแล้ว ก็สามารถทำได้เลยเช่น LD r ,r เป็นต้นจะใช้เพียง 1 แมชีนไซเคิล

เนื่องจากในแต่ละคำสั่งจะประกอบด้วยแมชีนไซเคิลหลยแบบด้วยกัน แต่แมชีนไซเคิลที่ใช้ทั้งหมดสามารถสรุปออกมาเป็นแบบอย่างได้เป็น

1. ไซเคิลการเฟทช์(M_1)
2. ไซเคิลการเขียนหรืออ่านหน่วยความจำ
3. ไซเคิลการรับส่งข้อมูลอินพุทหรือเอาท์พุท
4. ไซเคิลการต้องการใช้บัส หรือการตอบสนองการใช้บัส
5. ไซเคิลการอินเตอร์รัพท์ และการตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์
6. ไซเคิลการรับอินเตอร์รัพท์แบบนอนมาสค์เคเบิล
7. ไซเคิลการออกคำสั่ง HALT

การทำงานในแต่ละไซเคิลจะตอบสนองได้ตามลักษณะของคำสั่งที่กระทำนั่นเอง

2.4 การอินเตอร์รัพท์

ในระบบที่มีอุปกรณ์ต่าง ๆ มากขึ้นจึงต้องมีการติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีที่ดีที่สุดก็คือ ต้องให้ซีพียูใช้เวลาส่วนใหญ่ในการทำโปรแกรมหลักมาสนใจอุปกรณ์ภายนอกก็ต่อเมื่ออุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณเข้ามาบอกเท่านั้น ซีพียูจึงจะจากโปรแกรมหลักไปนำโปรแกรมรับหรือส่งข้อมูลหรือทำอะไรก็ตามที่อุปกรณ์นั้นต้องการเสร็จแล้วจึงกลับมาทำโปรแกรมเดิมที่ถูกหยุดพักไปนั้น ระบบนี้เรียกว่า อินเตอร์รัพท์ (Interruyt)

2.4.1 สัญญาณอินเตอร์รัพท์

ในสภาวะการทำงานปกติซีพียูจะอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำมาถอดรหัส (Fetch & decode) และทำคำสั่งนั้นจนจบขบวนการต่าง ๆ (machine cycle) ที่จำเป็นของคำสั่งนั้น แล้วซีพียูจึงเริ่มทำคำสั่งต่อไปโดยอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำตำแหน่งความจำตำแหน่งถัดไปมาถอดรหัสและทำอีกเป็นเช่นนี้เรื่อย จะเห็นว่าซีพียูทำคำสั่งจากตำแหน่งต่ำไปตำแหน่งสูง ในบางโอกาสถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีพียูพบคำสั่งให้กระโดดข้ามก็จะกระโดดข้ามไปยังตำแหน่งอื่น ไม่เป็นตามลำดับแล้วแต่ว่าคำสั่งกระโดดนั้นจะบังคับให้ไปไหน นอกจากกระโดดข้ามไปตำแหน่งต่าง ๆ เพราะคำสั่งกระโดดแล้ว ซีพียูสามารถถูกบังคับให้กระโดดไปทำคำสั่งที่ตำแหน่งอื่นได้ ด้วยสัญญาณจากภายนอก สัญญาณที่สามารถบังคับให้ซีพียูกระโดดไปทำคำสั่งตำแหน่งอื่นได้แบ่งเป็น

1. สัญญาณ RESET

2. สัญญาณ Interrupt

สัญญาณ RESET ซีพียูจะมีขาหนึ่งรับสัญญาณ RESET โดยเฉพาะ เมื่อวงจรหน่วยควบคุมภายใน (control unit) ได้รับสัญญาณ RESET โดยทั่วไป แล้วโปรแกรมเคาว์เตอร์จะมีค่าเป็น "0" ทันทีและวงจรภายในบางส่วนจะถูกปรับสถานะใหม่ด้วย นั่นคือซีพียูจะเริ่มทำคำสั่งจากตำแหน่ง 0 ในหน่วยความจำ

สัญญาณ Interrupt ซึ่งซีพียูจะมีขาหนึ่งสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์ (INT) เมื่อวงจรควบคุมภายในซีพียูได้รับสัญญาณนี้ ไม่ว่าจะกำลังทำคำสั่งอะไรอยู่เมื่อจบคำสั่งนั้น ซีพียูจะต้องทำขบวนการพิเศษ ซึ่งเรียกว่า Interrupt acknowledge machine cycle เพื่อตอบรับรู้สัญญาณนี้ และเก็บสถานะของตัวเองขณะนั้นไว้ ณ. ที่ใดที่หนึ่ง แล้วจึงกระโดดไปทำคำสั่งที่ตำแหน่งอื่นซึ่งถูกกำหนดมาล่วงหน้าแล้วเมื่อจบคำสั่งต่าง ๆ ในตำแหน่งใหม่แล้วจึงกลับไปทำโปรแกรมเดิมที่ทำอยู่ก่อนที่จะได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์นั้น โปรแกรมที่ซีพียูกระโดดไปทำเมื่อได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์เราเรียกว่า Interrupt Service routine

2.4.2 ประเภทของสัญญาณอินเตอร์รัพท์

โดยทั่วไปสัญญาณอินเตอร์รัพท์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. non-maskable interrupt (NMI) คือสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่สามรถรบกวนหรือขัดจังหวะการทำงานของซีพียูได้โดยไม่มีข้อแม้ ไม่ว่าซีพียูจะทำคำสั่งอะไรอยู่ เมื่อได้รับสัญญาณ NMI และเมื่อจบคำสั่วที่กำลังทำอยู่นั้น ซีพียูจะต้องตอบรับรู้และกระโดดไปทำคำสั่งที่ตำแหน่งหนึ่งเป็นการแน่นอน

2. marskable interrupt (INT) คือสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ซีพียูสามารถหลีกเลี่ยง ทีจะไม่รับรู้ก็ได้ ถึงแม้จะมีสัญญาณนี้เข้ามาที่ซีพียูแล้วก็ตาม ที่เป็นเช่นนี้เพราะสัญญาณ INT จะไม่ได้ต่อตรงเข้าหน่วยควบคุมโดยตรง แต่ขึ้นอยู่กับ Interrupt enable flip-flop ภายในซีพียูซึ่งจะเป็นตัวอนุญาตให้สัญญาณ INT ผ่านไปได้หรือไม่ คำสั่ง disable interrupt จะทำให้ซีพียูไม่รับรู้สัญญาณ INT ต่อไปและคำสั่ง enable interrupt จะทำให้ซีพียูรับรู้สัญญาณ INT ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3อินเตอร์รัพท์เวคเตอร์

