

ระบบวิทยุติดตามตัวเฉพาะพื้นที่

PRIVATE AREA PAGING SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 37122
วัน, เดือน, ปี - 4 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวิทยุติดตามตัวเฉพาะพื้นที่

PRIVATE AREA PAGING SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบวิทยุติดตามตัวเฉพาะพื้นที่

PRIVATE AREA PAGING SYSTEM

ผู้จัดทำ

- | | | |
|----------------|-------------------|----------|
| 1. นาย นิตกร | สุริยมาตย์ | 40013057 |
| 2. นาย วรกฤษณ์ | ยอดทองเลิศ | 40013065 |
| 3. นาย วิโรจน์ | ไพบุลย์เวชสวัสดิ์ | 40013069 |


.....
(รศ. สมยศ จุณณะปิยะ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวิทยุติดตามตัวเฉพาะพื้นที่
PRIVATE AREA PAGING SYSTEM

โดย นาย นิตกร สุริยะมาตย์ 40013057
นาย วรกฤษณ์ ยอดทองเลิศ 40013065
นาย วิโรจน์ ไพบุลย์เวชสวัสดิ์ 40013069
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ส่วนนี้เสนอการสร้างระบบวิทยุติดตามตัว การแสดงผลอยู่ในรูปของข้อความที่เป็นตัวอักษรและตัวเลข โดยจะส่งข้อความจากเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ทอนุกรม แล้วทำการมอดูเลทแบบFSK ส่งออกอากาศ

ในส่วนของภาครับจะทำการรับสัญญาณที่ออกอากาศ และทำการดีมอดูเลทสัญญาณ FSK จากนั้นจะส่งไปยังส่วนประมวลผลข้อมูลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วแสดงข้อความด้วยจอ LCD

ABSTRACT

This project presents a paging system which can display any messages as alphabets and figure. This paging system transmits data from computer via serial port by FSK modulation technique.

The receiver will receive transmitted signal and they demodulate by FSK. Finally, demodulated signal will be forwarded to microcontroller to do processing data scheme and then will display on the LCD.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์	2
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	2
2.1.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.1.3 พอร์ตของ 8051	3
2.1.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ	6
2.1.5 พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น	7
2.2 ทฤษฎี เอฟเอ็ม	8
2.2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการมอดูเลตทางเฟสและความถี่	8
2.2.2 คลื่นความถี่เดียว	10
2.2.3 FM แบบแคบ	11
2.2.4 ความถี่สเปกตรัมของคลื่น FM	13
2.2.5 แบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งคลื่น เอฟเอ็ม	14
2.2.6 การผลิตคลื่น เอฟเอ็มและ อินไดเร็ก	15
2.3 ทฤษฎี เอฟเอสเค	16
2.3.1 เทคนิคการรับส่งข้อมูลดิจิทัล เอฟเอสเค และแนวทางการออกแบบใช้งาน	16
2.3.2 ตัวกำเนิดสัญญาณเอฟเอสเค(FSK Generator)	17
2.3.3 แบนด์วิดท์ของเอฟเอสเค (FSK Bandwidth)	18
2.3.4 เอฟเอสเคดีมอดูเลเตอร์ (FSK Demodulator)	21
2.3.5 แนวทางการออกแบบเอฟเอสเคเพื่อการใช้งาน	22
2.4 ทฤษฎี เพจเจอร์	23
2.4.1 พลังงานแบตเตอรี่	23
2.4.2 ความไวในการรับของเพจเจอร์และการออกแบบวงจรความถี่สูง	24
2.4.3 สายอากาศภาครับในเครื่องรับเพจเจอร์	24
2.4.4 ทิศทาง	27
2.4.5 ความผิดพลาด	27
2.4.6 รูปแบบรหัสและการตรวจแก้ข้อผิดพลาด	29
2.4.7 รหัสบล็อก	30
2.4.8 รหัสคอนวอลูชัน	31
2.4.9 รหัสแฮมมิง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 เลขคณิตมอดุโล-2	32
2.4.11 การบวก	32
2.4.12 การลบ	32
2.4.13 การหาร	32
2.4.14 การคูณ	33
2.4.15 วงรอบรหัสบล็อกข้อมูล	33
2.4.16 รหัส บี ซี เอช	34
2.4.17 รหัสอนุกรม	35
2.4.18 รหัสโทเลีย	35
2.4.19 รูปแบบอย่างง่าย	35
2.4.20 POCSAG	36
2.4.21 รูปแบบ POCSAG	36
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	40
3.1 ส่วนของโปรแกรมส่งข้อความ	40
3.2 การออกแบบส่วนภาครับข้อมูลและแสดงผล	43
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดลอง	45
4.1 ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดลองชุดมอดูเลเตอร์	45
4.2 ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดลองชุดดีมอดูเลเตอร์	46
4.3 ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดลองชุดเครื่องส่งและเครื่องรับ	46
4.4 ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดลองชุดโปรแกรมส่งข้อมูล	47
4.5 นำชุดการทดลองมาประกอบร่วมกัน	50
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	52
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างภายในของ AT89S8252	2
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของพอร์ต 0 (1 PIN)	3
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของพอร์ต 1 (1 PIN)	4
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของพอร์ต 2 (1 PIN)	5
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของพอร์ต 3 (1 PIN)	5
รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการมอดูเลททางความถี่และการมอดูเลททางเฟส	10
รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบเฟสเซอร์ของคลื่น NBFM และ คลื่น AM	12
รูปที่ 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมวิธีการผลิตสัญญาณ NBFM	13
รูปที่ 2.9 แสดงกราฟของ เบสแชนเนลฟังค์ชัน	14
รูปที่ 2.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการผลิตสัญญาณ WBFM โดยวิธี indirect	15
รูปที่ 2.11 การส่งดิจิทัล	16
รูปที่ 2.12 หลักการและสัญญาณอินพุท เอาท์พุทของ FSK	17
รูปที่ 2.13 FSK มอดูเลเตอร์	18
รูปที่ 2.14 การเบี่ยงเบนความถี่	19
รูปที่ 2.15 สเปกตรัมความถี่ของตัวอย่างที่ 1	21
รูปที่ 2.16 PLL-FSK คีมมอดูเลเตอร์	22
รูปที่ 2.17 โครงสร้างโดยง่ายของเครื่องรับเพจเจอร์	23
รูปที่ 2.18 รูปทรงของตัวอย่างสายอากาศเพจเจอร์	25
รูปที่ 2.19 แสดงค่าความต้านทานการแพร่กระจายคลื่นในฟังค์ชันของความถี่ ที่ขนาดของสายอากาศ 6x4 เซนติเมตร	26
รูปที่ 2.20 แสดงการเปลี่ยนค่าแกน ณ ความถี่ต่าง ๆ	26
รูปที่ 2.21 แสดงสนามระยะไกลของสายอากาศแบบรูป	27
รูปที่ 2.22 แสดงการวัดแบบ SINAD	28
รูปที่ 2.23 แสดง SINAD มิเตอร์	29
รูปที่ 2.24 แสดงการสร้างสัญญาณ สองสัญญาณเพื่อวัดช่องสัญญาณ	29
รูปที่ 2.25 แสดงรูปแบบสัญญาณ POCSAG	37
รูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างของกลุ่ม POCSAG	38
รูปที่ 2.27 แสดงโครงสร้างของเฟรม	38
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคส่ง	40
รูปที่ 3.2 โปรแกรมที่ได้ออกแบบ	40
รูปที่ 3.3 โปรแกรมขณะใช้งาน	41
รูปที่ 3.4 แสดงไฟล์ชาร์ตของโปรแกรมภาคส่ง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของภาครับข้อมูลและแสดงผล	43
รูปที่ 3.6 แสดงโฟลว์ชาร์ตโปรแกรมรับข้อความ	44
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณของเอฟเฟกต์เคมอดูเลท	45
รูปที่ 4.2 แสดงเปรียบเทียบสัญญาณจากการคิ่มอดูเลทกับสัญญาณดั้งเดิม	46
รูปที่ 4.3 แสดงกำลังงานสูงสุด ณ ความถี่คลื่นพาห้	47
รูปที่ 4.4 แสดงรูปเฟรมเริ่มต้น (Start Frame) ชนิดข้อมูลข่าวสาร	47
รูปที่ 4.5 แสดงรูปเฟรมเริ่มต้น (Start Frame) ชนิดส่วนบุคคล	48
รูปที่ 4.6 แสดงรูปเฟรมข้อความ (Message Frame)	48
รูปที่ 4.7 แสดงรูปเฟรมสุดท้าย (Stop Frame)	49
รูปที่ 4.8 แสดงโปรแกรมส่งข้อมูลและข้อความที่ส่ง	50
รูปที่ 4.9 แสดงข้อความที่รับได้	50
รูปที่ 4.10 แสดงรูปเครื่องส่ง	51
รูปที่ 4.11 แสดงรูปเครื่องรับ	51



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 Bessel Function Table	21
ตารางที่ 2.2 แสดงความต้านทานที่เกิดจากการแพร่กระจายคลื่น และผลกระทบจากช่องเปิดของคูปขนาดเล็ก, ไดโพล ขนาดจิ๋วและไดโพลขนาดยาวครึ่งคลื่น	25
ตารางที่ 2.3 รหัสบีซีเอช สำหรับความยาวของค่าที่มีค่าถึง31	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

แนวความคิดในการโครงการ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารมีบทบาทในการดำรงชีวิตมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารเพื่อการค้าขาย ธุรกิจ การศึกษา การบันเทิง ฯลฯ

ซึ่งในขณะนี้มึระบบการสื่อสารรูปหนึ่งที่ได้รับคามนิยมมากนั่นคือ ระบบ Pager หรือระบบวิทยุติดตามตัวซึ่งมีมาตรฐานออกมามากหลายระบบ เช่น POCSAG, ERMES, FLEX ที่มีความแตกต่างกันในรายละเอียดของการเข้ารหัส โครงสร้างของข้อมูล และระบบการเชื่อมต่อของโครงข่ายการสื่อสาร

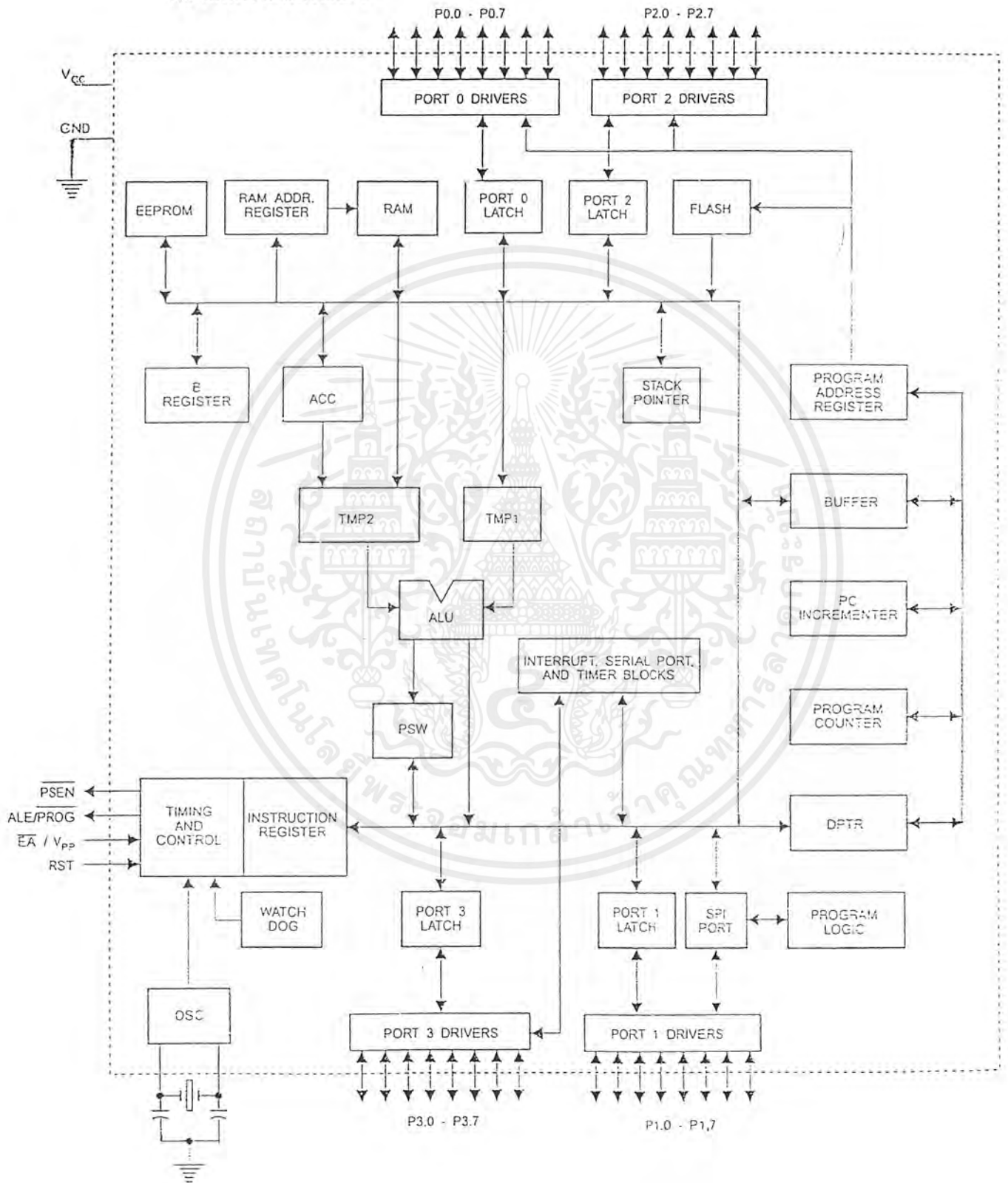
ในโครงการนี้จะเสนอระบบการรับ-ส่งข้อความ ซึ่งจะใช้ภายในพื้นที่เฉพาะเช่น ในสำนักงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยจะทำการส่งข้อความจากโปรแกรมส่งจาก Personal Computer (PC) ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 (DB9) เข้าสู่วงจรสร้างสัญญาณFSK จากนั้นก็ทำการส่งออกอากาศ ส่วนตัวเครื่องPAGER ก็จะประกอบด้วยชุดภาครับสัญญาณFM วงจรFSK Demodulator ส่วนควบคุมการแสดงของ Graphic LCD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างภายในของ AT89S8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

