สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์ไร้สาย

CORDLESS PHONE

T046478

โดย

นาย ปิติ กิจวรรณี

นาย สุวรรณ จันทร์อินทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46478
วัน, เดือน, ปี - 2 เม.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โทรศัพท์ไร้สาย
TITLE	CORDLESS PHONE
โดย	นาย ปิติ กิจวรรณี รหัสประจำตัว 43015825
	นาย สุวรรณ จันทร์อินทร์ รหัสประจำตัว 43015849
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อาจารย์ พิชญ สุพรรณกูล
	อาจารย์ มนต์ชัย แช่มช้อย
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2544

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(อาจารย์ พิชญ สุพรรณกูล)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โทรศัพท์ไร้สาย
นักศึกษา	นาย ปิติ กิจวรรณี รหัสประจำตัว 43015825
	นาย สุวรรณ จันทร์อินทร์ รหัสประจำตัว 43015849
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อาจารย์ พิชญ สุพรรณกูล
	อาจารย์ มนต์ชัย แช่มช้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบสร้างโทรศัพท์ไร้สาย ส่งสัญญาณผ่านการมอดดูเลททางความถี่ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปใช้งานโดยเอาสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์นำมาสื่อสารแบบไร้สายในอาคารหรือที่พัก โดยใช้เทคนิคการมอดดูเลททางความถี่ ส่งสัญญาณที่รับได้ จากสัญญาณโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องรับ

โครงงานนี้จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือส่วนของเครื่องส่ง ซึ่งจะส่งสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์ที่ย่านความถี่ 112.95 MHz เครื่องส่งตัวเคลื่อนที่ส่งกลับยังชุมสายที่ย่านความถี่ 116.25 MHz ส่วนเครื่องรับซึ่งสัญญาณจะรับข่าวสารซึ่งอยู่ในรูปของคลื่นแปลงเป็นข่าวสาร ส่วนของการแสดงผลและการบันทึกเบอร์ จะใช้ไมโครคอลโทรเลอร์ MCS-51 ในการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE	**CORDLESS PHONE**
STUDENT	**Mr. Piti Kitwannee No.43015825**
	Mr. Suwan Janin No.43015849
ADVISOR	**Mr. Pichaya Supanakoon**
	Mr. Monchai Chamchoy
COURSE	**Bachelor of Industrial Technology in Telecommunication**
DEPARTMENT	**Industrial Technology**
YEAR	**2001**

ABSTRACT

This thesis is present the design of cordless phone structure. It sent signal pass frequency modulation. The target of frequency modulation is bring to use in working, by bring the signal from telephone exchange and take it for communication in form of cordless in building or accommodation, by use technique of frequency modulation sent the signal which it get from telephone signal and sent it to receiver.

This project consist of 3 parts. The fist part is transmitter which send signal from telephone exchange at frequency area 112.95 MHz. The second parts is handset which sent signal return to frequency area 116.25 MHz. The third parts is receiver, the signal can get information in form of demodulation. At last in the part of show and memory number use it by microcontroller MCS-51 in operating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ พิชญ สุพรรกูล อาจารย์ มนชัย แช่มช้อย และอาจารย์ คลชัย สุขเจริญผล ที่ได้ให้คำปรึกษาในการเริ่มต้นทำโครงงานชิ้นนี้ ตลอดจนข้อคิดเห็นในทางปฏิบัติและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ได้ให้โอกาสและเป็นกำลังใจเสมอมาในการทำโครงงาน รวมทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำโครงงานนี้

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นาย ปิติ กิจวรรณี

นาย สุวรรณ จันทร์อินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	V
บทที่ 1บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	1
บทที่ 2 พื้นฐานระบบสื่อสาร	2
2.1 บทนำ	2
2.2 การมอดดูเลตของคลื่น	9
2.3 การทำงานโทรศัพท์ทั่วไป	18
บทที่ 3 หลักการทำงานและการออกแบบ	29
3.1 บทนำ	29
3.2 วงจรภาคส่ง	30
3.3 วงจรภาครับ FM	32
3.4 การออกแบบ Band Pass Filter	33
3.5 ชุดสวิตซ์เมตริกซ์	39
3.6 ชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	40
3.7 วงจรแสดงผล	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	42
4.1 บทนำ	42
4.2 วงจรภาคส่งที่ความถี่ 112MHz	42
4.3 วงจรภาคส่งที่ความถี่ 116MHz	43
4.4 ผลการวัดสัญญาณ DTMF จากวงจรโทรศัพท์	45
4.5 ผลของฟิลเตอร์	47
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารพื้นฐาน 2

รูปที่ 2.2 (ก) แบบต่าง ๆ ของตัวกลาง 2

รูปที่ 2.2 (ข) แบบต่าง ๆ ของตัวกลาง 3

รูปที่ 2.3 แสดงการกำหนดค่าความกว้างแถบ 4

รูปที่ 2.4 (ก) ระบบสื่อสารแบบอนาลอก 4

รูปที่ 2.4 (ข) ระบบสื่อสารแบบอนาลอกแบบมอดดูเลต 5

รูปที่ 2.5 การสื่อสารทั้งแบบอนาลอกและแบบดิจิตอล 6

รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลผ่านโดยใช้รหัส 7

รูปที่ 2.7 การส่งผ่านแบบทิศทางเดียว 8

รูปที่ 2.8 การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน 8

รูปที่ 2.9 การส่งผ่านแบบสองทิศทางที่เวลาเดียวกัน 9

รูปที่ 2.10 สัญญาณความถี่เสียงกับสัญญาณที่ถูกมอดดูเลตแบบ FM และ AM 10

รูปที่ 2.11 การมอดดูเลตคลื่น FM ใน โดเมนความถี่ 11

รูปที่ 2.12 กราฟแอมพลิจูด ของคลื่นพาหะกับแถบข้างที่ดัชนีการมอดดูเลตค่าต่างๆ 12

รูปที่ 2.13 รูปคลื่น FM ในเชิงความถี่ที่มีค่าดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 3 15

รูปที่ 2.14 Block Diagram ของ Phase – Lock Loops (PLL) 16

รูปที่ 2.15 Block Diagram การทำงานของวงจรสังเคราะห์ความถี่ 17

รูปที่ 2.16 ลักษณะทางไฟฟ้าปรากฏที่คู่สายขณะทำการเรียก 20

รูปที่ 2.17 ลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้ที่เรียกเข้ามา 21

รูปที่ 2.18 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์ 21

รูปที่ 2.19 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น 22

รูปที่ 2.20 ผังการทำงานของโทรศัพท์ 24

รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมของเวลาคร่าว ๆ ของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน 29

รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง 30

รูปที่ 3.3 วงจร RF Amplifier 31

รูปที่ 3.4 วงจรภาครับ 32

รูปที่ 3.5 n pole Butterworth networks Lowbass Filter เริ่มจาก C 33

รูปที่ 3.6 n pole Butterworth networks Lowbass Filter เริ่มจาก L 34

รูปที่ 3.7 3 pole Butterworth networks Lowbass Filter Order 3 ที่ได้จากตาราง 3.1 34

รูปที่ 3.8 วงจร Band pass Filter ที่ได้จากการแทนค่าตามตารางที่ 3.1 35

รูปที่ 3.9 วงจร 3 order Band Bass Filter ในช่วงความถี่ 112.6 MHz – 113.42 MHz 36

รูปที่ 3.10 วงจร Low pass Filter ที่ได้จากการแทนค่าตามตารางที่ 3.1 37

รูปที่ 3.11 วงจร Band pass Filter ที่ได้จากการแทนค่าตามตารางที่ 3.2 37

รูปที่ 3.12 วงจร 3 order Band Bass Filter ในช่วงความถี่ 115.97 MHz – 116.22 MHz 38

รูปที่ 3.13 ชุดสวิตซ์เมตริกซ์ 40

รูปที่ 3.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 41

รูปที่ 3.15 การแสดงผล LCD 41

รูปที่ 4.1 สัญญาณความถี่ 112 MHz 42

รูปที่ 4.2 ภาค POWER ซึ่งแสดงเป็น dB 43

รูปที่ 4.3 สัญญาณความถี่ 116 MHz 44

รูปที่ 4.4 ภาค Power ซึ่งแสดงเป็น dB 44

รูปที่ 4.5 กดคีย์ 1 45

รูปที่ 4.6 กดคีย์ 5 46

รูปที่ 4.7 กดคีย์ 9 46

รูปที่ 4.8 ความถี่คัทออฟจากวงจรฟิลเตอร์ 112.95 MHz 47

รูปที่ 4.9 ความถี่คัทออฟจากวงจรฟิลเตอร์ 116.95 MHz 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงการกระจายคลื่นพาหะและแถบข้างที่ดัชนีการมอดดูเลตค่าต่าง ๆ	14
ตารางที่ 2.2 การจัดตำแหน่งความถี่และการจัดปุ่ม	19
ตารางที่ 2.3 ความถี่ของการกดเลขหมาย	27
ตารางที่ 3.1 การแทนค่าการออกแบบ Filter	33
ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยน Low pass Filter ไปเป็น Band pass Filter	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการสื่อสารโทรคมนาคมได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตในชีวิตประจำวันในวันหนึ่งๆ เราต้องพบกับการสื่อสารต่าง ๆ มากมาย โทรศัพท์ก็เป็นสิ่งจำเป็นสิ่งหนึ่งในการติดต่อสื่อสาร และใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากโทรศัพท์สามารถติดต่อกันได้สะดวกรวดเร็ว โดยผู้รับและผู้ ส่งสามารถติดต่อกันได้แบบโดยตรงซึ่งเพียงกดปุ่มหรือหมุนโทรศัพท์ไม่กี่วินาทีก็สามารถติดต่อกัน

1.1 วัตถุประสงค์

โทรศัพท์ไร้สายก็เป็นอุปกรณ์การสื่อสารอีกประเภทหนึ่ง ที่อำนวยความสะดวกได้ดีอีกรูปแบบหนึ่ง โดยการศึกษาเริ่มจากระบบพื้นฐานของระบบโทรศัพท์ทั่วๆไป และการมอดดูเลตแบบ Analog ที่เน้นไปที่การมอดดูเลตของสัญญาณ FM ซึ่งนำทั้งสองหลักการมาประยุกต์เข้าด้วยกัน ผลที่ได้การจากการประยุกต์นั้นจะสามารถได้หลักการของโทรศัพท์ไร้สาย โดยการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุแทนที่การสื่อสารข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์และจะช่วยให้เกิดการคล่องตัวในการใช้งานคือสะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย เนื่องจากไม่ต้องใช้สายในการส่งสัญญาณไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการสร้างและออกแบบภาครับและภาคส่งโดยจัดให้สัญญาณของการสื่อสารต่างย่านความถี่กัน ซึ่งออกแบบสร้างที่ย่านความถี่ที่ 112 MHz และ 116MHz โดยการติดต่อสื่อสาร จากชุมสายโทรศัพท์ไปยังตัวที่เคลื่อนที่ได้ จะติดต่อเฉพาะสัญญาณเสียง ขอบเขตของโครงงานนี้สามารถส่งได้ระยะไกล 15 เมตร โดยมีสิ่งกีดขวาง และสามารถบันทึกหมายเลขโทรศัพท์ได้ 5 หมายเลข

1.3 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ในการทำโครงงานชิ้นนี้จะเป็นการหาข้อในการออกแบบสร้างเครื่องรับและ เครื่องส่ง โดยใช้เทคนิคการมอดูเลททางความถี่เพื่อที่จะหาย่านความถี่ที่เหมาะสมที่สุดในการสื่อสารสัญญาณและปราศจากการรบกวนจากสัญญาณข้างเคียง ในการออกแบบการบันทึกหมายเลขโทรศัพท์เป็นการศึกษาคอลโทรลเรอร์ MCS-51 ในการออกแบบโครงงาน

ปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นการสร้างและออกแบบโทรศัพท์ไร้สาย โดยใช้เทคนิคในการมอดดูเลตสัญญาณแบบ FM และมีการบันทึกหมายเลขโทรศัพท์โดยไร้ไมโครคอลโทรลเลอร์เข้ามาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

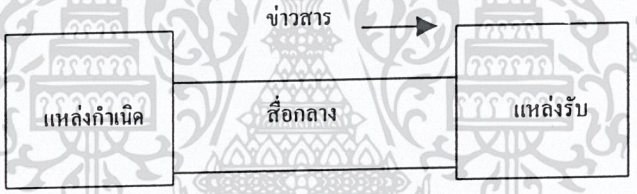
บทที่2
พื้นฐานระบบสื่อสาร

2.1 บทนำ

ระบบสื่อสาร (COMMUNICATION SYSTEM) มีความหมายกว้างขวาง การส่งข่าวสารทางสายก็เป็นชนิดหนึ่งของระบบสื่อสารโดยพื้นฐานแล้วระบบสื่อสารจะประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 3 ส่วน คือ

1. เครื่องส่ง (TRANSMITTER)
2. ตัวกลางในการส่งข่าวสาร (MEDIUM)
3. เครื่องรับ (RECEIVER)

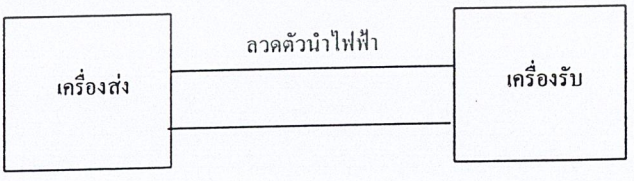
แต่ละส่วนจะมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารพื้นฐาน

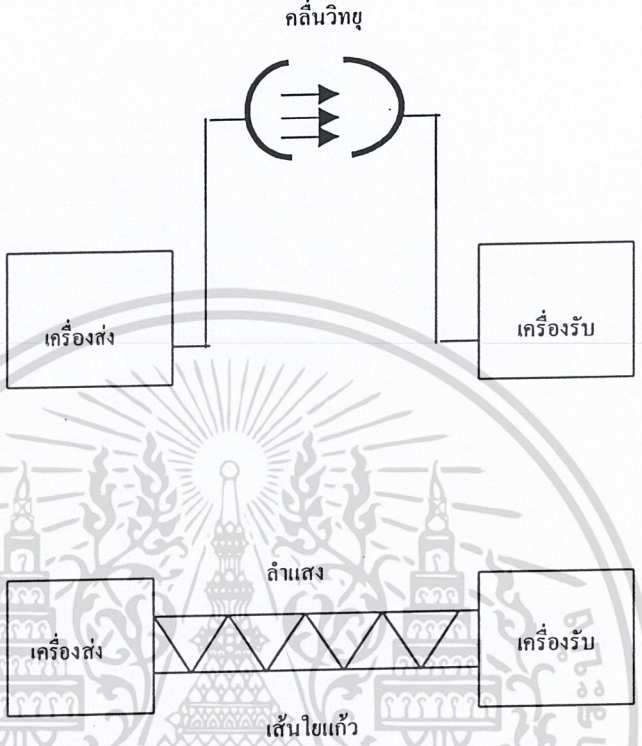
2.1.1 ระบบสื่อสาร

ในระบบสื่อสารสื่อกลางของการสื่อสารสามารถที่จะมีได้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะในงานทางด้านโทรคมนาคมเราใช้สื่อกลางเป็นลวดตัวนำหรือคลื่นวิทยุก็ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 (ก) แบบต่าง ๆ ของตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 (ข) แบบต่าง ๆ ของตัวกลาง

ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบสื่อสารในความหมายทางโทรคมนาคม เราสามารถแบ่งชนิดของระบบสื่อสารได้ 2 แบบตามลักษณะสัญญาณที่ใช้ในระบบ คือ

- สัญญาณอนาลอก
- สัญญาณดิจิตอล

เราจะพิจารณาแต่ละแบบดังต่อไปนี้

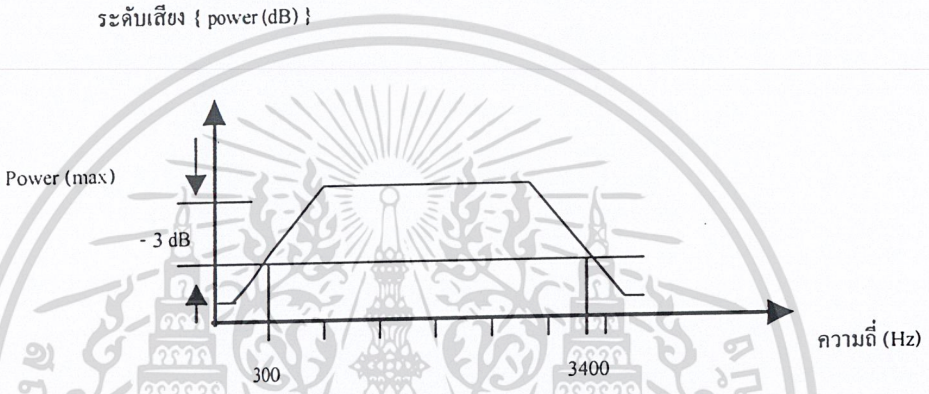
2.1.1.1 ระบบสื่อสารแบบอนาลอก

สิ่งที่ใช้พิจารณาถึงขีดความสามารถของระบบนี้คือ อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน หรือค่า S/N (Signal – to – Noise ratio)

- ถ้าค่า S/N สูง แสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพดี
- ถ้าค่า S/N ต่ำ แสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพไม่ดี

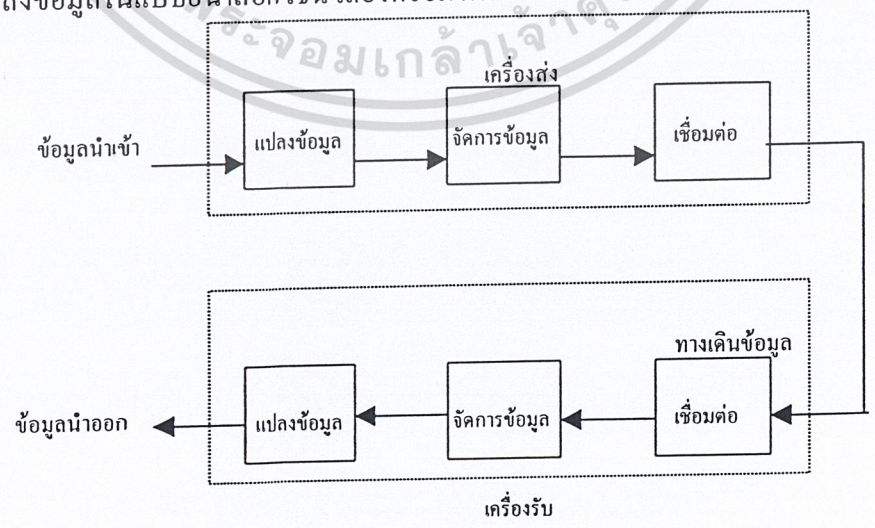
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอีกประเด็นสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วยคือ ค่าแบนด์วิดท์ (Band width : BW) ซึ่งค่า BW จะหมายถึง ช่วงความถี่ที่มีกำลังส่งผ่านมากหรือช่วงความถี่ที่มีค่าอัตราขยาย หรือ ค่าการลดทอนเพียงเล็กน้อย โดยทั่วไปมักกำหนดขอบเขตของแบนด์วิดท์แถบที่จุด – 3dB หรือครึ่งหนึ่งของกำลังงานสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ค่า BW ของสัญญาณเสียง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3100 Hz (เลือกที่จุด – 3dB)



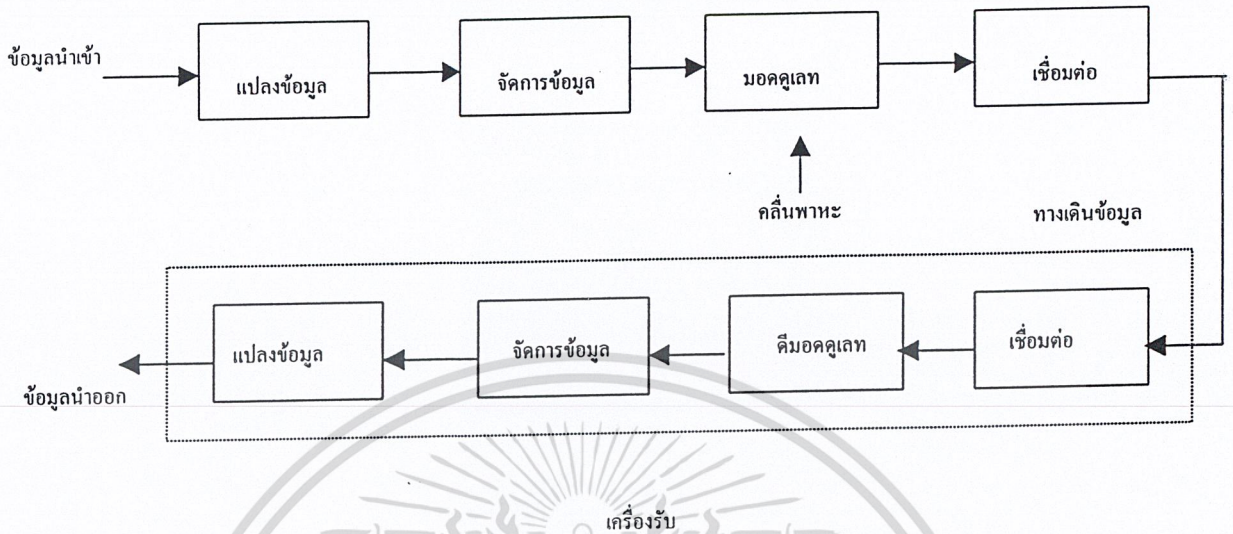
รูปที่ 2.3 แสดงการกำหนดค่าความกว้างแถบ

เราจะเห็นได้ว่ากรณีที่ช่องสัญญาณมีแบนด์วิดท์ไม่เพียงพอต่อสัญญาณที่เราสนใจอยู่ จะทำให้สัญญาณไม่สามารถส่งผ่านได้หมดเราเรียกลักษณะการเกิดกรณีนี้ว่าความเพี้ยน (Distortion) ระบบสื่อสารแบบอนาลอกในรูปที่ 2.4 ซึ่งมีการทำงานภายในต่างกัน แต่มีหลักที่เหมือนกันคือ การรับและส่งข้อมูลในแบบอนาลอก เช่น เสียงหรือภาพที่มองเห็นได้



รูปที่ 2.4 (ก) ระบบสื่อสารแบบอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



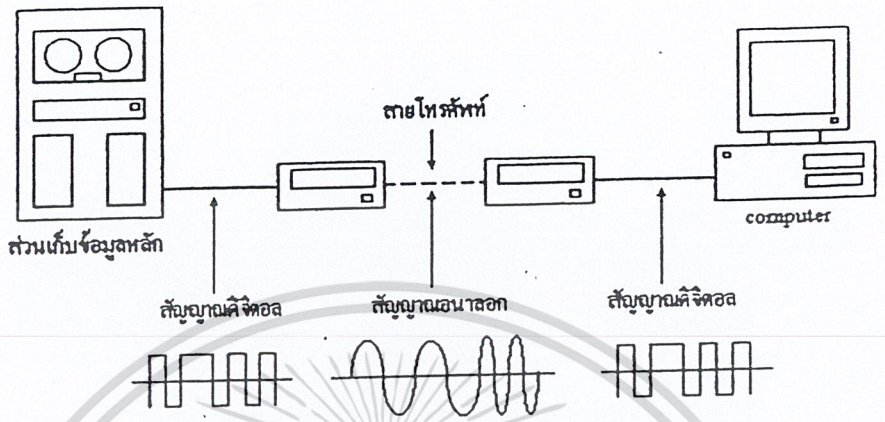
รูปที่ 2.4 (ข) ระบบสื่อสารแบบอนาลอกแบบมอดดูเลต

จากรูปที่ 2.4 (ก) แสดงให้เห็นถึงระบบเบสแบนด์ (Base band) ที่มีลักษณะสำคัญคือ รูปสัญญาณที่ส่งออกมาจะมีรูปสเปคตรัมของความถี่เดียวกับแหล่งต้นทาง หรือแหล่งผลิตความถี่ ซึ่งหมายถึงไม่มีการมอดดูเลต (Modulate) กับคลื่นพาหะที่มีความถี่สูงกว่า ส่วนขั้นตอนที่เกี่ยวกับสัญญาณในด้านส่งอาจมีการขยายสัญญาณการกรองความถี่ หรือการแมชชิ่งอิมพีแดนซ์เพื่อลดการสูญเสียในการส่งและรับส่วนรูปที่ 2.4 (ข) แสดงถึงระบบสื่อสารแบบมอดดูเลต (Modulate) ที่มีการรวมและการแยกสัญญาณในทางคณิตศาสตร์ (Modulate and Demodulate) อธิบายได้ว่าการรวมหรือแยกสัญญาณจะใช้การเปลี่ยนรูปสเปคตรัมความถี่ของสัญญาณให้เข้ากันกับช่วงความถี่ที่ได้เลือกไว้หรือในอีกแง่หนึ่งเป็นการป้องกันสัญญาณอื่นแทรกเข้ามาในช่วงความถี่เดียวกัน ตัวอย่างของการใช้ระบบนี้ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การกระจายเสียงวิทยุในแบบ AM และ FM

2.1.1.2 ระบบสื่อสารแบบดิจิตอล

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในระบบนี้จะอยู่ในรหัส " 1 " หรือ " 0 " เช่น เลขฐานสอง เลขฐานสิบหก เป็นต้นบางครั้งเราอาจมีความต้องการส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านระบบอนาลอก จึงต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน ซึ่งเป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ ค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจัดเป็นรหัสเลขฐานสอง (Binary code) สามารถจัดการตามเทคนิคทางดิจิตอลได้ ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบขนานหรืออนุกรมและแบบสัมพันธ์ หรือไม่สัมพันธ์เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การสื่อสารทั้งแบบอนาลอกและแบบดิจิตอล

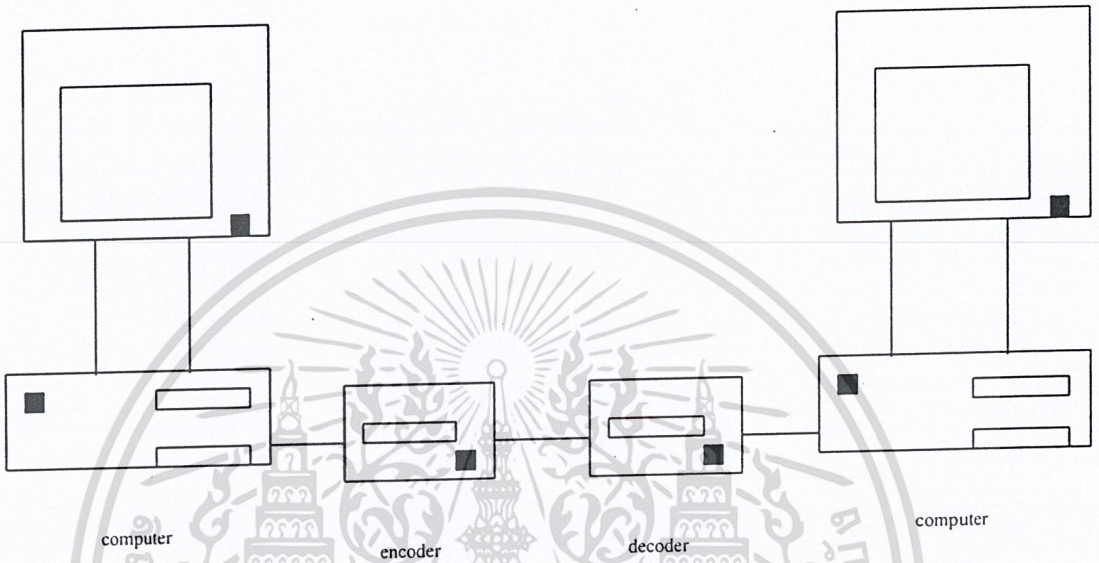
จากรูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณในการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับส่วนเก็บข้อมูลหลักผ่านทางสายโทรศัพท์ โดยมีอุปกรณ์โมเด็ม (Modem) ทำหน้าที่ช่วยเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถรับและส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์ได้ โดยแปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในด้านส่งและแปลงกับอีกทางด้านรับ ประเด็นหนึ่งที่ควรสนใจในระบบสื่อสารแบบดิจิตอลคือประสิทธิภาพของระบบ โดยที่จะพิจารณาจากค่าอัตราการผิดพลาดข้อมูล (Bit Error Rate : BER) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลที่ผิดพลาดเทียบกับจำนวนข้อมูลที่ส่งไปทั้งหมดในช่วงเวลาหนึ่ง ถ้า BER มีค่าต่ำจะหมายถึงระบบมีประสิทธิภาพสูง เพราะจำนวนข้อมูลที่ผิดพลาดมีน้อยและประเด็นอื่นที่เกี่ยวข้องก็มีอัตราความเร็วในการสื่อสารรับข้อมูล เป็นต้น

2.1.2 การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

ในการส่งข้อมูลขนาดของข้อมูลหนึ่งตัวอักษรนั้นจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์การสื่อสารที่ใช้ ซึ่งจะมี ความยาวอยู่ ระหว่าง 7-8 บิตตัวอักษรนั้นเกิดจากการกำหนดความหมายให้กับกลุ่มของตัวเลขฐานสอง ซึ่งจะมีการแปลออกมาเป็นอักขระตัวเลขหรือเครื่องหมายวรรคตอนอย่างใดก็ได้หรือไม่เช่นนั้นก็อาจจะเป็นตัวกำหนดหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ เช่นอาจเป็นคำสั่งให้เครื่องพิมพ์ เลื่อนบรรทัดหรือขึ้นหน้าใหม่ ชุดของกลุ่มของเลขฐานสองที่มีการสื่อสารซึ่งจะถูกออกแบบมาให้ ใช้ได้เฉพาะกับรหัสชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบและใช้งานประเด็นที่เป็นการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์จะไม่มีความสามารถเข้าใจถึงความหมายของตัวหนังสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ จึงต้องมีการแปลงความหมายให้เป็นแบบที่สามารถตีความได้คือ ในสถานะของเลขฐานสอง ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ทำหน้าที่เข้ารหัส(Encoder) และถอดรหัส (Decoder) มาใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลผ่านโดยใช้รหัส