เมื่อซีพียูได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์แล้ว ซีพียูรับรู้โดยส่งสัญญาณตอบรับในขบวนการ Interrupt acknowledge machine cycle แล้วจึงไปทำคำสั่งที่ตำแหน่งซึ่งถูกกำหนดมา การกระโดดไปเป็นดังนี้

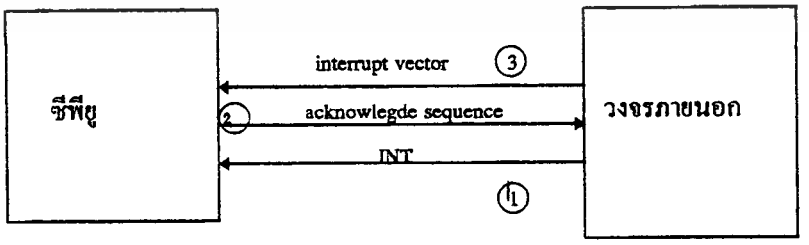
1. non-maskable interrupt ซีพียูจะกระโดดไปตำแหน่งที่แน่นอน

2. maskable interrupt เมื่อรับรู้สัญญาณอินเตอร์รัพท์และจะกระโดดไปทำตำแหน่งใดขึ้นอยู่กับตัวชี้ทาง ซึ่งเป็นตัวเลขไบนารี่บอกตำแหน่งเราเรียกว่า Interrupt vector ซีพียูจะไปทำตำแหน่งที่ interrupt vector บอก

2.4.4 อินเตอร์รัพท์เวคเตอร์และกลไกอินเตอร์รัพท์

อินเตอร์รัพท์เวคเตอร์มีบทบาทในการกระโดดไปยังตำแหน่งใหม่เมื่อซีพียูได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์ดังนี้คือ เมื่อซีพียูได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์ ซีพียูตอบรับและกระโดดไปทำตำแหน่งที่ interrupt vector บอก อินเตอร์รัพท์เวคเตอร์มาจากไหน โดยหลักง่าย ๆ สัญญาณอินเตอร์รัพท์เป็นสัญญาณเกิดจากวงจรภายนอกซีพียู ดังนั้นวงจรภายนอกที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ INT นี้ ต้องเป็นผู้บอกให้ซีพียูรู้ว่าจะต้องไปทำคำสั่งที่ไหน นั่นคือวงจรภายนอกจะต้องเป็นผู้ให้อินเตอร์รัพท์เวคเตอร์ซึ่งเป็นตัวเลขไบนารี่แก่ซีพียู ให้ในเวลาใดก็ต้องเป็นเวลาที่ซีพียูตอบรับรู้สัญญาณ INT (โดยทำขบวนการ Interrupt acknowledge machine cycle) นั่นเอง เราอาจเรียกง่าย ๆ ว่าขบวนการ Interrupt acknowledge คือการตอบรับรู้วงจรภายนอกที่กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์นั้น และขอรับอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์จากวงจรภายนอกนั่นเอง

2.4.5 ขบวนการอินเตอร์รัพท์



รูปที่ 2.6 แสดงขบวนการอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ขั้นตอนการเกิดและตอบรับอินเตอร์รัพท์*โดยทั่วไปจะเป็นดังนี้

1. วงจรภายนอกส่งสัญญาณ INT มายังซีพียู

2. ถ้าซีพียูทำคำสั่ง enable interrupt มาแล้ว ซีพียูจะตอบรับด้วย interrupt acknowledge cycle

3. วงจรภายนอกส่งอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์ซีพียู

4. ซีพียูเอาอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์นั้นมาเป็นตัวชี้นำตำแหน่งของคำสั่งใหม่ที่จะต้องไปทำ (ก่อนกระโดดไปซีพียูต้องเก็บสถานะตัวเองขณะนั้นไว้)

5. กระโดดไปทำตำแหน่งนั้น(interrupt service routine)

6. ตอนจบของโปรแกรม interrupt service routine จะต้องมีคำสั่งให้ซีพียูเรียกสถานะที่เก็บไว้กลับมาแล้วกระโดดกลับมายังตำแหน่งเดิมก่อนหน้าจะถูกอินเตอร์รัพท์ กลไกการเก็บสถานะเดิมก่อนอินเตอร์รัพท์และกลไกการกลับมาสู่โปรแกรมเดิมให้ศึกษารายละเอียดของซีพียูแต่ละตัว ซึ่งจะแตกต่างกันออกไป

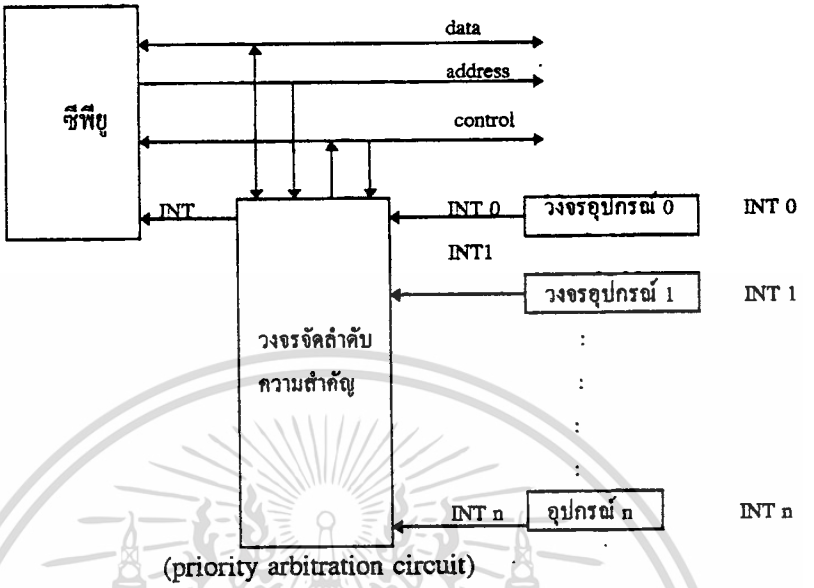
2.4.6 การจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์

สัญญาณอินเตอร์รัพท์เป็นวิธีหนึ่งที่วงจรภายนอกสามารถติอต่อกับซีพียูได้ตามรูปที่ 2.7 ในระบบจริง ๆ ถ้าผู้ส่งคือซีพียูสัญญาณอินเตอร์รัพท์สามารถทำหน้าที่แทน DONE ได้