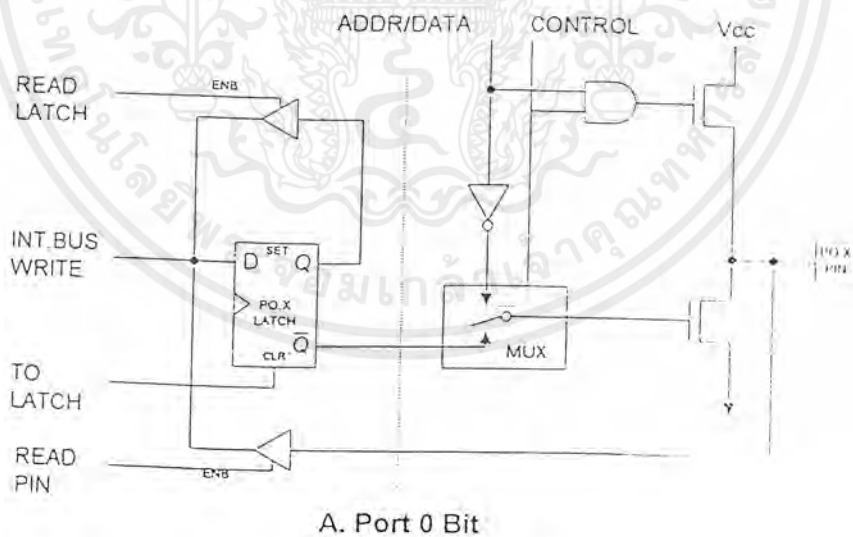
2.1.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ เคนต์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด(สำหรับ 8052 มี 3ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเทอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ตแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

2.1.3 พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่าง ๆ ดังนี้

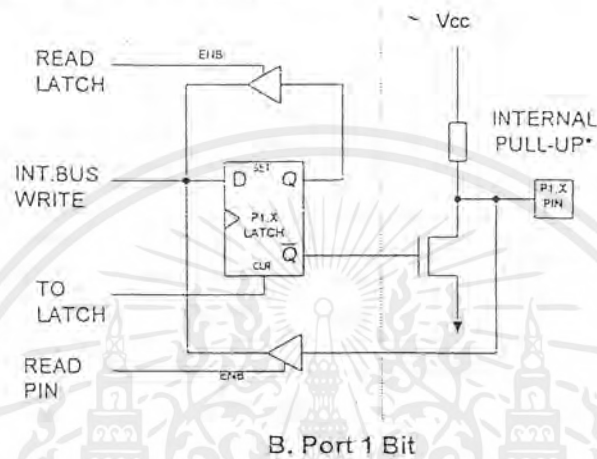
- Vcc (ขา 40) ต่อกับ +5 V
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0 - P0.7) มีโครงสร้างแบบ Open-Drian Bi-Directional ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของพอร์ต 0 (1 PIN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0 – P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ แอดเดรสบัสและค่าตัวบัสเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น “0” ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ตแลทช์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ Read (pin)
- พอร์ต 1 (ขา 1-18) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน Internal Pull up Register มีโครงสร้างดังรูป



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของพอร์ต 1 (1 PIN)

- พอร์ต 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.0– P2.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานทานพูลอัพแทน (Internal Pull Up) พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไปเมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ off ดังแสดงในรูปที่ 2.4
- พอร์ต 3 (ขา 10-27) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (ขา P3.0 – P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือเป็นไอโอพอร์ตถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออก และรับสัญญาณเข้าไปสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

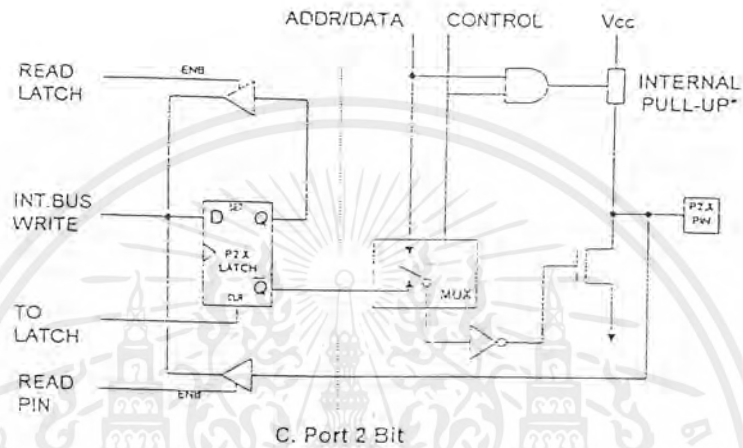
P3.4/T0 (Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 0 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

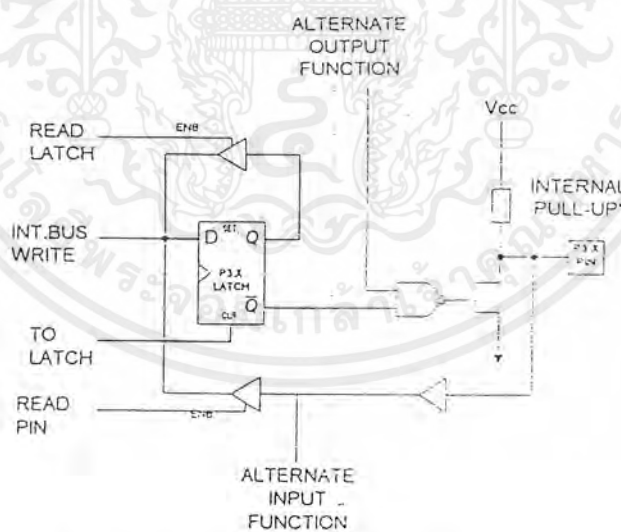
P3.5/T1 (Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 1 (เป็นอินพุทโหมดเกนเนเตอร์)

P3.6/PWD (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของพอร์ท 2 (1 PIN)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของพอร์ท 3 (1 PIN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโทรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 – A7) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ท 0) สัญญาณนี้จะแอดที่ฟทุก ๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมซซึนไซเคิล
- PSEN (ขา 29) เป็นขาสโทรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอกสัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมซซึนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้
- EA (ขา 30) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
 ป้อน “0” จะอ่าน โปรแกรมจากภายนอกชิพ
 ป้อน “1” จะอ่าน โปรแกรมจากภายในชิพ
- RST (ขา 9) ขารีสต จะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลิจิก “1” เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 แมซซึนไซเคิล
- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรรอสซึสเลเตอร์ภายใน
- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทเข้าสู่วงจรรอสซึสเลเตอร์ภายใน

2.1.4. การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

2.1.4.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์

2.1.4.2 Data Memory (RAM) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปและหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์

บางครั้งอาจจะสงสัยว่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและค่าตัวมีตำแหน่งที่ซ้อนกันชิพจะรู้ได้อย่างไรว่าติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล บริษัทอินเทล ได้ออกแบบแยกคำสั่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

MOV ใช้ติดต่อกับ RAM ภายใน

MOVC ใช้ติดต่อ Program Memory

MOVX ใช้ติดต่อ Data Memory ภายนอกชิพ โดยระบุตำแหน่งผ่าน DPTR และ PC

* ชิพเบอร์ 89S8252 จะมีพื้นที่บริเวณ 80h-FFh ซึ่งถ้าจะเขียนอ่านข้อมูล ณ บริเวณนี้จะเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น

2.5 พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) ตามรูป เป็นพื้นที่ที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอแดรสและ Indirect Address Area ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมถ้าจะติดต่อกับ SFR จะต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

2.1.5.1 รีจิสเตอร์ แบงก์ (Register Banks 0 – 3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00h-1Fh) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงก์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงก์ละ 8 ไบต์รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงก์จะมีรีจิสเตอร์ R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงก์ 3 เมื่อรีเซ็ตก็จะกลับมาทำงานที่แบงก์เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทั้งนี้

2.1.5.2 บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนกับบิตได้ (Bit Addressable Area)

พื้นที่ตั้งแต่ แอแดรส (20h – 2Fh) จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิตซึ่งตำแหน่งบิตมีดังนี้ 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 จนถึง 7Fh

เช่น บิต 00 ก็คือ D0 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

บิต 01 ก็คือ D1 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

2.1.5.3 บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ที่ละไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้โปรคระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

2.2 ทฤษฎี เอฟ เอ็ม

2.2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการมอดูเลตทางเฟสและความถี่

การมอดูเลตทางมุม (Angle Modulation) แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ การมอดูเลตทางมุม (Phase modulation) และการมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation)

ให้ $\theta_i(t)$ เป็นมุมของคลื่นพาห้ซึ่งผ่านกระบวนการมอดูเลตแล้วซึ่งเป็นฟังก์ชันของข่าวสาร และแสดงคลื่นที่มอดูเลตทางมุม (Angle Modulation) จะได้ดังนี้

$$S(t) = A_d \cos [\theta_i(t)] \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

A_d แอมพลิจูดของคลื่นพาห้

ถ้า $\theta_i(t)$ เพิ่มขึ้นทีละขั้นโดยลำดับกับเวลาแล้ว ความถี่เฉลี่ยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz) ในช่วงเวลาจาก t ถึง $t + \Delta t$ จะมีค่าดังนี้

$$f_{\Delta t}(t) = \frac{\theta_i(t+\Delta t) - \theta_i(t)}{2\pi\Delta t} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ดังนั้นจึงสามารถกำหนดความถี่ในขณะใดขณะหนึ่งของคลื่นที่มอดูเลตทางมุม $s(t)$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} f_i(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} f_{\Delta t}(t) \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} [\theta_i(t+\Delta t) - \theta_i(t)] \\ &= \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta_i}{dt} \quad \dots\dots\dots (2.3) \end{aligned}$$

สมการ(2.3) กรณีง่าย ๆ ของคลื่นพาห้ที่ยังไม่มีการมอดูเลต มุม $\theta_i(t)$ แสดงโดย

$$\theta_i(t) = 2\pi f_d t + \phi_d$$

ϕ_d คือค่าของ $\theta_i(t)$ ที่ $t=0$

มีหลายวิธีจะทำให้ $\theta_i(t)$ เปลี่ยนแปลงไปด้วยสัญญาณเบสแบนด์ (baseband)

1) PM คือ $\theta_i(t)$ ที่เปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นไปกับสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$

$$\theta_i(t) = 2\pi f_d t + k_p m(t)$$

เทอม $2\pi f_d t$ แสดงมุมของคลื่นพาห้ที่ยังไม่มีการมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคงที่ k_p คือ phase sensitivity มีหน่วยเป็น เรเดียน / โวลต์

ดังนั้นแสดงคลื่นที่มอดูเลททางเฟส $S(t)$ ในโดเมนเวลาได้ คือ

$$S(t) = A_d \cos [2\pi f_d t + k_p m(t)] \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

2) FM คือ ความถี่ในขณะหนึ่ง $f_f(t)$ จะเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น ไปกับสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$

$$f_f(t) = f_d + k_f m(t) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

f_d เป็นความถี่ของคลื่นพาห้ที่ยังไม่ได้ทำการมอดูเลท

k_f คือ phase sensitivity มีหน่วยเป็น เรเดียน / โวลต์

ทำการอินทิเกรต (2.5) โดยสัมพันธ์กับเวลาทั้งสองข้างแล้วคูณผลลัพธ์ด้วย 2π จะได้

$$\theta_f(t) = 2\pi f_d t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt$$

แสดงสมการคลื่นที่มอดูเลททางเฟสได้ดังนี้

$$S(t) = A_d [2\pi f_d t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt] \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

เมื่อเปรียบเทียบ (2.6) และ (2.4) คลื่น FM ก็จะเหมือนกับคลื่น PM ถ้าแทน $\int_0^t m(t) dt$ ใน