2.1.3.1 การส่งสัญญาณ (Transmission)

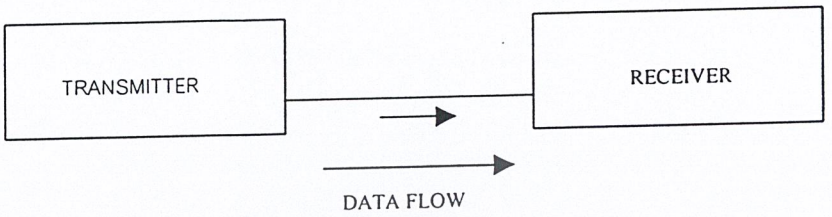
การส่งสัญญาณในที่นี้หมายถึง การนำสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยผ่านตัวกลางและวิธีการทางไฟฟ้า ในการับส่งข้อมูลระหว่างกันนั้นก็จะมีความหมายเดียวกับการส่งสัญญาณ อาจแบ่งตามลักษณะและการส่งได้เป็น 3 วิธีใหญ่ ๆ คือ

2.1.3.2 การสื่อสารแบบทิศทางเดียว (Simplex)

รูปแบบการสื่อสาร ให้ด้านรับได้ฝ่ายเดียว โดยไม่สามารถโต้ตอบผ่านทางติดต่อได้ ตัวอย่างเช่น การกระจายเสียงของวิทยุหรือสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งทางด้านเครื่องรับวิทยุหรือเครื่องรับโทรทัศน์จะทำหน้าที่รับสัญญาณเพียงอย่างเดียวจะส่งข่าวหรือภาพกลับมายังสถานีส่งไม่ได้ เราจึงไม่ค่อยนิยมใช้ในการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากว่าเราจำเป็นต้องมีการโต้ตอบระหว่างการรับส่งข้อมูลหรือบางทีก็เปลี่ยนจากผู้รับเป็นผู้ส่งซึ่งจะทำไม่ได้ในการส่งผ่านแบบทิศทางเดียว นอกจากจะใช้สำหรับส่งโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียงแล้ว เครื่องโทรพิมพ์บางสำนักพิมพ์บางชนิดอาจใช้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

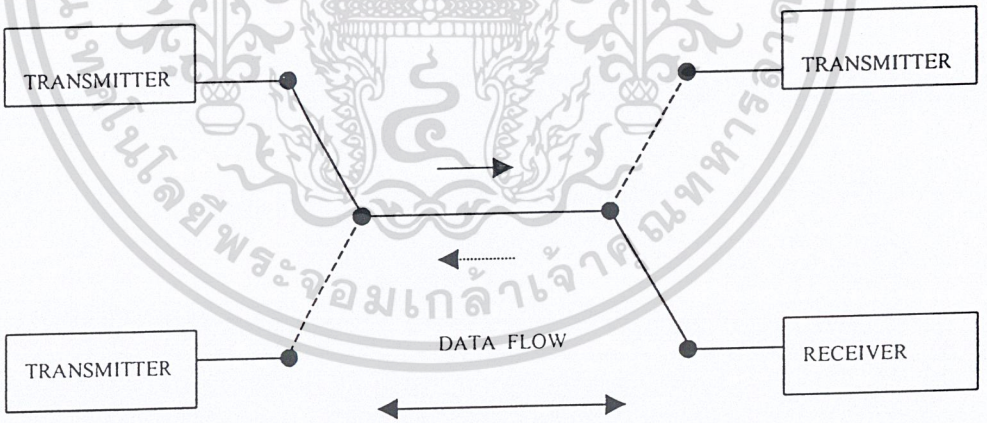
ติดต่อแบบนี้เช่นกันในการรับข่าวสารจากที่อื่น ๆ เพียงอย่างเดียว แสดงตัวอย่างการส่งผ่านแบบทิศทางเดียวได้ดังรูปที่ 2.7



รูป 2.7 การส่งผ่านแบบทิศทางเดียว

2.1.3.2 การสื่อสารกึ่งสองทาง (Half-duplex)

การสื่อสารแบบกึ่งสองทาง สามารถส่งและรับสัญญาณระหว่างกันได้ แต่ว่าต้องสลับกันส่ง โดยฝ่ายหนึ่งเป็นตัวส่งและอีกฝ่ายหนึ่งเป็นตัวรับจะส่งพร้อมกันสองด้านไม่ได้ ตัวอย่างเช่น การใช้วิทยุสมัครเล่นที่สามารถโต้ตอบกันได้ แต่ไม่พร้อมกันแสดงรูปแบบการส่งผ่านแบบกึ่งสองทิศทางดังรูปที่ 2.8



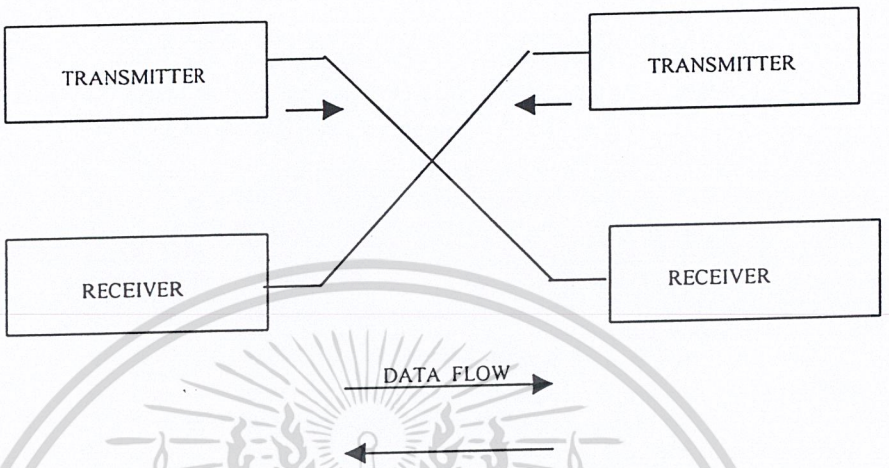
รูปที่ 2.8 การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน

2.1.3.3 การสื่อสารสองทาง (Full duplex)

การส่งแบบสื่อสารสองทางจะเป็นไป ในลักษณะที่ผู้รับและผู้ส่งสามารถรับและ ส่งพร้อม ๆ กันในเวลาเดียวกันได้ ไม่จำเป็นต้องรอให้อีกฝ่ายหนึ่งส่งเสร็จเสียก่อน เช่น การสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางโทรศัพท์เราสามารถที่จะพูดโต้ตอบพร้อมกัน แสดงรูปแบบการส่งผ่านแบบสองทางได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การส่งผ่านแบบสองทิศทางที่เวลาเดียวกัน

2.2 การมอดดูเลตของคลื่น

ในขบวนการมอดดูเลต เราใช้คลื่นรูปซายน์โนซอยที่มีความถี่สูงเป็นพาหะแล้วเปลี่ยนคุณสมบัติ บางอย่างของพาหะด้วยสัญญาณข่าวสาร โดยทั่วไปสัญญาณข่าวสารได้แก่ สัญญาณออดิโอ (เสียงพูด) , สัญญาณภาพ หรือ ข่าวสารอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคลื่นพาหะนี้เราเรียกว่า การมอดดูเลต

คลื่นรูปซายน์โนซอยที่เราใช้เป็นพาหะนั้นเราสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แทนได้ดังนี้

$$e = A\sin(\varpi t + \phi) \qquad (2.1)$$

เมื่อ e คือ ค่าแรงดัน (หรือกระแส) ของคลื่นพาหะใด ๆ

A คือ แอมพลิจูด (หรือขนาด) สูงสุดของคลื่นพาหะ

ϖ คือ ความถี่เชิงมุม

t คือ เวลา

ϕ คือ เฟสหรือมุมทางไฟฟ้า

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า คุณสมบัติประจำตัวของคลื่นรูปซายน์โนซอยที่สำคัญจะมีอยู่ 3 ประการ ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือมอดดูเลตได้ คือ แอมพลิจูด (A) , ความถี่เชิงมุม (ω) และเฟส ($\varnothing$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

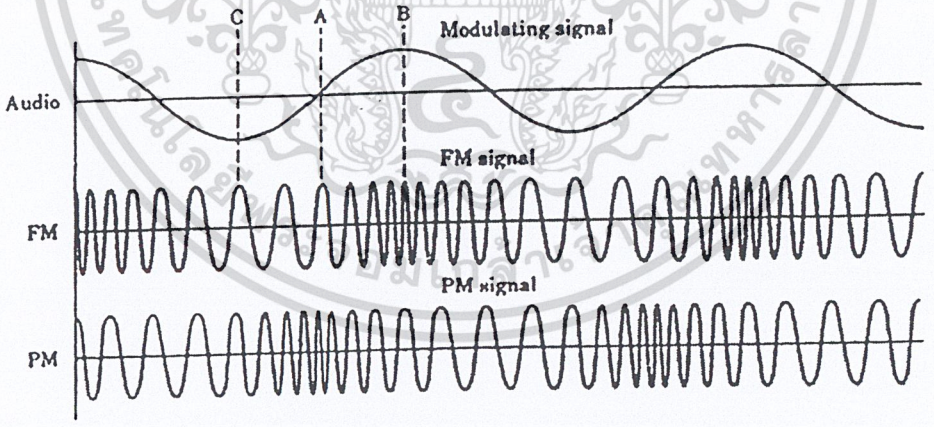
การมอดดูเลตให้กับคลื่นพาหะแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. การมอดดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation ; AM)
2. การมอดดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation ; FM)
3. การมอดดูเลตทางเฟส (Phase Modulation ; PM)

แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงการมอดดูเลตทางความถี่และทางเฟส

2.2.1 การมอดดูเลตของคลื่นความถี่

จากรูปที่ 2.10 เป็นรูปสัญญาณที่แสดงในรูปของโดเมนเวลาที่เกิดจากการมอดดูเลตสัญญาณเสียงกับสัญญาณพาหะซึ่งมีการมอดดูเลตใน 2 ลักษณะ คือ การมอดดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM) และการมอดดูเลตทางเฟส(Phase Modulation : PM) ซึ่งรูปสัญญาณจากการมอดดูเลต จะเป็นลักษณะขบวนความถี่ จากรูปที่ 2.10 จุด A คือ ความถี่ศูนย์กลางของความถี่เสียง ส่วนจุด B คือ คลื่น FM ซึ่งจะมีความถี่ที่สูงกว่าความถี่ศูนย์กลางของความถี่เสียง และจุด C คือคลื่น FM ที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ศูนย์กลางของความถี่เสียง และจะสังเกตเห็นว่าสัญญาณพาหะจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามความถี่ของสัญญาณความถี่เสียงที่เข้ามามอดดูเลต

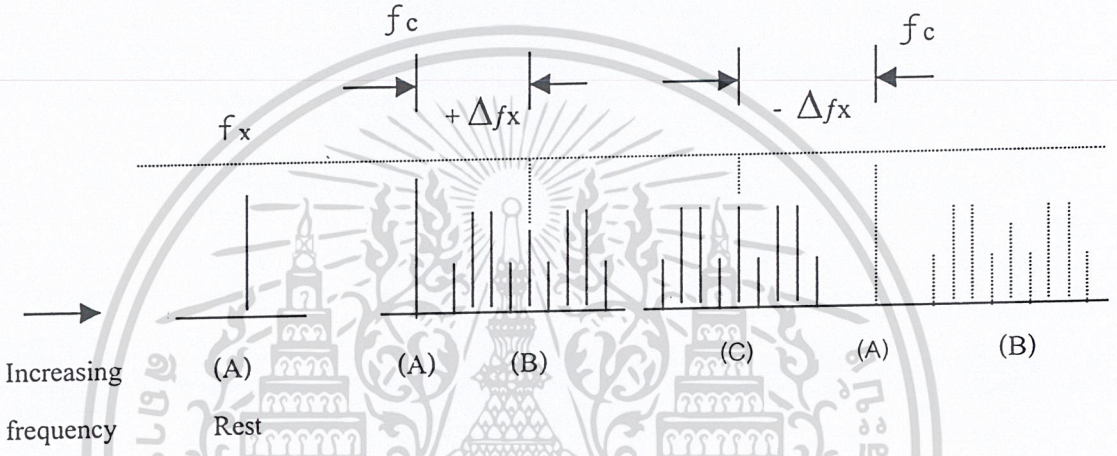


รูปที่ 2.10 สัญญาณความถี่เสียงกับสัญญาณที่ถูกมอดดูเลตแบบ FM และ AM

จากรูปที่ 2.10 เป็นรูปสัญญาณที่เกิดจากการมอดดูเลตสัญญาณใน 1 ไซเคิล ซึ่งจะแสดงในรูปของโดเมนความถี่โดยมีความถี่ศูนย์กลางอยู่ที่จุด A ส่วนจุด B จะเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่มีค่ามากกว่าความถี่ศูนย์กลาง($+\Delta f_x$) และที่จุด C จะเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าน้อยกว่าความถี่ศูนย์กลาง ($-\Delta f_x$) การเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณพาหะไปพร้อม ๆ กับความถี่ของสัญญาณที่กำลังถูกมอดดูเลตนั้นจะมีผลทำให้มีแถบข้างเกิดขึ้นรอบ ๆ สัญญาณพาหะ และจำนวนแถบข้างที่เกิดขึ้นจะมีความถี่ที่ออกห่างจากความถี่ศูนย์กลาง โดยที่ผลรวมของแรงดันและแถบข้างของสัญญาณพาหะที่ออกห่างจากความถี่ศูนย์กลางจะมีค่าคงที่ และจะมีค่าที่เท่ากับแรงดันและแถบข้าง ที่ค่าของความถี่ศูนย์กลาง



รูปที่ 2.11 การมอดดูเลตคลื่น FM ใน โดเมนความถี่

2.2.2 ดัชนีการมอดดูเลต

ในระบบ FM เราวัดเปอร์เซ็นต์การมอดดูเลต โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงความถี่ ซึ่งเรานิยมเรียกชื่อใหม่ว่า ดัชนีการมอดดูเลต ลองพิจารณาความหมายของดัชนีการมอดดูเลตต่อไปนี้

$$m = \frac{f_d}{f_m} \qquad (2.2)$$

เมื่อ f_d คือ ช่วงความถี่เบี่ยงเบน

f_m คือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta = \frac{f_{m\max}}{f_{d\max}} \tag{2.3}$$

ในระบบ FM เมื่อเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดดูเลตสูงขึ้น การเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะจะเบี่ยงเบนได้มากขึ้น ในระบบวิทยุกระจายเสียง FM กำหนดให้ความถี่เบี่ยงเบนของระบบเต็มที่ไม่เกิน 75 kHz ถ้าเรามอดดูเลตทำให้ความถี่ของ พาหะเบี่ยงเบนไปเท่ากับ 75 kHz แสดงว่าเรามอดดูเลต 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเราเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การมอดดูเลต} = \frac{f_d}{f_{d\max}} \times 100 \tag{2.4}$$

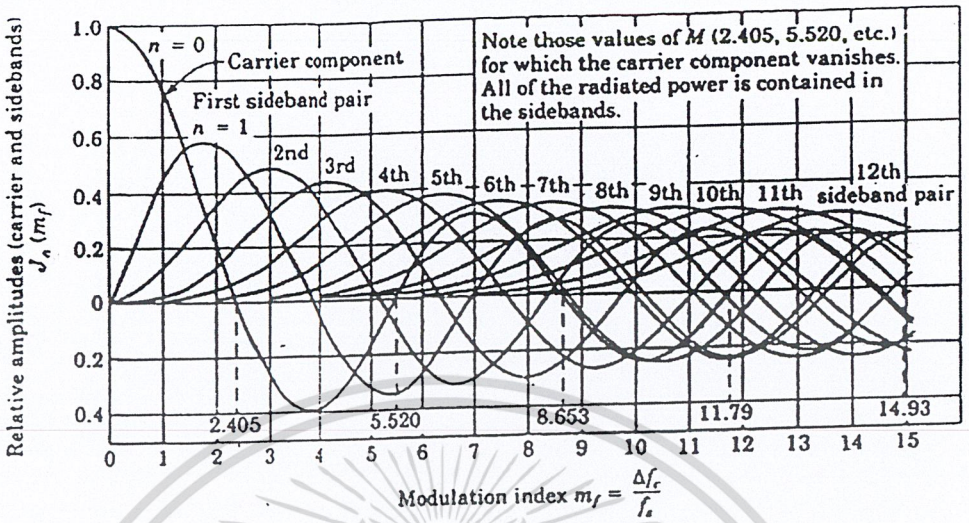
ในที่นี้ f_d คือ ความถี่เบี่ยงเบน เนื่องจากสัญญาณที่เข้ามอดดูเลต

$f_{d\max}$ คือ ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดของระบบ

2.2.3 แถบข้างFM

จากการมอดดูเลตแบบ FM ถ้าเรามอดดูเลตด้วยสัญญาณซายน์โนซอยก็จะเกิดแถบข้างจำนวนนับอนันต์ เนื่องจากการเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะทำให้เกิดความถี่เพิ่มขึ้นอีกมากมาย ความจริงแล้วแถบข้างที่อยู่ห่างจากความถี่กลางมาก ๆ มักมีแอมพลิจูดเล็กมากจนไม่ต้องคำนึงถึงในระบบ FM สัญญาณ FM จะรักษาแอมพลิจูดไว้คงที่เสมอ ซึ่งหมายความว่ากำลังของคลื่นพาหะย่อมกระจายไปอยู่ในแถบข้าง ความสัมพันธ์ของพาหะกับแถบข้างในระบบ FM ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดดูเลต เนื่องจากดัชนีการมอดดูเลตเป็นตัวกำหนดจำนวนของไซด์แบนด์ที่สำคัญและแอมพลิจูดของพาหะกับแถบข้างต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟแอมพลิจูด ของคลื่นพาหะกับแถบข้างที่ดัชนีการมอดดูเลตค่าต่างๆ

จะเห็นว่าเมื่อดัชนีการมอดดูเลตเป็นศูนย์จะมีแต่คลื่นพาหะอย่างเดียว (เท่ากับ 1 หน่วย) คลื่นแถบข้างเป็นศูนย์เมื่อดัชนีการมอดดูเลตเพิ่มขึ้นจำนวนแถบข้างจะเพิ่มขึ้น แอมพลิจูดของแถบข้างก็จะใหญ่ขึ้น แต่แอมพลิจูดของพาหะกลับเล็กลงจนกระทั่งดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ 2.4 คลื่นพาหะจะเป็นศูนย์ ตอนนี้กำลังของคลื่น FM จะไปอยู่ในแถบข้างทั้งสิ้น เมื่อดัชนีการมอดดูเลตเพิ่มขึ้นอีก คลื่นพาหะก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีก (เป็นค่าลบแสดงว่าเฟสตรงกันข้ามกับตอนแรก เช่น เมื่อดัชนีการมอดดูเลตเป็น 3.1 แอมพลิจูด ของพาหะจะเท่ากับ – 0.3 หน่วย) สังเกตว่าจุดที่คลื่นพาหะเป็นศูนย์นั้นมีอยู่หลายจุด

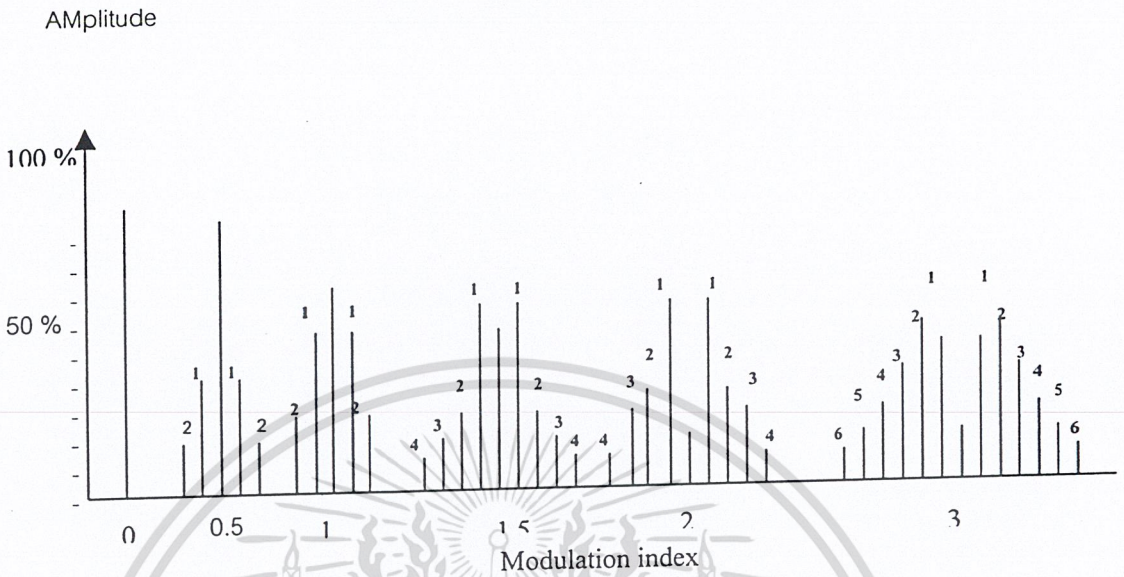
กราฟในรูปที่ 2.12 เขียนได้เป็นตารางดังแสดงในตารางที่ 1 และเพื่อให้ดูง่ายขึ้น ในที่นี้เราตัดแถบข้างมี แอมพลิจูดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของพาหะเดิม (ก่อนมอดดูเลต) ออกไปโดยไม่คำนึงถึงเช่น เมื่อดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ 0.5 แอมพลิจูดของพาหะจะเท่ากับ 0.94 หน่วย แถบข้างคู่แรกมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.24 หน่วย แถบข้างคู่ที่สองถัดไปมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.03 หน่วย แถบข้างอื่นนอกจากนี้มี แอมพลิจูดน้อยจนสามารถตัดทิ้งไปได้ เมื่อดัชนีการมอดดูเลตสูงขึ้นการกระจายคลื่นแถบข้างจะเป็นดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงการกระจายคลื่นพาหะและแถบข้างที่ดัชนีการมอดดูเลตค่าต่างๆ

ดัชนีการมอดดูเลต	พาหะ	ไซด์แบนด์คู่ที่															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	1	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
0.25	0.98	0.12	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
0.5	0.94	0.24	0.03	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
1	0.77	0.44	0.11	0.02	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
2	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
2.5	-0.05	0.5	0.45	0.22	0.07	0.02	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
3	-0.26	0.34	0.48	0.31	0.13	0.04	0.01	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
4	-0.4	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02	_	_	_	_	_	_	_	_	_
5	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	_	_	_	_	_	_	_	_
6	0.15	0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	_	_	_	_	_	_	_
7	0.3	0	-0.3	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	_	_	_	_	_	_
8	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.1	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.03	_	_	_	_	_
9	-0.09	0.24	0.14	-0.18	-0.27	-0.26	0.2	0.33	0.3	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01	_	_	_
10	-0.25	0.04	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.31	0.29	0.2	0.12	0.06	0.03	0.01	_	_
12	-0.05	-0.22	-0.08	0.2	0.18	-0.17	-0.24	-0.17	0.05	0.23	0.3	0.27	0.2	0.12	0.07	0.03	0.01
15	-0.01	0.21	0.04	0.19	-0.12	0.13	0.21	0.03	-0.17	-0.22	-0.08	0.1	0.24	0.28	0.25	0.18	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 รูปคลื่น FM ในเชิงความถี่ที่มีค่าดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 3

2.2.4 แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FM

ในระบบ FM จำนวนแถบข้างและแอมพลิจูดของแถบข้างขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการมอดดูเลต โดยความถี่ของแถบข้างมีค่าสัมพันธ์กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดดูเลต กล่าวคือแถบข้าง คู่แรกมีความถี่เท่ากับ $fc + fm$ แถบข้างคู่ที่สองมีความถี่เท่ากับ $fc + 2fm$,... ฯลฯ แบนด์วิดท์ของคลื่น FM ต้องครอบคลุมจำนวนแถบข้างที่สำคัญทุกตัว นั่นคือแบนด์วิดท์ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดดูเลตและความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดดูเลต แต่ดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ fc / f m

ดังนั้น ถ้าเราทราบความถี่เบี่ยงเบนและความถี่ของสัญญาณมอดดูเลตเราก็สามารถคำนวณหาแบนด์วิดท์ได้ ตัวอย่างเช่นความถี่ของสัญญาณเสียงที่เข้ามอดดูเลตเท่ากับ 3 kHz ความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ 18 kHz เราคำนวณค่าดัชนีการมอดดูเลตได้ดังนี้

$$m = \frac{f_d}{f_m} \qquad (2.5)$$

นำค่า m = 6 ไปหาแถบข้างสำคัญที่พิจารณาได้จากตาราง จะเห็นว่าเมื่อดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ 6 จำนวนแถบข้างจะมีอยู่ 9 คู่ เราจึงคำนวณหาแบนด์วิดท์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{BW} = f_m \times \text{จำนวนแถบข้าง} \times 2 \quad (2.6)$$
$$= 3kHz \times 9 \times 2$$
$$= 54kHz$$

ความจริงแล้วในทางปฏิบัตินิยมใช้สูตรคำนวณแบบประมาณจากค่า $f_{m\max}$ และ $f_{d\max}$ จำนวนแถบข้างดังนี้

$$BW = 2 \times (m+1) \times f_{m\max} \quad (2.7)$$

หรือ $$BW = 2 \times (f_{d\max} + f_{m\max}) \quad (2.8)$$

เมื่อ $$m = \frac{f_{d\max}}{f_{m\max}}$$

จากตัวอย่างดังกล่าวเราคำนวณได้ว่า

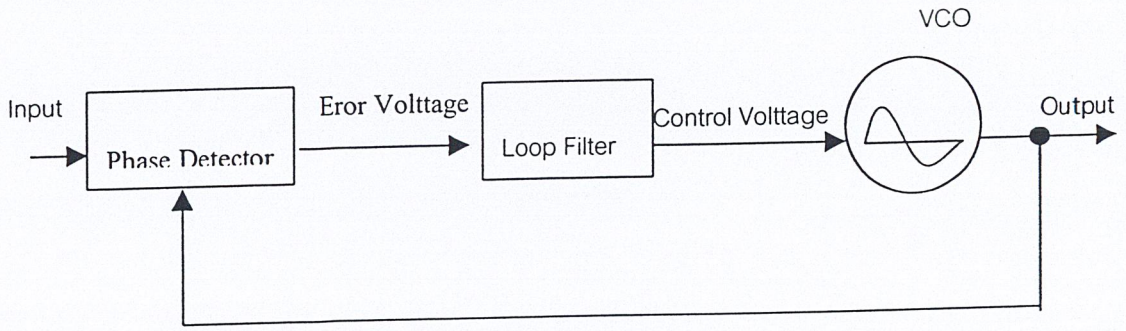
$$BW = 2 \times (6+1) \times 3$$
$$= 42kHz$$

หรือ $$BW = 2 \times (18+3)$$
$$= 42kHz$$

เสมือนกับว่าเราพิจารณาใช้จำนวนแถบข้างเพียง 7 คู่ เมื่อเทียบกับการคำนวณในตอนต้น

2.2.5 Phase – Lock Loops (PLL)

เป็นระบบป้อนกลับที่บังคับให้วงจรออสซิเลเตอร์มีความถี่หรือเฟสเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่หรือเฟสของสัญญาณอ้างอิงภายนอก เฟสล็อคลูปประกอบด้วยวงจรสำคัญ 3 วงจร คือ วงจรเทียบเฟสหรือเฟสดิเทคเตอร์ (phase detector) , วงจรลูปฟิลเตอร์ (loop filter) และวงจร VCO ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 Block Diagram ของ Phase – Lock Loops (PLL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

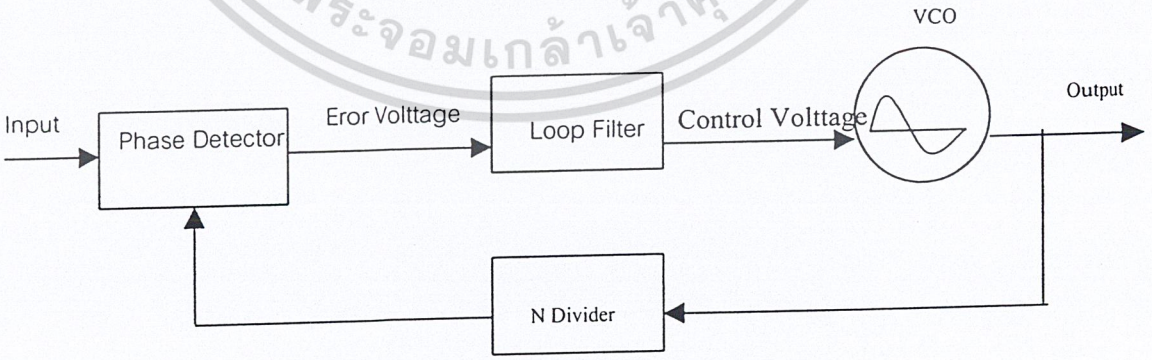
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สมมติว่ามีสัญญาณความถี่อ้างอิงภายนอกเป็นสัญญาณรายคาบ (periodic) เข้ามาที่อินพุท วงจรเฟสดีเทคเตอร์จะทำหน้าที่เปรียบเทียบเฟสระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณ VCO เอาท์พุท ที่ได้จากวงจรเฟสดีเทคเตอร์จะเป็นแรงดันที่มีแอมพลิจูดเป็นสัดส่วนกับผลต่างในเฟสของสัญญาณทั้งสองที่ทำการเปรียบเทียบ แรงดันผลต่างนี้ป้อนไปให้วงจรลูปฟิลเตอร์ซึ่งเป็นฟิลเตอร์ชนิดโลพาส กรองเอาแต่เฉพาะความถี่ต่าง ๆ ที่ต้องการ เพื่อส่งไปควบคุมการออสซิเลทของ VCO ต่อไป เมื่อลูปอยู่ในสภาวะล็อคความถี่ VCO จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุทพอดี อาจจะมีเฟสแตกต่างไป แต่ค่าเฟสที่แตกต่างนั้นจะมีค่าคงที่ (constant phase difference) ในกรณีที่มีเฟสไม่ตรงกัน วงจรเฟสดีเทคเตอร์จะจ่ายแรงดันคลาดเคลื่อน (error voltage)ไปควบคุมการทำงานของ VCO เพื่อมิให้เฟสคลาดเคลื่อนจนกว่าจะเข้าสู่สภาวะล็อคเอาท์พุท ของ VCO จึงมีแอมพลิจูดคงที่เสมอแต่ความถี่จะเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณอินพุท

เราสามารถนำเฟสล็อคลูปไปใช้งานได้หลายอย่างด้วยกันเช่น ในการดีมอดสัญญาณ FM หรือใช้ในสังเคราะห์ (ผลิต) ความถี่ที่มีความเที่ยงตรงเทียบเท่าสัญญาณอ้างอิง

2.2.5.1 การนำ PLL ไปใช้ในการสังเคราะห์ความถี่

ความหมายของการสังเคราะห์ความถี่ก็คือ วงจรที่ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณความถี่และให้มีความถี่ตามที่เรากำหนดคำสั่งหรือโปรแกรมได้ โดยหลักการทำงานเหมือนกับ PLL เพียงแต่เพิ่มวงจร N Divider เข้าไป วงจร N Divider หรือหาร N ทำหน้าที่หารความถี่แบบตั้งโปรแกรมให้หารด้วยค่าตัวเลขตามต้องการได้ (Programmable Divider) สัญญาณอ้างอิงจะมาจากวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ คริสตอลออสซิเลเตอร์หรือเป็นสัญญาณอื่น ๆ (Reference Generator)



รูปที่ 2.15 Block Diagram การทำงานของวงจรสังเคราะห์ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
46478

จากรูปที่ 2.15สัญญาณที่อินพุทของวงจรเฟสดี เทคเตอร์จะมีด้วยกัน 2 สัญญาณก็คือ สัญญาณจากวงจร VCO ที่มีความถี่เท่ากับ f_0/n และจากสัญญาณอ้างอิงกำหนดให้มีความถี่เท่ากับ f_r ซึ่งจะกรองเฉพาะความถี่ต่ำเท่านั้น เพื่อบังคับการออสซิเลทของวงจร VCO ให้ทำการปรับแก้ความถี่ (เฟส) ให้ตรงจนกว่าความถี่ของสัญญาณทั้งสองจะเท่ากัน

ในสภาวะล็อค ความถี่ของวงจร VCO เมื่อผ่านวงจรหาร N จะมีค่าเท่ากับ $f_o = nf_r$ หรือเอาท์พุทจะมีความถี่เป็น N เท่าของความถี่อ้างอิง วงจรสังเคราะห์ความถี่จะสามารถผลิตความถี่ได้แต่เฉพาะในช่วงความถี่ที่วงจร VCO และวงจรหาร N ทำงานได้เท่านั้น

2.3 การทำงานโทรศัพท์ทั่วไป

2.3.1 หน้าที่หลักของโทรศัพท์

2.3.1.1 เครื่องโทรศัพท์ สามรถติดต่อกับอีกเครื่องหนึ่งได้ โดยการส่งสัญญาณผ่านทางชุมสายโทรศัพท์

2.3.1.2 เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุนที่จะทำให้การกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ และส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยไปยังชุมสาย

2.3.1.3 เครื่องโทรศัพท์ สามารถจะเปลี่ยนรูปสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และเปลี่ยนจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง เช่น ในขณะสนทนาจะได้ยินเสียงและสามารถพูดโต้ตอบกันได้

2.3.1.4 เครื่องโทรศัพท์สามารถรับสัญญาณต่าง ๆ ที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์เช่น สามารถตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จากชุมสายโทรศัพท์ ว่าขณะนี้กำลังจะมีผู้เรียกสายอยู่

2.3.1.5 เครื่องรับโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิทธิการใช้งานแล้วและให้ชุมสายโทรศัพท์เลิกทำการติดต่ออีกฝ่ายหนึ่งได้

2.3.2 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์

เมื่อเป็นผู้เรียก

เมื่อโทรศัพท์ยังไม่ได้ยกหูสัญญาณระหว่างคู่สายจะเป็น 48 โวลท์ ดีซี เมื่อยกหูฟังขึ้นสัญญาณระหว่างโทรศัพท์จะตกลงเป็น 5 โวลท์ ดีซี ในขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณ 600 มิลลิโวลท์ผสมมาด้วย

เมื่อหมุนหรือกดหน้าปัทม์เพื่อเรียกไปหมายเลขที่ต้องการติดต่อนั้น ในแบบหมุนหน้าปัทม์จะส่งพัลซ์จำนวนลูกเท่ากับจำนวนพัลซ์ที่หมุน โดยจะส่งพัลซ์ในแบบ 10 พัลซ์ต่อวินาที สำหรับใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

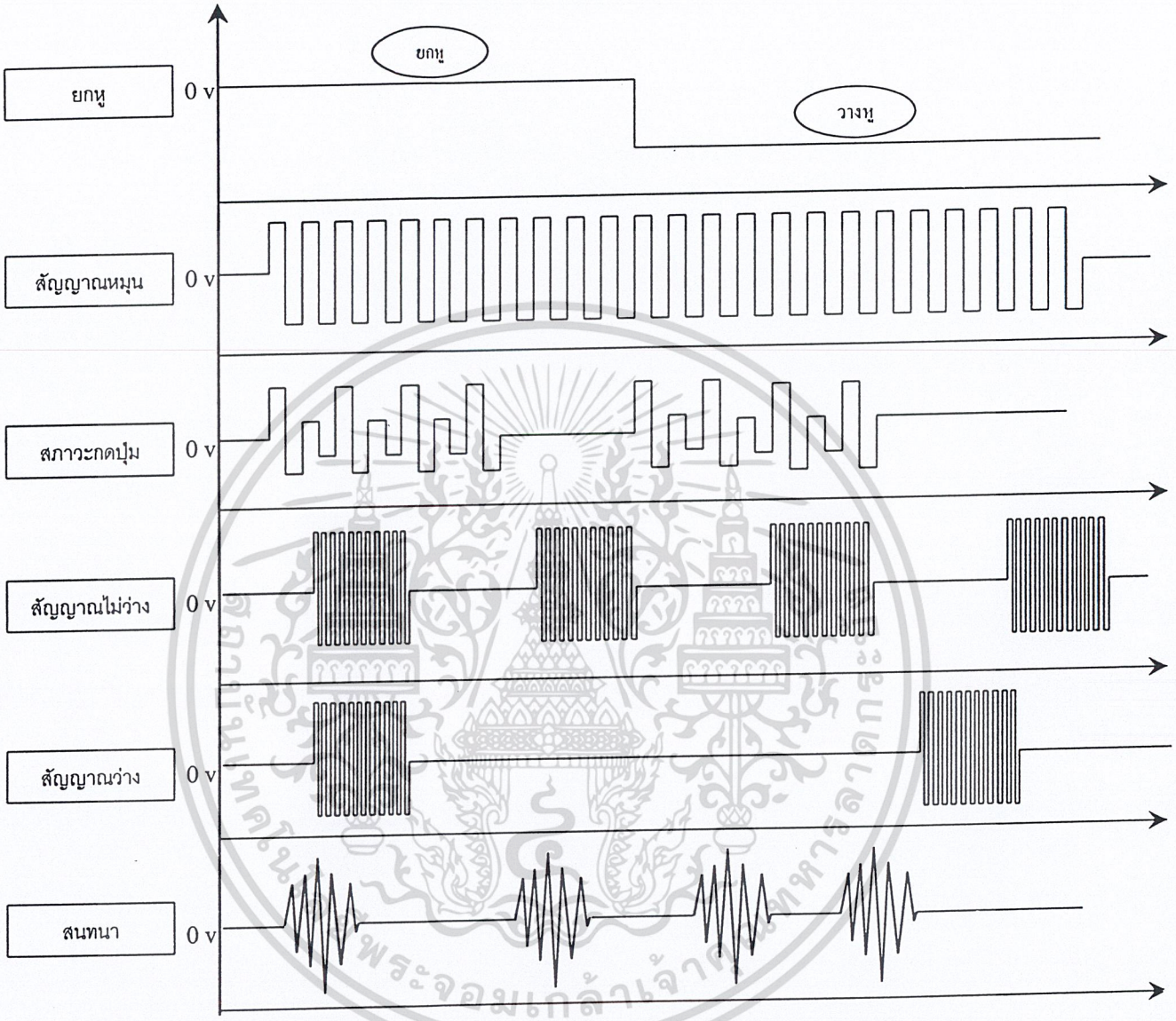
แบบกดปุ่มหน้าปัทม์นั้นจะส่งสัญญาณคู่ความถี่ ซึ่งเป็นสัญญาณของกลุ่มความถี่ต่ำและความถี่สูงรวมกัน ซึ่งเป็นความถี่มาตรฐานที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2.2 การจัดตำแหน่งความถี่และการจัดปุ่ม

ความถี่	f1	f2	f3	f4
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	*	D

ขณะรอสัญญาณหลังการกดปุ่มหรือหมุนหน้าปัทม์ ถ้าได้รับสัญญาณเรียกกลับ แสดงว่ากำลังมีการเรียกไปยังเลขหมายที่ต้องการติดต่ออยู่ โดยเป็นสัญญาณจังหวะดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที สลับกัน ที่ความถี่ 440 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 200 มิลลิโวลท์ แต่ ถ้าหากว่าได้รับสายสัญญาณไม่ว่าง ซึ่งเป็นสัญญาณดังและหยุดสลับกันเป็นจังหวะทุก 0.5 ขณะรอสัญญาณหลังการกดปุ่มหรือหมุนหน้าปัทม์ ถ้าได้รับสัญญาณเรียกกลับ แสดงว่า กำลังมีการเรียกไปยังเลขหมายที่ต้องการติดต่ออยู่ โดยเป็นสัญญาณจังหวะดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที สลักกัน ที่ ความถี่ 440 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 200 มิลลิโวลท์ แต่ถ้าหากว่าได้รับสายสัญญาณไม่ว่าง ซึ่งเป็นสัญญาณดังและหยุดสลับกันเป็นจังหวะทุก 0.5 วินาที ที่มีความถี่ 500 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 400 มิลลิโวลท์ ขณะพูดสัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์ยังคงเป็นสัญญาณดีซี 5 โวลท์ เช่นเดิมแต่จะมีสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณเอซีระดับสัญญาณขนาดไม่เกิน 1 โวลท์ คร่อมอยู่บนสัญญาณดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

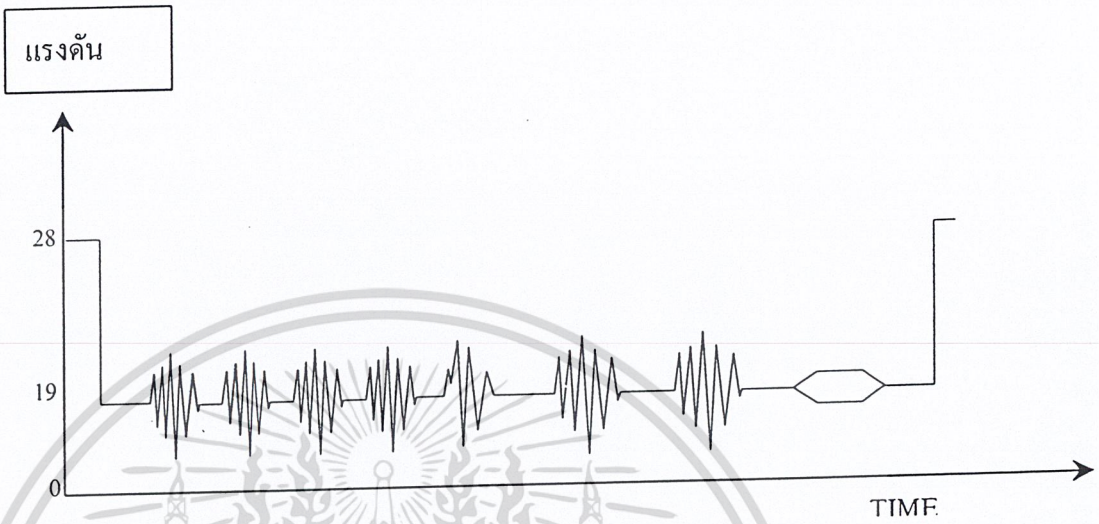


รูปที่ 2.16 ลักษณะทางไฟฟ้าปรากฏที่คู่สายขณะทำการเรียก

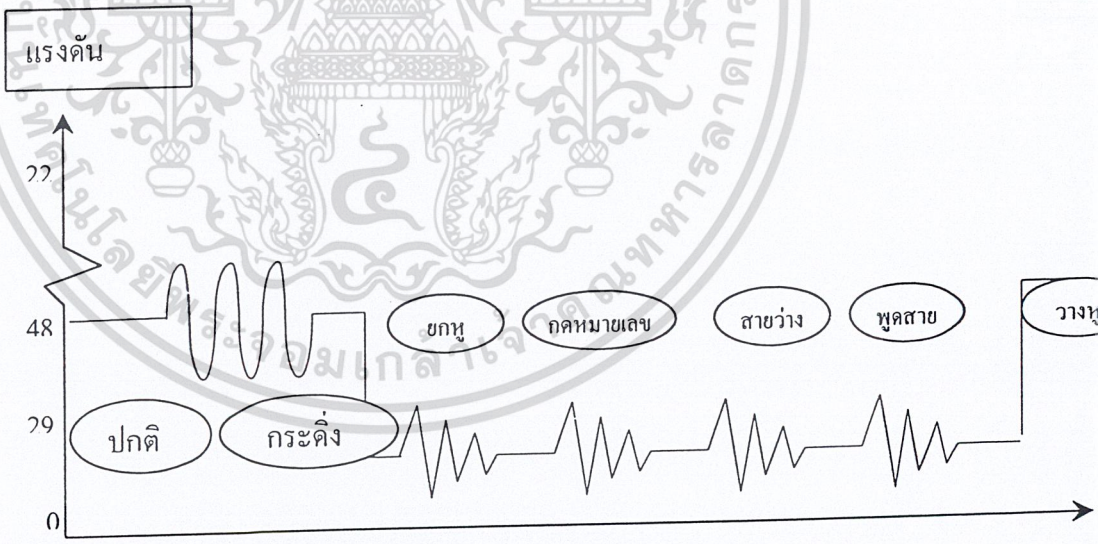
เมื่อเป็นผู้รับ

ขณะยังวางหูอยู่ สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์จะเป็น 48 โวลท์ ดีซี เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งจะมีสัญญาณเอซีความถี่ 16 เฮิรตซ์ ระดับสัญญาณ 75-110 โวลท์ดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที สลับกันเมื่อยกหูโทรศัพท์ สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์จะตกลงไปเป็น 10 โวลท์ ดีซีและจะได้ยินเสียงจากผู้เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้ที่เรียกเข้ามา

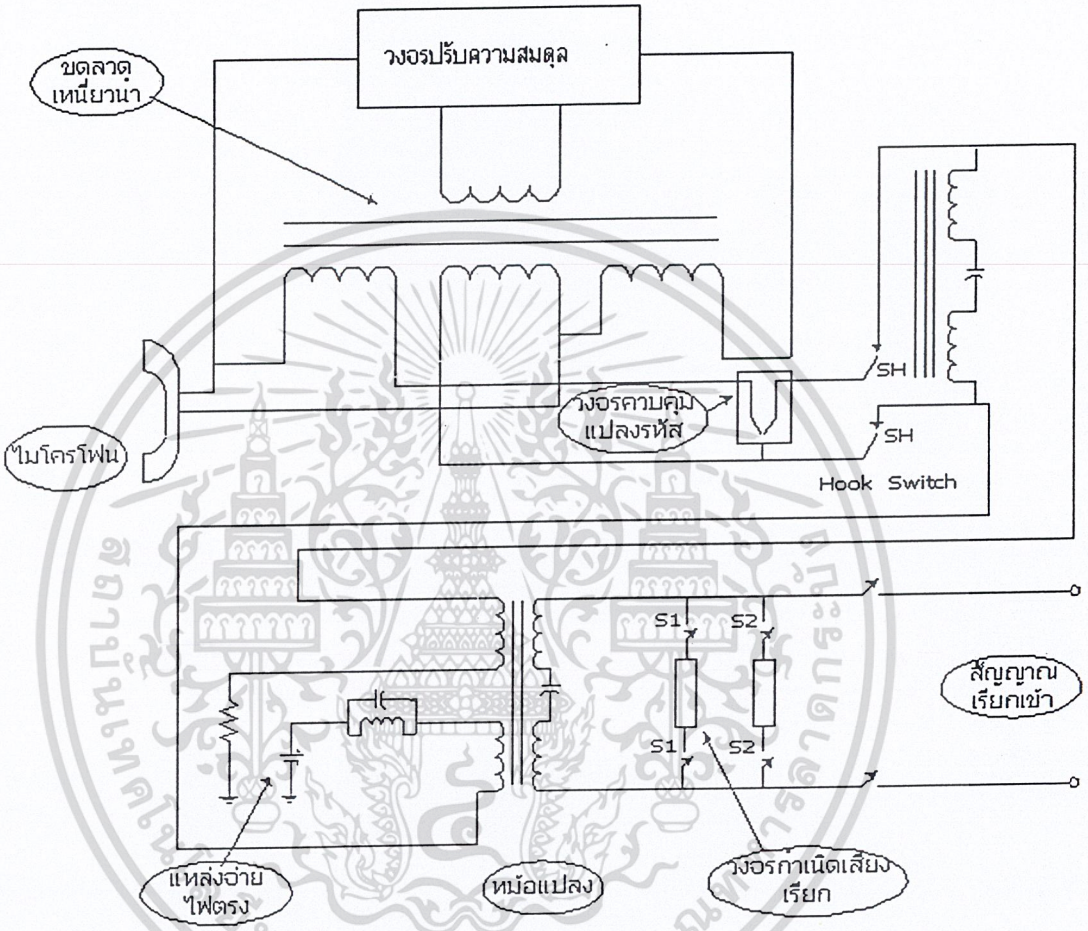


รูปที่ 2.18 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์

วงจรพื้นฐานข้างในรวมทั้งการเชื่อมต่อกับชุมสายเบื้องต้นแสดงดังรูปที่2.20 จะเห็นได้ว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 2 สายคือ T (Tip) และ R (Ring) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ฮุกสวิตซ์ ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟังกับสายโทรศัพท์ที่มีหม้อแปลงแบบอัตโนมัติ ทำหน้าที่ปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมพีแคนซ์ของหูฟัง ทำให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมไปถึงทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไปในระดับที่เหมาะสม



รูปที่ 2.19 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

เมื่อติดต่อระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายแล้วก็จะมีสัญญาณถูกส่งไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายไม่ว่างแล้วสำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ ก็คือ การส่งสัญญาณพัลซ์ ตั้งแต่ 1 ถึง10 พัลซ์ เช่น ถ้ามีการส่งสัญญาณพัลซ์ 1 พัลซ์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลข 0 ส่ง 2 พัลซ์ ก็หมายถึง หมายเลข 1 ดังนั้นถ้าเราหมุน 9 ก็จะมีการส่งพัลซ์จำนวน 10 พัลซ์นั่นเอง ความเร็วในการส่งพัลซ์ คือ 10 พัลซ์ต่อวินาที สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นจะเป็นการส่งที่มีค่าของความถี่ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง โดยในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดดูเลตแล้วส่งออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

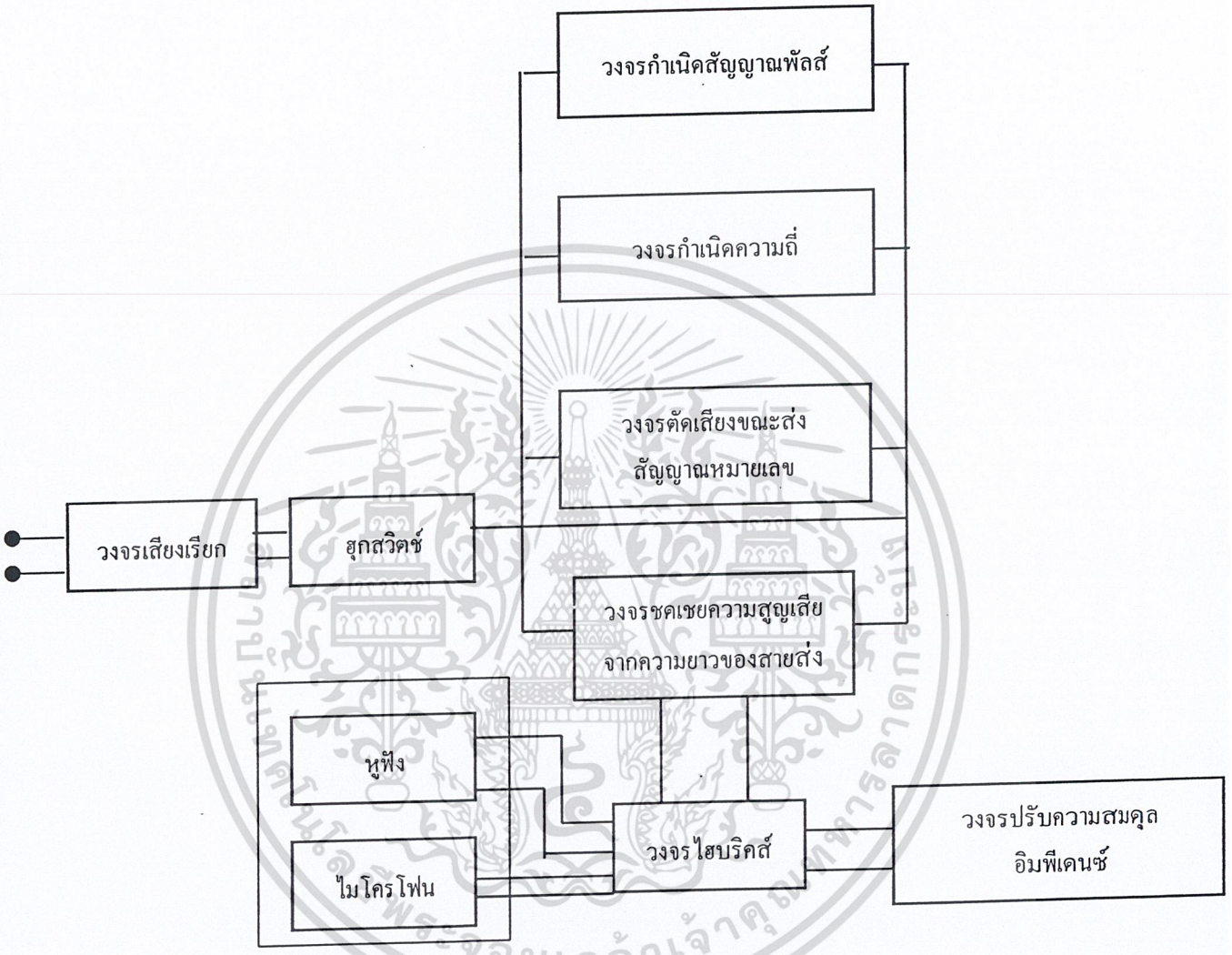
ที่มีค่าของความถี่ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง โดยในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดดูเลตแล้วส่งออกไป 2 ความถี่ทางชุมสายเมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกแล้ว ก็จะแปลงสัญญาณที่จะได้รับมาสั่งให้อุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งทำงาน เพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าปลายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้แต่ถ้าปลายสายว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Back Tone) ไปยังผู้เรียก เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

2.3.4 การสนทนา

เมื่อปลายสายหรือผู้เรียกหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนวงจรควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุด เพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไป แต่หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือ การทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลังในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่ เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 รูปแบบไปพร้อม ๆ กัน คือ แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง (Acoustic Energy) ซึ่งจะเรียกว่ารูปแบบการรับสัญญาณ (Receiver Mode) และในทางกลับกัน รูปแบบที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าจะเรียกว่า รูปแบบการส่งสัญญาณ (Transmitter Mode) ในรูปแบบหลังนี้เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องนั่นก็คือ การที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่าเสียงซ่า Side Tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรับรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังให้อยู่ในระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาจะได้ยินเสียงผู้พูดของผู้เรียกได้อย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่าย และวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจาก ฮุกสวิตซ์ก็จะบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออก อุปกรณ์ต่าง ๆ ก็จะว่าง และพร้อมสำหรับการติดตั้งครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ระบบการทำงานของโทรศัพท์



รูปที่ 2.20 ผังการทำงานของโทรศัพท์

ในรูปที่ 2.20 เป็นผังการทำงานของส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (Tip) และ สาย R (Ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ชุมสาย คือวงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำ วงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์โดยตรงก็คือเมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วาง ฮุกสวิตช์จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังฮุกสวิตช์ได้ ดังนั้น ถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่ด้านหลังฮุกสวิตช์จะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

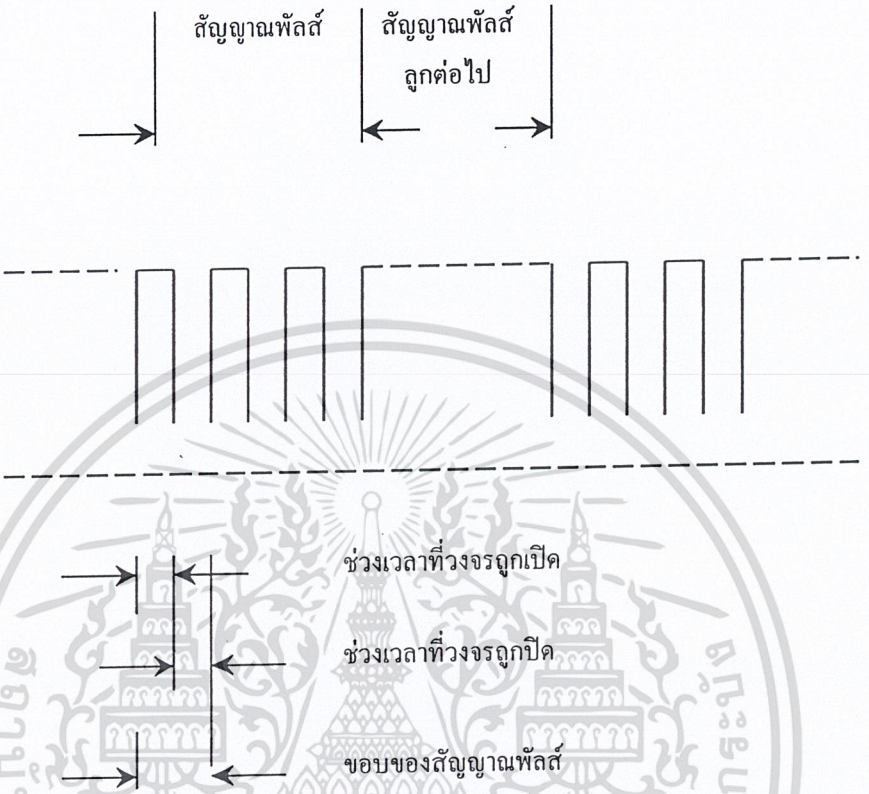
สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีการติดต่อเข้ามาเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นในรูปที่ 2.20 ก็ปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกัน กระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ซึ่งทำหน้าที่หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุนไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขที่ส่งมาแล้วชุมสายก็จะยกเลิกสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นรวดเร็วการส่งเลขหมายโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลซ์ที่แสดงถึงค่าของเลขหมายต่าง ๆ และอีกวิธีหนึ่งก็คือ การส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่าง ๆ กัน โดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนด้วยความถี่ 2 ความถี่ที่มอดดูเลตรวมกัน ลักษณะการใช้งานของแต่ละแบบมีดังนี้

2.3.5.1 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณพัลซ์

วงจรที่ใช้ส่งหมายเลขโทรศัพท์ในแบบพัลซ์ เห็นได้ว่าสวิตซ์ จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิตซ์ ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมือนว่าเป็น การขัดจังหวะ (Interruption) การไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่สวิตซ์ ถูกเปิดกระแสออกจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของ แป้นหมุน (Dialer) ที่ถูกหมุนไป กับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใด ๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิตซ์ 0 ถูกทำให้เปิดออก 4 ครั้ง ซึ่งสวิตซ์ จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้นไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่

รูปที่ 2.21 จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากรูปนี้จะเห็นว่าในตอนแรก โทรศัพท์ยังอยู่ในสภาวะ off-hook ฮุกสวิตซ์จะถูกปิดวงจรลง ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลข 4 จะทำให้มีการเปิดวงจรออกด้วยสวิตซ์ จำนวน 4 ครั้ง ได้รูปสัญญาณตามที่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมของเวลาคร่าว ๆ ของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณแบบพัลซ์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลซ์ต่อวินาที และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้น จึงควรทราบความหมายดังต่อไปนี้

- อัตราการส่งสัญญาณพัลซ์ (pulse rate) = จำนวนพัลซ์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที = 1000/คาบ เวลาของสัญญาณพัลซ์ (เป็นมิลลิวินาที)
- เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (percent break = 100×อัตราส่วนการเปิดวงจร (break ratio) = 100×ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดออก /คาบของสัญญาณพัลซ์
- ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (interdigit interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.2 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่