แม้ว่าวงจรภายนอกที่สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ได้จะมีมากมายในระบบใด ๆ ก็ตามแต่ซีพียูสามารถแยกแยะออกได้ว่า วงจรใดเป็นผู้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ขึ้นนั้นได้เพราะแต่ละวงจรจะต้องให้อินเตอร์รัพท์เวคเตอร์ไม่เหมือนกัน ทำให้ซีพียูกระโดดไปทำ interrupt service routine ต่าง ๆ กัน โดยแต่ละโปรแกรมนี้จะถูกเขียนให้ทำงานรับใช้สำหรับอุปกรณ์นั้น ๆ

แต่ถึงแม้ว่าซีพียูจะสามารถแยกออกว่าใครเป็นตัวให้สัญญาณอินเตอร์รัพท์แล้วก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้ว เมื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องการจะติดต่อกับซีพียูพร้อม ๆ กัน จะเกิดปัญหาขึ้นทันทีว่าซีพียูจะตอบรับใครก่อน ในระบบจริง จึงต้องมีการจัดให้ความสำคัญต่ออุปกรณ์ไม่เท่ากัน (priority arbitration) ลักษณะของระบบที่มีการจัด priority จะเป็นดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นระบบการจัดลำดับความสำคัญ

ในระบบนี้อุปกรณ์ภายนอกไม่ได้ต่อสัญญาณ INT ของตัวเองเข้าซีพียูโดยตรง แต่จะผ่านวงจรจัดลำดับความสำคัญถ้าอุปกรณ์ทุกตัวต้องการจะส่งสัญญาณอินเตอร์รัพท์ (INT) เข้าซีพียูพร้อม ๆ กัน วงจรจัดลำดับความสำคัญจะผ่านสัญญาณอินเตอร์รัพท์และ interrupt vector ของอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ (priority)สูงสุดไปยังซีพียู และซีพียูจะตอบรับและรับใช้ (service) อินเตอร์รัพท์อันนั้นให้จบสิ้นก่อน อินเตอร์รัพท์ของอุปกรณ์ที่สำคัญรองลงมาจึงจะได้รับความสนใจ

การจัดระบบอินเตอร์รัพท์ไม่ว่าจะเป็นการตอบรับหรือกลไกการกระโดด หรือกลไกการเก็บสถานะ (status) ของซีพียูแต่ละตัวแตกต่างกันออกไป แล้วแต่ว่าบริษัทผู้ออกแบบตัวไมโครโปรเซสเซอร์มาอย่างไร ความแตกต่างกันนี้จะมีผลต่อความคล่องตัวของแต่ละระบบสำหรับงานแต่ละงานไป

2.4.7 การอินเตอร์รัพท์ของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80

Z-80 มีขาอินพุทสำหรับอินเตอร์รัพท์ได้ 2 ขา คือ อินเตอร์รัพท์แบบมาสเคเบิ้ล (INT) และแบบนอนมาสเคเบิ้ล (NMI) สำหรับการอินเตอร์รัพท์แบบมาสเคเบิ้ลสามารถให้ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระโดดข้ามไปทำงานที่ส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมได้ ส่วนการอินเตอร์รัพท์แบบนี้จะเกิดขึ้นทันที โดยที่ผู้ใช้ไม่สามารถหยุดยั้งหรือดิสเอเบิ้ลได้ด้วยซอฟแวร์

ก.นอนมาสเคเบิ้ลอินเตอร์รัพท์ (non-maskable interrupt)

การอินเตอร์รัพท์จะป้อนเข้าทางขา NMI ของซีพียูโดยที่ลอจิกของการแอคตีฟจะเกิดขึ้นด้วยลอจิก "0" เมื่อซีพียูรับสัญญาณนี้แล้ว ซีพียูจะไม่กระทำคำสั่งถัดไป โดยจะตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์โดยการเปลี่ยนข้อมูลให้ PC เป็น 0066H เพื่อให้สภาวะการเฟทช์ครั้งต่อไปเกิดขึ้นที่แอดเดรสนี้ การตอบสนองในกรณีของนอนมาสเคเบิ้ลนี้ซีพียูถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่จะต้องกระทำโดยคำสั่งทางซอฟแวร์หรือขบวนการอื่นใด ไม่สามารถเข้ามาหยุดยั้งการอินเตอร์รัพท์ได้ การอินเตอร์รัพท์ด้วยวิธีนี้จึงมักใช้ในกรณีว่ามีเหตุการณ์สำคัญที่สุด

จากหลักการทั่วไปของการอินเตอร์รัพท์ ค่าเดิมของ PC ที่ซีพียูจะกระทำต่อไปในโปรแกรมหลักจะได้รับการเก็บรักษาไว้ในสแตค และการกลับสู่โปรแกรมหลักเดิมนั้นกระทำได้ด้วยคำสั่ง RETN (return from nonmaskable)

ข. การอินเตอร์รัพท์แบบมาสเคเบิ้ล (maskable interrupt)

ในการอินเตอร์รัพท์แบบนี้ ผู้ใช้ต้องอินเตอร์รัพท์ผ่านเข้ามาทางขา INT ของซีพียู เมื่อซีพียูได้รับสัญญาณนี้แล้ว ซีพียูจะตรวจสอบสถานะของตัวเองว่าจะตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์หรือไม่ การที่จะตอบสนองหรือไม่สามารถโปรแกรมได้ด้วยซอฟท์แวร์ ดังนั้นผู้โปรแกรมจึงสามารถกำหนดสภาวะการอินเตอร์รัพท์ให้ได้รับการตอบสนองตรงส่วนใดของโปรแกรมได้ การอินเตอร์รัพท์ด้วยวิธีนี้สามารถแยกแยะการอินเตอร์รัพท์ออกเป็น 3 โหมด ซึ่งการแยกโหมดก็ทำได้ด้วยการใช้ซอฟท์แวร์หรือคำสั่งนั่นเอง โดยแยกเป็นโหมด 0 (IM0) โหมด (IM1) โหมด (IM2)