ตำแหน่งของ $m(t)$ หมายความว่า สามารถจะผลิตคลื่น FM ได้จากการอินทิเกรต $m(t)$ แล้วส่งผ่านไป ยังเฟสมอดูเลเตอร์ (Phase modulator)

ในทางตรงกันข้ามก็สามารถผลิตคลื่น PM ได้โดยการดิฟเฟอเรนเชียล $m(t)$ แล้วส่งผ่านไป ยังตัวฟรีควเอนซ์มอดูเลเตอร์ (Frequency modulator)

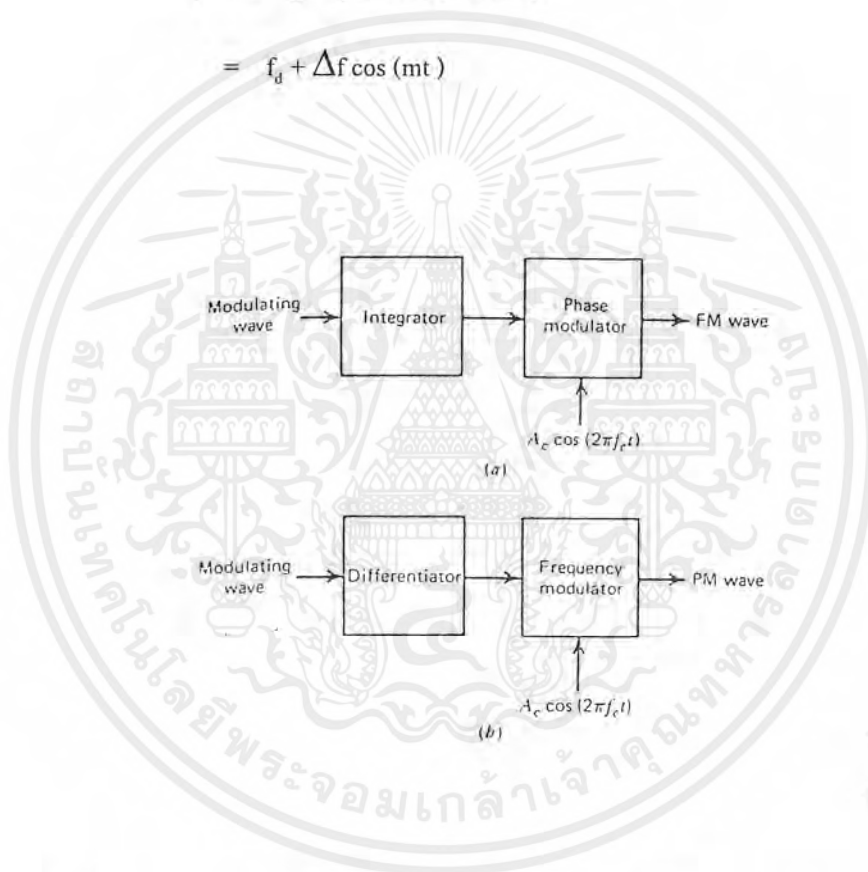
2.2.2 คลื่น FM ความถี่เดียว

สัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ เป็นคลื่นไซน์โดยกำหนดให้เป็นดังนี้

$$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$$

Δf นี้เรียกว่า ค่าเบี่ยงเบนความถี่ (frequency deviation) ซึ่งแสดงระยะห่างสุดของ $f_i(t)$ จะได้ความถี่ในขณะหนึ่งของคลื่น FM ดังนี้

$$\begin{aligned} f_i(t) &= f_d + k_f A_m \cos(2\pi f_m t) \\ &= f_d + \Delta f \cos(mt) \end{aligned}$$



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการมอดูเลตทางความถี่และการมอดูเลตทางเฟส

- a) บล็อกไดอะแกรมการผลิตคลื่น FM โดยการใช้เฟสมอดูเลเตอร์
- b) บล็อกไดอะแกรมการผลิตคลื่น PM โดยการใช้มอดูเลเตอร์ทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f_i(t)$ จากคลื่นพอร์ f_m ค่า Δf จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมพลิจูดของสัญญาณเบสแบนด์ และไม่ขึ้นกับความถี่

$$\begin{aligned} \theta_1(t) &= 2\pi \int_0^t f_i(t) dt \\ &= 2\pi f_d t + \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right) \sin(2\pi f_m t) \end{aligned}$$

ให้ $\beta = \Delta f / f_m$ เรียก β ว่าดัชนีการมอดูเลทของคลื่น FM (modulation index)

คลื่น FM คือ

$$\begin{aligned} \theta_1(t) &= 2\pi f_d t + \beta \sin(2\pi f_m t) \\ S(t) &= A_d \cos(2\pi f_d t + \beta \sin(2\pi f_m t)) \dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$

จำแนกคลื่น FM ได้ 2 กรณี คือ

1. FM แบบแคบ (Narrow band FM : NBFM) เมื่อ β มีค่าน้อยกว่า 1
2. FM แบบกว้าง (Wide band FM : WBFM) เมื่อ β มีค่ามากกว่า 1

2.2.3 FM แบบแคบ (NBFM)

พิจารณาจากสมการ (2.7) สามารถกระจายสมการ คลื่น FM ออกเป็น

$$S(t) = A_d \cos(2\pi f_d t) \cos[\beta \sin(2\pi f_m t)] - A_d \sin(2\pi f_d t) \sin[\beta \sin(2\pi f_m t)]$$

สมมติว่า β มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ 1 เรเดียน

$$\cos[\beta \sin(2\pi f_m t)] \cong 1$$

และ $\sin[\beta \sin(2\pi f_m t)] \cong \beta \sin(2\pi f_m t)$

เขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$S(t) \cong A_d \cos(2\pi f_d t) - \beta A_d \sin(2\pi f_d t) \sin(2\pi f_m t) \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\cong A_d \cos(2\pi f_d t) + \left(\frac{\beta A_d}{2}\right) \{ \cos[2\pi(f_d + f_m)t] - \cos[2\pi(f_d - f_m)t] \}$$

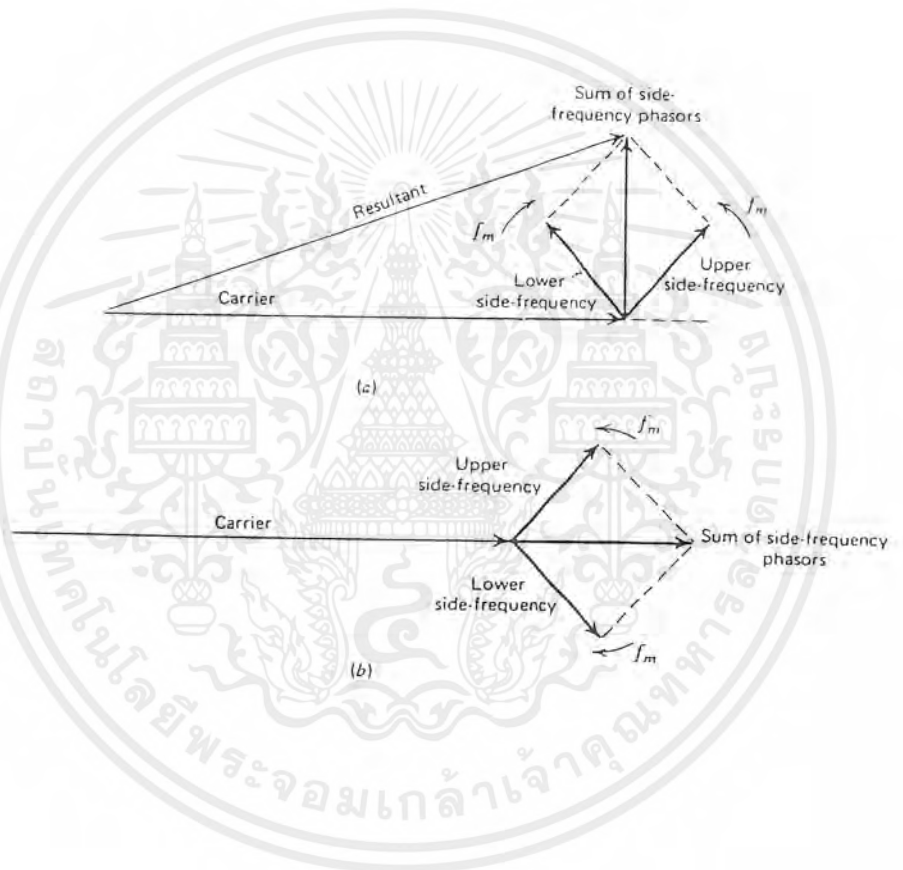
ดังนั้น NBFM จำเป็นต้องใช้แบนวิดท์ในการส่งเท่ากับของคลื่น AM คือ $2f_m$ เมื่อเปรียบเทียบกับสมการคลื่น AM

$$S_{nm}(t) = A_d \cos(2\pi f_d t) + \left(\frac{\mu A_d}{2}\right) \{ \cos[2\pi(f_d + f_m)t] + \cos[2\pi(f_d - f_m)t] \}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าแสดงคลื่น NBFM ด้วยเฟสเซอร์โคอะแกรมจะได้ดังรูป 2.7(a) จะเห็นว่าผลลัพธ์ของเฟสเซอร์ของความถี่ทั้งสองด้านจะตั้งฉากเฟสเซอร์ของคลื่นพาห์เสมอ จึงทำให้ผลลัพธ์ของ NBFM มีแอมพลิจูดใกล้เคียงกับเฟสเซอร์คลื่นพาห์

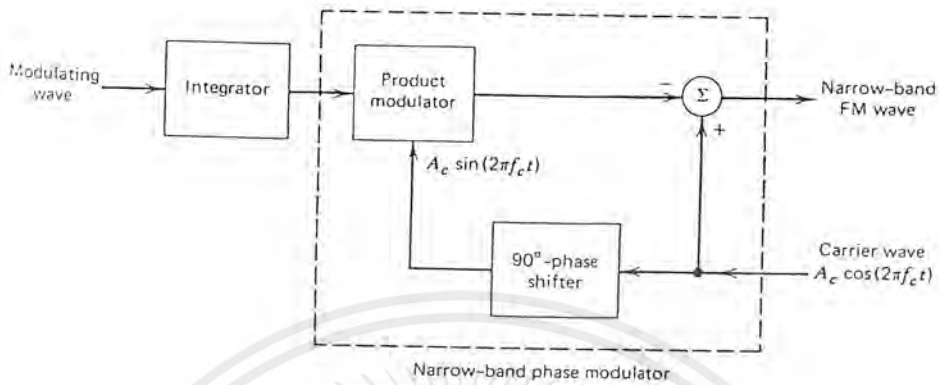
รูป 2.7(b) เป็นกรณีของคลื่น AM ผลลัพธ์จะมีแอมพลิจูดแตกต่างไปจากเฟสเซอร์ของคลื่นพาห์ แต่จะมีเฟสเดียวกันเสมอ



รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบเฟสเซอร์ของคลื่น NBFM และคลื่น AM

ถ้านำสมการ (2.8) มาเขียนบล็อกโคอะแกรมจะได้ดังรูปที่ 2.8 มอดูเลเตอร์นี้จะแยกคลื่นพาห์ $A_c \cos(2\pi f_c t)$ ออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่จะป้อนเข้าโดยตรง อีกส่วนหนึ่งจะส่งผ่านวงจร เฟสชิฟ 90 องศา แล้วผ่านไปยังวงจรมอดูเลเตอร์ เพื่อให้ได้คลื่น DBS-SC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมวิธีการผลิตสัญญาณ NBFM

NBFM จะมีค่าเบี่ยงเบน (Δf) ความถี่ ได้สูงสุดประมาณ 5 kHz สัญญาณเบสแบนด์ที่ใช้ได้ปกติจะมีความถี่ 3 kHz

ส่วน WBFM จะมีค่าเบี่ยงเบน (Δf) ความถี่ ได้สูงสุดประมาณ 75 kHz สัญญาณเบสแบนด์ที่ใช้ได้ปกติมีความถี่ตั้งแต่ 3 kHz ถึง 15 kHz

2.2.4 ความถี่สเปกตรัมของคลื่น FM

จากสมการคลื่น FM (3.7)

$$\begin{aligned} S(t) &= A_d \cos(2\pi f_d t + \beta \sin(2\pi f_m t)) \\ &= A_d \cos(\omega_d t + \beta \sin(2\pi f_m t)) \end{aligned}$$

ใช้ เบสเซลฟังก์ชัน (Bessel Function)

สเปกตรัมความถี่ของคลื่น เอฟเอ็ม จะประกอบไปด้วย ความถี่คลื่นพาห้ (f_d) และไซด์แบนด์ที่มีความถี่ $\pm f_m, \pm 2f_m, \dots$ ขนาดของเทอมคลื่นเฟสและไซด์แบนด์ขึ้นอยู่กับค่า β