ระบบโทรศัพท์แบบเก่าที่มีใช้อยู่โดยทั่วไปนั้น ไม่ว่าจะเป็นแบบ Stowger หรือระบบครอสมาร์การต่อโทรศัพท์จากผู้เช่าไปยังอีกเลขหมายหนึ่งนั้น ยังอาศัยการหมุนหน้าปัทม์เพื่อทำการส่งพัลซ์ให้สวิตซ์ทำงาน การส่งพัลซ์ยังคงใช้อยู่ทั้งระบบ 10 pps และ 20 pps

วงการโทรศัพท์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วมาก จากเดิมที่เป็นหน้าปัทม์หมุน ก็เปลี่ยนมาเป็นการกดปุ่มแทน การกดปุ่มก็เพื่อจะส่งความถี่ออกไป ซึ่งเป็นสัญญาณ multi frequency signal การที่เราใช้วิธีนี้ก็เพื่อ

- ลดเวลาในการหมุนหน้าปัทม์ลง
- ส่งเลขหมายได้ง่ายขึ้นเพียงการกดปุ่ม
- มีความผิดพลาดในการส่งเลขหมายน้อยลง
- สามารถที่จะเพิ่มปุ่มอื่น ๆ นอกเหนือที่มีอยู่แล้ว เพื่อใช้งานอย่างอื่นได้ด้วย
- ใช้ความถี่ในระดับเครื่องเสียง

ระบบนี้เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบมากกว่าการส่งแบบพัลซ์ ระบบนี้มีชื่อย่อว่า DTMF (Dial Tone Multi Frequency) มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อโดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดดูเลตกันไป ความถี่นี้อยู่ในย่านความถี่เสียงพูด (0-4 กิโลเฮิรตซ์) กลุ่มความถี่ต่ำจะเป็นของแนว ส่วนกลุ่มความถี่สูงกว่าจะเป็นของแถวต่าง ๆ ของความถี่ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2.3 ความถี่ของการกดเลขหมาย

ความถี่ Hz	รหัสหรือเลขหมาย		
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
94	*	0	#
ความถี่ H	1209	1336	1477

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.3 ข้อเปรียบเทียบของระบบ DTMF กับระบบ พัลซ์

ในการส่งสัญญาณแบบพัลซ์ ถูก ใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (60 มิลลิวินาทีในช่วงการเปิดวงจร และ 40 มิลลิวินาทีในช่วงการปิดวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกจากกันอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที ดังนั้นถ้าเลขหมายที่ต้องการติดต่อมีความยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมจะต้องเสียเวลาในการส่งมากขึ้นเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ในการส่งสัญญาณ 5555555 ใช้เวลาในการส่ง

$= 5$ (พัลซ์/มิลลิวินาที) $\times 1000$(มิลลิวินาที/พัลซ์) $\times 7$(หมายเลข)

$= 3.5$ วินาที

ระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ

$= 700$ (มิลลิวินาที) $\times 6$

$= 4.2$ วินาที

ดังนั้นจะใช้เวลาการส่งทั้งหมด

$= 3.5 + 4.2$ วินาที

แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ

$= 7 \times 100$ มิลลิวินาที

$= 0.7$ วินาที

ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนว่าข้อดีของระบบ DTMF คือสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังชุมสายได้มากกว่าระบบพัลซ์ สามารถใช้วงจรที่เป็นโซลิทสเตทได้ ทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายใช้อุปกรณ์หน่วยความจำภายในชุมสายได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

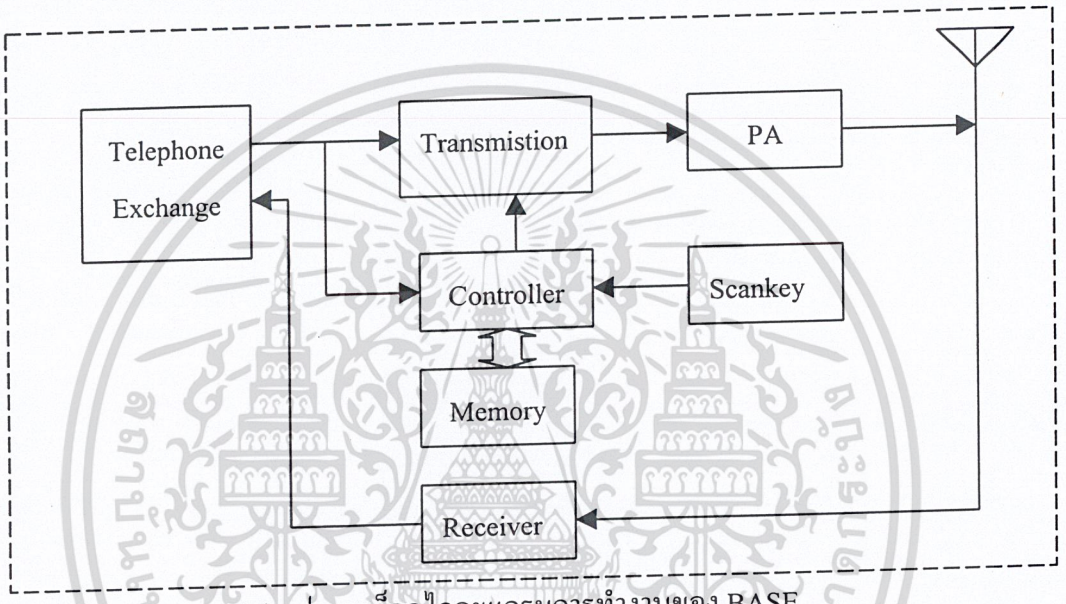
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

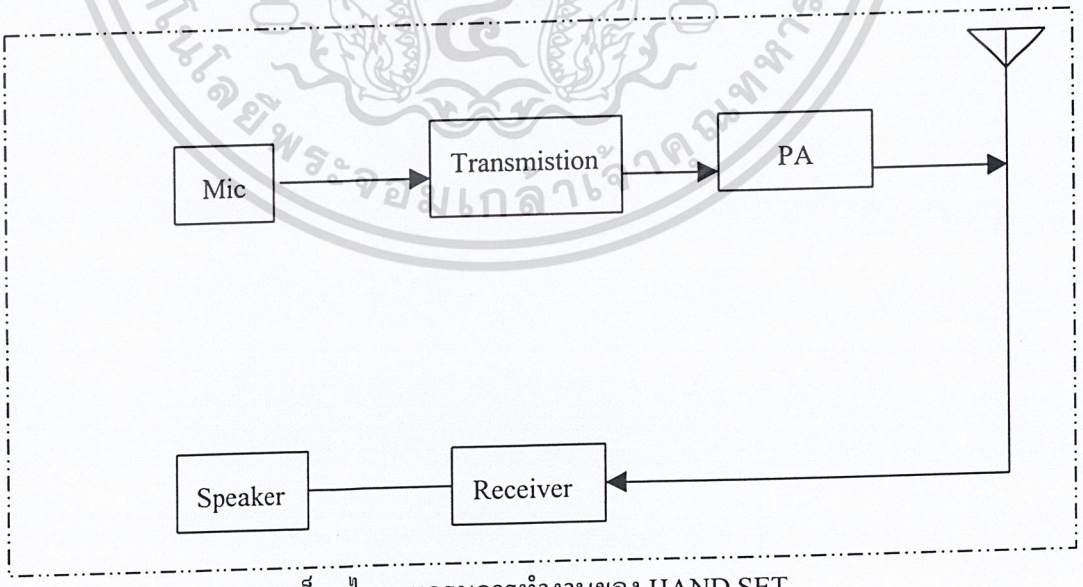
หลักการทำงานและการออกแบบ

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของและการออกแบบ โดยโครงงานทั้งหมดจะแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.1



(ก) รูปการบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ BASE



(ข)บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ HAND SET

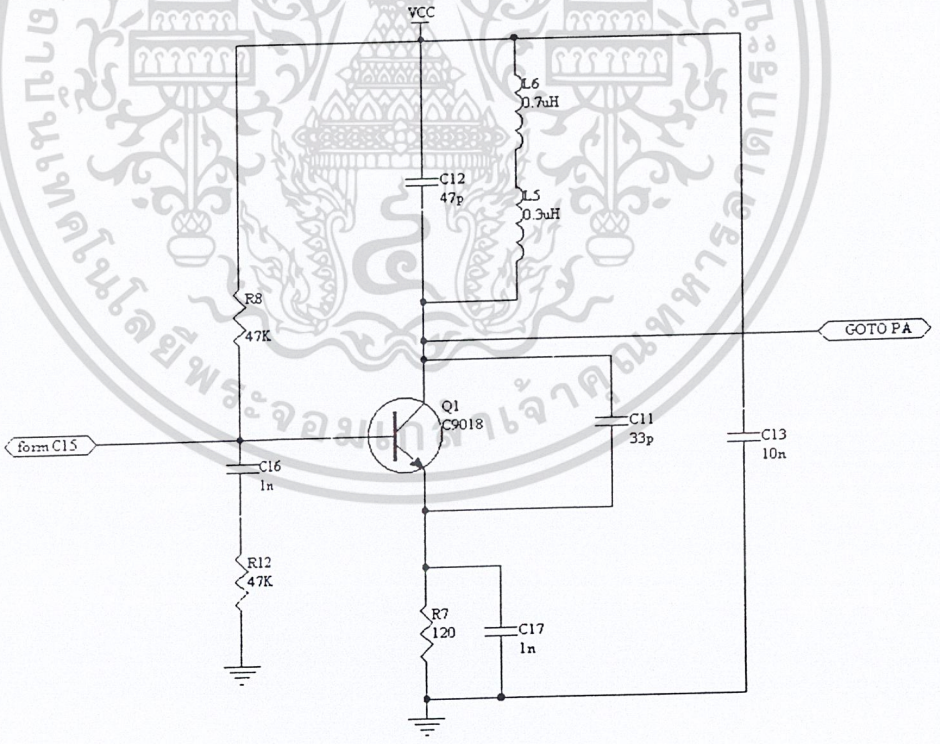
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.1 จะอธิบายการทำงานคร่าว ๆ ของวงจรได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนของภาคส่ง ภาครับ และระบบการคอนโทรลเลอร์ ทั้ง Base และ Handset ภาคส่งจะเป็นการมอดดูเลตแบบ FM ซึ่งจะนำสัญญาณจากชุมสายทำการมอดดูเลตส่งไปยัง Handset ซึ่งมีความถี่ 114MHz และ Handset ส่งกลับที่ความถี่ 116 MHz

3.2 วงจรภาคส่ง

การทำงานของภาคส่ง จะใช้วงจรตามทฤษฎีของ Colpist โดยหลักการทำงานเมื่อมีกระแสตรงที่ผ่านการบริดจ์มาแล้วจากภาคของโทรศัพท์ จะถูกใช้เป็นไปเลี้ยงวงจรภาคส่ง ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 โดยในส่วนของทรานซิสเตอร์ Q1 จะต้องเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ความถี่สูงโดยมี R7,R8 ทำหน้าที่ไบแอสวงจรให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ตัวเก็บประจุ C14 และตัวต้านทาน R10 จะคัปปลิ้งสัญญาณเสียงที่ปนกับไปตรงให้ผสมกับออสซิเลเตอร์ในทางความถี่หรือผสมแบบเอฟเอ็ม ตัวเก็บประจุ C15,C16 จะดีคัปปลิ้งลัดสัญญาณความถี่สูงทิ้งไป



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง

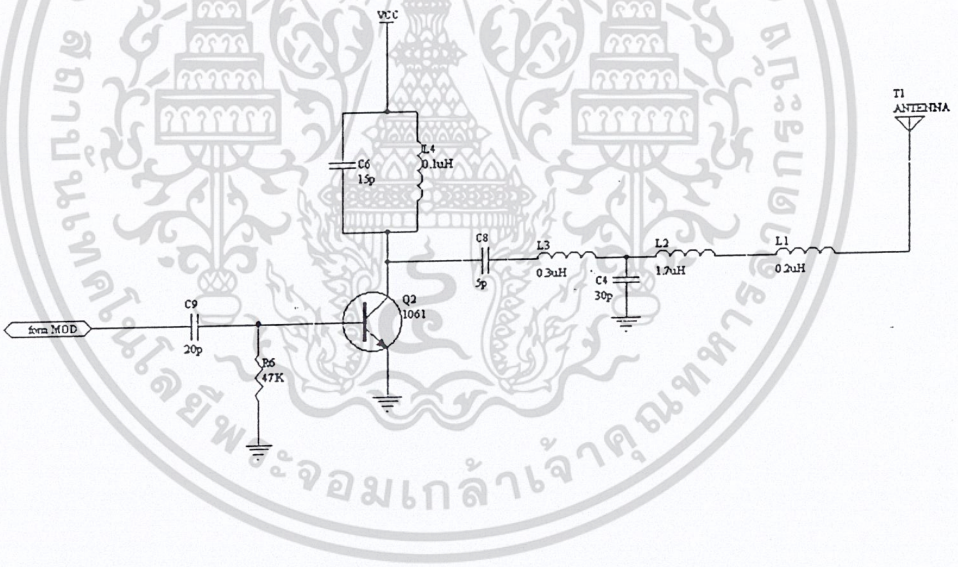
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ของวงจรกำหนดโดยตัวเก็บประจุ 3 ตัวคือ C9,C11 และ C12 ทำหน้าที่ปรับความถี่อย่างละเอียด แต่ก็สามารถที่จะเปลี่ยนย่านความถี่ได้โดยการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ C9 โดยการเพิ่มค่าตัวเก็บประจุ หรือลดค่าตัวเก็บประจุ แต่ก็มีอีกวิธีหนึ่งที่จะสามารถเปลี่ยนย่านความถี่ได้ก็คือการยืดหดขดลวด L5,L6 ถ้าหดลวดชิดกันความถี่จะลดลง ถ้ายืดออกความถี่เพิ่มสูงขึ้น

โดยในหลักการออกแบบดังกล่าวได้นำมาออกแบบทั้ง 114MHz และ 116MHz โดยใช้การปรับแต่งดังที่กล่าวมาข้างต้น

3.2.1 วงจร RF Amplifier

สัญญาณจากการออสซิเลเตอร์จาก Q1 นั้น ยังมีขนาดน้อยยังส่งออกอากาศไม่ได้ไกลจึงต้องเพิ่มวงจรขยาย



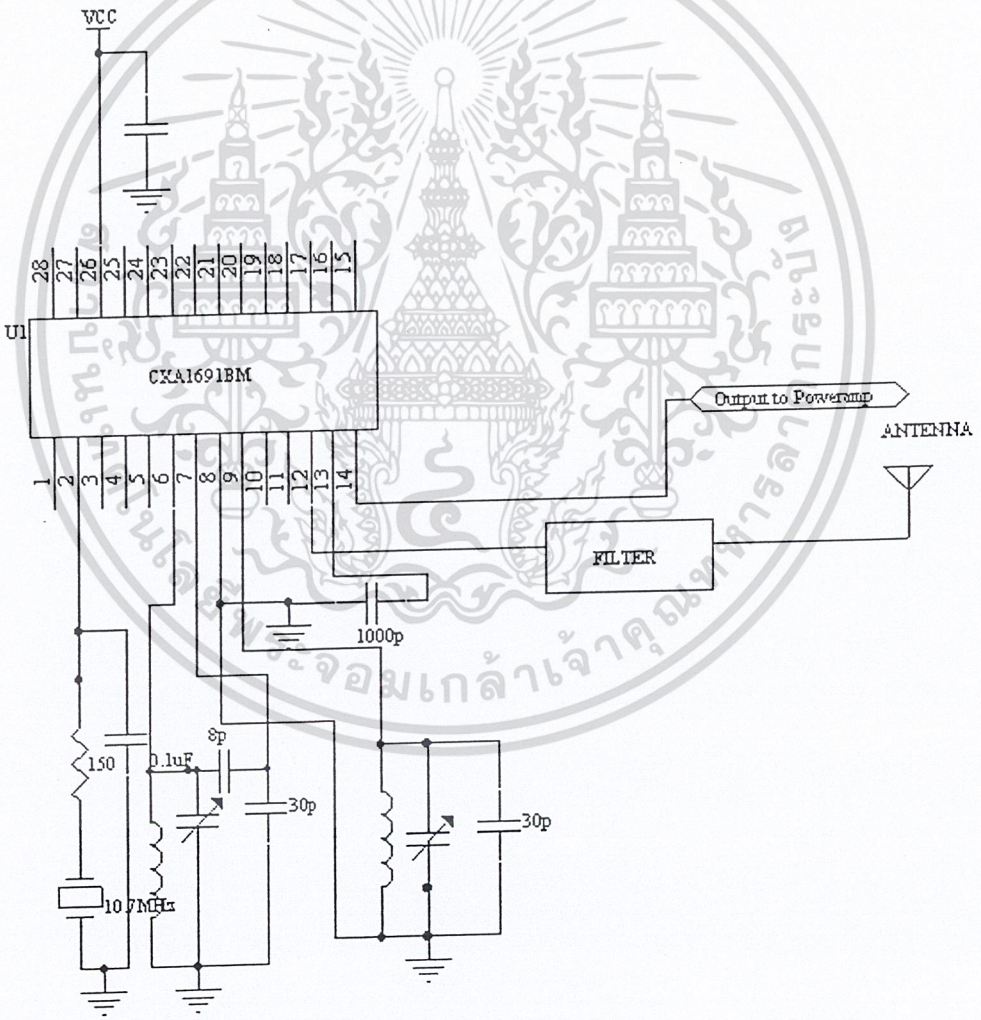
รูปที่ 3.3 วงจร RF Amplifier

จากรูปที่ 3.3 หลักการทำงานคือ สัญญาณจากการออสซิเลเตอร์จะถูกกาแท็ปผ่าน C9 เพื่อขยายความแรงโดยป้อนเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 สัญญาณ RF หรือคลื่นวิทยุที่ผสมคลื่นแล้ว จะถูกขยายออกทางขาคอลเล็กเตอร์ของ Q2 โดยมี C6,L4 เป็นวงจรจูนความถี่เฉพาะอย่าง ส่งกำลังให้วงจรขยายและส่งคลื่นออกอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรภาครับ FM

การทำงานของภาครับ จะใช้ IC CXA16913M เป็นวงจรรับสัญญาณ RF จากสายอากาศ ผ่านวงจรฟิลเตอร์เข้าที่ขา 12 เมื่อนำมาผสมกับสัญญาณ Local Oscillator ที่ขา 7 ซึ่งจะทำงานร่วมกับขา 6 เป็น AFC ซึ่งเป็น Variable Capacitor oj ในตัวของ IC เอามุตท์ออกจากขาที่ 8 เข้าที่ขา 2 จะเป็นภาค Limitter & Detector โดย Detector เป็นแบบ Quadrature Detector ซึ่งมี C เป็นตัวจูนความถี่ IF 10.7 MHz แล้วนำไป Shift Phase ไป 90 องศา ก่อนนำไปรวมกับสัญญาณ IF เดิมจะได้สัญญาณเสียงออกมา



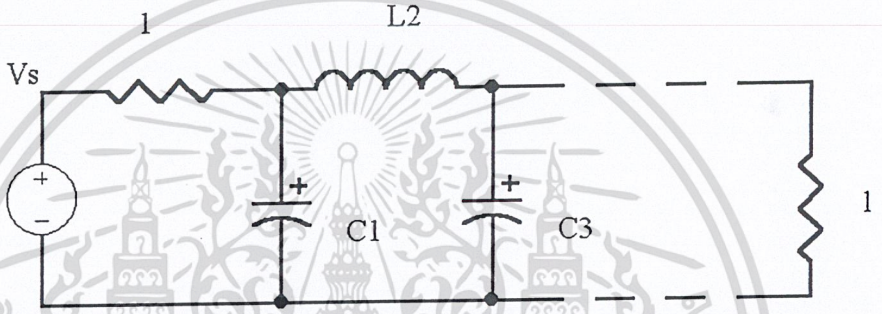
รูปที่ 3.4 วงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าการออกแบบภาครับ IC จะทำหน้าที่ทุก ๆ อย่างในเครื่องรับ FM โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อยส่วนที่ขาที่เหลือจะเป็นการทำงานของย่านความถี่ AM

หลักการออกแบบของระบบภาคส่งและภาครับที่กล่าวมาข้างต้นใน ได้นำทฤษฎีบทที่ 2 มาทำการออกแบบ

3.4 การออกแบบ Band Pass Filter

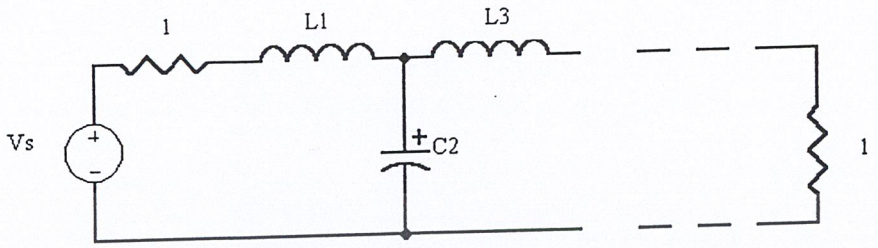


รูปที่ 3.5 n pole Butterworth networks Lowbass Filter เริ่มจาก C

ตารางที่ 3.1 การแทนค่าการออกแบบ Filter

N	C1	L2	C3	L4	C5	L6	C7	L8	C9	L10
2	1.414	1.414								
3	1.000	2.000	1.000							
4	0.7654	1.848	1.848	0.765						
5	0.618	1.618	2.000	1.618	0.618					
6	0.5176	1.414	1.932	1.932	1.414	0.517				
7	0.445	1.247	1.802	2.000	1.802	1.247	0.445			
8	0.3902	1.111	1.663	1.962	1.962	1.663	1.111	0.39		
9	0.3473	1.000	1.532	1.879	2.000	1.879	1.532	1.000	0.347	
10	0.3129	0.908	1.414	1.782	1.975	1.975	1.782	1.414	0.908	0.313
N	L1	C2	L3	C4	L5	C6	L7	C8	L9	C10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 n pole Butterworth networks Lowbass Filter เริ่มจาก L

1. ต้องการออกแบบ Band Bass Filter ที่ความถี่ ในช่วงความถี่ 112.6 MHz – 113.42MHz ซึ่งมี Band Width เท่ากับ 820 KHz โดยจะเป็นช่องความถี่ของตัว Base ที่ต้องการติดต่อกับ Handset ที่ความถี่ Fo = 112.95 MHz โดยใช้ Order 3 (n = 3)

Sol"; กำหนดให้ n = 3

fo = 112.95 MHz

BW = 820 KHz

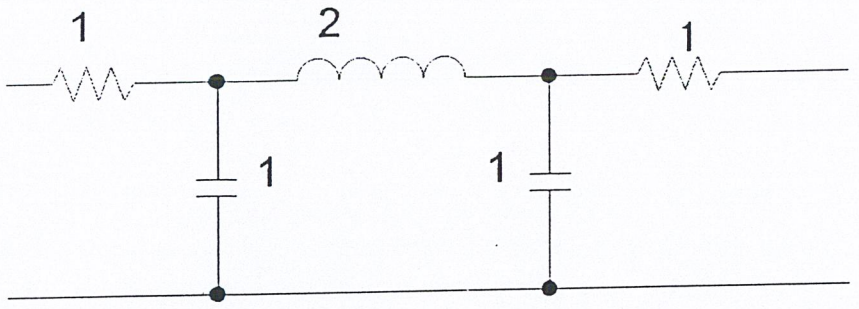
ทำการ Normalize จะได้

Wo = 1

BW = 7.26 m

จากตารางการแทนค่า Low Bass Filter (n = 3) ได้ค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



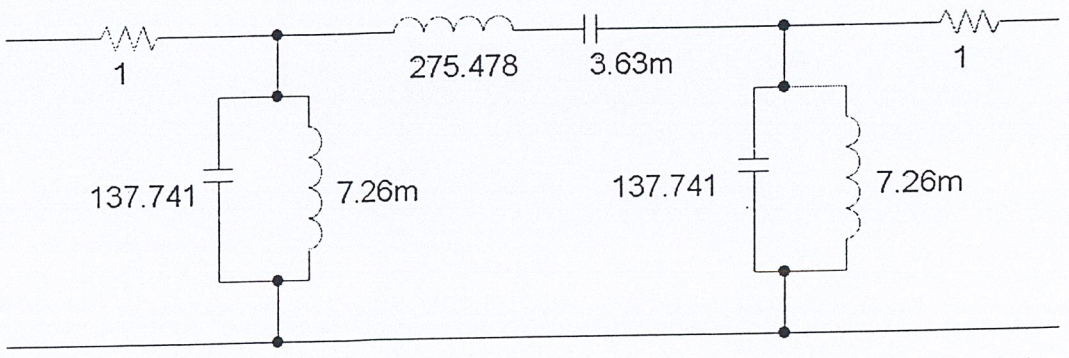
รูปที่ 3.7 pole Butterworth networks Lowbass Filter Order 3 ที่ได้จากตารางที่ 4

ทำการเปลี่ยน Low Pass ไปเป็น Pand Pass จาก

ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยน Low pass Filter ไปเป็น Band pass Filter

Prototype (lowpass) elements	Band pass Elements
Lp	Lp/BW, BW/LpWo^2
Cp	BW/CpWo^2, Cp/BW

จึงได้



รูปที่ 3.8 วงจร Band pass Filter ที่ได้จากการแทนค่าตามตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า L และ C ที่ใช้จริงโดยวิธี Frequency Scaling

จาก

$$L_{new} = \frac{K_m}{K_f} \times L_{old} \tag{3.1}$$

$$C_{new} = \frac{1}{K_m \times K_f} \times C_{old} \tag{3.2}$$

$$R_{new} = K_m \times R_{old} \tag{3.3}$$

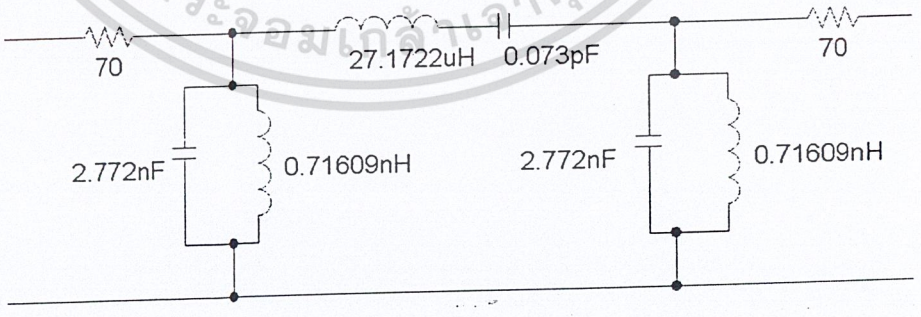
$$K_f = 2 \times \pi \times f_o \tag{3.4}$$

กำหนดให้ $K_m = 70$

จากสมการที่ 3.4

$$K_f = 2 \times \pi \times f_o$$
$$= 2 \times \pi \times 112.95 MH_z$$
$$= 709.68578 MH_z$$

นำค่าต่าง ๆ แทนตามสมการ 3.1 – 3.3 จะได้ค่าอุปกรณ์ต่างๆในวงจรดังรูป



รูปที่ 3.9 วงจร 3 order Band Bass Filter ในช่วงความถี่ 112.6 MHz – 113.42 MHz

2. ต้องการออกแบบ Band Bass Filter ที่ความถี่ ในช่วงความถี่ 115.97 MHz – 116.221 MHz ซึ่งมี Band Width เท่ากับ 515 KHz โดยจะเป็นช่องความถี่ของตัว Base ที่ต้องการติดต่อกับ Handset ที่ความถี่ Fo = 116.221 MHz โดยใช้ Order 3 (n = 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sol"; กำหนดให้ n = 3

fo = 116.221 MHz

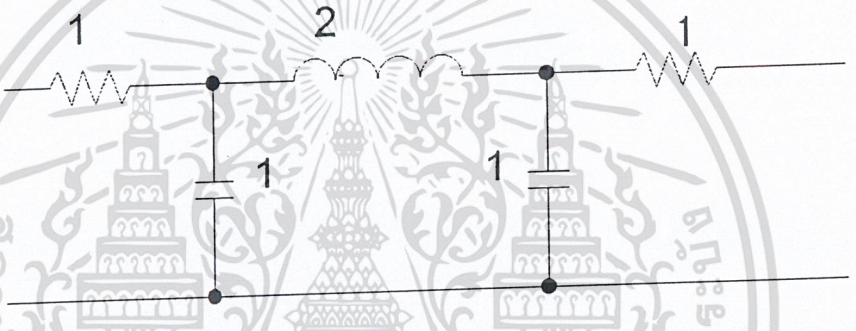
BW = 515 KHz

ทำการ Normalize จะได้

Wo = 1

BW = 4.431212948 m

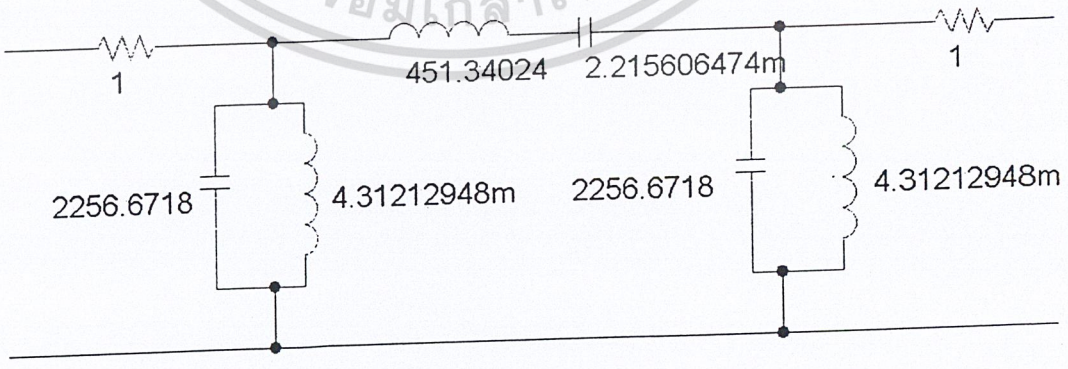
จากตารางการแทนค่า Low Bass Filter (n = 3) จากตารางที่ 4 ได้ค่าดังนี้