1.การอินเตอร์รัพท์โหมด 0

ในโหมดนี้ผู้ออกแบบซีพียู Z-80 ได้ออกแบบมาเพื่อ Z-80 ทำการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัพท์คือ เมื่อมีการอินเตอร์รัพท์เกิดขึ้นและโปรแกรมทางซอฟท์แวร์ได้เซทโหมดการรับอินเตอร์รัพท์เป็นโหมด 0 (IM0) และอีนาเบิ้ลการอินเตอร์รัพท์ไว้ การทำงานของซีพียูจะหยุดการเฟทช์คำสั่งถัดไป แต่จะตอบรับการอินเตอร์รัพท์ด้วยการส่งสัญญาณตอบรับ $\overline{M}_1$ กับ $\overline{IORQ}$ อ่านข้อมูล 1 ไบท์ เข้ามาทางบัสข้อมูล ข้อมูล 1 ไบท์นี้ได้รับการส่งมาจากอุปกรณ์ I/O ที่อินเตอร์รัพท์เมื่อซีพียูอ่านข้อมูลไบท์นี้มา ซีพียูจะถือว่าเป็นออพโค้ดทันทีและจะตีความหมายในการทำงาน คำสั่งขนาด 1 ไบท์ที่เหมาะในการใช้ในการอินเตอร์รัพท์ก็คือคำสั่ง RST เมื่อซีพียูเอ็กซีคิ้วคำสั่ง RST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีพียูจะเก็บข้อมูลเดิมใน PC ไว้ที่สแตค แล้วเปลี่ยนค่า PC ใหม่ตามลักษณะของการ RST นั้น ๆ ดังนั้นซีพียูจะกระโดดข้ามไปทำงานตามที่ต้องการของการอินเตอร์รัพท์ได้

การตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ด้วยการส่งสัญญาณ M_1 และ IORQ ทำการเฟทช์ข้อมูลจาก I/O มาเอ็กซีคิ้วอาจทำได้โดยการให้ I/O ส่งคำสั่งอื่นที่ไม่ใช่คำสั่ง RST (คำสั่งไบท์เดียว) แต่เป็นคำสั่งหลายไบท์ เช่นคำสั่ง CALL ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 3 ไบท์ โดย I/O ส่งข้อมูลขณะตอบรับการอินเตอร์รัพท์ ($\overline{M_1}$ + $\overline{IORQ}$) ด้วยข้อความ CDH(CALL) เมื่อซีพียูเอ็กซีคิ้ว คำสั่งนี้ก็จะทราบว่าเป็นคำสั่ง CALL ซึ่งยังต้องการข้อมูลเพิ่มอีก 2 ไบท์ ซีพียูจะสร้างแมชีนไซเคิลต่อไปในการอ่านหน่วยความจำเหมือนกระทำคำสั่ง CALL จริง ๆ ในกรณีนี้เราจะต้องใช้วงจรทางฮาร์ดแวร์ประกอบเพื่อให้ I/O ส่งข้อมูล 2 ไบท์ตามไปให้ได้ ซึ่งการอินเตอร์รัพท์ด้วยวิธีนี้อาจกำหนดได้ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันตามการออกแบบของแต่ละบุคคล

บริษัทอินเทลได้ออกแบบไอซีที่ใช้ในการควบคุมการอินเตอร์รัพท์และจัดลำดับความสำคัญในการอินเตอร์รัพท์ขึ้น เช่น IC เบอร์ 8214

การใช้เวลาในการตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ด้วยการส่ง $\overline{M_1}$ และ $\overline{IORQ}$ นี้จะกระทำเหมือนการกระทำในช่วงเวลาแมชีนไซเคิล M_1 แต่ซีพียูจะใช้เวลายาวนานกว่าแมชีนไซเคิล M_1 โดยปกติโดยการเพิ่ม Tw ขึ้นสองไซเคิล การเพิ่ม Tw ขึ้นก็เพื่อให้เวลาแก่อุปกรณ์ I/O ในการกระทำขบวนการเดซี่เชน (daisy chain) ในการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์

โดยปกติการเซทให้อยู่ในรูปในโหมดนี้กระทำได้ด้วยการสั่งทางซอฟท์แวร์ด้วยคำสั่ง IM1 และการกำหนดให้รับการอินเตอร์รัพท์ได้หรือไม่กระทำได้ด้วยคำสั่ง EI และ EI และเพื่อให้การทำงานเหมือนอยู่ในโหมดของ 8080 ทุกประการ ดังนั้นหลังจากการรีเซทซีพียู ซีพียูจะเซทตัวเองให้อยู่ในโหมด 0 นี้โดยอัตโนมัติ

2.อินเตอร์รัพท์โหมด 1

ในโหมดนี้ผู้โปรแกรมสามารถกำหนดได้ด้วยคำสั่ง IM1 การอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้จะกระทำเหมือนกันกับนอนมาสเคเบิ้ล อินเตอร์รัพท์ทุกประการแต่จะแตกต่างกันก็เพียงการรีสตาร์ทมาที่ตำแหน่ง 0038H (กรณีนอนมาสเคเบิ้ลไปกระทำที่ 0066H) และจำนวนคาบเวลาที่ใช้ในโหมด 1 นี้มากกว่าในนอนมาสเคเบิ้ล ทั้งนี้เพราะในโหมดนี้ซีพียูต้องเพิ่ม Tw ขึ้นอีก 2 สเตท การอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้สามารถดิสเอเบิ้ลได้ด้วยซอฟท์แวร์

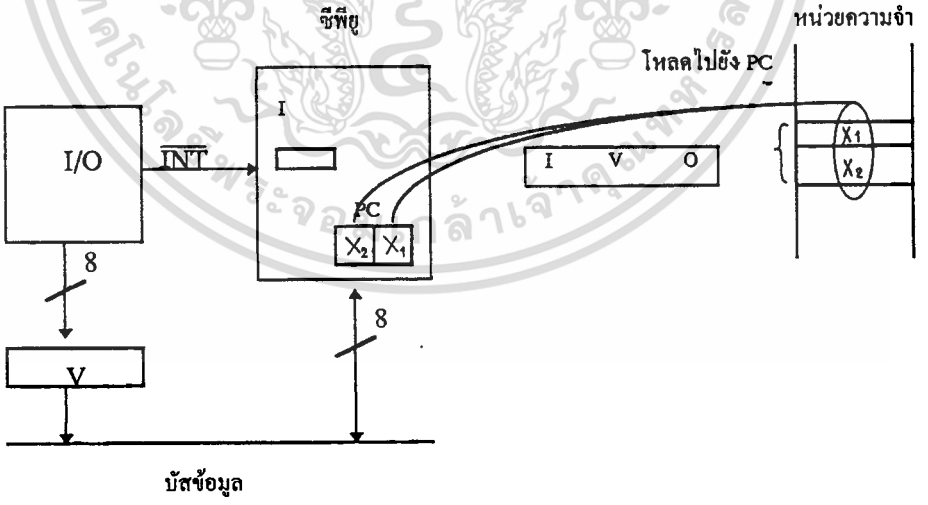
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การอินเตอร์รัพท์โหมด 2