ถ้า $\beta \ll \pi/2$ พบว่ามีแต่คามถี่คลื่นพาห้และไซด์แบนด์ 1 หรือ 2 เท่านั้น

ถ้า $\beta > \pi/2$ พบว่ามีไซด์แบนด์เพิ่มขึ้นตามค่า และขนาดของคลื่นพาห้จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อ มีค่าเพิ่มขึ้น และช่วงแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้จะกว้างขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 แบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งคลื่น เอฟเอ็ม

ในกรณีที่ $\beta \gg 1$ จำนวนไซด์แบนด์ที่เกิดขึ้นจะประมาณได้เท่ากับ $\beta [J_n(\beta=0; n \gg \beta)]$ ดังนั้น แบนด์วิดท์ของคลื่น FM(BT)

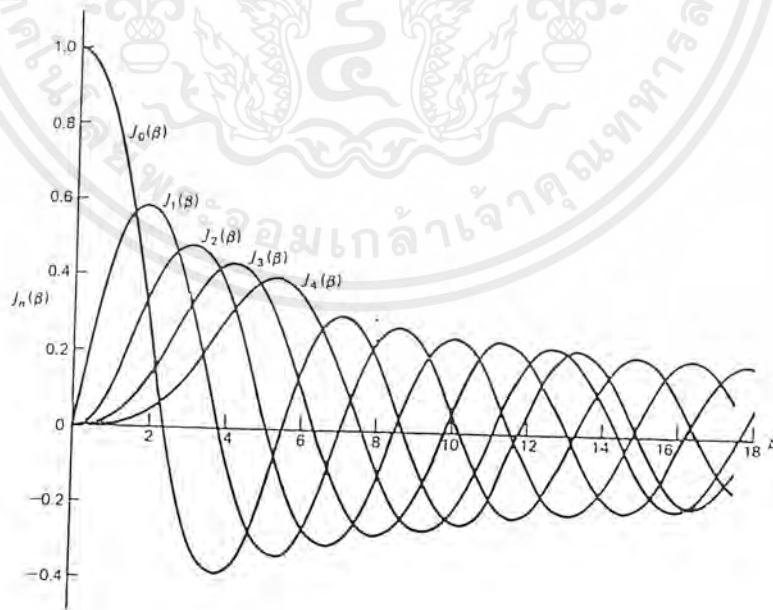
$$\begin{aligned} BT &= 2\beta f_m = 2\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right) \times f_m \\ &= 2\Delta f \quad ; \beta \gg 1 \end{aligned}$$

Δf คือค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุดจาก f_c (ความถี่พาห้ที่ยังไม่ได้ทำการมอดูเลต)

ดังนั้นค่าแบนด์วิดท์ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมพลิจูดของสัญญาณเบสแบนด์ในกรณีที่ $\beta \gg 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับคลื่น AM หรือ NBFM (β มีค่าน้อยกว่า) แบนด์มีค่าเท่ากับ $2 f_m$

กฎของคาร์สัน (Carson's Rule)

$$\begin{aligned} BT &= 2\Delta f + 2f_m \\ &= 2\Delta f \left(1 + \left[\frac{f_m}{\Delta f}\right]\right) \\ &= 2\Delta f \left(1 + \left[\frac{1}{\beta}\right]\right) \end{aligned}$$



รูปที่ 2.9 แสดงกราฟของ เบสเซลฟังก์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การผลิตคลื่น เอฟเอ็มและ อินไดเร็ก (Indirect)

ขั้นแรก สัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ จะผ่านไปยังวงจรถอดรหัสแล้วใช้เฟสมอดูเลเตอร์เพื่อทำให้เป็น NBFM ขั้นต่อมาจะส่งสัญญาณไปยังวงจรรคูณความถี่ (frequency multiplier) ก็จะได้ WBFM ให้ $S_1(t)$ เป็นสัญญาณที่เอาท์พุทของเฟสมอดูเลเตอร์

$$S_1(t) = A_1 \cos(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt)$$

$f_c(t)$ คือ ความถี่ของคริสตัลอสซิลเลเตอร์ (crystal oscillator)

กรณีสัญญาณเบสแบนด์เป็นคลื่นไซน์แล้ว

$$S_1(t) = A_1 \cos(2\pi f_c t + \beta_1 \sin(2\pi f_m t))$$

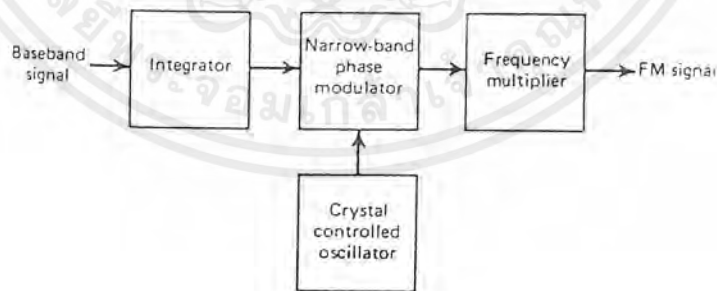
เมื่อผ่านไปยังวงจรรคูณความถี่จะได้สัญญาณซึ่งมีความถี่เป็น n เท่า

$$S(t) = A_u \cos(2\pi f_d t + 2n\pi k_f \int_0^t m(t) dt)$$

ซึ่ง $f_d = n f_c$ กรณีที่สัญญาณเบสแบนด์เป็นคลื่นไซน์ จะเขียนสมการได้ใหม่ดังนี้

$$S(t) = A_u \cos(2\pi f_d t + \beta \sin(2\pi f_m t))$$

ซึ่ง $\beta = n\beta_1$



รูปที่ 2.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการผลิตสัญญาณ WBFM โดยวิธี indirect

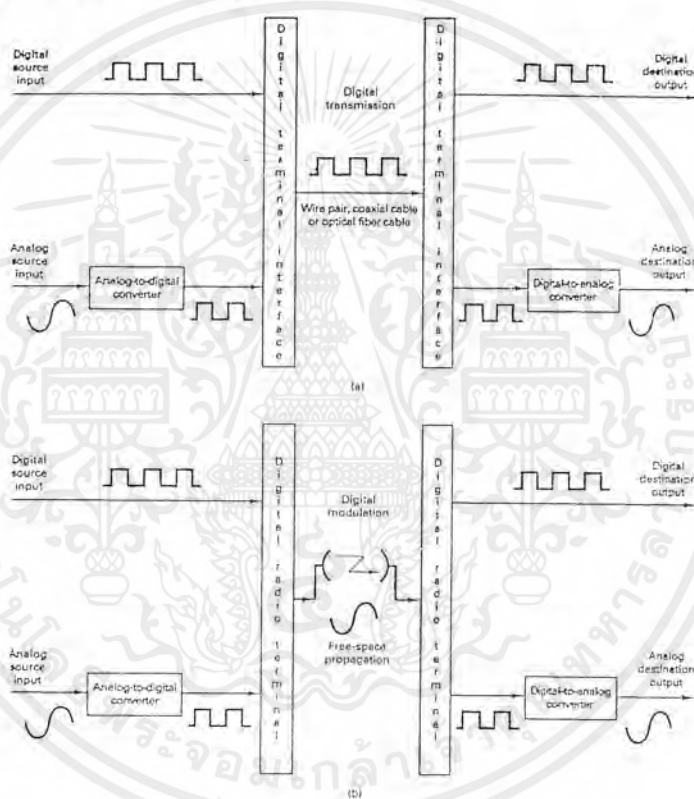
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎี เอฟ เอส เค (FSK)

2.3.1 เทคนิคการรับส่งข้อมูลดิจิทัลเอฟเอสเคและแนวทางการออกแบบใช้งาน

การรับ - ส่ง ข้อมูลในรูปของสัญญาณดิจิทัล สามารถกระทำได้ 2 วิธีคือ วิธีการทาง ไบนารี (Binary) คือ สัญญาณดิจิทัลจะถูกส่งออกไปยังปลายทางได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านขบวนการแปลงสัญญาณแต่อย่างใด ดังรูปที่ 2.11 (ก) และ วิธีการทางอนาล็อก (Analog) คือ สัญญาณดิจิทัลจะถูกแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อกก่อนแล้วจึงจะส่งออกไปยังปลายทาง ดังรูปที่ 2.11 (ข)

วิธีการในลักษณะแรกจะกระทำในลักษณะที่มีการติดต่อในระยะทางสั้น ๆ และให้ความรวดเร็วมากกว่า ส่วนวิธีการในลักษณะหลังจะเกี่ยวข้องไปถึงลักษณะการเชื่อมโยง (Link) สัญญาณเข้ากับระบบการสื่อสารทั่วไป ลักษณะทั้ง 2 วิธีแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การส่งดิจิทัล

ขบวนการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog Converter: DAC)

ในการสร้างสัญญาณอนาล็อกที่เป็นผลมาจากสัญญาณดิจิทัล หรือสัญญาณข่าวสารในรูปแบบอื่น จะได้มาจากหลักการพื้นฐานของวิธีการ 3 แบบ คือ

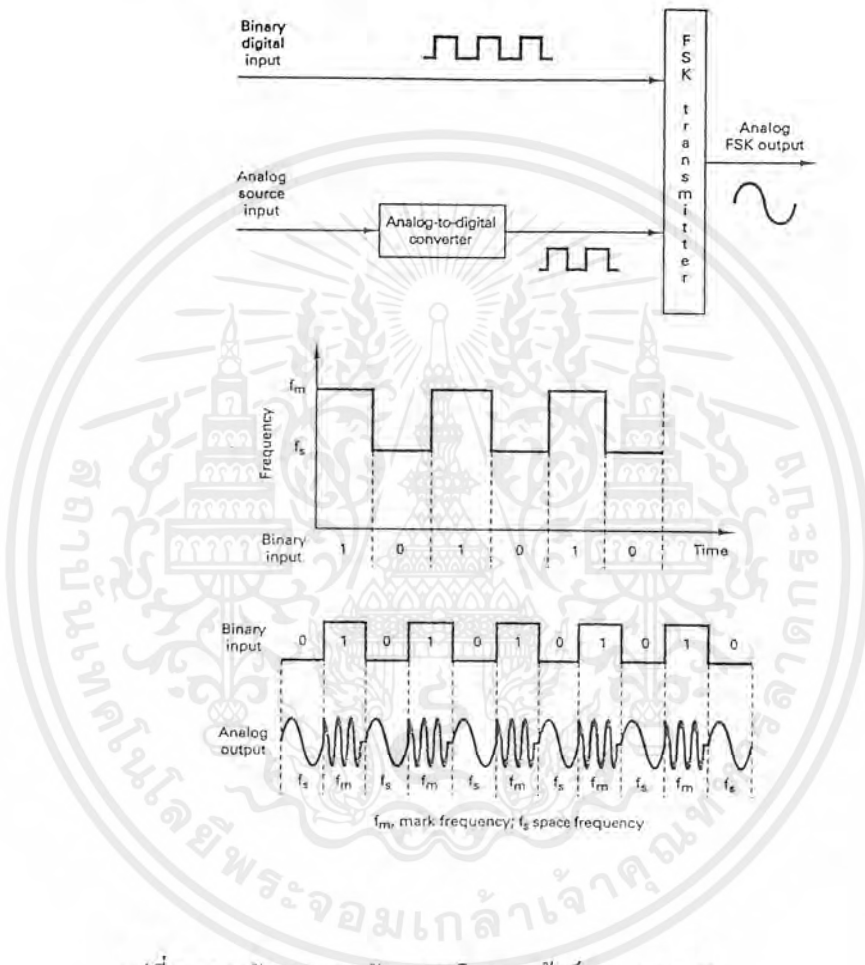
1. หลักการของแอมพลิจูดมอดูเลท (Amplitude Modulation)
2. หลักการของเฟรควเินซีมอดูเลท (Frequency Modulation)
3. หลักการของเฟสมอดูเลท (Phase Modulation)

โดยสัญญาณที่จะส่งออกไป (สัญญาณดิจิทัล หรือ สัญญาณข่าวสารต่าง ๆ) จะถูกมอดูเลททาง

ด้านส่ง และดีมอดูเลททางด้านรับ เพื่อแยกสัญญาณข่าวสารเดิมที่ส่งมาออกจากสัญญาณพาหุ เอกลักษณ์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Carrier Signal) เทคนิคการรวมสัญญาณทางดิจิทัล (Digital Modulation Techniques) ที่จะถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางคือ

1. แบบ FSK หรือ Frequency Shift Keying
2. แบบ PSK หรือ Phase Shift Keying
3. แบบ QAM หรือ Quadrature Amplitude Modulation



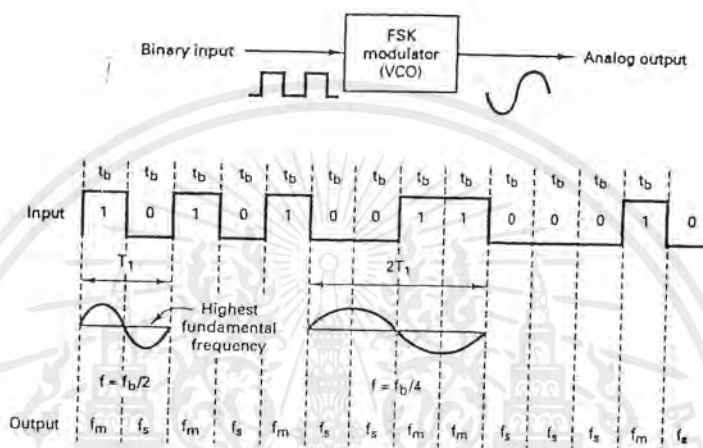
รูปที่ 2.12 หลักการและสัญญาณอินพุต เอาท์พุทของ FSK