รูปที่ 3.10 วงจร Low pass Filter ที่ได้จากการแทนค่าตามตารางที่ 4

ทำการเปลี่ยน Low Pass ไปเป็น Pand Pass จากตารางที่ 5

จึงได้



รูปที่ 3.11 วงจร Band pass Filter ที่ได้จากการแทนค่าตามตารางที่ 5

หาค่า L และ C ที่ใช้จริงโดยวิธี Frequency Scaling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก สมการที่ 3.1 – 3.4 ได้

$$L_{new} = \frac{K_m}{K_f} \times L_{old}$$

$$C_{new} = \frac{1}{K_m \times K_f} \times C_{old}$$

$$R_{new} = K_m \times R_{old}$$

$$K_f = 2 \times \pi \times f_o$$

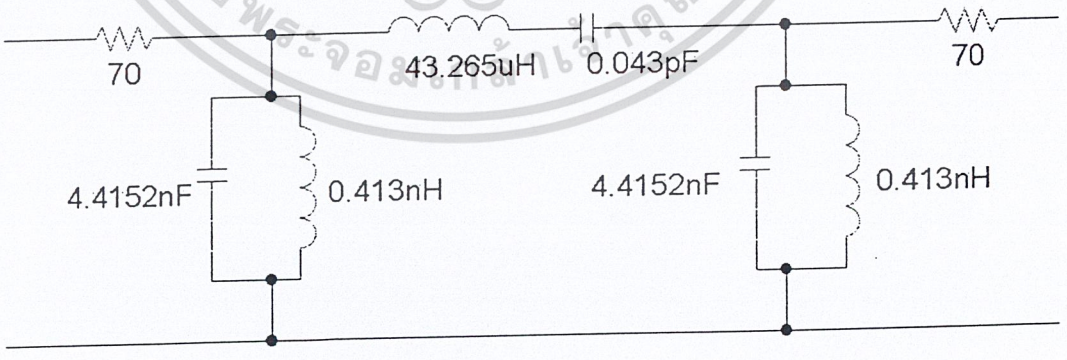
กำหนดให้ $K_m = 70$

จากสมการที่ 3.4 $K_f = 2 \times \pi \times f_o$

$$= 2 \times \pi \times 116.221 MH_z$$

$$= 730.2380796 MH_z$$

นำค่าต่างๆ แทนตามสมการจะได้ค่าอุปกรณ์ต่างๆในวงจรดังรูป



รูปที่ 3.12 วงจร 3 order Band Bass Filter ในช่วงความถี่ 115.97 MHz – 116.22 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพันขดลวดให้ได้ค่า L ตามต้องการ

การหาค่า L สำหรับการพันชั้นเดียว หน่วยของอินดักแตนซ์ (L) คือ เฮนรี่ (Henry) ค่าอินดักแตนซ์จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง(หรือรัศมี) ของแกนขึ้นกับจำนวนรอบที่พัน ขึ้นกับความยาวของขดลวดทั้งหมดด้วย ในช่วงความถี่กลางและสูงจะมีค่าอยู่ในช่วงไมโครเฮนรี่ (uH)

ค่า L โดยประมาณสำหรับการพันขดลวดชั้นเดียวบนแกนอากาศมีดังนี้

$$L = \frac{a^2 \times n^2}{9a + 10b} \qquad (3.5)$$

<u>โดยที่</u> L คือ ค่าอินดัคแตนซ์มีหน่วยเป็น uH

a คือ ค่ารัศมีของแกน มีหน่วยเป็นนิ้ว

b คือ ค่าความยาวของการพันขอลวดมีหน่วยเป็นนิ้ว

n คือ จำนวนรอบในการพันขดลวด

หลังจากที่กำหนดขนาดของ a และ b และค่า L ที่ต้องการแล้วก็จะสามารถคำนวณหาจำนวนรอบที่ต้องพันโดยจัดรูปสมการใหม่ได้ดังนี้

$$n = \sqrt{\frac{L(9a + 10b)}{a^2}} \qquad (3.6)$$

อย่างไรก็ตามสูตรที่ให้ไว้นี้จะมีค่าใกล้เคียงของจริงมากเมื่อความยาวของการพันขดลวด(b) มีค่าไม่น้อยกว่า 0.8a และถ้าความยาวของลวดมีจำกัด เช่น ต้องการให้ใช้ความยาวของลวดน้อยที่สุด ค่า L จะสูงสุดก็ต่อเมื่อ b = 0.8a พอดี

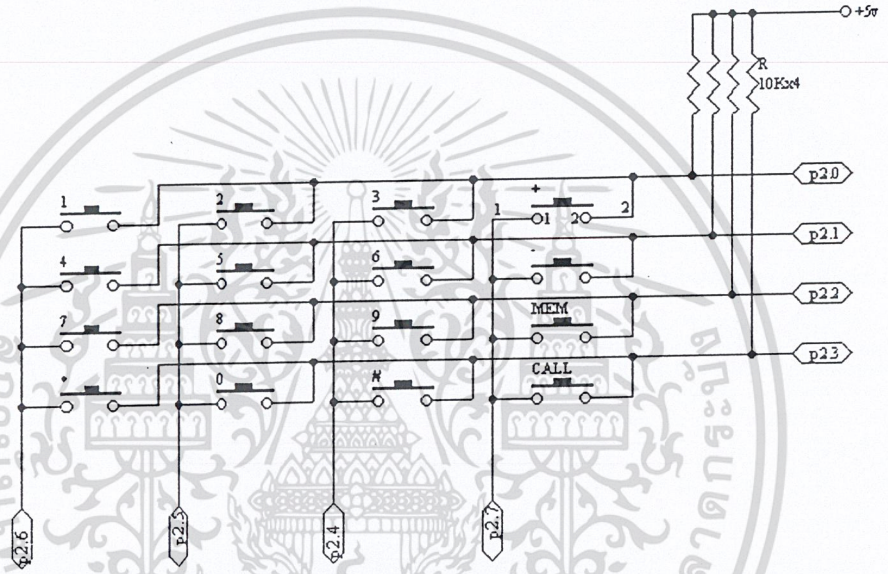
3.5 ชุดสวิตซ์เมตริกซ์

การทำงานของชุดสวิตซ์เมตริกซ์

จากรูปที่ 3.6 เป็นชุดสวิตช์เมตริกซ์แบบ 4X4 แบ่งออกเป็น 4 แถว และ 4 คอลัมน์ โดยขาข้างหนึ่งของแต่ละแถว และแต่ละคอลัมน์จะถูกกต่อถึงกันหมดในการทำงานจะใช้พอร์ต PA [0...3] เป็นอินพุทพอร์ต และ PB [4...7] เป็นเอาต์พุทพอร์ต ส่วน R1-R4 ทำการต่อแบบพุชพูลโดยเป็นตัวจำกัดกระแส ซึ่งป้อนแรงดัน +5 โวลต์ ให้กับชุดสวิตซ์เมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นสิ่งที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของชุดสวิตซ์เมตริกซ์นี้จะเริ่มจากรับสัญญาณสแกนไลน์ทางพอร์ต PB [4...7] มาทำการตรวจเช็คว่ามีการกดคีย์สวิตซ์ใด ๆ หรือไม่ โดยสถานะปกติของสวิตซ์ที่ไม่ถูกกดเป็นลอจิก "1" (ต่อสวิตซ์กับ +3V) เมื่อมีการกดสวิตซ์ใด ๆ จะทำให้สถานะของสวิตซ์นั้น ๆ เป็นลอจิก "0" และนำสัญญาณต่อไปยังพอร์ต PA[0...3] เพื่อสำหรับการตรวจรับคำคีย์บอร์ดที่ถูกกด



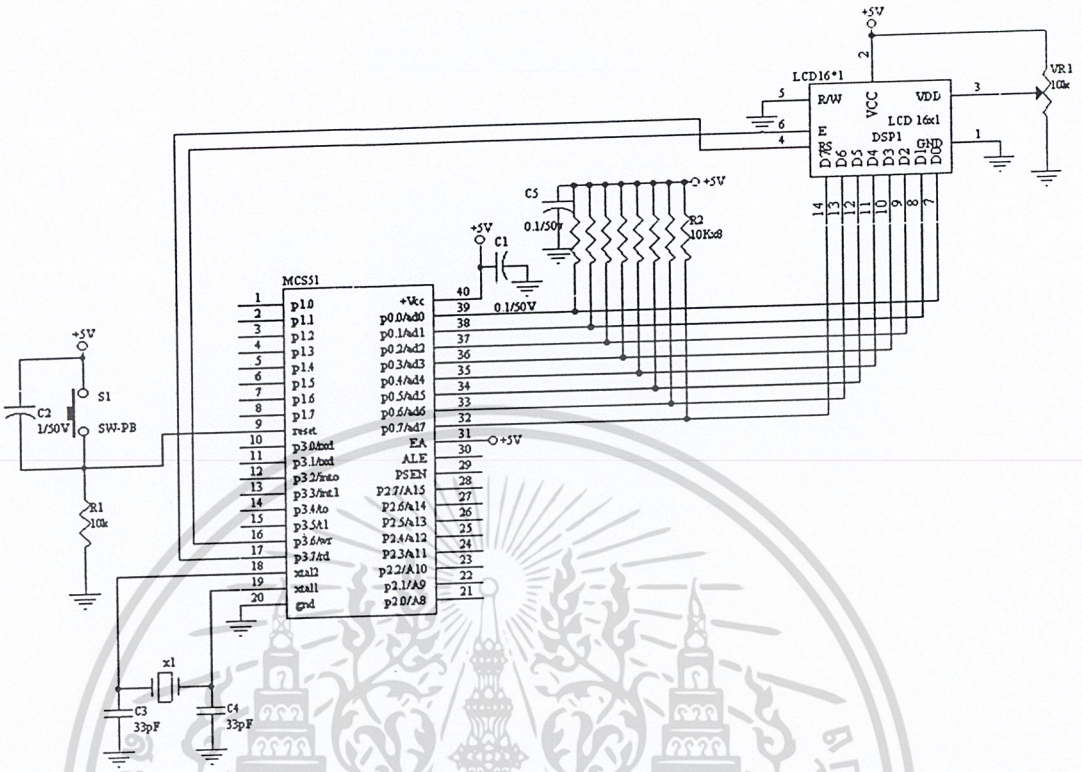
รูปที่ 3.13 ชุดสวิตซ์เมตริกซ์

3.6 ชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของวงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT 89C52 เป็นหลัก ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS – 51 ที่เป็นแบบ 40-PIN DIR ซึ่งเป็นชุดควบคุมจะรับอินพุตเข้าสองทางคือ จากชุดสวิตซ์เมตริกซ์ และจากสวิตซ์ควบคุมการโทรเข้าและรับสาย โดยมีคุณสมบัติการเมมเมอร์รี่เบอร์โทรศัพท์ไว้ในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

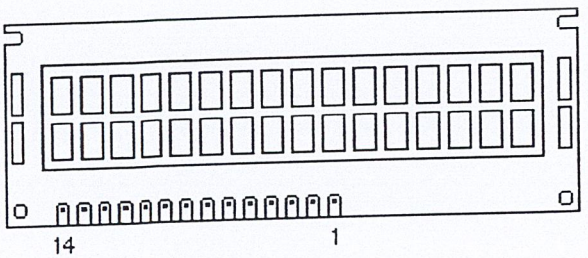


รูปที่ 3.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.7 วงจรแสดงผล

การทำงานของวงจรแสดงผล

การทำงานของวงจรแสดงผลนี้ ซึ่งตัวแสดงผลจะใช้ แอลซีดีโมดูลชนิดแสดงผลเป็นภาษาอังกฤษ ตัวเลข แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด โดยจะรับสัญญาณอินพุตมาจากชุดควบคุม มาแสดงผลออกบนจอ แอลซีดีโมดูล



รูปที่ 3.15 การแสดงผล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

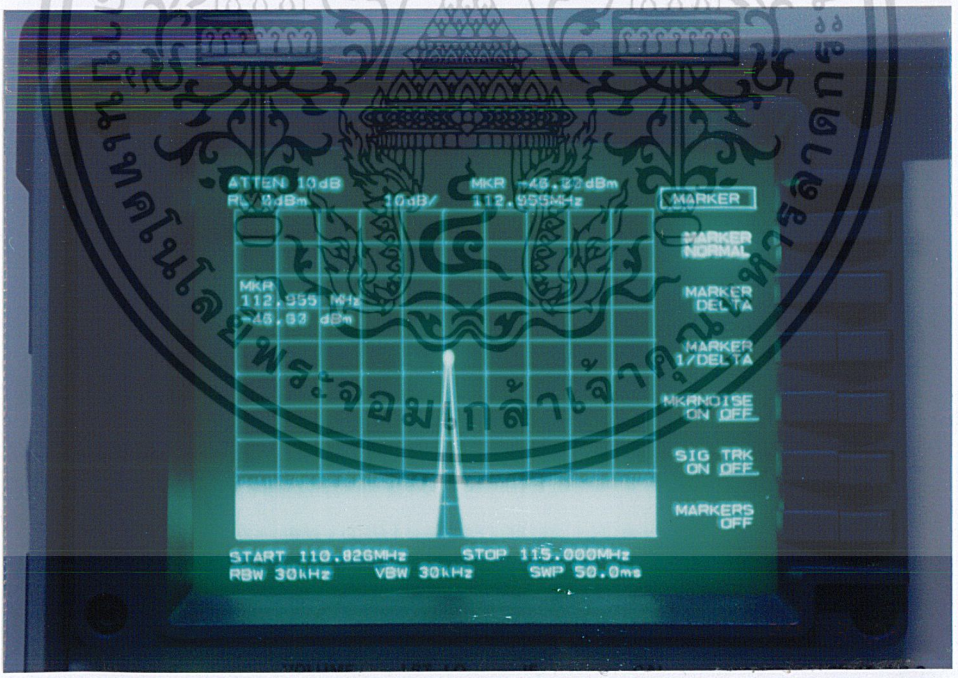
การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ผลการวัดสัญญาณวงจรทางภาครับและวงจรทางภาคส่ง แบ่งออกเป็นการวัดสัญญาณและการทดลองคุณสมบัติของวงจรทางภาครับและภาคส่ง โดยจะรวมไปถึงโปรแกรมที่จะใช้ในการทดสอบ และค่าแรงดันต่าง ๆ ในวงจร

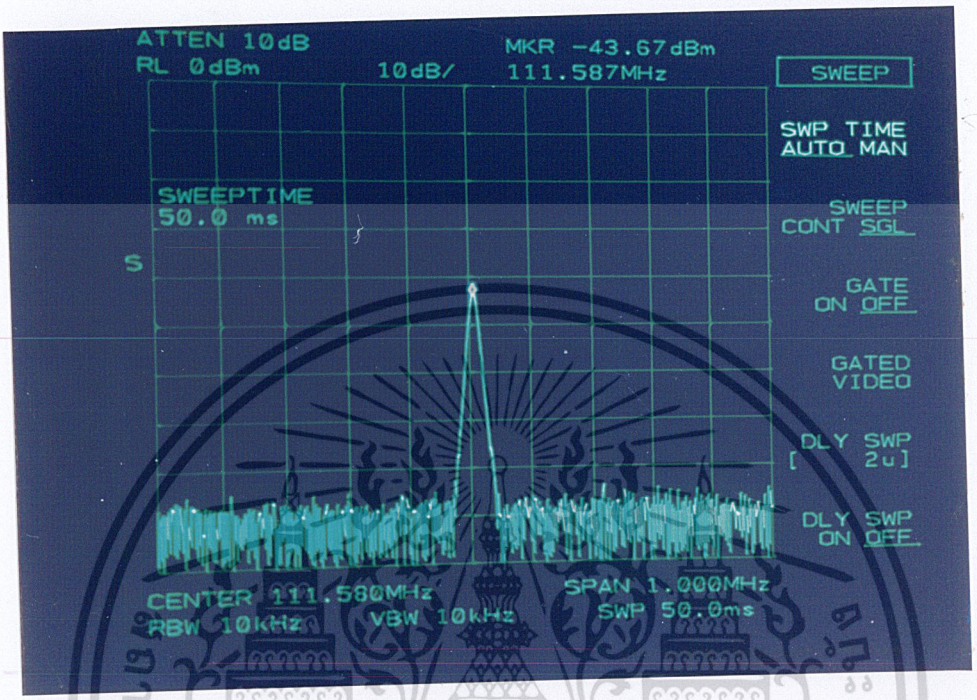
4.2 วงจรภาคส่งที่ความถี่ 112MHz

เป็นการวัดสัญญาณความถี่ที่ได้จากการสร้างและออกแบบในบทที่ 3 โดยต้องการความถี่ที่ 112 MHz เพื่อที่จะนำผลไปออกแบบเครื่องส่งที่ใช้งานต่างความถี่กันเพื่อที่จะกำหนดแบนด์วิทที่ถูกต้องในการใช้งาน



รูปที่ 4.1 สัญญาณความถี่ 112 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



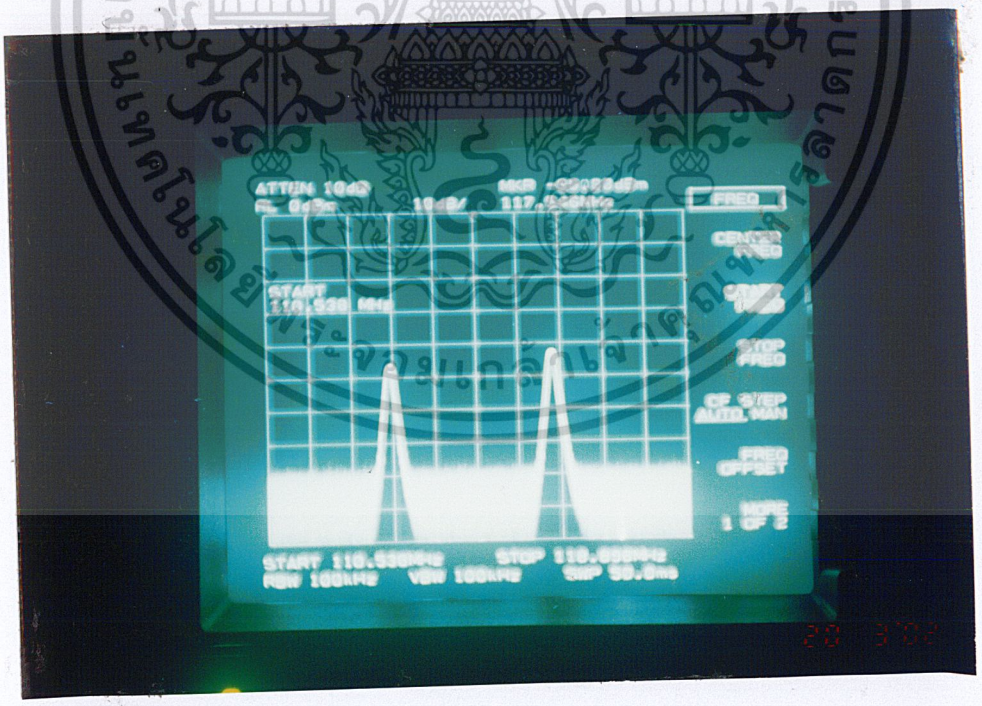
รูปที่ 4.2 ภาค POWER ซึ่งแสดงเป็น dB

4.3 วงจรภาคส่งที่ความถี่ 116MHz

เมื่อเราทราบย่านความถี่ของเครื่องส่งตัวที่หนึ่ง ก็จะสามารถออกแบบเครื่องส่งตัวที่สอง โดยได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ผลของการออกแบบย่านความถี่ที่ส่งกำลังได้แรงสูงสุดอยู่ที่ในย่านความถี่ ประมาณ116 MHz ซึ่งจะทำให้ทราบแบนด์วิทที่ใช้งานที่แน่นอน ซึ่งแบนด์วิทที่ใช้งานจะอยู่ที่ ประมาณ 4 MHz ผลการทดลองทั้งสองจะต้องสร้างเครื่องส่งที่มีกำลังส่งสูงสุดในการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 สัญญาณความถี่ 116 MHz



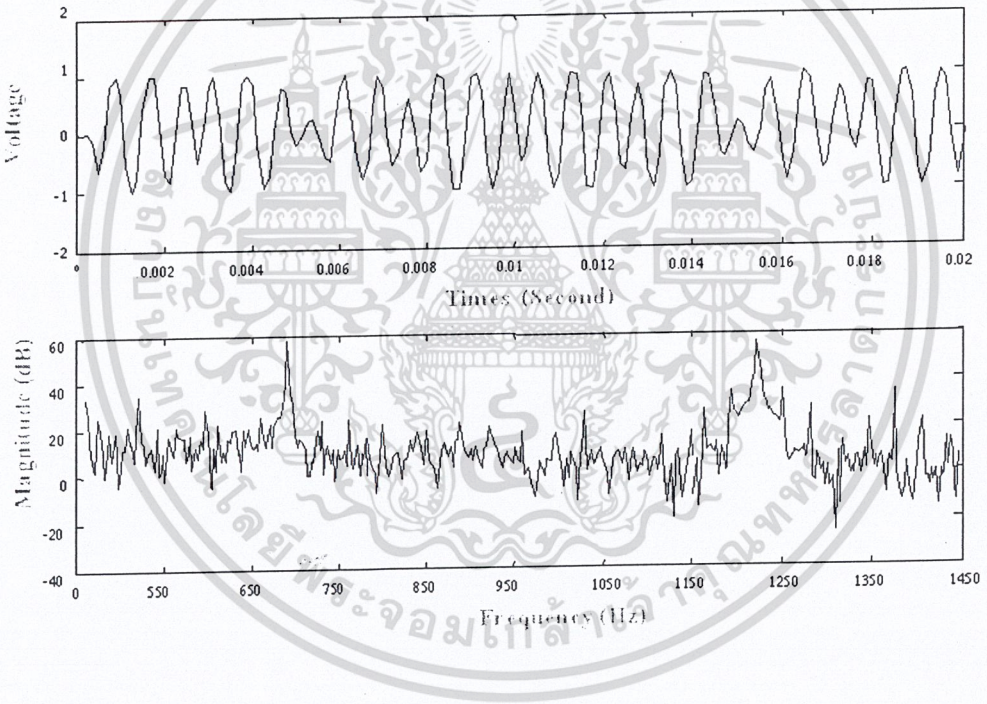
รูปที่ 4.4 ภาค Power ซึ่งแสดงเป็น dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าในการวัดต้องการวัดโดยสเปคตร์มอนาไรเซอร์เพราะเป็นความถี่สูง ซึ่งสโคปไม่สามารถวัดได้ จึงวัดและแสดงผลของความถี่ที่ส่งทิ้ง 2 ตัวคือ 114MHz และ 116MHz แบนด์วิทและเพาว์เวอร์ที่ส่งออกอากาศ

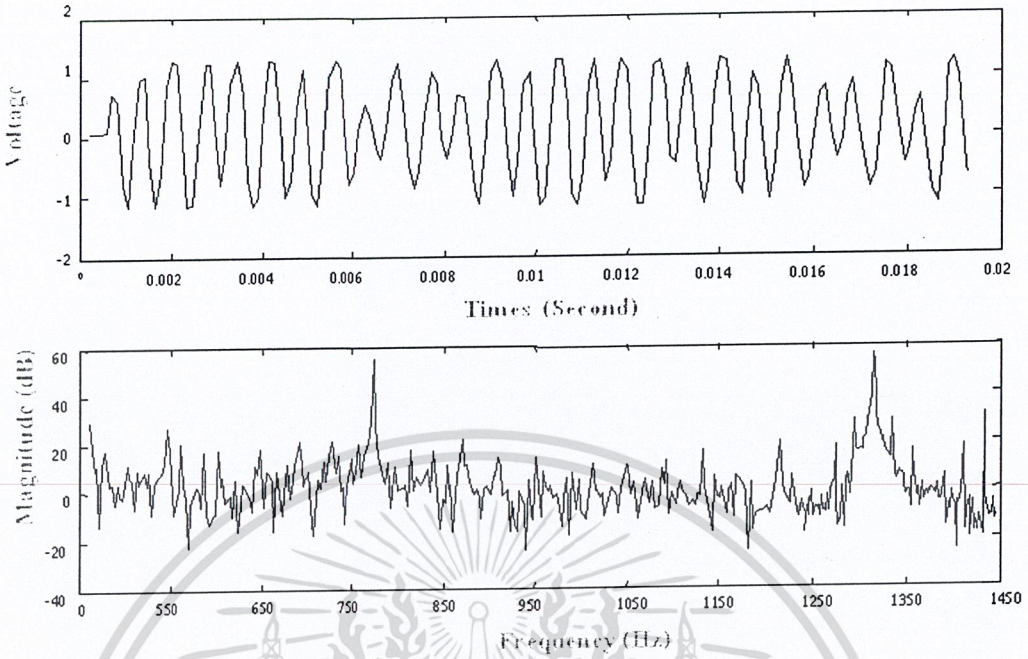
4.4 ผลการวัดสัญญาณ DTMF จากวงจรโทรศัพท์

เป็นการวัดความที่ที่ตัวของ DTMF ซึ่งตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 จะทำให้ทราบถึงความถี่ประจำแถวและหลักโดยในที่นี้จะนำผลการทดลองของการกดคีย์ทั้ง 3 คีย์ โดยจะยกตัวอย่างผลการทดลองของคีย์ 1, 5 , 9 เพื่อที่จะให้เห็นถึงความแตกต่างของความถี่ในการกดคีย์

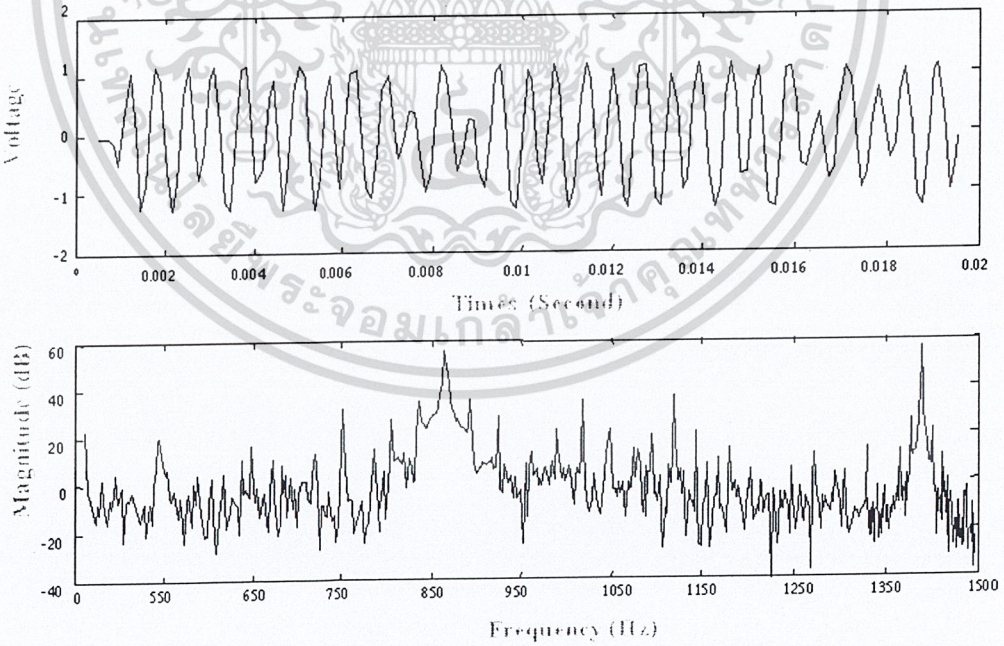


รูปที่ 4.5 กดคีย์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กดคีย์ 5

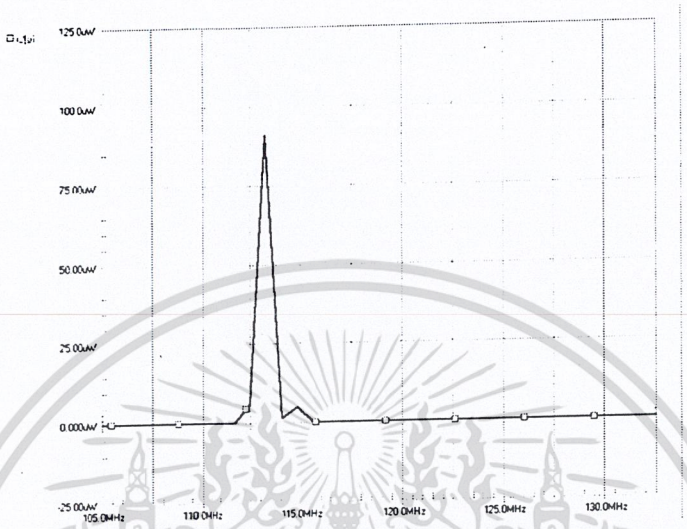


รูปที่ 4.7 กดคีย์ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

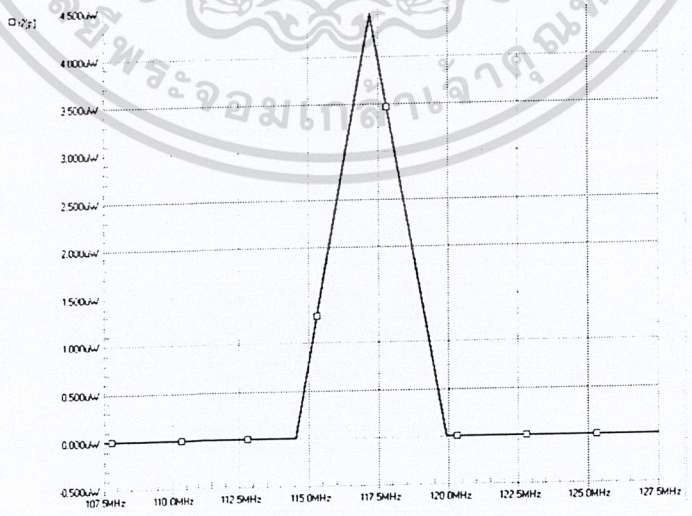
4.5 ผลของฟิลเตอร์

โดยการออกแบบฟิลเตอร์เพื่อที่จะให้สายอากาศนั้นรับส่งในต้นเดียวโดยใช้ฟิลเตอร์ในการกำหนดความถี่