ในโหมดนี้ทำให้ Z-80 มีขีดความสามารถเกี่ยวกับการอินเตอร์รัพท์สูงขึ้นมาก การอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้กำหนดได้ด้วยคำสั่ง IM2 และการจะให้ซีพียูตอบสนองหรือไม่ก็ยังใช้คำสั่งโปรแกรมได้เช่นกันโดยใช้คำสั่ง EI และ DI

การกระโดดไปยังโปรแกรมอื่นในขณะเมื่อซีพียูตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ ในกรณีนี้จะไปที่ใดก็ได้ โดยใช้แอดเดรสในการกระโดดนี้ได้ถึง 16 บิท ซึ่งทำให้การอิยเตอร์รัพท์ทได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นอีกมาก

กรรมวิธีการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ในกรณีนี้คือ เมื่อมีสัญญาณ $\overline{INT}$ เข้ามาและซีพียูตรวจสอบได้ในตอนสุดท้ายของคำสั่ง ซีพียูจะตอบสนองด้วยการส่ง $\overline{M}_1$ กับ $\overline{IORQ}$ ออกไป สัญญาณ $\overline{M}_1$ กับ $\overline{IORQ}$ จะเป็นตัวบอกอุปกรณ์ที่ส่ง $\overline{INT}$ มาให้ส่งข้อมูลขนาด 1 ไบท์เข้าทางบัสข้อมูล สำหรับในโหมดนี้ข้อมูลที่ส่งจาก I/O ขนาด 1 ไบท์ที่เข้าทางบัสนี้ซีพียูถือว่าเป็นเวคเตอร์ของการอินเตอร์รัพท์ โดยข้อมูลในบิท D_0 จะต้องเป็น "0" ส่วนบิทอื่นจะเป็นอะไรก็ได้ซีพียูจะนำเวคเตอร์นี้ไปเป็นข้อมูลแอดเดรสไบท์ที่มีนัยสำคัญต่ำ และข้อมูลจากรีจิสเตอรี I ภายในซีพียูเป็นข้อมูลไบท์ที่มีนัยสำคัญสูง เรียกหาไปยังข้อมูลในหน่วยความจำเพื่ออ่านข้อมูลในหน่วยความจำ 2 ไบท์ติดกันนั้นมาโหลดใส่ PC หรือเป็นการอ้างแอดเดรสให้ PC แบบโดยทางอ้อมนั่นเอง



รูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีนี้จะเห็นได้ว่าเราสามารถเซทค่าในรีจิสเตอร์ I ให้เป็นอะไรก็ได้และ I/O จะส่งข้อมูลเวคเตอร์มาประกอบรวมเพื่อบอกถึงค่าตารางในหน่วยความจำที่ต้องการ ด้วยวิธีการเช่นนี้จะทำให้กระโดดไปยังโปรแกรมย่อยเกิดขึ้นที่ใดก็ได้

อุปกรณ์ไอซีที่ทำงานร่วมโดยมใช้อินเตอร์รัพท์โหมดนี้มีหลายเบอร์ด้วยกัน เช่น Z-80PIO ,Z-80CTC,Z-80SIO ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์อินเตอร์เฟสเหล่านี้สามารถส่งเวคเตอร์ให้กับซีพียูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้ซีพียูต้องการเวลาถึง 19 สเตท โดยใช้ 7 สเตทในการเฟทช์เวคเตอร์ 6 สเตทในการเก็บข้อมูล PC เดิมในสเตท และ 6 เป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำมายัง PC

2.4.8 การอินาเบิ้ลและดิสเอเบิ้ลอินเตอร์รัพท์

สถานะภาพต่อการตอบสนองอินเตอร์รัพท์ ซีพียูจะทำการตรวจสอบที่ IFF หรืออินเตอร์รัพท์ฟลิบฟลอบในกรณีของ Z-80 จะมีฟลิปฟลอบที่แสดงสถานะภาพในการอินเตอร์รัพท์อยู่ 2 บิท คือ IFF1 และ IFF2 โดยทั้งสองบิทนี้จะได้รับการเกี่ยวข้องด้วยจากการกระทำของซีพียู หรือของผู้โปรแกรมโดยโปรแกรมคำสั่งเข้ามาเซทหรือรีเซทฟลิบฟลอบ

โดยหลักการ IFF1 ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดการอีนาเบิ้ลหรือดิสเอเบิ้ล การอินเตอร์รัพท์ โดยที่ IFF2 จะมีหน้าที่หลักในการเก็บข้อมูลชั่วคราวของ IFF1

ในขณะที่มีการรีเซทซีพียูทางขารีเซท ทั้ง IFF1 และ IFF2 จะได้รับการรีเซทไปด้วย การแสดงสถานะ “0” ของ IFF1 จะเป็นการดิสเอเบิ้ลการอินเตอร์รัพท์ กล่าวคือ IFF1 = “0” ซีพียูจะไม่รับรู้ต่อการอินเตอร์รัพท์ที่เข้ามาทาง INT การเซท IFF สามารถกระทำได้ด้วยคำสั่ง EI โดยสถานะภาพของ IFF1 และ IFF2 ที่จะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการกระทำต่าง ๆ สรุปได้ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงสถานะสภาพของ IFF1 และ IFF2

การกระทำ	IFF1	IFF2	
รีเซทซีพียู	0	0	
DI	0	0	
EI	1	1	
LD A,I	●	●	IFF1 ⟶ แฟลกพาริตี้
LD A,R	●	●	IFF2 ⟶ แฟลกพาริตี้
เมื่อกระทำ NMI	0	●	
RETN	IFF2	●	IFF2⟶IFF1
เมื่อกระทำ INT	0	0	
RETI	●	●	

"●" หมายถึงไม่เปลี่ยนแปลง

จากตารางพอสรุปได้ว่า การกำหนดอีนาเบิ้ลจะต้องทำการเซทฟลิปฟลอป IFF1 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง การยอมให้เกิดการอินเตอร์รัพท์ได้ก็ต่อเมื่อซีพียูตรวจสอบ IFF1 ว่าอยู่ในสภาวะอีนาเบิ้ลหรือไม่