2.2.2 ตัวกำเนิดสัญญาณเอฟเอสเค (FSK Generator)

ตัวกำเนิดสัญญาณ FSK ก็คือ ตัวส่งสัญญาณ FSK (FSK Transmitter) ซึ่งมีหลักการที่ว่าเมื่อข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลไบนารีจะทำให้ความถี่ที่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีที่เข้ามา ดังนั้นสัญญาณทางเอาท์พุทของตัวกำเนิด FSK จะอยู่ในรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Frequency Continuous) เมื่อข้อมูลไบนารีด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก “1” เป็นลอจิก “0” (หรือในทางกลับกันคือ ลอจิก “0” เป็น ลอจิก “1”) สัญญาณเอาท์พุทจาก FSK ก็จะเลื่อนความถี่ระหว่าง 2 ความถี่ด้วยกัน คือ ความถี่ลอจิก “1” หรือ Mark Frequency (f_m) และความถี่ที่ลอจิก “0” หรือ Space Frequency (f_s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลง (หรือการเลื่อน) ของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะของโลจิกด้าน สัญญาณเข้าเปลี่ยนแปลงนั่นคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณออกจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลง สัญญาณเข้า ซึ่งในดิจิตอล มอดูเลชันนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านอินพุทของ FSK Generator จะเรียกว่า “อัตรามิท” หรือ Bit Rate มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (BPS.) ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอาท์พุทของ FSK Generator เรียกว่า “อัตราบอร์ด” หรือ Baud Rate ดังนั้นในการ ส่งข้อมูลด้วยเทคนิค FSK อัตรามิทจะเท่ากับอัตราบอร์ดเสมอ



รูปที่ 2.13 FSK มอดูเลเตอร์

2.2.3 แบนด์วิดท์ของ เอฟเอสเค (FSK Bandwidth)

ในระบบการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณความถี่นั้น แบนด์วิดท์ (Bandwidth) เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากวิธีการของ FSK อยู่บนพื้นฐานเดียวกันกับวิธีการของ FM ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่างๆ ก็ใช้หลักการของ FM ทุกอย่าง

จากรูปที่ 2.13 แสดงถึงตัว FSK มอดูเลเตอร์ ซึ่งใช้หลักการเดียวกับเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์ คือ ใช้หลักการของ VCO (Voltage Control Oscillator) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุดของสัญญาณอินพุทจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลไบนารีมีลักษณะเป็น 1 และ 0 สลับกัน ซึ่งก็คือ สัญญาณสี่เหลี่ยมนั่นเอง (Square Wave) ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.13 เป็นสัญญาณในช่วง T_1

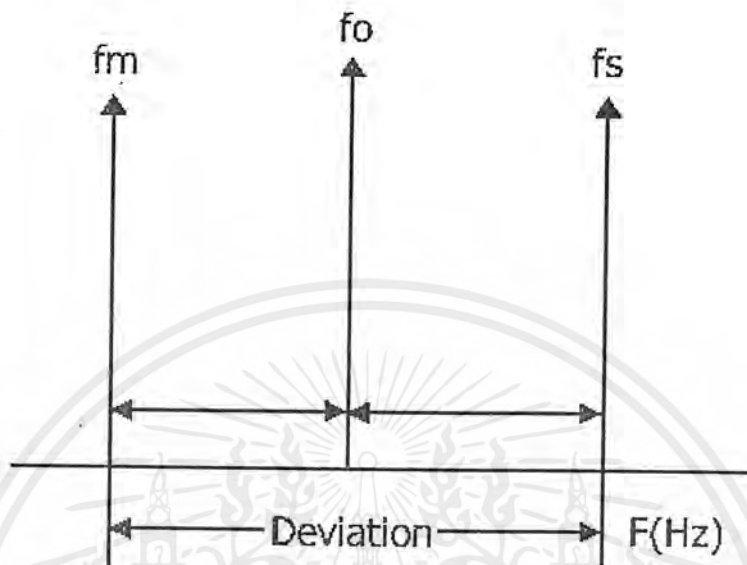
ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียวแล้ว ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมามอดูเลทแบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate คือ

$$f_{a \max} = \text{Bit Rate}/2$$

เมื่อ $f_{a \max}$ = ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่จะนำมามอดูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่กลาง (Center Frequency = f_0) ของ VCO จะอยู่ในตำแหน่งกลาง ระหว่าง Mark Frequency (f_m) กับ Space Frequency (f_s) ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การเบี่ยงเบนความถี่

โลจิก 1 ด้านอินพุตจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก f_0 ไปเป็น f_m จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีด้านอินพุตจาก “1” ไป “0” หรือ “0” ไป “1” จะทำให้ความถี่เอาท์พุทของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนกลับไป-มา ระหว่าง f_m กับ f_s เนื่องจากได้กล่าวมาแล้วว่า FSK นั่นก็คือการมอดูเลต แบบ FM ดังนั้น ดัชนีการมอดูเลต (Modulate Index = MI) ใน FSK ก็ทำได้จาก FM คือ

$$MI = \Delta F / F_a$$

เมื่อ MI = ดัชนีการมอดูเลต

ΔF = การเบี่ยงเบนของความถี่ใด ๆ จากความถี่กลาง (Hz)

F_a = ความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (Hz)

ค่า MI ที่ยอมให้มีได้สูงสุดคือ ค่า MI ที่ทำให้แบนด์วิดท์ กว้างที่สุด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ การเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้วและความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าสูงสุด

ใน FSK มอดูเลต ค่า ΔF เป็นการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุด (Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง f_0 กับ f_m กับ f_s ซึ่งก็คือ ครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่าง f_m กับ f_s นั่นคือ

$$\Delta F = \frac{f_s - f_m}{2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุดขึ้นอยู่กับขนาดหรือแอมพลิจูดของสัญญาณที่นำมาถอดเลข (สัญญาณดิจิทัล) เมื่อสถานะทางโลจิกเป็น "1" ก็จะให้แรงดันออกมาค่าหนึ่งคงที่ตามสถานะ (เช่น 5 V) หรือ ถ้าเป็น โลจิก "0" ก็จะให้แรงดันออกมาคงที่ในระดับโลจิก "0" เช่นกัน (เช่น 0 V) ดังนั้นความถี่ที่เบี่ยงเบนของ FSK มอดูเลทจะเบี่ยงเบนคงที่และอยู่ในระดับการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุดเสมอ

F_a เป็นความถี่หลักของข้อมูลไบนารีด้านอินพุทซึ่งจะทำให้แบนด์วิดท์ กว้างที่สุด เมื่อ $F_a = \text{Bit Rate}/2$ เท่านั้น เพราะฉะนั้นเราสามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = \frac{f_s - f_m}{2} / \frac{f_b}{2}$$

$$MI = \frac{f_s - f_m}{f_b}$$

เมื่อ

$f_s - f_m$ = ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด

f_b = อัตราบิตของไบนารีอินพุท

ในการส่งสัญญาณ FM โดยทั่ว ๆ ไป ความกว้างของแบนด์วิดท์จะแปรผันตรงกับค่า MI ซึ่งเช่นเดียวกับ FSK ที่ค่า MI โดยทั่ว ๆ ไปจะต้องมีค่าต่ำกว่า 1.0 เพื่อให้เป็นเอฟเอ็มแบบแคบ (Narrow band FM) ค่าแบนด์วิดท์ที่แคบที่สุดเรียกว่า Minimum Nyquist Bandwidth (F_n) ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบ FSK มีความถี่กลาง (f_0) = 7 kHz ความถี่สเปส (f_s) = 6 kHz และความถี่ มาร์ก (f_m) = 8 kHz ข้อมูลไบนารีอินพุท Bit Rate = 2 kHz สามารถหา F_n ได้ดังนี้

$$MI = \frac{f_s - f_m}{f_b}$$

$$MI = \frac{6\text{KHz} - 8\text{KHz}}{2\text{KHz}}$$

$$MI = \frac{2\text{KHz}}{2\text{KHz}}$$

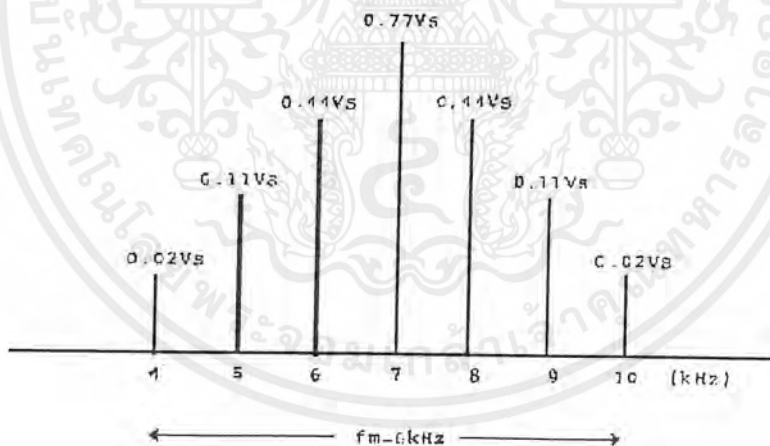
$$MI = 1.0$$

จากตาราง Bessel Function ในตารางที่ 1 เมื่อ $MI = 1.0$ จะได้แถบความถี่ข้าง (Sideband Frequency) ออกมาข้างละ 3 ความถี่ โดยแต่ละความถี่จะห่างจากความถี่กลาง (f_0) ช่วงละ 1 kHz (ซึ่งก็คือ $f_b/2$ เมื่อ f_b คือ Bit Rate = 2 kHz) สามารถเขียนเป็นสเปกตรัมความถี่ได้ดังรูปที่ 2.15

MI	J0	J1	J2	J3	J4
0.0	1.0				
0.25	0.98	0.12			
0.5	0.94	0.24	0.03		
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03

ตาราง 2.1 Bessel Function Table

มีข้อน่าสังเกตคือ MI ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 จะทำให้แบนด์วิดท์ มีค่าประมาณ 2 - 3 เท่าของ Bit Rate เสมอ



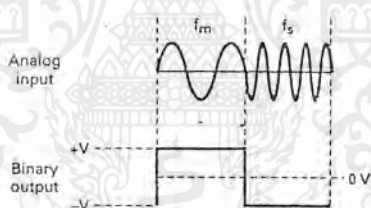
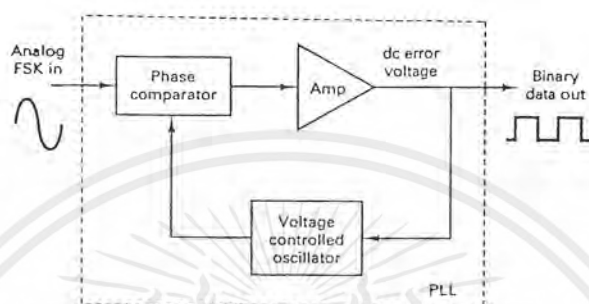
รูปที่ 2.15 สเปกตรัมความถี่ของตัวอย่างที่ 1

2.24 เอฟเอสเคดีมอดูเลเตอร์ (FSK Demodulator)

FSK Demodulator คือ ตัวรับสัญญาณ FSK (FSK Receiver) จะเป็นตัวแยกสัญญาณไบนารีออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจร PLL (Phase Lock Loops) ดังรูปที่ 2.16

PLL ใน FSK Demodulator มีหลักการทำงานเหมือนกับ PLL ใน FM Detector ทุกอย่าง คือจะมีความถี่ฟรีรันนิ่ง เท่ากับ Center Frequency (f_0) และในขณะที่ความถี่อินพุตของ PLL เลื่อนไป-มา ระหว่าง f_m กับ f_s จะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไฟตรง (DC Error Voltage) ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปโฆษณาการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเฟส (Phase Comparator) ของสัญญาณอินพุต เนื่องจากความถี่อินพุตที่เข้ามายัง PLL มีเพียง 2 ความถี่ คือ f_m และ f_s ดังนั้น ค่าแรงดันดังกล่าว จึงมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนด้วยลอจิก “1” และ ลอจิก “0” เมื่อความถี่ทางอินพุตเป็น f_m และ f_s ตามลำดับ เราจึงได้สัญญาณเอาต์พุตจาก PLL กลับมาเป็นข้อมูลไบนารีเหมือนกับตอนแรกที่ส่งมาทุกประการ