รูปที่ 4.8 ความถี่คัทออฟจากวงจรฟิลเตอร์ 112.95 MHz

จากรูปที่ 4.8 เป็นการวัดผลการทดลอง ของ Bandpass Filter ที่ออกแบบในย่านความถี่ ในช่วง 112.6 MHz – 113.42MHz ซึ่งมี Band Width เท่ากับ 820 KHz โดยจะเป็นช่องความถี่ของตัว Base ที่ต้องการติดต่อกับ Handset ที่ความถี่ Fo = 112.95 MHz โดยใช้ Order 3 (n = 3)



รูปที่ 4.9 ความถี่คัทออฟจากวงจรฟิลเตอร์ 116.95 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 เป็นการวัดผลการทดลอง ของ Bandpass Filter ที่ออกแบบ ที่ความถี่ ในช่วง 115.97 MHz – 116.221 MHz ซึ่งมี Band Width เท่ากับ 515 KHz โดยจะเป็นช่องความถี่ของตัว Base ที่ต้องการติดต่อกับ Handset ที่ความถี่ Fo = 116.221 MHz โดยใช้ Order 3 (n = 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

โครงงานนี้เป็นการศึกษาระบบการสื่อสารที่มีความถี่สูง ดังนั้นการออกแบบวงจรต้องมีความไว (Sensivity) และความเที่ยงตรง (Accuracy) สูง จึงจะทำให้การทำงานของวงจรมีประสิทธิภาพ ซึ่งการออกแบบวงจรความถี่สูงมักจะเกิดปัญหามากกว่าวงจรความถี่ต่ำ เช่น เกิดการออสซิเลทในวงจร การที่ระบบมีสัญญาณเข้ามา รบกวนอาจทำให้การสื่อสารผิดพลาดได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นในการสร้างโครงงานนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 ส่วนของภาครับและภาคส่งของ FM เกิดปัญหาเนื่องจากค่าอุปกรณ์ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำที่คำนวณได้ ไม่มีขายในท้องตลาด จำเป็นต้องใช้ค่าใกล้เคียงหรือว่าใช้ตัวอุปกรณ์ที่ปรับค่าได้แทน

5.2 จากการออกแบบวงจรออสซิเลเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงตามแรงต้านทาน VCO นั้น ต้องมีช่วงความถี่กว้างกว่าวงจรใช้งานจริง ค่าอุปกรณ์ที่คำนวณได้โดยเฉพาะค่าตัวเหนี่ยวนำมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงหาขนาดของลวดมาทำการพันนั้นค่อนข้างยาก

5.3 เนื่องจากการออกแบบงานแผ่น PCB แบบปกตินั้นมีค่าการสูญเสียเกิดขึ้นมากเมื่อนำมาออกแบบให้ทำงานที่ความถี่สูง

5.4 เนื่องจากการเพิ่มกำลังวัตต์ ให้มากเกินกว่า 50mw อาจทำให้ผิดกฎ FCC ดังนั้นจึงไม่ควรมีการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ในวงจรเพิ่มเติม เพื่อทำให้เครื่องส่งมีกำลังส่งแรงขึ้นหรือไม่ควรใช้กับแรงดันไฟจ่ายที่มากกว่านี้เพราะจะทำให้มีการแพร่กระจายคลื่นไกลออกไปรบกวนผู้อื่นได้ ซึ่งเป็นเรื่องผิดกฎหมาย

ในโครงงานชิ้นนี้ได้ออกแบบเครื่องรับและเครื่องส่ง โดยใช้เทคนิคการมอดดูเลตทางความถี่ 2 ย่านความถี่โดยจะเป็นการสื่อสารสัญญาณเสียงจากชุมสายโทรศัพท์ไปยังตัวลูกที่เคลื่อนที่ โดยปัญหาที่พบก็คือไม่สามารถแก้ปัญหาการรบกวนได้ ซึ่งเกิดจากการออสซิเลทในวงจรจึงต้องพัฒนาในขั้นต่อไป

แนวทางในการพัฒนาโครงงานโดยที่ตัวเคลื่อนที่สามารถที่จะโทรออกไปยังคู่สนทนาได้โดยตรง โดยที่ไม่ต้องมากดคีย์ที่ตัวแม่ และสามารถที่จะคอลโทรล DTMF เพื่อที่จะบันทึกเบอร์โทรศัพท์และโทรออกได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ , “ เครื่องส่งวิทยุและโทรทัศน์ ” , Japan International Cooperation Agency (JICA) , 2534

2. ดร.ไพศาล สงวนหมู่ และ รศ.ยืน ภู่วรรณ , “ การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์ - เน็ตเวิร์ค ” , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2529

3.วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , “ เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ” , อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ , 2545

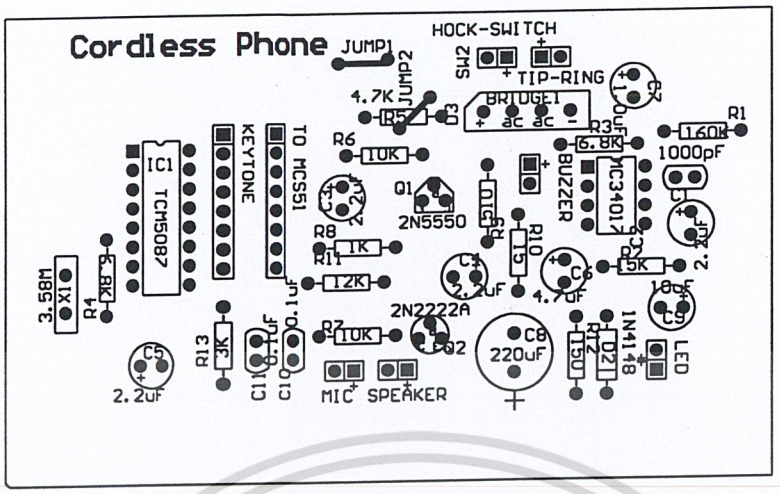
4. น.อ. ธวัชชัย เลื่อนฉวี , “ เทคโนโลยีโทรศัพท์ ” , บุ๊คเซ็นเตอร์ , 2533

5. บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์ , “ นักเลงเครื่องส่ง ” , สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต , 2540

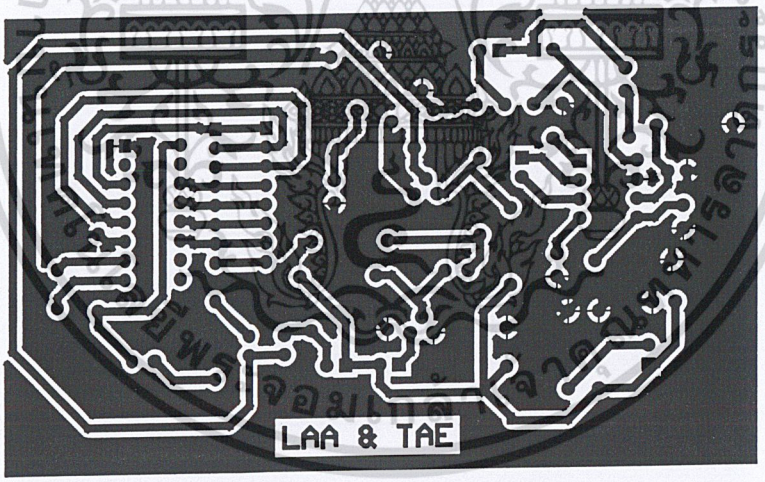
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

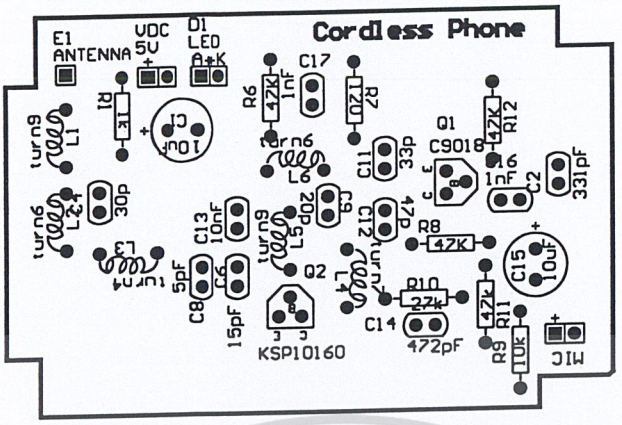


รูปที่ 1 การวางตำแหน่งอุปกรณ์ภาคโทรศัพท์

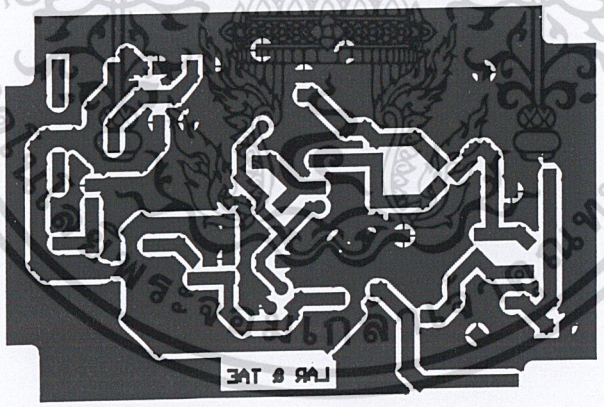


รูปที่ 2 ลายวงจรภาคโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

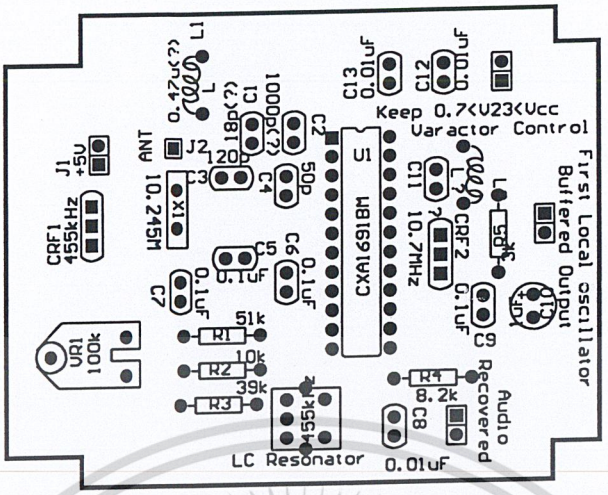


รูปที่ 3 การวางอุปกรณ์ภาคส่งFM 112 MHz

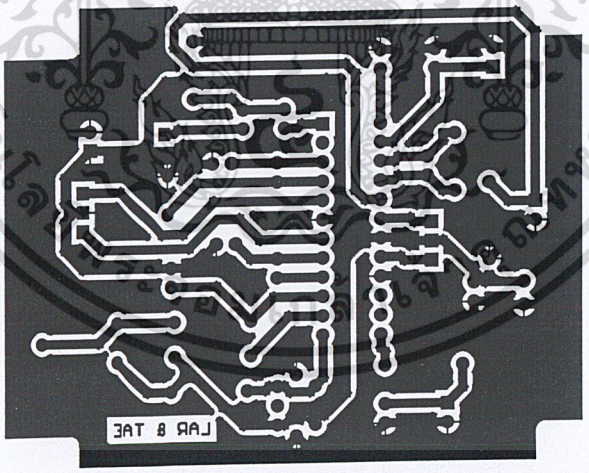


รูปที่ 4 ลายวงจรภาคส่ง FM 112 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

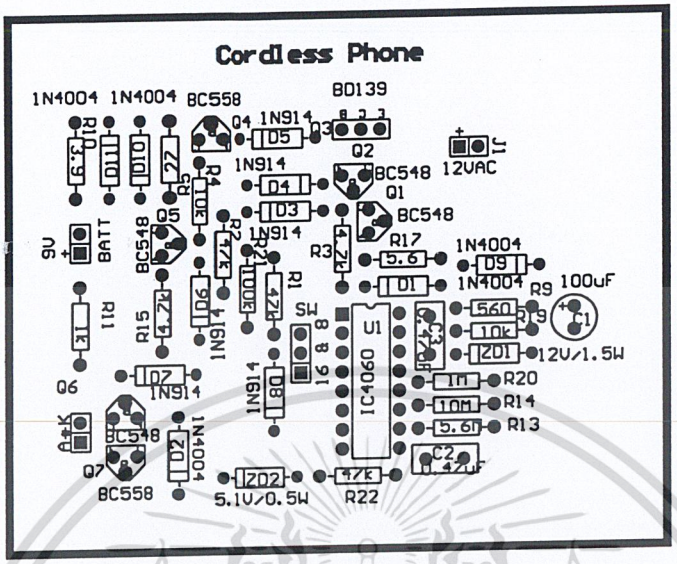


รูปที่ 5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภาครับ FM

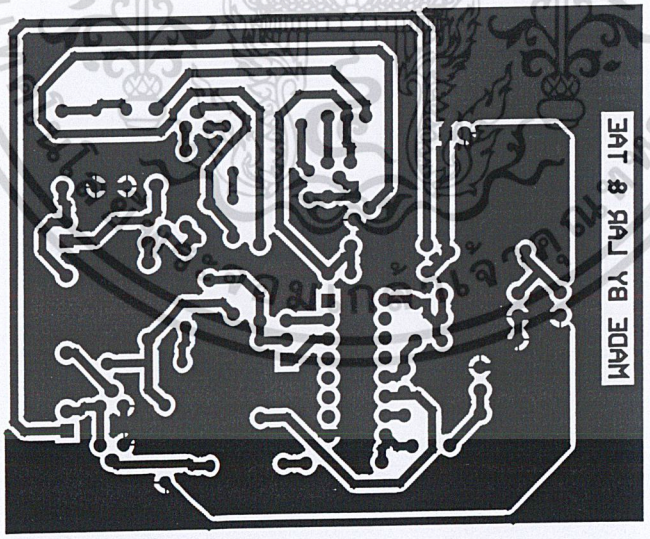


รูปที่ 6 ลายวงจรภาครับ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

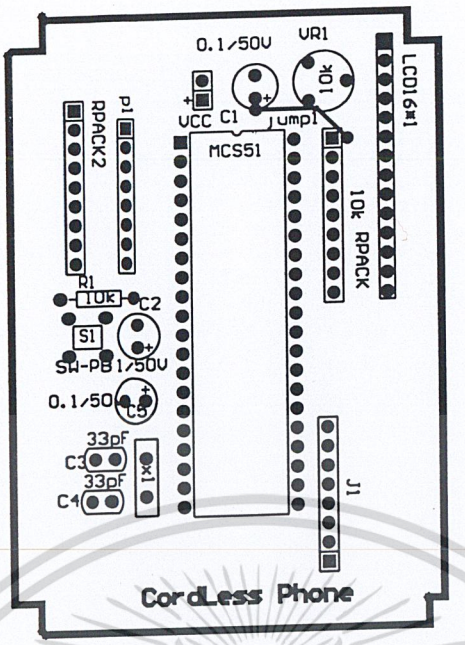


รปที่ 7 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภาคชาร์ดถ่านอัตโนมัติ

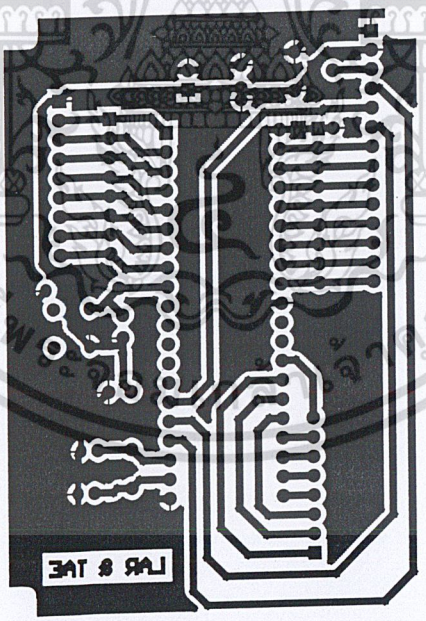


รูปที่ 8 ลายวงจรภาคชาร์ดถ่านอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

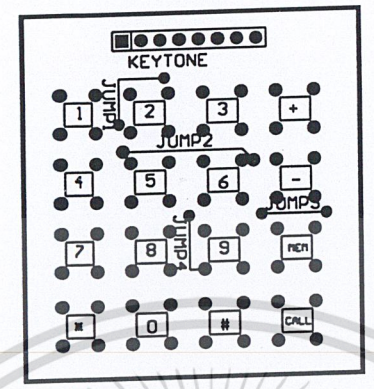


รูปที่ 9 การวางตำแหน่งอุปกรณ์ภาคควบคุมและการบันทึก

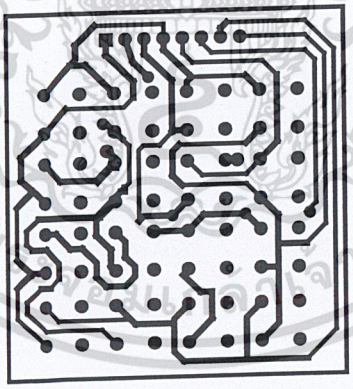


รูปที่ 10 ลายวงจรภาคควบคุมและการบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

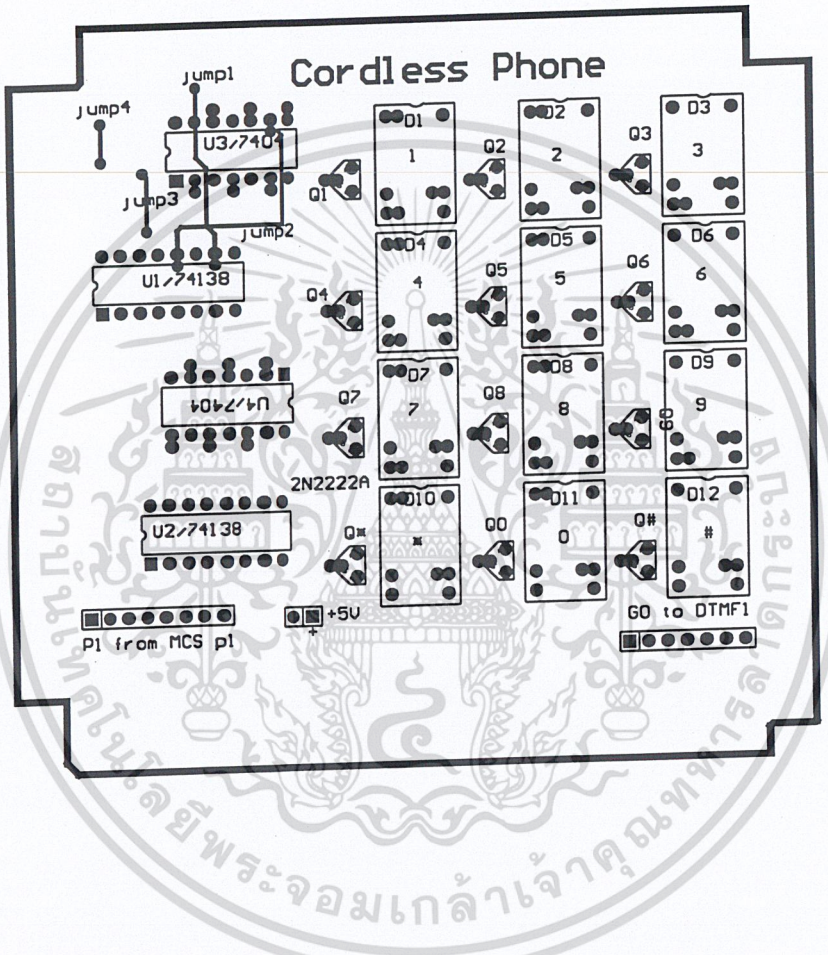


รูปที่ 11 การวางตำแหน่งภาค KEYTONE



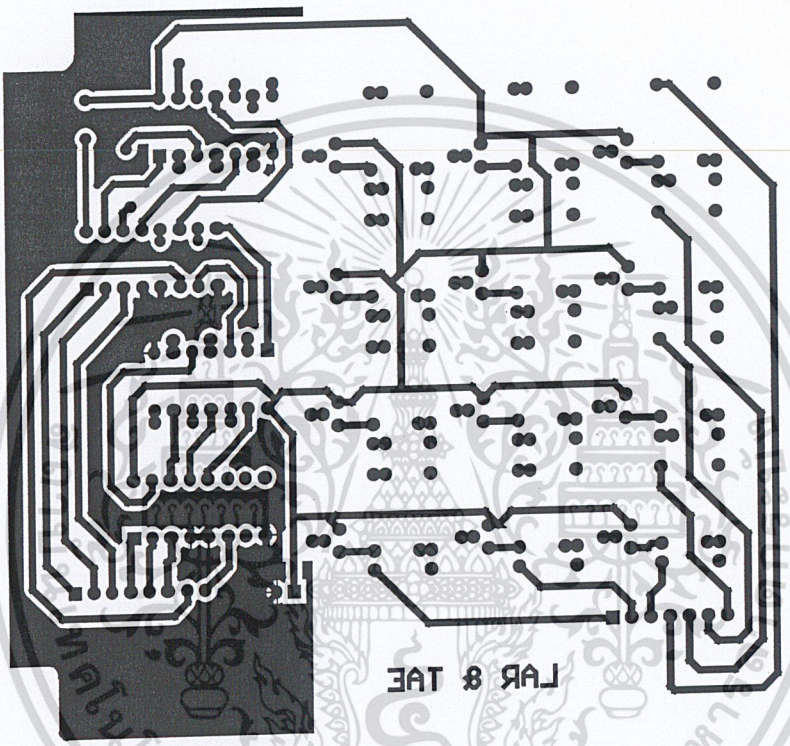
รูปที่ 12 ลายวงจรภาค KEYTONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 การวางตำแหน่งอุปกรณ์ภาคควบคุม KEYTONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 ลายวงจรภาคควบคุม KEYTONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; This is a Systronix generated Main file
;  Put your include statements in this file
; This is a Systronix generated Main file
;  Put your include statements in this file
; Define User Register
;-------------------------------------------------------------
; DEFINE LCD
;-------------------------------------------------------------
LCD_ADDR        EQU     070H    ; For keep LCD Address
LCD_DATA        EQU     071H    ; For keep LCD Data
LCD_EN          BIT     P3.6    ; LCD Module Enable (Active High :
Level)
LCD_RS          BIT     P3.7    ; LCD Module Register Select
KPAD_ROW0       BIT     P2.0    ; Keypad Input Row 0
KPAD_ROW1       BIT     P2.1    ; Keypad Input Row 1
KPAD_ROW2       BIT     P2.2    ; Keypad Input Row 2
KPAD_ROW3       BIT     P2.3    ; Keypad Input Row 3
KPAD_COL3       BIT     P2.7    ; Keypad Output Column 2
KPAD_COL2       BIT     P2.4    ; Keypad Output Column 2
KPAD_COL1       BIT     P2.5    ; Keypad Output Column 1
KPAD_COL0       BIT     P2.6    ; Keypad Output Column 0
;-------------------------------------------------------------
; Define User Register
;-------------------------------------------------------------
FLAG            EQU     02FH            ; User FLAG
MEM             BIT     FLAG.0; Define KEYPRESS as bit
FULL            BIT     FLAG.1; Define Right Shift as bit
PASS_RAM        BIT     FLAG.2
TEL             BIT     FLAG.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KPAD_DATA       EQU     030H    ; For keep Keypad Data
BUFF1           EQU     031H
BUFF_NORMAL     EQU     032H    ; For keep number call normal
BUFF_MEM        EQU     033H    ; For keep
BUFF_P1         EQU     P1      ; For keep value to p1
BUFF2           EQU     036H
BUFF3           EQU     037H
BUFF4           EQU     038H
BUFF5           EQU     039H
BUFF6           EQU     03AH
BUFF7           EQU     03BH
BUFF8           EQU     03CH
BUFF9           EQU     03DH
BUFF10          EQU     03EH
BUFF11          EQU     03FH
BUFF12          EQU     034H
BUFF13          EQU     073H
BUFF14          EQU     074H
BUFF15          EQU     075H
BUFF_NO         EQU     076H
BUFF17          EQU     07CH
BUFF18          EQU     07DH

;-------------------------------------------------------------------
; Main Program.
;-------------------------------------------------------------------
OUT_CONVER      EQU     077H
INP_CONVER      EQU     078H
BEGIN_VAL       EQU     079H
END_VAL         EQU     07AH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ADD_VAL                 EQU             07BH

;-----------------------------------------------------------------
;KEY PAD
;-----------------------------------------------------------------
                        ORG             0000H
                        ACALL DELAY_10ms
                        CLR             FULL
                        CLR             PASS_RAM
                        CLR             TEL
                        MOV             BUFF_P1,#00H
BEGIN:                  MOV             P0,#00000000B       ; Clear Databus
                        CLR             LCD_EN              ; ClearLCD Enable
                        CLR             LCD_RS              ; Clear LCD RS

                        ACALL INIT_LCD                      ; Call LCD Initial
subroutine

                        MOV             LCD_ADDR,#01H       ; Set Address 00H
                        ACALL SET_ADDR_LCD
                        MOV             DPTR,#CORD          ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CORDLESSPHONE)
                        ACALL WRLINE_LCD16                  ; 00H-07H (Increase
automatic)

                        MOV             LCD_ADDR,#46H
                        ACALL SET_ADDR_LCD
                        MOV             DPTR,#KMITL         ; Index Pointer ROM
to Show LCD (KMITL)
                        ACALL WRLINE_LCD8                   ; 08H-0FH (Increase
automatic)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALL DELAY_10ms  ; Delay
                    MOV       P2,#11111111B       ; Clear status keypad
and 1-Wire
;************************ BEGIN  ****************************************
;-----------------------------------------------------------------
;CHECK       MEM , CALL , NORMAL
;-----------------------------------------------------------------
CK_FUNC:            ACALL GET_KPAD                ; Get Keypad
CHECK
                    MOV       A,KPAD_DATA         ;insert A
                    JZ        CK_FUNC
                    MOV       BUFF17,A
                    CJNE  A,#16H,CK_NEXT1 ;CK_KEY ***** UP  ****
                    AJMP  MEMORY                  ; TO GO MEMORY
CK_NEXT1:           CJNE  A,#10H,CK_NEXT2
                    AJMP  PRODUCTION
CK_NEXT2:           CJNE  A,#13H,CK_NEXT3
                    AJMP  CK_FUNC
CK_NEXT3:           CJNE  A,#19H,NORMAL           ;CK_KEY ******
CALL ****
                    AJMP  CALL_MODE               ; TO GO CALL
MODE
PRODUCTION:         ACALL INIT_LCD                ; Call LCD Initial
subroutine
                    MOV       LCD_ADDR,#01H       ; Set Address 00H
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV       DPTR,#SUWAN1        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CORDLESSPHONE)
                    ACALL WRLINE_LCD16            ; 00H-07H (Increase
automatic)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV         LCD_ADDR,#48H
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#PITI1         ; Index Pointer ROM
to Show LCD (KMITL)
                    ACALL WRLINE_LCD16              ; 08H-0FH (Increase
automatic)

                    ACALL DELAY_1s
                    ACALL DELAY_1s
                    ACALL       DELAY_1s
                    ACALL DELAY_1s
          AJMP BEGIN

;-------------------------------------------------------
;NORMAL MODE TEL
;-------------------------------------------------------
NORMAL:             ACALL       LCD_CLR
                  ;************
                    MOV         LCD_ADDR,#02H
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#T_CALL        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CALL)
                    ACALL WRLINE_LCD8               ; 08H-0FH (Increase
automatic)
          ;************
                    MOV         BUFF9,#01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV         LCD_ADDR,#43H
                ACALL SET_ADDR_LCD



                MOV         BUFF10,BUFF17
                MOV         A,BUFF10
AJMP  K_1
NORMAL1:        ACALL       LCD_BLINK
                ACALL GET_KPAD
                                        ; Get Keypad DaTA
                MOV         A,KPAD_DATA
                JZ          NORMAL1
                MOV         BUFF10,A
K_1:            ACALL       CHECK_FUNC
                MOV         A,BUFF10

                ACALL KEY
                MOV         LCD_DATA,A
                ACALL WRCHAR_LCD
                INC         LCD_ADDR

              ;****************


                MOV         BUFF_NORMAL,BUFF10
                ACALL NORMAL_TEL
                INC         BUFF9
                MOV         R3,BUFF9
                CJNE  R3,#0AH,NORMAL1

              ;*********
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALLLCD_CLR                    ;SHOW CALL
ATATUS
                    MOV         LCD_ADDR,#46H
                    ACALLSET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#T_CALL        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CALL)
                    ACALLWRLINE_LCD8
                    ACALLDELAY_1s
                    ACALLDELAY_1s
                    AJMP   BEGIN

                    ;////////////

MEMORY:             ACALLINIT_LCD                   ; Call LCD Initial
subroutine
                    ACALLLCD_CLR
                    MOV         LCD_ADDR,#01H
                    ACALLSET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#C_MEMO        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (MEMORY)
                    ACALLWRLINE_LCD8

                    JNB         FULL,MEMORY_CON
;**********MEMORY
                    ACALLFULL_RAM                   ; Display full ram
                    AJMP   BEGIN

MEMORY_CON:         ACALLCLR_MEM
                    MOV         BUFF2,#01H
                MOV         LCD_ADDR,#43H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALLSET_ADDR_LCD
MEMORY1:        ACALLLCD_BLINK
                ACALLGET_KPAD           ; Get Keypad
MEMORY
                MOV     A,KPAD_DATA     ;insert A
                JZ      MEMORY1
                MOV     BUFF1,A
                CJNE    A,#10H,CON_M
                ACALLLCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#44H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#DELETE    ; Index Pointer ROM
to Show LCD (KMITL)
                ACALLWRLINE_LCD16
                ACALLDELAY_1s
                AJMP    MEMORY