การตรวจสอบสภาวะการอินเตอร์รัพท์ว่าได้รับการอีนาเบิ้ลหรือดิสเอเบิ้ล ในบางกรณีทำได้โดยการตรวจสอบพาริตี้ นั่นคือการกระทำคำสั่ง LD A,I และ LD A,R จะมีผลทำให้ค่าของ IFF2 ไปเก็บยังพาริตี้แฟลก

เมื่อมีการอินเตอร์รัพท์แบบ NMI ขึ้นจะเกิดสภาวะดิสเอเบิ้ลทันทีที่ IFF1 กล่าวคือมันจะได้รับการรีเซท นั่นคือระหว่างการอินเตอร์รัพท์แบบ NMI นี้ การอินเตอร์รัพท์แบบอื่นจะเข้ามาอีกไม่ได้ ซีพียูจะไม่รับรู้ทั้งสิ้น สถานะเดิมก่อนการอินเตอร์รัพท์แบบ NMI จะได้รับการเก็บรักษาไว้ที่ IFF2 ซึ่งระหว่างนี้จะได้รับการตรวจสอบได้เช่นกันว่าก่อนการเข้าไปสู่โหมด NMI สภาวะการเป็นอย่างไร และเมื่อกลับเข้าโปรแกรมหลักด้วยคำสั่ง RETN จะทำให้สถานะเดิมเก็บรักษาไว้ใน IFF1 ใหม่

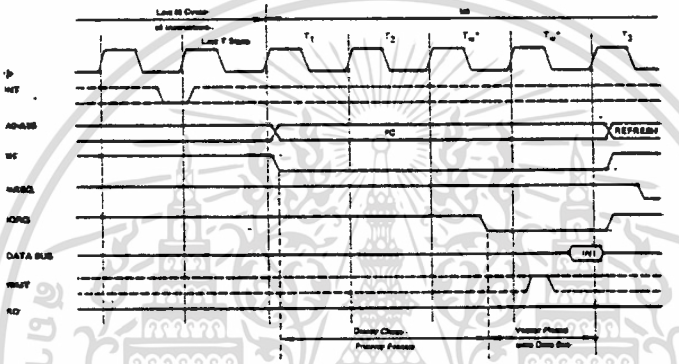
การตอบสนองต่อ $\overline{INT}$ ก็จะทำให้ IFF1 และ IFF2 ได้รับการรีเซทเช่นกัน ดังนั้นเมื่อมีการ INT สัญญาณ $\overline{INT}$ ครั้งต่อไปจะไม่สามารถได้รับการตอบสนองจนกว่าจะมีคำสั่ง EI $\overline{INT}$ จึงจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับการตอบสนองนั่นเอง ส่วนการเอ็กซิคิ้วคำสั่ง RETI จะไม่มีผลทำให้ IFF1 และ IFF2 เกิดการเปลี่ยนแปลง

2.4.9 ไดอะแกรมเวลาสำหรับการตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ของซีพียู

การตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ของซีพียูมีลักษณะสำคัญที่เราจะต้องพิจารณาในแง่ของไดอะแกรมเวลา เพื่อว่าการเชื่อมอุปกรณ์ I/O ในแง่ฮาร์ดแวร์จะได้เป็นไปอย่างถูกต้อง ลักษณะการตอบสนองแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงไดอะแกรมเวลาของการตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์

2.4.10 สรุปการตอบสนองจะเกิดตามลำดับดังนี้

1. อุปกรณ์ I/O ส่งสัญญาณอินเตอร์รัพท์มา โดยการทให้ขา $\overline{INT}$ อยู่ในลอจิก "0"

2. CPU จะตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ด้วยการส่ง $\overline{M}_1$ ลอจิก "0" ก่อนเพื่อให้อุปกรณ์ I/O เตรียมจัดการเกี่ยวกับขบวนการจัดลำดับก่อน แล้ว $\overline{IORQ}$ จากซีพียูจึงส่งตามมา การให้ $\overline{IORQ}$ มาทีหลัง $\overline{M}_1$ ก็เนื่องจากให้ช่วงเวลาดีเลย์ระหว่างนี้เป็นตัวกำหนด IEI และ IEO ของการกระทำเดซีเชน เมื่อ $\overline{IORQ}$ ออกไปที่ I/O และถ้า IE1 ของอุปกรณ์นั้นเป็นลอจิก "1" ตัว I/O นั้นก็จะส่งเวคเตอร์เข้ามาทางบัสข้อมูล และซีพียูจะใช้ $\overline{IORQ}$ และ $\overline{M}_1$ เป็นพัลซ์สั่งอ่านเข้าทางบัสข้อมูล และการทำเดซีเชน อุปกรณ์ที่ส่งอินเตอร์รัพท์ได้ จะให้ IEO เป็นลอจิก "0" เพื่อป้อนเข้า IEI ของตัวอื่น เป็นการบล็อกการส่งเวคเตอร์จาก I/O ตัวอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเคลียร์อินเตอร์รัพท์ โดยปกติอุปกรณ์ I/O จะแอคตีฟในการส่งอินเตอร์รัพท์ได้ต้องให้ IEI =1 และ IEO = 0 ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นการกระทำการอินเตอร์รัพท์แล้วสถานะของการ I/O จะต้องเคลียร์ตัวเองได้ นั่นคือเมื่อมีการกระทำคำสั่ง RETI(ED 4D) ก็จะมีการบอกให้อุปกรณ์ I/O ทราบว่าจบสิ้นการอินเตอร์รัพท์แล้ว เพื่อทำให้ IEO เป็น "1" เพื่ออีนาเบิ้ลตัว I/O ที่มีความสำคัญน้อยกว่าความสัมพันธ์ของ $\overline{INT}$,$\overline{NMI}$ และ $\overline{BUSRQ}$

ไดอะแกรมข้างล่างนี้เป็นไดอะแกรมการจัดลำดับการทำงานภายใน ในการตรวจสอบการอินเตอร์รัพท์ทั้งแบบ $\overline{INT}$ และ $\overline{NMI}$ รวมทั้งขบวนการขอใช้บัส ($\overline{BUSRQ}$) โดยมีลักษณะการทำงานที่น่าสนใจดังนี้