รูปที่ 2.16 PLL-FSK ดีโมดูเลเตอร์

2.2.5 แนวทางการออกแบบเฟสล็อกเพื่อการใช้งาน

หลังจากที่เราได้ทราบถึงหลักการและรายละเอียดของการรับ - ส่งข้อมูลด้วย FSK มาพอสมควรแล้ว ก็มาพูดถึงการนำไปใช้งานในทางปฏิบัติ ซึ่งก็คือเราจะออกแบบวงจร FSK ได้อย่างไร เมื่อก่อนการออกแบบวงจร FSK จะใช้อุปกรณ์ประเภททรานซิสเตอร์ และอุปกรณ์พาสซีฟต่าง ๆ มาต่อเป็นวงจร FSK ทั้งด้านรับและส่ง แต่เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีด้านไอซี (Integrate Circuit) ได้พัฒนาไปมาก ทำให้สามารถรวมวงจรต่าง ๆ เข้าด้วยกันบรรจุภายในชิปเล็ก ๆ เช่น ไอซี ออปแอมป์, ไอซี P.I. เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

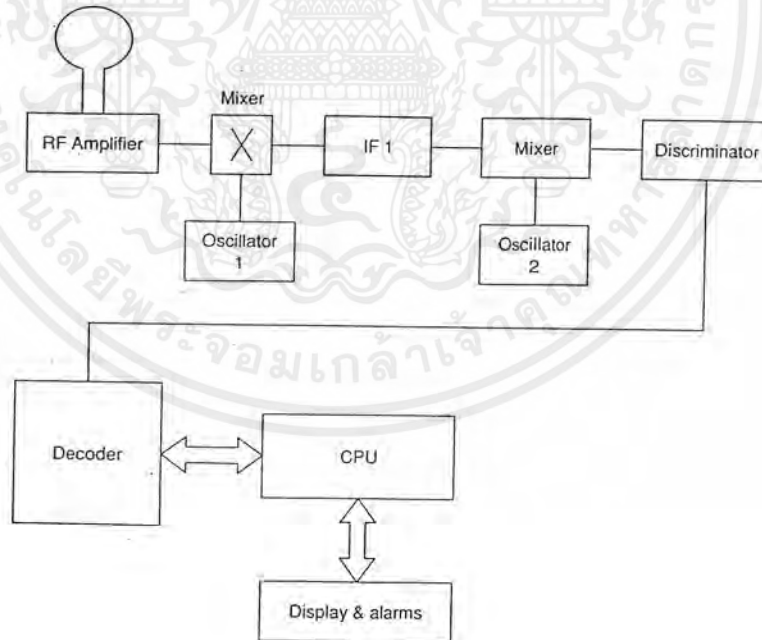
2.4 ทฤษฎีเครื่องรับเพจเจอร์

เครื่องรับเพจเจอร์ใช้สายอากาศรูปในการรับเหมือนเครื่องรับต่าง ๆ โดยจะทำงานเมื่อมีความเข้มสนามไฟฟ้าที่ $6\mu\text{V}/\text{m}$ เมื่ออยู่ในสภาพทั่วไป และ $10\mu\text{V}/\text{m}$ ในตัวเครื่องเพจเจอร์

เครื่องรับเพจเจอร์จะใช้หลักการ ซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดนาม์เปลี่ยนค่าความถี่สองครั้ง ดังรูปที่ 2.17 คุณภาพของเครื่องรับเพจเจอร์ขึ้นอยู่กับความไวในการรับของเพจเจอร์และตัวสายอากาศเองไม่มีผลในการรับของเพจเจอร์มากนัก (เนื่องจากเกนของสายอากาศที่ใช้งานอยู่มีค่า -25 dBd) จึงต้องพึ่งวงจรขยายสัญญาณความถี่สูงภากรับช่วยขยายสัญญาณ จากจุดนี้ค่าสัญญาณรบกวน (Noise) ในภากรับมีค่า 4 dB การเปลี่ยนค่าความถี่สองครั้งของ IF จะช่วงแก้ไขให้ได้สัญญาณที่ต้องการ โดยเลือก IF ตัวที่หนึ่งที่ 10.7 MHz หรือ 21.4 MHz และ IF ตัวที่สองที่ 455 kHz หรือ 30 kHz

2.4.1 พลังงานแบตเตอรี่

โดยส่วนมากพลังงานจะคงที่ประมาณ 5 mW โดยในส่วนมากภากรับสัญญาณความถี่สูงและภากรับขยายสัญญาณเสียงจะใช้พลังงานมาก ส่วนภาค ถอดรหัสสัญญาณ จะใช้เพียง $200\ \mu\text{W}$ การประหยัดพลังงานของแบตเตอรี่ต้องวางระบบให้ภากรับสัญญาณความถี่สูงหยุดทำงานเมื่อรับข้อมูลที่ไม่ตรงกับรหัสของเครื่อง โดยส่วนมาก พลังงานแบตเตอรี่จะได้อมาจาก แบตเตอรี่ขนาด AAA 1.5V



รูปที่ 2.17 โครงสร้างโดยง่ายของเครื่องรับเพจเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความไวในการรับของเพจเจอร์และการออกแบบวงจรความถี่สูง

คุณลักษณะความไวในการรับของเพจเจอร์หาได้จากเครื่องวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในหน่วยของไมโครโวลต์ต่อเมตร ซึ่งระบบการรับของเพจเจอร์เรียกว่า สนามไฟฟ้าความถี่สูงซึ่งมีความน่าจะเป็นในการรับอยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์โดยการสู่มรับในแนวระนาบตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กอีกทางหนึ่งที่วางสายอากาศให้ได้ระยะทางและกลับสายอากาศทำให้มุมในการรับกว้างขึ้นถึง 360 องศา และ รับค่าได้สมบูรณ์กว่าเมื่อเทียบกับ การรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งที่นอกเหนือไปจากนี้คือการวัดโดยเทียบกับคน

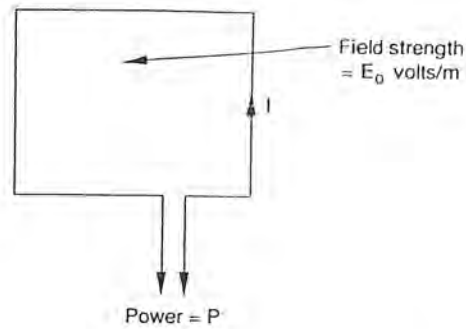
เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดที่แน่นอนในการวัดค่าความไวของการรับซึ่งมีผลกระทบมาจากตัวคน เพราะไม่มีค่าของคนที่เป็นมาตรฐานในการวัด (ซึ่งคือค่าน้ำหนักของคน และส่วนสูง ที่เกี่ยวข้องอีกอย่างหนึ่งคือเสื้อผ้าซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อการวัด)

ในระบบมาตรฐานเพจเจอร์ ความไวในการรับสัญญาณจะอยู่ในช่วงระหว่าง $5\mu\text{V/m}$ ถึง $50\mu\text{V/m}$. ยกตัวอย่างเช่นจะพิจารณาเพจเจอร์รับสัญญาณมาได้ขนาด $6\mu\text{V/m}$ ที่ความถี่ 150 MHz ในการออกแบบระบบทำให้เกิดการยากลำบากในการรับสัญญาณ จึงต้องการสัญญาณที่มีความเข้ม มากกว่านี้เพื่อสะดวกในการรับสัญญาณ ในความเป็นจริงเพจเจอร์ไม่ได้รับสัญญาณมาจากแค่เครื่องส่งอย่างเดียว จะได้รับสัญญาณมาจากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ด้วย ซึ่งจะเป็นผลกระทบต่อการออกแบบ ซึ่งถ้าต้องการออกแบบให้สามารถรับสัญญาณได้โดยง่ายโดยอธิบายโดย ล็อกกาลิทึม ได้ดังนี้ $6\mu\text{V/m} = 20 \times \log 6$ หรือ เท่ากับ $15.6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ในการออกแบบที่น้อยที่สุดของสนามไฟฟ้าที่ได้ออกมาจะอยู่ที่ $29.6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ (โดยประมาณอยู่ที่ $30 \text{ dB}\mu\text{V/m}$)

2.4.3 สายอากาศภาครับในเครื่องรับเพจเจอร์

เครื่องรับเพจเจอร์โดยมากจะใช้สายอากาศแบบรูปติดตั้งภายในเนื่องจากขนาดของสายอากาศมีความสำคัญกับประสิทธิภาพของการรับเพราะสายอากาศแบบรูปมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น กระแสที่ไหลอยู่ในรูปสามารถพิจารณาได้จากรูปแบบของสายอากาศ และสายอากาศแบบรูปมีรูปร่างคล้ายกับสายอากาศแบบไดโพลจั่ว คุณลักษณะของสายอากาศรูปสรูปได้ ในตารางที่ 2.2 โดยแสดงร่วมกับคุณลักษณะของสายอากาศไดโพลและสายอากาศไดโพลจั่ว

สายอากาศมีความน่าสนใจที่จุดช่องเปิดขนาดเล็กของรูป ซึ่งเป็นผลอันเกี่ยวเนื่องกับขนาดของรูป และสัดส่วนของความยาวคลื่น ซึ่งอัตราการขยายของสายอากาศสัมพันธ์กับ สายอากาศไดโพลรั้ง ความยาวคลื่นมันคือตัวแปรกับความถี่ที่เปลี่ยนแปลง ในการเห็นครั้งแรกของสายอากาศนั้นก็ขอขนาดของความยาวคลื่น ทำให้เกิดการรับสัญญาณได้ในรูป อย่างไรก็ตามนั้นก็ไม่ใช่การอธิบายถึงความสามารถเมื่อความต้านทานในการแพร่กระจายคือสิ่งที่ต้องพิจารณา ยกตัวอย่างเช่น เพจเจอร์ที่ทำงานอยู่ที่ความถี่ 100 MHz และมีติของรูปคือ $6 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ (0.0024 m^2) และความยาวคลื่นคือ $300/100$ เท่ากับ 3 m. ความต้านทานในการแพร่กระจายคลื่นมีค่าเท่ากับ



รูปที่ 2.18 รูปทรงของตัวอย่างสายอากาศเพจเจอร์

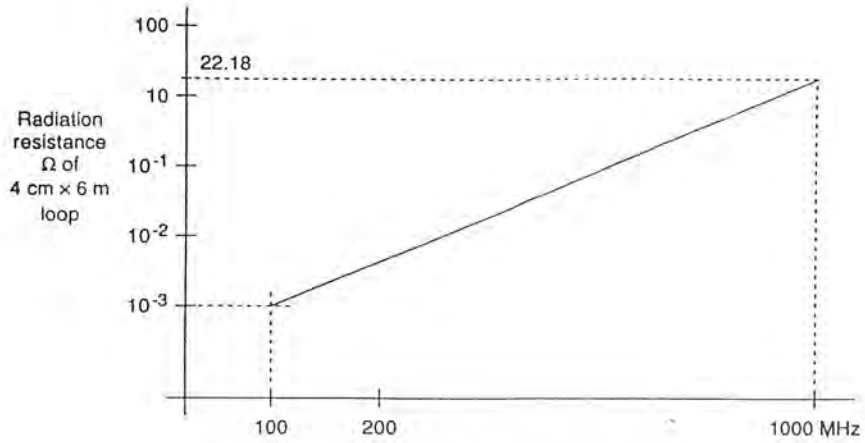
0.00222 โอห์ม เมื่อคิดที่ความถี่ 1,000 MHz ความต้านทานที่เกิดขึ้นจากแพร์กระจายคลื่นจะเพิ่มขึ้นเป็น 22.18 โอห์ม แสดงดังกราฟรูปที่ 2.19

Antenna Type	Radiation Resistance	Effective Aperture*
Short dipole	$80 \times (\pi \times L / (\text{wavelength} \times 2))^2$	$0.119 \lambda^2$
Half-wave dipole	73	$0.13 \lambda^2$
Small loop	$31200 \times (A / (\text{wavelength})^2)^2$	$0.119 \lambda^2$

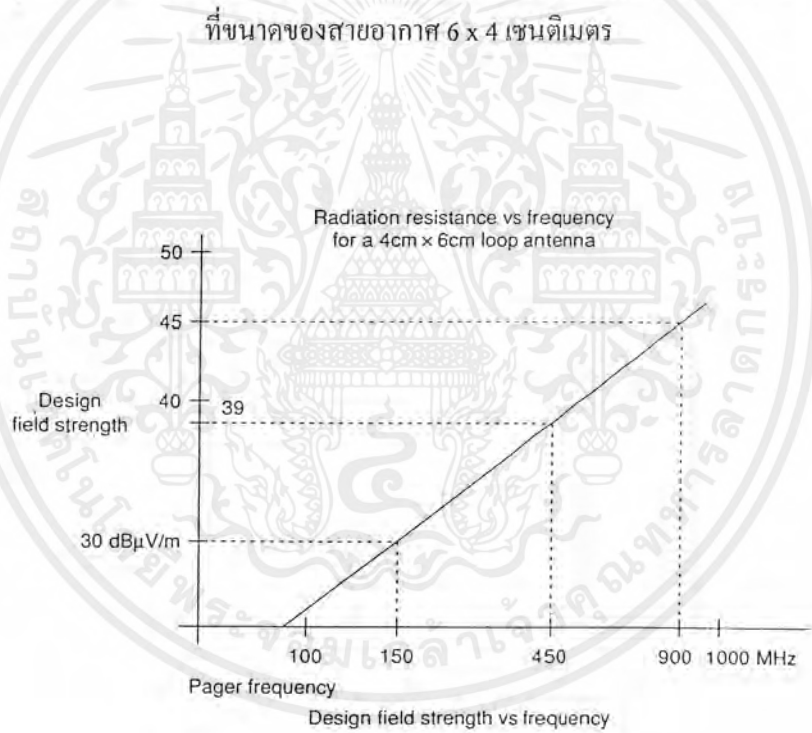
ตารางที่ 2.2 แสดงความต้านทานที่เกิดจากการแผ่กระจายคลื่นและ ผลกระทบจากช่องเปิด ของรูขบขนาด เล็ก , ไดโพลขนาดจิ๋ว และ ไดโพลขนาดความยาวครึ่งคลื่น