CON_M:          MOV     BUFF1,A
                ACALLCHECK_VALUE        ; IF NOT MEM ,UP
DOWN CALL IS OK
                MOV     A,BUFF1
                ACALLKEY
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALLWRCHAR_LCD
                INC     LCD_ADDR
                MOV     A,BUFF1
                MOV     BUFF_MEM,A

                ACALLINTO_MEM           ; INSERT VALUE
TO RAM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC         BUFF2
                MOV         R3,BUFF2
                CJNE    R3,#0AH,MEMORY1
                CLR         PASS_RAM

WAIT_MEM:       ACALLGET_KPAD               ; Get Keypad MEM

                MOV         A,KPAD_DATA     ;insert A
                JZ          WAIT_MEM
                CJNE    A,#16H,WAIT_MEM

                ACALLINIT_LCD               ; Call LCD Initial
subroutine
                ACALLLCD_CLR

                MOV         LCD_ADDR,#43H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV         DPTR,#LOAD      ; Index Pointer ROM
to Show LCD (LOAD)
                ACALLWRLINE_LCD8
                ACALLDELAY_1s
                AJMP    BEGIN
;-------------------------------------------------------------------
;       TABLE NUMBER
;-------------------------------------------------------------------

TABLE_NO:       MOV         DPTR,#NO
                MOVC    A,@A+DPTR
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
;       READ NUMBER FROM ROM
;-------------------------------------------------------------------
CALL_MODE:          MOV     BUFF15,#00H
                    MOV     BUFF_NO,#01H
                    AJMP    READ_MEM_SHOW
CALL_ROM:           MOV     BUFF15,#24H
READ_MEM_SHOW:      MOV     BUFF7,BUFF15
                    ACALL   INIT_LCD            ; Call LCD Initial subroutine
                    ACALL   LCD_CLR
                    ;*****NAME****
                    MOV     R6,BUFF_NO

                    CJNE    R6,#01H,NAME2
                    MOV     LCD_ADDR,#4BH
                    ACALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#EMERGENCY     ; Index Pointer ROM
to Show LCD (READ_ROM)
                    ACALL   WRLINE_LCD8
                    AJMP    ROM_CON
NAME2:              CJNE    R6,#02H,NAME3
                    MOV     LCD_ADDR,#4BH
                    ACALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#POLICE; Index Pointer ROM to Show
LCD (READ_ROM)
                    ACALL   WRLINE_LCD8
                    AJMP    ROM_CON
NAME3:              CJNE    R6,#03H,NAME4
                    MOV     LCD_ADDR,#4BH
                    ACALL   SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV         DPTR,#NURSE         ; Index Pointer ROM
to Show LCD (READ_ROM)
                    ACALL WRLINE_LCD8
                    AJMP  ROM_CON

NAME4:      CJNE    R6,#04H,NAME5
                    MOV         LCD_ADDR,#4BH
                    ACALLSET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#SUWAN         ; Index Pointer ROM
to Show LCD (READ_ROM)
                    ACALL WRLINE_LCD8
                    AJMP  ROM_CON

NAME5:      CJNE    R6,#05H,CALL_ROM
                    MOV         LCD_ADDR,#4AH
                    ACALLSET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#PITI          ; Index Pointer ROM
to Show LCD (READ_ROM)
                    ACALLWRLINE_LCD8

                    ;**********
ROM_CON:            MOV         LCD_ADDR,#01H
                    ACALLSET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#READ_ROM_NO; Index Pointer
ROM to Show LCD (READ_ROM)
                    ACALL WRLINE_LCD16
                    ;**********

                    ACALLSHOW_NO
                    MOV         LCD_ADDR,#41H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV         BUFF11,#0                ; Clear loop
counter
READ_MEM1:          MOV         DPTR,#TABLE_MEM  ;
**********CONTINUS FROM ROM MEMORY NUMBER
                    MOV         A,BUFF7
                    MOVC  A,@A+DPTR                      ; Move data
from @DPTR to ACC.
                    ACALL KEY
                    MOV         LCD_DATA,A
                    ACALL WRCHAR_LCD
                    INC         LCD_ADDR
                    INC         BUFF7                    ; Increase
Pointer
                    INC         BUFF11
                    MOV         R0,BUFF11                ; Increase
loop counter
                    CJNE  R0,#9,READ_MEM1 ; Do until 8 times
                    ACALL LCD_ON

; -------******CHECK UP , DOWN , CALL *****---------

ROM_SH_1:           ACALL GET_KPAD                       ; Get
Keypad CHECK UP, DOWN   ,CALL
                    MOV         A,KPAD_DATA              ;insert A
                    JZ          ROM_SH_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CJNE    A,#10H,ROM_TO_DOWN  ; UP NUMBER     <
10H = UP >
                    MOV             R4,BUFF15
                    CJNE    R4,#24H,ROM_UP_NUM
                    AJMP    RAM_MEM
ROM_UP_NUM:         MOV             A,BUFF15
                    ADD             A,#09H
                    MOV             BUFF15,A
                    INC             BUFF_NO             ; INC NUMBER OF
SHOW NUM
                    AJMP    READ_MEM_SHOW


ROM_TO_DOWN:        CJNE    A,#13H,ROM_TO_CALL      ; DOWN NUMBER
< 13H = DOWN >
                    MOV             A,BUFF15
                    CJNE    A,#00H,ROM_DOWN_NUM
                    AJMP    ROM_SH_1
ROM_DOWN_NUM:       MOV             A,BUFF15
                    SUBB    A,#09H
                    MOV             BUFF15,A
                    DEC             BUFF_NO             ; DEC NUMBER
OF SHOW NUM
                    AJMP    READ_MEM_SHOW

ROM_TO_CALL:        CJNE    A,#19H,ROM_TO_BACK      ; CHECK CALL

                    ACALLLCD_CLR        ;SHOW CALL ATATUS
                    MOV             LCD_ADDR,#46H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#T_CALL        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CALL)
                    ACALL WRLINE_LCD8

;----------------****** OUTPUT NUMBER FROM ROM MEMORY *****----------------

                    MOV     BUFF8,#01H
ROM_OUT_C:          MOV     A,BUFF15
                    MOV     DPTR,#TABLE_MEM
                    MOVC  A,@A+DPTR
                    MOV     BUFF_NORMAL,A
                    ACALL NORMAL_TEL
                    ACALL DELAY_100ms
                    INC     BUFF15
                    INC     BUFF8
                    MOV     R6,BUFF8
                    CJNE  R6,#0AH,ROM_OUT_C
                    ACALL LCD_CLR       ;SHOW CALL ATATUS
                    MOV     LCD_ADDR,#46H
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#T_CALL        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CALL)
                    ACALL WRLINE_LCD8
                    ACALL DELAY_1s
                    AJMP  BEGIN
ROM_TO_BACK:        CJNE  A,#0AH,ROM_SH_1       ; CHECK BACK
KEY( * )
                    AJMP  BEGIN
;**********CONTINU FROM RAM MEMORY NUMBER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RAM_MEM:        MOV     BUFF14,#40H
                ACALLINIT_LCD                   ; Call LCD Initial
subroutine
                MOV     BUFF_NO,#06H
RAM_MEM_SHOW:   MOV     BUFF13,BUFF14
                ;**********
                ACALLLCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#01H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#READ_RAM_NO; Index Pointer
ROM to Show LCD (READ_ROM)
                ACALLWRLINE_LCD16
                ;**********
                ACALLSHOW_NO
                MOV     LCD_ADDR,#43H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV     BUFF12,#0               ; Clear loop counter
RAM_SHOW1:      MOV     R0,BUFF13
                MOV     A,@R0                   ; Move data from
@DPTR to ACC.
                ACALLKEY
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALLWRCHAR_LCD
                INC     LCD_ADDR
                INC     BUFF12                  ; Increase Pointer
                INC     BUFF13
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV         R0,BUFF12           ; Increase loop
counter
                    CJNE   R0,#9,RAM_SHOW1          ; Do until 8 times
                    ACALLLCD_ON

; -------******CHECK UP , DOWN , CALL *****---------

SH_1:               ACALLGET_KPAD                   ;  Get Keypad
CHECK UP, DOWN    ,CALL
                    MOV         A,KPAD_DATA         ;insert A
                    JZ          SH_1

                    CJNE   A,#10H,TO_DOWN  ; UP NUMBER    < 10H = UP
>
                    MOV         R0,BUFF14
                    CJNE   R0,#64H,UP_NUM
                    AJMP   SH_1
UP_NUM:             MOV         A,BUFF14
                    ADD         A,#09H
                    MOV         BUFF14,A
                    INC         BUFF_NO
                    AJMP   RAM_MEM_SHOW


TO_DOWN:            CJNE   A,#13H,TO_CALL  ; DOWN NUMBER   < 13H =
DOWN >
                    MOV         R0,BUFF14
                    CJNE   R0,#40H,DOWN_NUM
                    DEC         BUFF_NO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AJMP    CALL_ROM
DOWN_NUM:       MOV     A,BUFF14
                SUBB    A,#09H
                MOV     BUFF14,A
                DEC     BUFF_NO
                AJMP    RAM_MEM_SHOW

TO_CALL:        CJNE    A,#19H,TO_BACK
                ACALLLCD_CLR                    ;SHOW CALL
ATATUS
                MOV     LCD_ADDR,#46H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#T_CALL            ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CALL)
                ACALLWRLINE_LCD8

;----------****** OUTPUT NUMBER FROM RAM MEMORY *****----------

                MOV     BUFF5,#01H
OUT_C:          MOV     R0,BUFF14
                MOV     BUFF_NORMAL,@R0
                ACALLNORMAL_TEL
                ACALLDELAY_100ms
                INC     BUFF14
                INC     BUFF5
                MOV     A,BUFF5
                CJNE    A,#0AH,OUT_C
                ACALLLCD_CLR                    ;SHOW CALL
ATATUS
                MOV     LCD_ADDR,#46H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV         DPTR,#T_CALL        ; Index Pointer ROM
to Show LCD (CALL)
                    ACALL WRLINE_LCD8
                    ACALL DELAY_1s
                    ACALL DELAY_1s
                    AJMP  BEGIN
TO_BACK:            CJNE  A,#0AH,SH_1               ; CHECK BACK
KEY( * )
                    AJMP  BEGIN

;-------------------------------------------------------------
; SHOW NO. OF MEMORY NUMBER  BY  (BUFF_NO )
;-------------------------------------------------------------


SHOW_NO:            MOV         LCD_ADDR,#0EH
                    ACALL SET_ADDR_LCD
                    MOV         A,BUFF_NO           ; COLUME UNIT
                    ACALL CON_HEX_TO_DEC            ; VALUE OF A
PRODUCT DECIMAL HAVE IN OUT_CONVER
                    MOV         A,OUT_CONVER
                    MOV         B,A
                    ANL         A,#0FH
                    ACALL TABLE_NO
                    MOV         LCD_DATA,A
                    ACALL WRCHAR_LCD

                    MOV         LCD_ADDR,#0DH       ; COLUME
DECIMAL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV     A,B
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                ACALL TABLE_NO
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL WRCHAR_LCD
        RET

;-----------------------------------------------------
;NUMBER KEY PAD
;-----------------------------------------------------

KEY:            MOV     DPTR,#NUM_KEY
                MOVC    A,@A+DPTR
                RET

;-----------------------------------------------------
;LCD Initialize
;-----------------------------------------------------
INIT_LCD:       ACALL DELAY_100ms       ; Delay
                CLR     LCD_RS          ; Clear
LCD_RS Pin

                MOV     P0,#00111000B ; 8bit Mode 2 ROW 5X7
POINT
                ACALL LCD_CLK           ; Pulse LCD
Clock
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   DELAY_10ms              ; Delay

                MOV     P0,#00111000B ; 8bit Mode 2 ROW 5X7
POINT
                ACALL   LCD_CLK                 ; Pulse LCD Clock

                ACALL   LCD_OFF                 ; Display Off
                ACALL   LCD_CLR                 ; Clear Display
                MOV     P0,#00000110B           ; Entry Mode
                ACALL   LCD_CLK                 ; Pulse LCD Clock
                ACALL   LCD_HOME                ; Return Home
Display
;-----------------------------------------------------------
; LCD Clear Display
;-----------------------------------------------------------
LCD_CLR:        CLR     LCD_RS                  ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00000001B ; Display Clear
                ACALL   LCD_CLK                 ; Pulse LCD Clock
                RET

;-----------------------------------------------------------
; LCD Return Home
;-----------------------------------------------------------
LCD_HOME:       CLR     LCD_RS                  ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00000010B ; Return Home
                ACALL   LCD_CLK                 ; Pulse LCD Clock
                RET

;-----------------------------------------------------------
; LCD Display Off
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------
LCD_OFF:        CLR     LCD_RS                  ; Clear
LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00001000B ; Display Off
                ACALLLCD_CLK                    ; Pulse LCD Clock
                RET

;-------------------------------------------------------------
; LCD Clk
;-------------------------------------------------------------
LCD_CLK:        SETB    LCD_EN                  ; Pulse Clock to
LCD_EN
                ACALLLCD_DELAY
                CLR     LCD_EN
                ACALLLCD_DELAY
                RET

;-------------------------------------------------------------
; LCD Display On
;-------------------------------------------------------------
LCD_ON:         CLR     LCD_RS                  ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00001100B ; Display On
                ACALLLCD_CLK                    ; Pulse LCD Clock
                RET

;-------------------------------------------------------------
; LCD Cursor On
;-------------------------------------------------------------
LCD_BLINK:      CLR     LCD_RS                  ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00001111B ; Display Cursor and Blink
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALLLCD_CLK                ; Pulse LCD Clock
                    RET
;-------------------------------------------------------------
; LCD Left Shift Display
;-------------------------------------------------------------
LCD_LSHF:           CLR     LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                    MOV     P0,#00011000B ; Left Shift Display
                    ACALLLCD_CLK                ; Pulse LCD Clock
                    RET

;-------------------------------------------------------------
; LCD Right Shift Display
;-------------------------------------------------------------
LCD_RSHF:           CLR     LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                    MOV     P0,#00011100B ; Right Shift Display
                    ACALLLCD_CLK                ; Pulse LCD Clock
                    RET
;-------------------------------------------------------------
; Set LCD Address
; I/P:              LCD_ADDR
;-------------------------------------------------------------
SET_ADDR_LCD:       CLR     LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                    MOV     A,LCD_ADDR          ; Move LCD_ADDR
to ACC.
                    SETB    ACC.7               ; Set bit ACC.7
                    MOV     P0,A                ; Move to
DATABUS
                    ACALLLCD_CLK                ; Pulse LCD Clock
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;---------------------------------------------------------------
; Write Character to show LCD
; I/P:          LCD_DATA
;---------------------------------------------------------------
WRCHAR_LCD:     SETB   LCD_RS                   ; Set LCD_RS Pin
                MOV            P0,LCD_DATA      ; Move LCD_DATA
to DATABUS
                ACALLLCD_CLK                    ; Pulse LCD Clock
                ACALLLCD_ON                     ; Display On
                RET
;---------------------------------------------------------------
; WRITE LINE OF 8 CHARACTER FROM ROM
; I/P:          DPTR : LOCATE ROM ADDRESS
;---------------------------------------------------------------
WRLINE_LCD8:    MOV            R0,#0            ; Clear loop counter
WRLINE_LCD_1:   SETB   LCD_RS                   ; Set LCD_RS Pin
                CLR            A                ; Clear ACC.
                MOVC  A,@A+DPTR                 ; Move data from
@DPTR to ACC.
                MOV            P0,A             ; Move ACC. to
DATABUS
                ACALLLCD_CLK                    ; Pulse LCD Clock
                INC            DPTR             ; Increase Pointer
                INC            R0               ; Increase loop
counter
                CJNE   R0,#7,WRLINE_LCD_1 ; Do until 8 times
                ACALLLCD_ON                     ; Display On
                RET
;---------------------------------------------------------------
; WRITE LINE OF 4 CHARACTER FROM ROM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; I/P:          DPTR : LOCATE ROM ADDRESS
;-------------------------------------------------------------------
WRLINE_LCD4:    MOV     R0,#00H         ; Clear loop counter
WRLINE_LCD_2:   SETB    LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
                CLR     A               ; Clear ACC.
                MOVC    A,@A+DPTR       ; Move data from
@DPTR to ACC.
                MOV     P0,A            ; Move ACC. to
DATABUS
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                INC     DPTR            ; Increase Pointer
                INC     R0              ; Increase loop
counter
                CJNE    R0,#05H,WRLINE_LCD_2 ; Do until 5 times
                ACALLLCD_ON             ; Display On
                RET
;-------------------------------------------------------------------
; WRITE LINE OF 16 CHARACTER FROM ROM
; I/P:          DPTR : LOCATE ROM ADDRESS
;-------------------------------------------------------------------
WRLINE_LCD16:   MOV     R0,#00H         ; Clear loop counter
WRLINE_LCD_3:   SETB    LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
                CLR     A               ; Clear ACC.
                MOVC    A,@A+DPTR       ; Move data from
@DPTR to ACC.
                MOV     P0,A            ; Move ACC. to
DATABUS
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                INC     DPTR            ; Increase Pointer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    INC     R0                      ; Increase
loop counter
                    CJNE    R0,#0FH,WRLINE_LCD_3 ; Do until 16 times
                    ACALLLCD_ON                     ; Display On
                    RET
;-----------------------------------------------------------------
;    STATUS FULL RAM
;-----------------------------------------------------------------
FULL_RAM:           ACALLLCD_CLR

                    MOV     LCD_ADDR,#44H
                    ACALLSET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#FULLRAM           ; Index
Pointer ROM to Show LCD (FULL_RAM)
                    ACALL WRLINE_LCD8
                    ACALLDELAY_1s
                    ACALLDELAY_1s
                    RET
;-----------------------------------------------------------------
;BUFFER PHONE NORMAL
;-----------------------------------------------------------------
NORMAL_TEL:         MOV     DPTR,#NUM_DECODER
                    MOV     A,BUFF_NORMAL
                    MOVC  A,@A+DPTR
                    MOV     BUFF_P1,A
                    ACALLDELAY_100ms
                    MOV     BUFF_P1,#00H ; CLEAR PORT OFF
DECODER
                    RET
;-----------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;Into Value Memory & Check Memory Null
;-------------------------------------------------------------------
;---------------------- CHECK REM -----------------------------------------
INTO_MEM:           JB      PASS_RAM,PASS
                    MOV     R0,#40H
CH:                 MOV     BUFF3,R0
                    CJNE    R0,#6DH,C_CK        ;CHECK FULL RAM  AT
6DH
                    SETB    FULL
                    ACALL   DIS_FULL
C_CK:               CJNE    @R0,#0BH,PASS       ;REM free GO TO PASS

                    MOV     A,R0
                    ADD     A,#09H
                    MOV     R0,A
                    CJNE    R0,#6DH,CON_C       ;at 06dh END RAM
                    SETB    FULL
                    ACALL   DIS_FULL
CON_C:              AJMP    CH
PASS:               ACALL INSERT_RAM
                    RET
;-------------------------------------------------------
;----------------INSERT VALUE TO RAM ADDR 40H- 6DH ----------------
INSERT_RAM:         SETB    PASS_RAM
                    MOV     R0,BUFF3
                    MOV     A,R0
                    SUBB    A,#6DH
                    JC      INC0_R0
                    ACALL DIS_FULL
INC0_R0:            CJNE    @R0,#00H,INC1_R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AJMP    INSERT
INC1_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC2_R0
                AJMP    INSERT
INC2_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC3_R0
                AJMP    INSERT
INC3_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC4_R0
                AJMP    INSERT
INC4_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC5_R0
                AJMP    INSERT
INC5_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC6_R0
                AJMP    INSERT
INC6_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC7_R0
                AJMP    INSERT
INC7_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,INC8_R0
                AJMP    INSERT
INC8_R0:        INC     R0
                CJNE    @R0,#00H,BEGIN1
INSERT:         MOV     @R0,BUFF_MEM
                RET
;---------------------------------------------------------------
;               CLR  RAM
;---------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;---------- CHECK REM ----------------------------------------------
CLR_MEM:        MOV     R0,#40H
CH1:            CJNE    @R0,#0BH,CLR        ;REM free GO TO
CL
                MOV     A,R0
                ADD     A,#09H
                MOV     R0,A
                CJNE    A,#6DH,C_CLR        ;at 06dh END RAM
                ACALL   DIS_FULL            ; TO SHOW RAM
FULL  GO TO BEGIN
C_CLR:          AJMP    CH1
;---------------CLR RAM-----------------------------------
CLR:            MOV     A,#01H
CLR_2ST:        MOV     @R0,#00H
                INC     R0
                INC     A
                CJNE    A,#0AH,CLR_2ST
                RET
;-----------------------------------------------------------
;-----------------------------------------------------------
; FULL RAM DISPLAY
;-----------------------------------------------------------
DIS_FULL:       SETB    FULL
                ACALL   FULL_RAM            ; TO SHOW RAM
FULL
                ACALL   DELAY_10ms
                AJMP    BEGIN1
                RET

;-------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; check null , * , enter, VALUE > UP,DOWN,MEM,CALL
;-------------------------------------------------------------------
CHECK_VALUE:    SUBB  A,#0FH      ;CHECK VALUE >
MEM,UP,DOWN,MEM,CALL
                JNC           MEMORY11
                RET
BEGIN1:         AJMP  BEGIN
NORMAL11:       AJMP  NORMAL1
MEMORY11:       AJMP  MEMORY1
;-------------------------------------------------------------------
; check null , * , enter, VALUE > UP,DOWN,MEM,CALL ,MEM
;-------------------------------------------------------------------
CHECK_FUNC:     SUBB  A,#10H      ;CHECK VALUE >
MEM,UP,DOWN,MEM,CALL
                JNC           NORMAL11
                RET
;-------------------------------------------------------------------
; Keypad Scan key Subroutine
;-------------------------------------------------------------------
GET_KPAD:       MOV           P2,#0FFH          ; Pull P2 to High
                MOV           KPAD_DATA,#0      ; Clear Keypad Data
;*******************************************************************
*
CHK_COL0:       CLR           KPAD_COL0         ; Begin Scan Column
0
                MOV           A,P2              ; Get Port2 Value
                ANL           A,#00FH           ; Get only lower 4 bit
                CJNE  A,#00FH,COL0_DETECT ; Check All rows '1'?
                AJMP  CHK_COL1                  ; All rows '1' =>
check next column
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COL0_DETECT:        MOV     KPAD_DATA,#01   ; Initial
KPAD_DATA = 1
                    AJMP    GET_ROW
;*************************************************************************
*                   AJMP    GET_ROW         ; Jump to get row
value
CHK_COL1:           SETB    KPAD_COL0       ; Stop Scan Column
0
                    CLR     KPAD_COL1       ; Begin Scan Column
1
                    MOV     A,P2            ; Get Port2 Value
                    ANL     A,#00FH         ; Get only lower 4 bit
                    CJNE    A,#00FH,COL1_DETECT ; Check All rows '1'?
                    AJMP    CHK_COL2        ; All rows '1' =>
check next column

COL1_DETECT:        MOV     KPAD_DATA,#02   ; Initial
KPAD_DATA = 2
                    AJMP    GET_ROW         ; Jump to get row
value
;*************************************************************************
*

CHK_COL2:           SETB    KPAD_COL1       ; Stop Scan Column
1
                    CLR     KPAD_COL2       ; Begin Scan Column
2
                    MOV     A,P2            ; Get Port2 Value
                    ANL     A,#00FH         ; Get only lower 4 bit
                    CJNE    A,#00FH,COL2_DETECT ; Check All rows '1'?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    AJMP   CHK_COL3
        ; All rows '1' => return
COL2_DETECT:        MOV    KPAD_DATA,#03    ; Initial
KPAD_DATA = 2
                    AJMP   GET_ROW
;*************************************************************************
**
CHK_COL3:           SETB   KPAD_COL2        ; Stop Scan Column
0
                    CLR    KPAD_COL3        ; Begin Scan Column
1
                    MOV    A,P2             ; Get Port2 Value
                    ANL    A,#00FH          ; Get only lower 4 bit
                    CJNE   A,#00FH,COL3_DETECT ; Check All rows '1'?
                    RET                     ; All rows '1' =>
check next column
COL3_DETECT:        MOV    KPAD_DATA,#10H   ; Initial
KPAD_DATA = 2
                    AJMP   GET_ROW          ; Jump to get row
value
;*************************************************************************
**
GET_ROW:            CLR    KPAD_COL0        ; Enable all Column
to find Crosspoint
                    CLR    KPAD_COL1
                    CLR    KPAD_COL2
        CLR         KPAD_COL3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JB      KPAD_ROW0,CHK_ROW1 ; Check Row 0
Detect?
                JNB     KPAD_ROW0,$
                RET                        ; Row 0 Detect
=> return

CHK_ROW1:       JB      KPAD_ROW1,CHK_ROW2 ; Check Row
2 Detect?
                JNB     KPAD_ROW1,$
                MOV     A,KPAD_DATA        ; Add 3 with
KPAD_DATA
                ADD     A,#3
                MOV     KPAD_DATA,A        ;
                RET                        ; Return

CHK_ROW2:       JB      KPAD_ROW2,CHK_ROW3 ; Check Row 2
Detect?
                JNB     KPAD_ROW2,$
                MOV     A,KPAD_DATA        ; Add 6 with
KPAD_DATA
                ADD     A,#6
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET                        ; Return

CHK_ROW3:       JNB     KPAD_ROW3,$
                MOV     A,KPAD_DATA        ; Add 9 with
KPAD_DATA
                ADD     A,#9

                MOV     KPAD_DATA,A        ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET                                             ; Return

;++++

;-------------------------------------------------------------------
; CONVERT NUMBER OF PRODUCT BASE 16 INTO BASE 10   (BIG)
;-------------------------------------------------------------------

CON_HEX_TO_DEC:     MOV         INP_CONVER,A

                    MOV         BEGIN_VAL,#0FFH
                    MOV         END_VAL,#0AH
                    MOV         ADD_VAL,#00H
                    ACALL CONVER_HEX

                    MOV         BEGIN_VAL,#09H
                    MOV         END_VAL,#14H
                    MOV         ADD_VAL,#06H
                    ACALL CONVER_HEX
;-------------------------------------------------------------------
; CONVERT NUMBER OF PRODUCT BASE 16 INTO BASE 10   (CAMPUS)
;-------------------------------------------------------------------

CONVER_HEX:         MOV         R0,BEGIN_VAL
B1:                 INC         R0
                    MOV         A,R0
                    CJNE   A,END_VAL,A1
                    AJMP   N1
A1:                 CJNE   A,INP_CONVER,B1
                    MOV         A,INP_CONVER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ADD     A,ADD_VAL
                    MOV     OUT_CONVER,A
N1:                 RET
;+++++
;-------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100m, 1s
;-------------------------------------------------------------------
LCD_DELAY:          MOV     R7,#002         ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:        MOV     R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:        NOP
                    NOP
                    DJNZ    R6,LCD_DELAY_2
                    DJNZ    R7,LCD_DELAY_1
                    RET
DELAY_10ms:         MOV     R7,#010         ; Do 10 times
DELAY_10ms_1:       MOV     R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2:       NOP
                    NOP
                    DJNZ    R6,DELAY_10ms_2
                    DJNZ    R7,DELAY_10ms_1
                    RET
DELAY_100ms:        MOV     R7,#100         ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:      MOV     R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ    R6,DELAY_100ms_2
                    DJNZ    R7,DELAY_100ms_1
                    RET
DELAY_1s:           MOV     R5,#100         ; Do 100 times
DELAY_1s_1:         ACALLDELAY_10ms
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R5,DELAY_1s_1
                RET
NUM_DECODER:    DB
        00H,40H,41H,42H,43H,44H,45H,46H,47H,80H,88H,90H,98H
TABLE_MEM:      DB
        1H,9H,1H,0AH,0AH,0AH,0AH,0AH,0AH,0BH,02H,03H,02H,6H,8H,3H,9H,0BH
                DB
        0BH,02H,03H,02H,06H,9H,7H,7H,5H,0BH,09H,09H,08H,8H,6H,4H,2H,4H
                DB      0BH,09H,05H,02H,8H,4H,7H,4H,6H

CORD:           DB      'CORDLESS PHONE '
T_CALL:         DB      'CALL   '
FULLRAM:        DB      '   FULL'
NU:
C_MEMO:         DB      'MEMORY '
LOAD:           DB      '   LOAD'
KMITL:          DB      'KMITL  '
NUM_KEY:        DB      'N123456789*0#'
READ_ROM_NO:    DB      'Read Rom  No.  '
READ_RAM_NO:    DB      'Read Ram  No.  '
NO:             DB      '0123456789'
POLICE:         DB      'POLICE '
NURSE:          DB      'HOSPITA'
SUWAN:          DB      'SUWAN          '
PITI:           DB      ' PITI  '
EMERGENCY:      DB      'EMERGEN'
SUWAN1:         DB      'Product bySUWAN'
PITI1:          DB      ' & PITI'
DELETE:         DB      ' DELETE        '
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SONY

CXA1691BM/BS

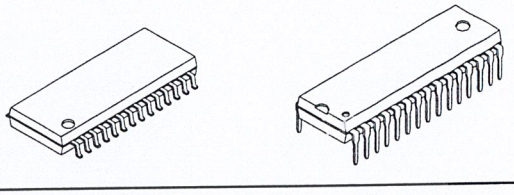
FM/AM Radio

For the availability of this product, please contact the sales office.

Description

CXA1691BM/BS is a one-chip FM/AM radio IC designed for radio-cassette tape recorders.