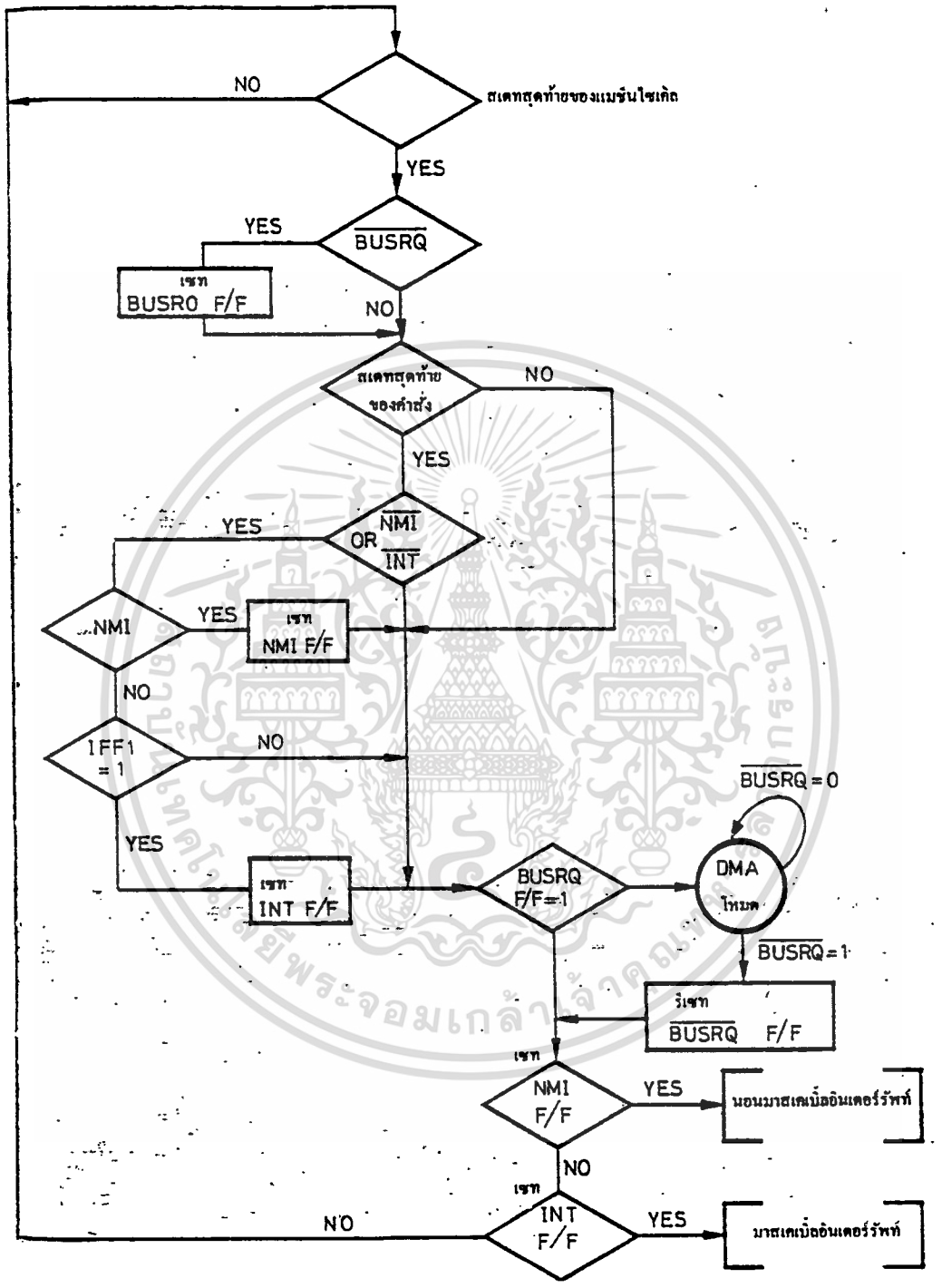
1. การตรวจสอบ $\overline{INT}$ และ $\overline{NMI}$ ซีพียูจะทำการตรวจสอบทุก ๆ ไซเคิลสุดท้ายของสัญญาณนาฬิกาของแต่ละคำสั่ง

2. $\overline{BUSRQ}$ จะได้รับการตรวจสอบทุก ๆ ตอนสุดท้ายของแมชีนไซเคิล

3. เมื่อ CPU อยู่ในสภาวะ DMA จะไม่ยอมรับรู้การขอ $\overline{INT}$ หรือ $\overline{NMI}$

4. การจัดการตอบสนองจะเป็นไปตามลำดับดังนี้ $\overline{BUSRQ}$ $\overline{NMI}$ และ $\overline{INT}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงไดอะแกรมเวลาของการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์

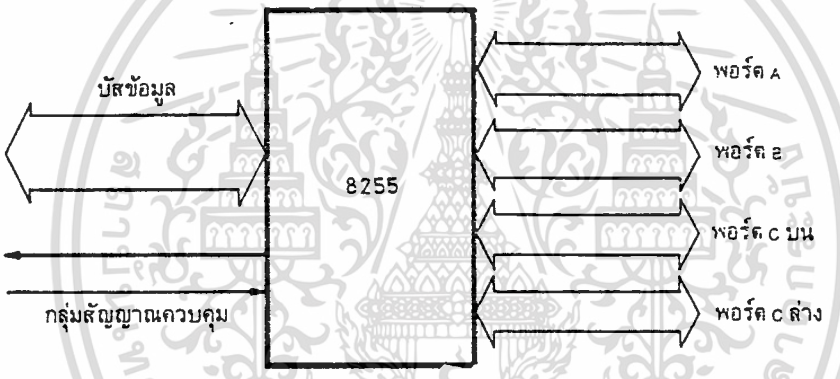
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ไอซี 8255 พอร์ตข้อมูลแบบขนานและการอินเตอร์เฟส