ความสำคัญของความต้านทานที่เกิดขึ้นจากแพร์กระจายคลื่นสามารถแสดงได้ เมื่อเกิดขึ้นกับ ความต้านทานในสายอากาศ และในส่วนแรกของภาครับเพจเจอร์ที่ต้องพิจารณา เป็นเรื่องที่ยากในการทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ กับส่วนขยายในภาครับเพจเจอร์นอกเหนือจากให้ความสำคัญกับการสูญเสียที่เกิดขึ้น

สามารถที่จะหาแกนของรูปได้ ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามค่าความถี่โดยจะเพิ่มขึ้นทุก ๆ 4 เท่า (6dB) เทียบกับ ความยาวคลื่น ในกรณีของรูปและอิมพีแดนซ์ภาครับแสดงความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.20

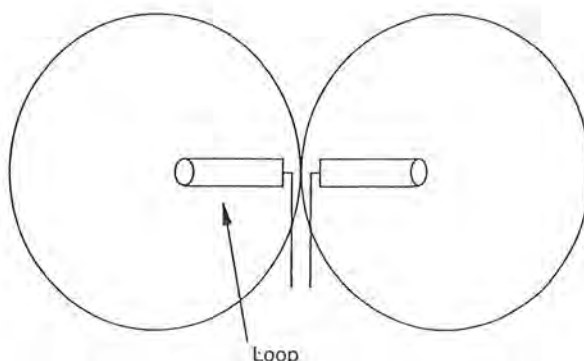


รูปที่ 2.19 แสดงค่าความต้านทานการแผ่กระจายคลื่นในฟังก์ชันของความถี่ ที่ขนาดของสายอากาศ 6 x 4 เซนติเมตร



รูปที่ 2.20 แสดงการเปลี่ยนค่าเกณฑ์ ความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงสนามระยะไกลของสายอากาศแบบลูป

2.4.4 ทิศทาง

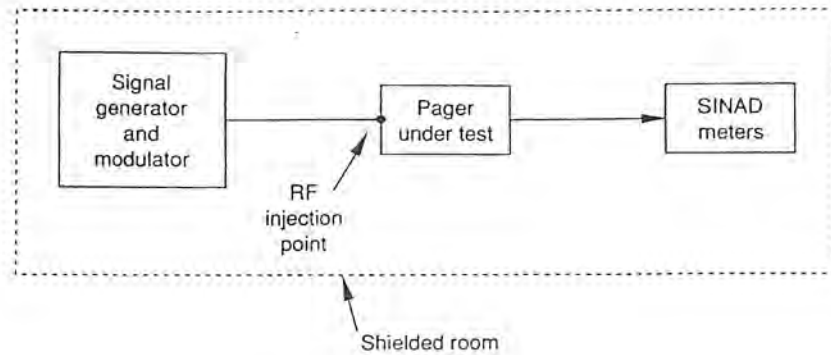
ทิศทางในการชี้ของสายอากาศหาได้จากการเปรียบเทียบระหว่างความแรงของสัญญาณรับเข้ามา เทียบกับความแรงของสัญญาณเฉลี่ย โดยที่ลูปขนาดเล็กจะมีค่า 1.5 ซึ่งการชี้ทิศทางใกล้เคียงกับไดโพลจิว และไดโพลที่มีความยาวครึ่งคลื่น (มีค่าเท่ากับ 1.64) อย่างไรก็ตามเพจเจอร์ ไซ้บูม และเกนถ้ำทิศทางไม่ใช่ ทิศทางโดยตรงค่าความแรงของสัญญาณจะลดลงมา 6 dB จากค่าสูงสุด รูปการชี้ทิศทางแสดงดังรูปที่ 2.21

2.4.5 ความผิดพลาด

อุปกรณ์ CMOS ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์สูงจะใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสเดรน(Drain) และ เพิ่มอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การใช้เทคนิควางอุปกรณ์แบบวางพื้นผิว(Surface mount) ช่วยแก้ไข MTBF และลดขนาดของเพจเจอร์ลง ซึ่งในจุดนี้เป็นผลทำให้ต้องระวังในข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นซึ่งเกิดจากฝุ่น และน้ำ คราบสกปรกไม่สามารถมองเห็นได้ยากด้วยตาเปล่าและมักจะทำให้เกิดข้อผิดพลาด จึงต้องมีการตรวจสอบและทดสอบก่อนจะเกิดปัญหา เพจเจอร์เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ทนต่อน้ำและ ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นตัวป้องกันภายนอกก็มีความทนทานต่อน้ำได้จำกัด และถ้าเกิดรอยแตก หรือรอยแยกขึ้นก็ทำให้น้ำเข้าไปได้

ขจัดสนิมถ้าสนิมนั้นเกิดขึ้นได้ไม่นานนัก สามารถที่จะกำจัดออกไปได้โดยแมทรินคลอไรด์ (Methylene chloride) แต่ ถ้าต้องการกำจัดออกให้หมดควรทำความสะอาดพลาสติกคลุมด้วย ซึ่งก็พอเพียง สำหรับการกำจัดสนิมแล้ว

การทดสอบ ความไว ซึ่งสามารถหาผล โดยอยู่ในห้องที่ออกแบบให้มีการป้องกัน ซึ่งต้องการ ความถูกต้องแน่นอน และถูกต้องของส่วนประกอบ ของความถี่สูง การทดสอบ SINAD โดยการส่ง สัญญาณพาห้ ซึ่งรู้ค่าระดับของสัญญาณและการเปลี่ยนแปลง และวัดอัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับ สัญญาณรบกวน (signal-to-noise ratio) ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดง การวัดแบบ SINAD

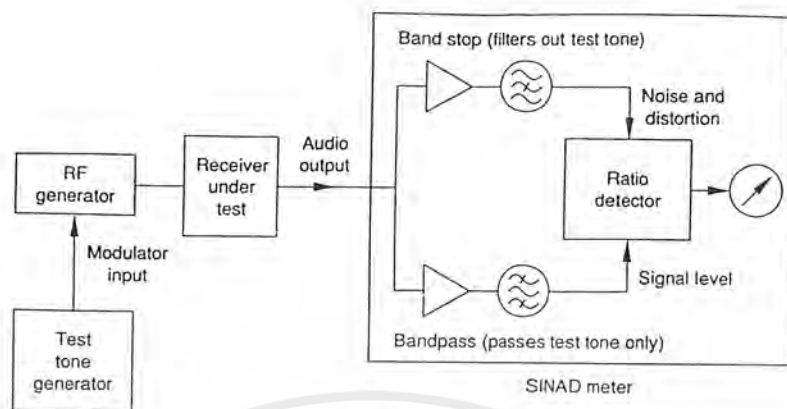
ความไวในการรับอยู่ ระหว่าง $0.35\mu\text{V/m}$ หรือ 12 dB SINAD ซึ่งสามารถอธิบายได้ ซึ่งทาง ด้านเทคนิค รู้จักกันในชื่อของ ระดับสัญญาณรบกวน แทนที่ SINAD มิเตอร์แม้ว่าสามารถใช้ได้บาง โอกาส (หรือ อาจจะบ่อย ๆ) ก็ไม่ใช่เรื่องที่จะนำยีนดีที่จะเกิดขึ้น รับสัญญาณของเราสามารถที่จะแยกแยะ สัญญาณความแตกต่างได้ประมาณ 2 - 3 dB แต่ไม่ตลอดไป โดยเฉพาะดิจิตอลเพจเจอร์ ความแตกต่างกัน 2-3 dB หมายถึงระดับที่ทำให้ทำงานหรือไม่ทำงานได้เลย

การวัดแบบ SINAD หนึ่งในความสำคัญมากที่สุดของ ส่วนประกอบของการวัด ซึ่งคือวิธีที่ดีที่สุด ที่จะอธิบาย ความแตกต่างระหว่าง เครื่องส่งความถี่สูงและ SINAD มิเตอร์ รูปที่ 2.24 แสดง SINAD มิเตอร์ เครื่องส่งความถี่สูง ส่งสัญญาณความถี่ตามที่กำหนดเพื่อทดสอบ และ ค่าการเปลี่ยนแปลง (โดย ปกติใช้ค่า ความถี่ 1 kHz และค่าการเปลี่ยนแปลงที่ 1 kHz) สำหรับการรับ โดย SINAD มิเตอร์ ใช้ กรอง สัญญาณภายในและแยกกันระหว่างสัญญาณทดสอบเสียง (สัญญาณที่ต้องการ) จากอุปกรณ์อื่น ๆ (เพื่อ ป้องกันสัญญาณรบกวนและการบิดเบือนของสัญญาณทางด้านภาครับ)

เครื่องวัดอ่านค่า SINAD และ ระดับสัญญาณความถี่สูงจนกระทั่งค่าของ SINAD แสดงออกมา ปรับแต่งค่าระดับการกรองสัญญาณคือ บางเวลาใช้การจำกัด แบนด์วิดท์ และ ไม่ควบคุมสัญญาณรบกวน และ ไม่ควบคุมการบิดเบือนของสัญญาณ นี่คือเหตุผลที่เครื่องรับสามารถหาช่องทาง ด้วยตนเอง โดยการ กรองสัญญาณและการถอดรหัส และ การได้รับสัญญาณเปรียบเทียบกัน ไม่สามารถตอบสนองได้ได้ทุก ความถี่เท่ากันหมด ด้วยเหตุนี้ระดับการกรอง จึงให้ผลออกมาให้การลดระดับสัญญาณได้ค่อนข้างจะค้ กว่าค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน

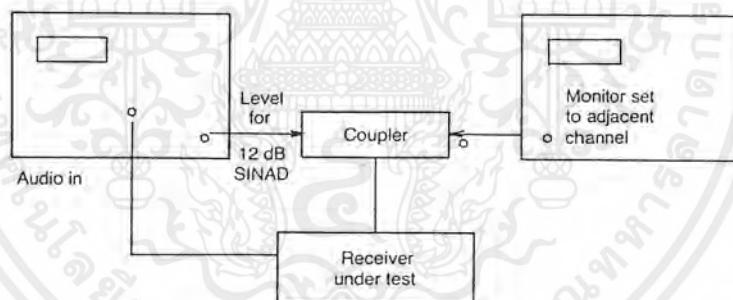
การวัดความบิดเบือนของ SINAD มิเตอร์สามารถใช้ในการทดสอบวัด การบิดเบือนของเครื่อง รับดีว่า ระดับสัญญาณความถี่สูงมีค่าไม่เพียงพอการขยายของภาครับจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นมา ระหว่าง 70 dB เทียบกับสัญญาณข้อมูล และ จุดนี้คือระดับแตกต่างเล็กน้อย ถ้าสัญญาณเสียงทดสอบ 1 kHz คือปัจจุบันเพิ่มขึ้นจากการผลิตสัญญาณที่ 25 เปรอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด ซึ่งระดับพลังงาน นั้นตอบสนองต่อค่าเฉลี่ยจะเป็นสัญญาณที่มีคุณภาพ SINAD มิเตอร์จะสามารถเก็บสัญญาณทำให้ความ บิดเบือนของสัญญาณอยู่ที่ 5 เปรอร์เซ็นต์ หรือ $10 \log 0.05 = -13\text{dB}$ เมื่อเทียบกับสัญญาณเสียงทดสอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดง SINAD มิเตอร์

การวัดช่องทางในการสัญญาณที่ต้องการ คือ สร้างสัญญาณแรกที่มีระดับย่านความถี่ที่ต้องการ 12dB SINAD และ สร้างสัญญาณที่สอง คู่ของการรับสัญญาณอินพุท และเข้าสำหรับช่องทาง สัญญาณที่สองเป็นการเปลี่ยนระดับสัญญาณ จนกระทั่ง SINAD ตกลงมาที่ 6 dB ดังแสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงการสร้างสัญญาณ สองสัญญาณเพื่อวัดช่องสัญญาณ

2.4.6 รูปแบบรหัสและการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาด (CODE FORMAT AND ERROR CORRECTION)