CXA1691BM	CXA1691BS
28 pin SOP (Plastic)	30 pin SDIP (Plastic)



Features

- Small number of peripheral components.
- Low current consumption (V_{CC}=3 V)
  For FM : I_D=5.8 mA (Typ.)
  For AM : I_D=4.7 mA (Typ.)
- Built-in FM/AM select switch.
- Large output of AF amplifier.
  V_{CC}=6 V, EIAJ output=500 mW (Typ.)
  when load impedance 8 Ω

Function

FM section
- RF amplifier, Mixer and OSC (incorporating AFC variable capacitor).
- IF amplifier
- Quadrature detection
- Tuning LED driver

AM section
- RF amplifier, Mixer and OSC (with RF AGC)
- IF amplifier (with IF AGC)
- Detector
- Tuning LED driver

AF section
- Electronic volume control
- FM muting

Structure

Bipolar monolithic IC

Absolute Maximum Ratings (Ta=25 °C)

• Supply voltage	V_{CC}	14	V
• Operating temperature	Topr	–10 to +60	°C
• Storage temperature	Tstg	–50 to +125	°C
• Allowable power dissipation			
	P_D	700	mW (CXA1691BM)
	P_D	1000	mW (CXA1691BS)

Recommended Operating Conditions

Supply voltage	V_{CC}	2 to 7.5	V (CXA1691BM)
	V_{CC}	2 to 8.5	V (CXA1691BS)

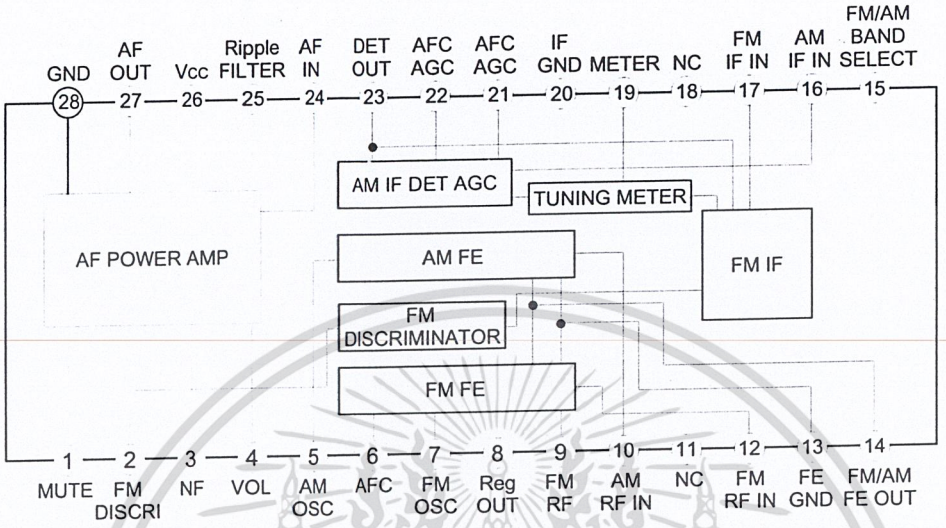
Sony reserves the right to change products and specifications without prior notice. This information does not convey any license by any implication or otherwise under any patents or other right. Application circuits shown, if any, are typical examples illustrating the operation of the devices. Sony cannot assume responsibility for any problems arising out of the use of these circuits.

E99215-TE

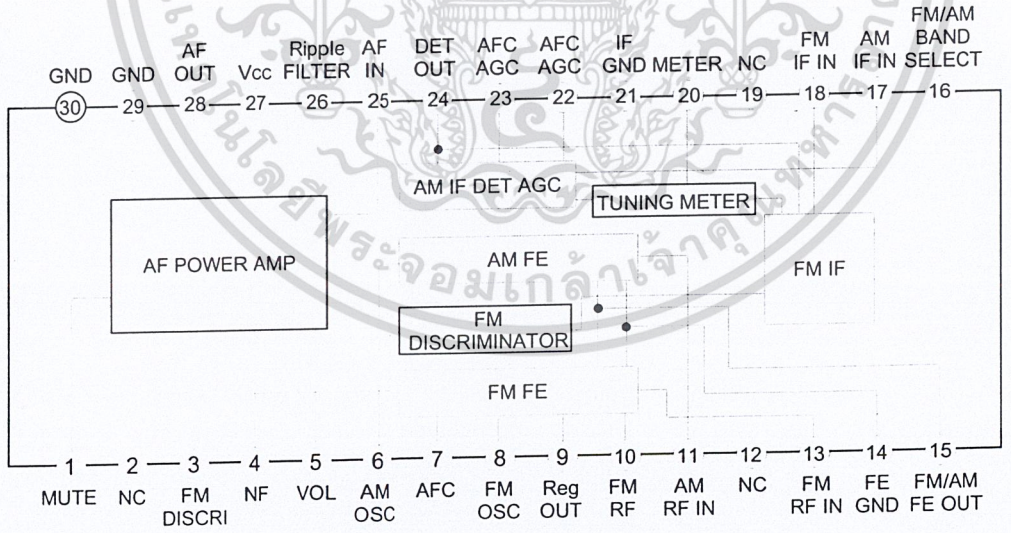
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

CXA1691BM

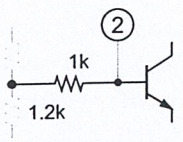
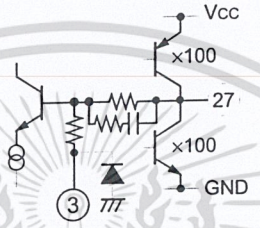
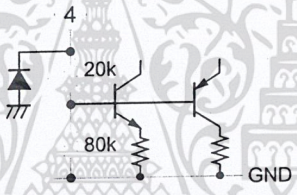
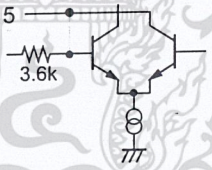
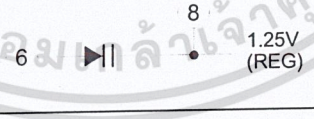
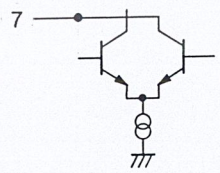


CXA1691BS

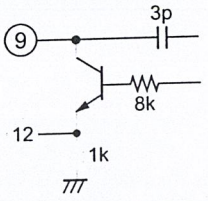
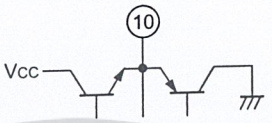
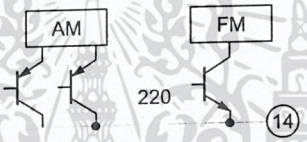
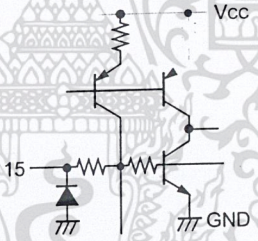
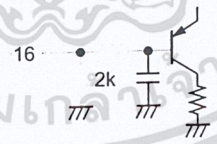
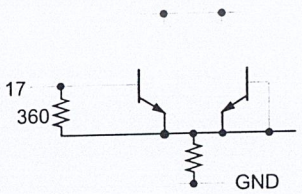


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

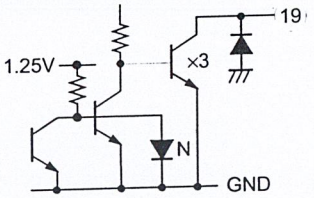
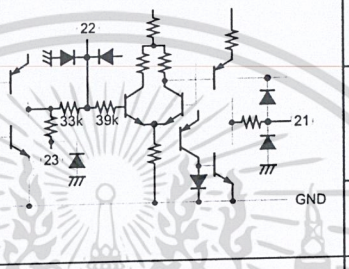
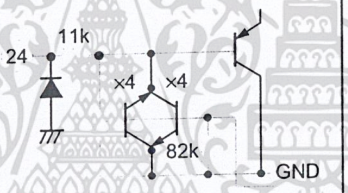
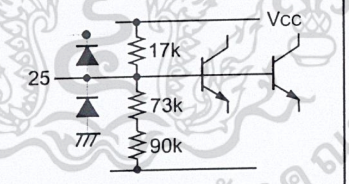
Standard Circuit Design Data (The pin numbers in the parenthesis are for CXA1691BS.)

No.	Symbol	Voltage (V)				Equivalent circuit	Description
		Vcc=3 V		Vcc=6 V			
		FM	AM	FM	AM		
1 (1, 2)	MUTE	0	0	0	0		
2 (3)	FM DISCRI	2.18	2.70	4.88	5.43		Phase-shift circuit Connect ceramic discriminator
3 (4)	NF	1.5	1.5	3.0	3.0		Negative feedback pin
27 (28)	AF OUT	1.5	1.5	3.0	3.0		Power amplifier output pin
4 (5)	VOL CONT	1.25	1.25	1.25	1.25		Connect variable resistor for electronic volume control.
5 (6)	AM OSC	1.25	1.25	1.25	1.25		AM local oscillation circuit
6 (7)	AFC	1.25	*	1.25	*		AFC variable capacitor pin
8 (9)	REG OUT	1.25	1.25	1.25	1.25		Regulator pin 1.25 V (Typ.)
7 (8)	FM OSC	1.25	1.25	1.25	1.25		FM local oscillation circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Symbol	Voltage (V)				Equivalent circuit	Description
		Vcc=3 V		Vcc=6 V			
		FM	AM	FM	AM		
9 (10)	FM RF	1.25	1.25	1.25	1.25		Connect FM RF tuning coil
12 (13)	FM RF IN	0.3	0	0.3	0		FM RF input pin
10 (11)	AM RF IN	1.25	1.25	1.25	1.25		AM RF input pin
11 (12)	NC	0	0	0	0		
13 (14)	GND (FE GND)	0	0	0	0		
14 (15)	FM/AM FE OUT	0.36	0.2	0.36	0.2		IF output pin of FM and AM. Connect IF filter.
15 (16)	BAND SELECT	0.84	0	0.88	0		FM and AM bands selection switch pin. During GND it becomes AM and during open it becomes FM.
16 (17)	AM IF IN	0	0	0	0		Input pin of AM IF.
17 (18)	FM IF IN	1.30	0	1.30	0		Input pin of FM IF.
18 (19)	NC	0	0	0	0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Symbol	Voltage (V)				Equivalent circuit	Description
		Vcc=3 V		Vcc=6 V			
		FM	AM	FM	AM		
19 (20)	METER	1.6	1.6	4.5	4.5		Meter drive circuit (For tuning indicator)
20 (21)	GND	0	0	0	0		
21 (22)	AFC/AGC	1.25	1.49	1.25	1.49		AFC pin of W band. During AM, it determines time constant of AGC
22 (23)	AFC/AGC	1.25	1.25	1.25	1.25		AFC pin of J band. During AM, it determines time constant of AGC.
23 (24)	DET OUT	1.25	1.0	1.25	1.0		Detection output pin
24 (25)	AF IN	0	0	0	0		Power amplifier input pin
25 (26)	RIPPLE FILTER	2.71	2.71	5.4	5.4		Ripple filter
26 (27)	Vcc	3.0	3.0	6.0	6.0		Power supply pin
28 (29, 30)	GND	0	0	0	0		Power GND

* The pin voltage of pin 6 during AM, it is the same pin voltage of pin 22 (23) during J BAND and is the same pin voltage of pin 21 (22) during W BAND.

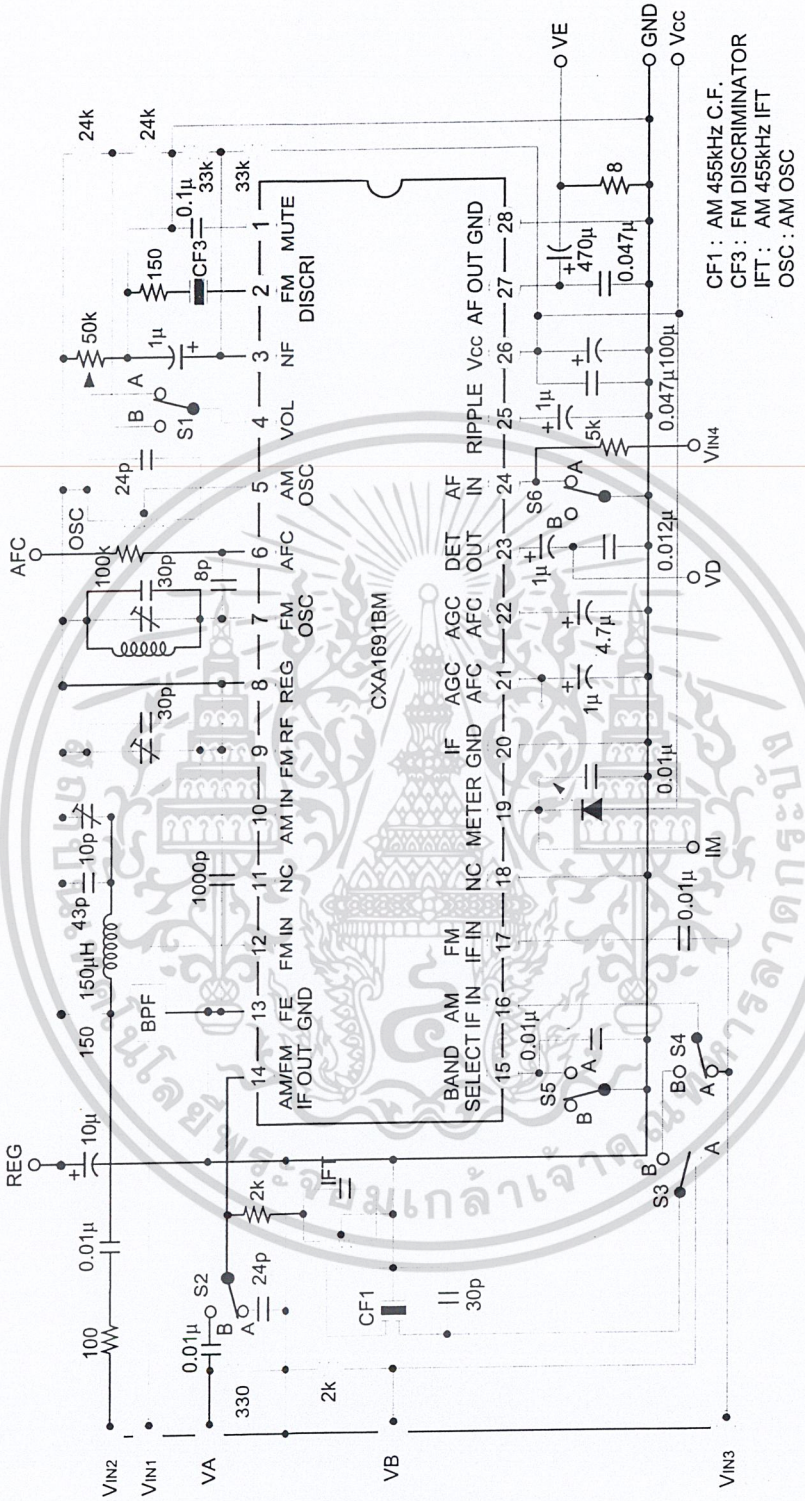
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (See the Electrical Characteristics Test Circuit, Ta=25 °C, Vcc=6 V)

No.	Item	Symbol	SW conditions						Test Point	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
			1	2	3	4	5	6						
1	AM circuit current	ID1	A	B	A	A	A	A	IA	No signal, AM	—	4.8	10.0	mA
2	FM circuit current	ID2	A	B	A	A	B	A	IA	No signal, FM	—	7.6	14.0	mA
3	FM front end voltage gain	GV1	A	B	A	A	B	A	VA	V_{IN1}=40 dBμV, 100 MHz	32	39	46	dB
4	FM detection output level	VD1	A	—	—	A	B	A	VD	V_{IN3}=90 dBμV, 10.7 MHz (1 kHz, 22.5 kHz DEV)	39	77.5	155	mVrms
5	FM IF knee level	VD2	A	—	—	A	B	A	VD	V_{IN3}=level at a point 3 dB down from V_{IN3}=90 dBμV, 10.7 MHz (1 kHz, 22.5 kHz DEV)	—	24	32	dBμV
6	FM detection output distortion factor	THD1	A	—	—	A	B	A	VD	V_{IN3}=90 dBμV, 10.7 MHz (1 kHz, 75 kHz DEV)	—	0.3	2.0	%
7	FM meter current	IB1	A	—	—	A	B	A	IM	V_{IN3}=60 dBμV, 10.7 MHz	1.8	3.5	7.0	mA
8	AM front end voltage gain	GV2	A	A	A	A	A	A	VB	V_{IN2}=60 dBμV, 1660 kHz	15	22	29	dB
9	AM IF voltage gain	GV3	A	A	—	A	A	A	VD	V_{IN3} when 455 kHz (1 kHz, 30 % MOD) output is –34 dBm	14	20	27	dBμV
10	AM detection output level	VD3	A	A	—	A	A	A	VD	V_{IN3}=85 dBμV, 455 kHz (1 kHz, 30 % MOD)	39	77.5	155	mVrms
11	AM meter current	IB2	A	A	—	A	A	A	IM	V_{IN3}=85 dBμV, 455 kHz (1 kHz, 30 % MOD)	1.3	3.0	7.0	mA
12	AM detection output distortion factor	THD2	A	A	B	B	A	A	VD	V_{IN2}=95 dBμV, 1660 kHz (1 kHz, 30 % MOD)	—	0.6	2.0	%
13	Audio voltage gain	GV4	A	—	—	—	—	B	VE	V_{IN3}=60 dBμV, 10.7 MHz V_{IN4}=–30 dBm, 1 kHz	27	31.5	36	dB
14	Audio distortion factor	THD3	A	—	—	—	—	B	VE	Distortion factor for 50 mW output V_{IN3}=60 dBμV, 10.7 MHz V_{IN4}=–20 dBm, 1 kHz	—	0.9	2.5	%
15	Muting level	VD4	A	—	—	—	—	B	VE	Muting level for 50 mW output V_{IN4}=–20dBm, 1 kHz Attenuation for 60 dBμV input with V_{IN3} OFF	8	15	22	dB

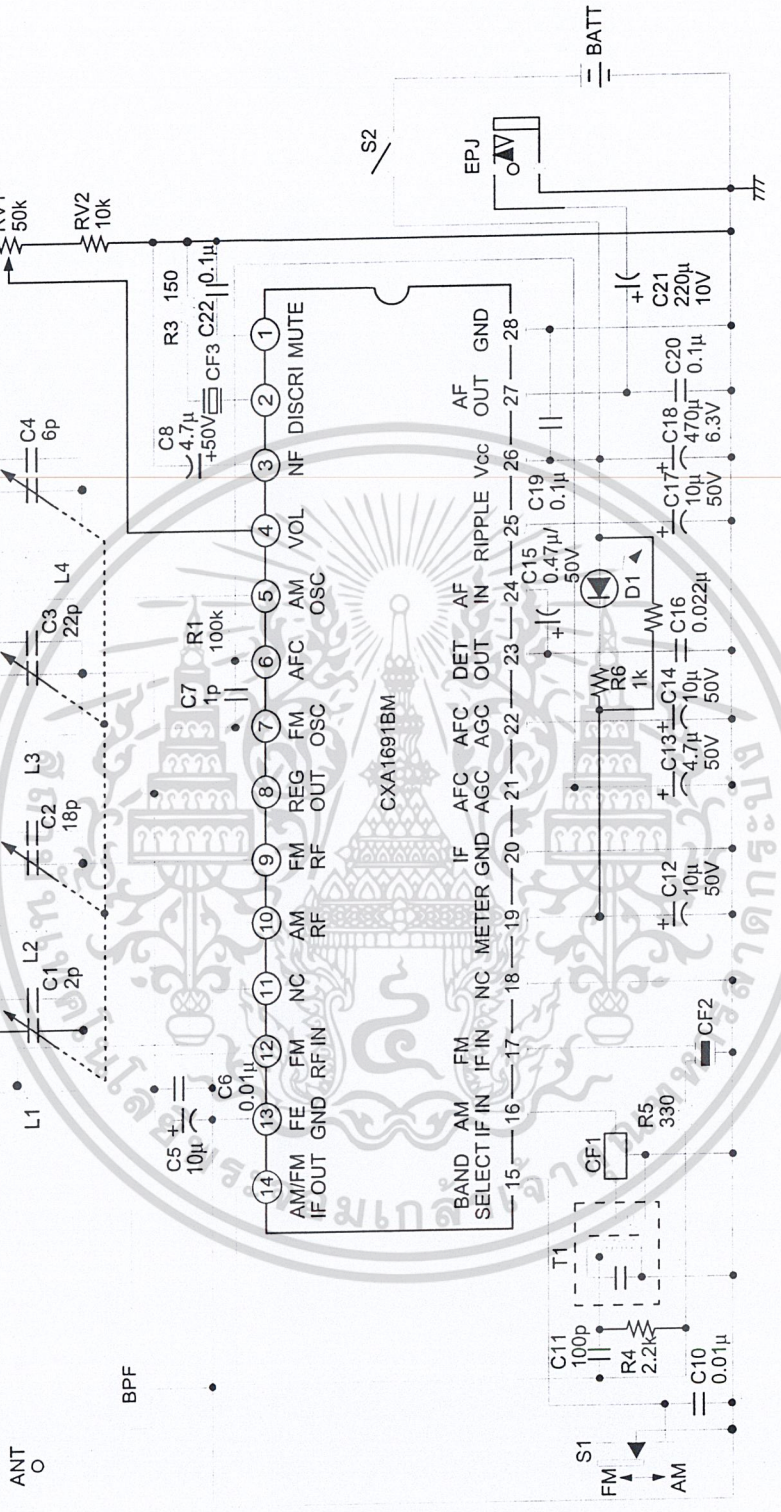
0 dBμV=1 μV

Electrical Characteristics Test Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

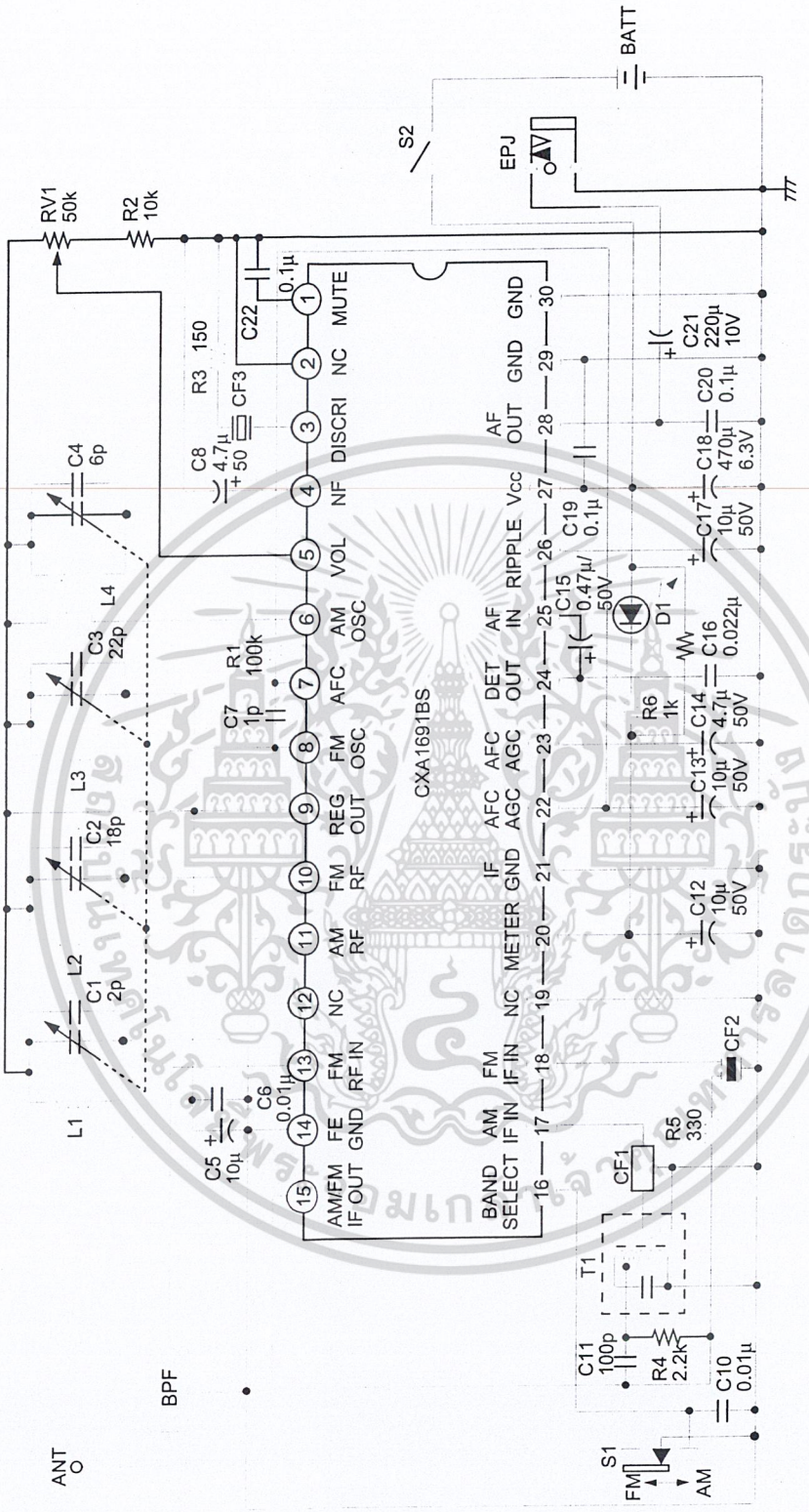
Application Circuit 1



Application circuits shown are typical examples illustrating the operation of the devices. Sony cannot assume responsibility for any problems arising out of the use of these circuits or for any infringement of third party patent and other right due to same.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuit 2

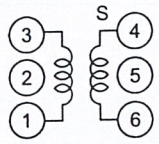


Application circuits shown are typical examples illustrating the operation of the devices. Sony cannot assume responsibility for any problems arising out of the use of these circuits or for any infringement of third party patent and other right due to same.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coil data

AM OSC

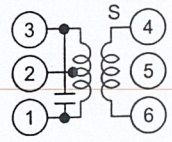


Core diameter ø 0.06 mm 2UEW

f (kHz)	L (μH) 1 to 3	Qo 1 to 3	Number of widings (t)	
			1 to 3	4 to 6
796	270	125	107	29

Equivalent to L-5K7-H5 R12-1684X. Mitsumi Electric Co., Ltd.
or 7TRS-8441X TOKO Co., Ltd.

AM IFT

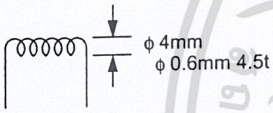


Core diameter ø 0.07 mm UEW

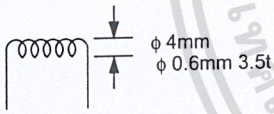
Co (pF) 1 to 3	Qo 1 to 3	Number of widings (t)		
		1 to 2	2 to 3	4 to 6
180	90	111	35	7

Equivalent to 21K7-H5 R12-8558A. Mitsumi Electric Co., Ltd.
or 7MC-7789N TOKO Co., Ltd.

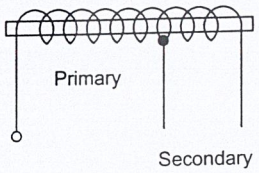
FM RF



FM OSC



AM bar antenna



f (kHz)	L (μH)	Primary	Secondary
796	650	91 t	20 t

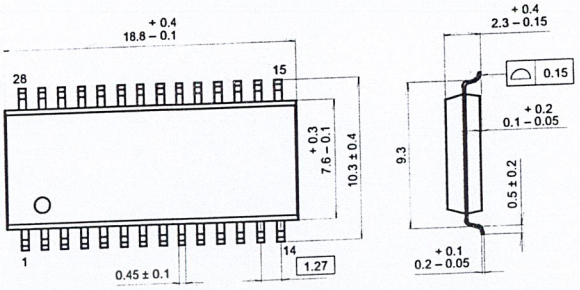
BPF	PFWE8 (88 to 108 MHz)	Soshin Electric Co., Ltd.
CF1	SFU-455B	Murata Mfg. Co., Ltd. Or BFCFL-455 TOKO Co., Ltd.
CF2	SFE10.7MA5	Murata Mfg. Co., Ltd.
CF3	CDA10.7MC1	Murata Mfg. Co., Ltd.

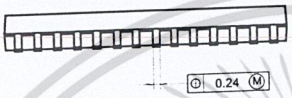
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outline Unit : mm

CXA1691BM

28PIN SOP (PLASTIC)





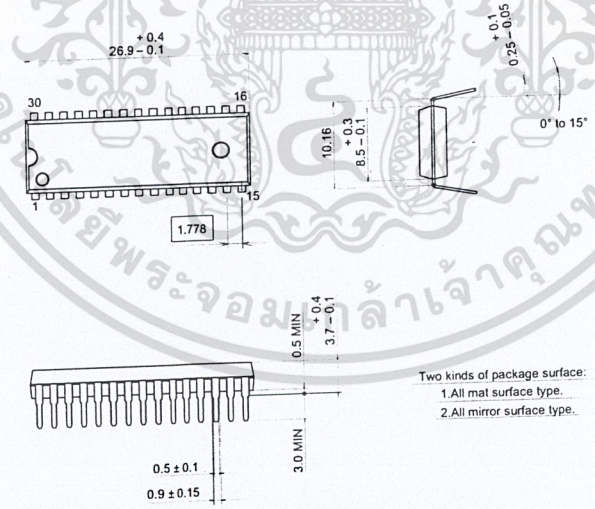
PACKAGE STRUCTURE

PACKAGE MATERIAL	EPOXY RESIN
LEAD TREATMENT	SOLDER PLATING
LEAD MATERIAL	42/COPPER ALLOY
PACKAGE MASS	0.7g

SONY CODE	SOP-28P-L04
EIAJ CODE	SOP028-P-0375
JEDEC CODE	

CXA1691BS

30PIN SDIP (PLASTIC)



PACKAGE STRUCTURE

MOLDING COMPOUND	EPOXY RESIN
LEAD TREATMENT	SOLDER/PALLADIUM PLATING
LEAD MATERIAL	COPPER ALLOY
PACKAGE MASS	1.8g

SONY CODE	SDIP-30P-01
EIAJ CODE	SDIP030-P-0400
JEDEC CODE	

NOTE : PALLADIUM PLATING
This product uses S-PdPPF (Sony Spec.-Palladium Pre-Plated Lead Frame).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้