3.1ไอซี 8255

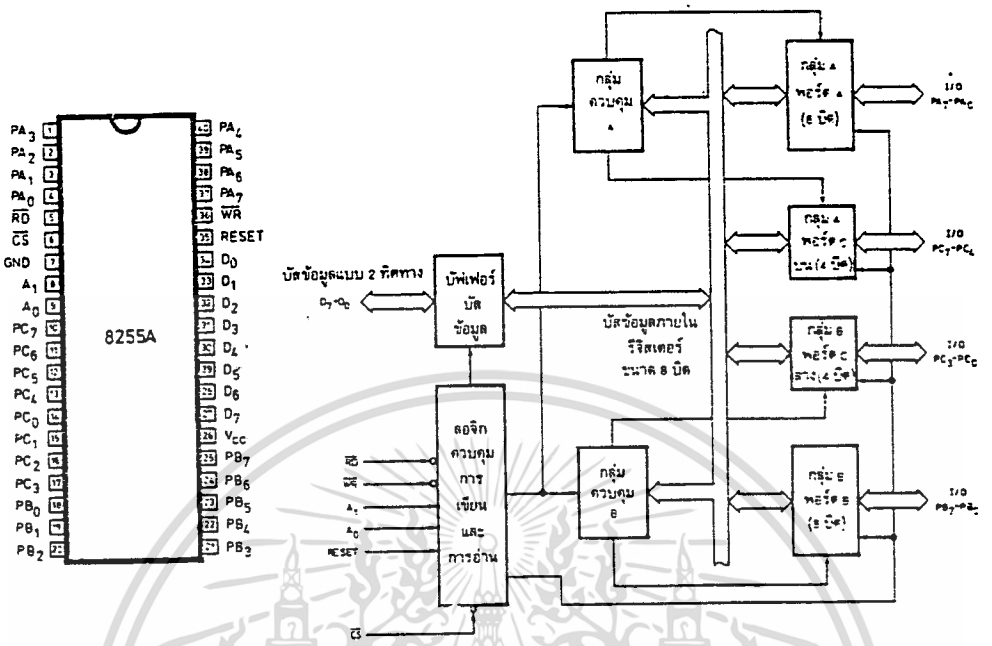
8255 เป็นไอซีที่มี 40 ขา ได้รับการออกแบบมาให้มีสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับ 8080 แต่สัญญาณนี้พอเหมาะที่จะใช้กับ Z-80 ได้ดีเช่นเดียวกัน 8255 เป็นไอซีที่ต่อเป็นพอร์ตให้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 3 พอร์ต โดยมีโครงสร้างได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างของไอซี 8255

การเรียกพอร์ตของ 8255 จะเรียกพอร์ตต่าง ๆ ว่า พอร์ต A พอร์ต B และพอร์ต C แยกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ต C ล่างหรือตั้งแต่ PC_0 - PC_3 มีจำนวน 4 บิต และพอร์ต C บน หรือตั้งแต่ PC_4 - PC_7 ที่พิเศษคือ พอร์ตทุกพอร์เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุทและเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังวงจรภายในและการจัดขาของไอซี 8255

รูปที่ 3.2 เป็นแผนผังภายในของไอซีและการจัดวางของไอซี 8255 การทำงานของวงจรจะใช้สัญญาณควบคุมมาจากไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการทำงาน โดยไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งคำสั่งมาโปรแกรมการทำงานหรือกำหนดรูปแบบของพอร์ตให้เป็นพอร์ตอินพุทหรือเอาท์พุทได้

3.2 ขาต่างๆ ของ 8255

D_0 - D_7 เป็นขาที่ข้อมูลอินพุทเอาท์พุทจะต้องผ่านเข้าออกจากส่วนนี้ D_0 - D_7 จึงต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลจากพอร์ตผ่านบัสนี้

$\overline{CS}$ (สัญญาณเลือกชิป)ขานี้เป็นขาอินพุทที่จะรับสัญญาณจากภายนอกเพื่อเลือกชิป 8255 โดยเมื่อขานี้เป็น “0” จะทำให้ 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์เขียนหรืออ่านข้อมูลจากพอร์ตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{RD}$ (สัญญาณการอ่าน) เป็นสัญญาณอินพุทที่ต้องส่งมาจากซีพียูเมื่อสัญญาณที่ขานี้เป็น "0" และสัญญาณ $\overline{CS}$ เป็น "0" ด้วย ไอซี 8255 จะทำตัวให้ซีพียูอ่านข้อมูลจากบัสในขณะที่เป็นพอร์ตอินพุท

$\overline{WR}$ เป็นสัญญาณการเขียน จะแอคตีฟเมื่อสัญญาณ $\overline{WR}$ และสัญญาณ $\overline{CS}$ เป็น "0" สัญญาณนี้จะมาจากซีพียูเมื่อต้องการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ตที่กำหนด

A_0- A_1 (สัญญาณแอดเดรสฯ)ลอจิกของสัญญาณทั้งสองจะถอดรหัสออกเป็น 4 รหัส เพื่อกำหนดรีจิสเตอร์ภายในที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุทเอาท์พุทของ 8255

RESET (สัญญาณรีเซต)เป็นสัญญาณที่ส่งจากภายนอกเข้ามาทำการรีเซต 8255 เพื่อเคลียร์สถานะต่าง ๆ ของ 8255 ได้รับการรีเซต ก็จะกลับเข้าสู่โหมดอินพุทหรือทุกพอร์ตที่เป็นพอร์ตอินพุท

PA_0 - PA_7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ตของ 8255 ที่ชื่อพอร์ต A การเลือกพอร์ตจะเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A_0- A_1

PB_0 - PB_7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ต B ของ 8255 ถูกเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A_0- A_1

PC_0 - PC_7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ต C ของ 8255 การกำหนดพอร์ตนี้จะได้รับการกำหนดสัญญาณแอดเดรสA_0- A_1พอร์ต C นี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม PC_0 - PC_3 และกลุ่ม PC_4 - PC_7

3.3 การเชื่อมต่อ 8255 กับ Z-80

หากพิจารณาจากขาต่าง ๆ ของ 8255 จะเห็นว่า ส่วนขาควบคุมที่จะเชื่อมต่อเข้ากับบัสของไมโครโปรเซสเซอร์นั้นสามารถเชื่อมต่อกับบัสได้ง่าย ในที่นี้จะลองต่อ 8255 เป็นพอร์ตให้กับ Z-80 สมมุติว่าต้องการ Z-80 มองเห็น 8255 เป็นพอร์ตหมายเลข 10H, 11H, 12H และ 13H การเชื่อมต่อสายสัญญาณการเลือกแอดเดรสของพอร์ตแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

สังเกตุว่า ขณะสัญญาณ $\overline{CS}$ แอคตีฟนั้น สัญญาณแอดเดรส A_7 A_6 A_5 A_4 A_3 A_2จะต้องมีข้อมูล 000100 และเมื่อรวมกับ A_1 , A_0 จะเป็น 000100XX พอร์ตที่เกิดขึ้นเมื่อ A_1 , A_0 เป็น 00 คือ พอร์ต 10H และถ้า A_1 , A_0 เป็น 11 พอร์ตจะเป็น 13H การกำหนดพอร์ตของ Z-80 จะใช้ข้อมูลบนบัสแอดเดรส 8 เส้นคือ A_0 - A_7 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้