ระบบการส่งแบบอนาล็อกนั้นหนีไม่พ้น การรบกวนของสัญญาณอื่นเนื่องมาจากการเชื่อมต่อกันของระบบทำให้เกิด สัญญาณรบกวนขึ้นได้ ในการเชื่อมต่อระบบอนาล็อก เป็นสิ่งที่ทำให้เกิด สัญญาณรบกวน และ การบิดเบือนของสัญญาณได้ในตัวมันเอง ในระบบดิจิทัลจะสามารถที่จะสร้างเครื่องทวนสัญญาณ หรือ ส่งผ่าน ไม่ใช่เพียง เครื่องขยายสัญญาณ แต่ สามารถสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่ได้ การเตรียมการสำหรับแก้ไขข้อผิดพลาด ในการใช้ การสร้างรหัส สามารถสร้างโดยไม่มีหลักเกณฑ์ใดๆ

แท้จริง คือ ระบบส่งผ่านแบบทางเดียว สามารถใช้ Forward Error Correction (FEC) โดยทั่วไป ในการส่งแบบ สองทางสามารถใช้ Automatic Repeat Requests (ARQs) ระบบส่งแบบสองทางเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวที่การตรวจสอบ รหัสที่ผิดพลาดเป็นสิ่งจำเป็น รหัสที่ผิดพลาดสามารถแก้ไขได้ทันที โดยทางเทคนิคสามารถตรวจแก้ไขรหัสที่ผิดพลาดและตรวจสอบรหัสที่ผิดพลาดจะคล้าย ๆ กัน

2.4.7 รหัสบล็อก (Block Code)

ข้อมูลแบบดิจิทัล สามารถสร้างขึ้นมาได้โดยใช้ตัวอักษร โดยจะเรียงกันเป็นกลุ่มของ ข้อมูล เมื่อการตรวจแก้ไขรหัสถูกผนวกเอาไว้กับกลุ่มของรหัสข้อมูลนั้น

พาริตี คือสิ่งที่ยากอีกอย่างหนึ่งสำหรับการตรวจแก้ไข/ตรวจสอบ รหัสที่ผิดพลาด ในรูปแบบง่าย ๆ ส่วนมาก ยกตัวอย่าง ข้อความ ซึ่งมีข้อมูลขนาด 8 บิต จะมี พาริตีบิต จำนวน 1 บิต นี่คือบิตที่เพิ่มเข้าไปสำหรับความถูกต้องของจำนวน "1s" ในข้อความโดยตรวจสอบจากว่าเป็นคู่หรือคี่ (หมายถึงการเลือกการตรวจสอบของ พาริตี) ในตัวอย่างที่กล่าวมา ส่วนของข้อมูลข่าวสารคือ 8 บิตโดยการเข้าใจง่าย ๆ ว่าระบบนี้จะทำงานอย่างไร สมมติให้ ข้อมูล มีค่า 1011001 ในการส่ง

จำนวนของข้อมูล "1s" จะมีค่าเท่ากับ 4 โดยการคิดข้อมูลในส่วนของ พาริตีคู่ โดยจะได้ บิตสุดท้ายเท่ากับ 0 นั่นคือ ข้อมูล 8 บิต 10110010 ถ้าเป็น พาริตีคี่ จะได้ บิตสุดท้ายเท่ากับ 1 และข้อมูลที่ได้ออกมาคือ 10110011

ระบบ ARQ นี้คือ ทุกอย่างที่ต้องการ มี การตรวจสอบรหัสผิดพลาด ร้องขอการส่งสัญญาณกลับคืนมาใหม่ ข้อจำกัดอื่นที่ว่า รหัสที่ต้องการมีข้อผิดพลาดหนึ่งที่ และสามารถแก้ไขความผิดพลาด จะเกิดข้อผิดพลาดสองที่ ซึ่งเกิดจาก พาริตีถูกต้องอีกด้วย ทั้งที่ข้อจำกัด

ขยายความส่วนนี้ มันคือ อาจจะเป็นไปได้ที่การส่งผ่านโดยการใช้ พาริตี 2 บิตต่อข้อมูลที่ผิดพลาดแม้แต่ในโหมด FEQ

เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นพิจารณาข้อมูลจำนวน 4 บิต ถ้าข้อมูลมี พาริตี 1 บิตและ บล็อกข้อมูลหนึ่งมี พาริตีคี่แล้ว ข้อมูลบิตในข้อผิดพลาดสามารถ ตรวจสอบได้ โดยใช้ พาริตีคู่ในการตรวจสอบได้ดังนี้

	Information	Parity Bit
Word 1	101	0
Word 2	111	1
Word 3	001	1
Word 4	010	1

Block Parity	001	1

ซึ่งแม้แต่พาริตีได้ถูกใช้สำหรับบล็อกข้อมูลทั้งหมด และบล็อกข้อมูลจะสมบูรณ์ เหมือนกันเพื่อใช้ พาริตีคี่สำหรับคำตรวจบิตและ พาริตีคู่ สำหรับ บล็อกข้อมูล

ตอนนี้ข้อมูลนั้นอาจเกิดข้อผิดพลาดในบิตที่สองของข้อมูล (ซึ่งคือ X แทนศูนย์ บิตหนึ่งจุด) เราตอนนี้ได้และมันสามารถเห็นซึ่งข้อผิดพลาดสามารถสืบหาโดยการตรวจผ่านข้อผิดพลาดจากแถวตั้ง และตรวจจากแถวนอน

	Information	Parity Bit	
Word 1	101	0	
Word 2	1X1	1	--- Error in parity
Word 3	001	1	
Word 4	010	1	

Block Parity	001	1	

เพราะว่าเครื่องรับเพจเจอร์ทำงานในระดับสูงกว่าสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อม อัตราข้อผิดพลาดซึ่งมากกว่า 1 ใน 16 ของข้อมูลทั้งหมด มากกว่า เป็นเทคนิคที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ ใช้เทคนิคคือ รหัสแฮมมิง (Hamming Code)

รหัสบล็อก อาจจะประกอบด้วยตัวเลขบางตัว ข้อความ, k , รวมทั้ง $n-k$ ข้อผิดพลาด - การตรวจสอบบิต (ที่ซึ่ง n คือตัวเลขผลรวมของบิตในBlock) เช่นนั้นรหัสจึงเป็น (n,k) อัตราส่วนของรหัสคือ $r=k/n$ ($0 < r < 1$) นั่นคือ อัตรารหัส

2.4.8 รหัสคอนโวลูชัน (Convolutional Code)

รหัสคอนโวลูชันแตกต่างจากบล็อกรหัสโดยการดูข้อมูลเป็น ข้อมูลที่เรียงกันตามลำดับและจะกำเนิด พาริตีบิตเรียงตามลำดับไปกับข้อมูลด้วย ทั้งนี้ชนิดของ การเข้ารหัส คือ แบ่งจาก รหัสบล็อกโดยใช้หน่วยความจำ ดังนั้นซึ่ง การเข้ารหัส จะเกิดก่อนการส่งค่าออกไป

รหัสคอนโวลูชันตัวอย่างเกี่ยวข้องกับการแปลงรหัส(ซึ่งจะมีค่าคือ $r=0.5$) เพราะว่าพวกเขาสามารถแก้ไขข้อความต่อเนื่องของข้อผิดพลาด เป็นทางความคิดสำหรับการตรวจแก้ไขเมื่อข้อผิดพลาด เกิดขึ้นถึงเวลาสัญญาณรบกวน

2.4.9 รหัสแฮมมิง (HAMMING CODE)

รหัสแฮมมิง (Hamming Code) สร้างขึ้นโดย RICHARD HAMMING ในปีค.ศ. 1950 ซึ่งสามารถที่จะแก้ไขข้อผิดพลาด โดยมากกว่าแก้ไขข้อผิดพลาดโดยการตรวจแก้ไขเทคนิค รหัสแฮมมิงถูกผลิตออกมาแก้ไขข้อผิดพลาดได้ดีกว่า ระบบเดิมที่มีอยู่แล้ว และมีค่าของตัวเลขใกล้เคียงค่าที่คำนวณได้ ตัวจำนวนของบิตเกินมาสามารถหาได้จากสมการ

$$2^n \geq k + n + 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราหัดสำหรับเทคนิคนี้คือ $r = k/n = 1 - 1/n \times \log^2(n + 1)$ สมการนี้สามารถทำงานได้อย่างดีกับค่ายาว ๆ

บิตที่เกินมาก ถูกย้ายที่ใด ๆ ในคำแต่การยึดหลักบนโหมดในการส่งนั้นอาจจะเป็นตำแหน่งซึ่งจะปรับปรุงสัญญาณที่จะมารบกวนระหว่างการส่ง

แสมมิ่งบิตเกิดขึ้นจากการ เอกซ์ครุซีฟออร์ (X-ORed) กับค่ากับแต่ละบิตข้อมูลกับค่าของ "1" ที่เครื่องรับ แสมมิ่งบิตถูกขยายและเอกซ์ครุซีฟออร์กับทั้งหมด "1s" ผลลัพธ์ให้ตำแหน่งบิตที่ผิดพลาดหนึ่งตำแหน่ง

2.4.10 เลขคณิตมอดูโล-2 (MODULO-2 ARITHMETIC)

คือหัวใจของการใช้มากที่สุดในสมัยใหม่ในการแก้ไขผิดพลาด เลขคณิตมอดูโล-2 ในใจความถูกอ้างถึงนั่นเองโดยกฎดังต่อไปนี้สำหรับไบนารีตัวเลข

- ทุก ๆ ตัวเลขประกอบไปด้วย 1 หรือ 0
- $1 + 1 = 0$
- $1 + 0 = 0 + 1 = 1$
- $0 + 0 = 0$
- การบวกของตัวเลขไบนารีคือการนำกฎข้างบนบวก

2.4.11 การบวก (ADDITION)

สำหรับตัวอย่างการบวก 111001 และ 100011 เป็นข้างล่าง

$$\begin{array}{r} 111001 \\ + 100011 \\ \hline 011010 \end{array}$$

นำกฎเพื่อ a และ d จากข้างบนมาใช้ซึ่งกระทำโดยใช้ เอกซ์ครุซีฟออร์

2.4.12 การลบ (SUBTRACTION)

การลบเหมือนกับ การบวกทุกประการ

2.4.13 การหาร (DIVISION)

Division ถูกถือออกในเดียวกันกับวิธีการของการหารง่าย ๆ สำหรับ ตัวอย่างการหารดูได้จากสมการนี้ นำ 111 หารกับ 11001

$$\begin{array}{r} 11 \\ 111 \overline{)11001} \\ \underline{111} \\ 00101 \\ \underline{111} \\ 10 \end{array}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.14 การคูณ (MULTIPLICATION)

การคูณถูกกระทำเดียวกันเป็นการคูณเลขปกติ ยกเว้นการบวกคือ เลขคณิตมอดุโล-2 สำหรับการคูณกำหนดให้ 111 คูณกับ 110

$$\begin{array}{r} 111 \\ \times 110 \\ \hline 000 \\ 110 \\ \hline 10010 \end{array}$$

การคำนวณของเลขคณิตมอดุโล-2 จะให้ผลที่ออกมาไม่ตรงกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ แต่สิ่งสำคัญซึ่งเกิดขึ้นมันจะผลิต ผลลัพธ์ซึ่งสามารถผลิตอีกครั้งในโดยง่าย อุปกรณ์ โดยมาก ทัวไปใช้รหัส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ รหัสบล็อกต่อมาถูกพัฒนาในกลางปีค.ศ. 1950 เมื่อแรก การพิสูจน์สมการรหัส เกิดปรากฏการใช้เลขคณิตมอดุโล-2ไม่ค่อยได้รับการรู้จักมากนักคั้งนั้นแต่ที่เวลาอาจจะได้เป็นความจำเป็นในการนำไปใช้ของวิชาที่เกี่ยวกับไมโครโปรเซสเซอร์เทคโนโลยี

2.4.15 วงรอรหัสบล็อกข้อมูล (CYCLIC BLOCK CODES)

โดยมาก ทัวไปใช้รหัสนี้เป็นการพิสูจน์สมการของวงรอรหัสข้อมูล โดยที่ รหัสวงรอบ คือหนึ่งในข้อมูลรหัส สามารถใช้ได้กับแบบฟอร์มคำรหัสอื่น ๆ พิจารณารหัสที่แบบฟอร์มโดยบิตใจความ m_1, m_2, m_3 , และรหัสตรวจบิต c_1, c_2, c_3 เพื่อแบบฟอร์มคำรหัส

$$m_1 \ m_2 \ m_3 \ m_4 \ c_1 \ c_2 \ c_3$$

$$1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1$$

เมื่อไรเลื่อนตำแหน่งไปทางด้านซ้ายจะได้

$$0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1$$

ซึ่ง 0010 คือ ข้อมูลที่ได้รับ และ 111 การตรงกับตรวจตามลำดับ ความสำคัญของ ลำดับรหัสถึงเวลาศูนย์กลาง ซึ่งพวกเขาสามารถเข้าใจโดยง่าย เช่นเดียวกันกับวงจรของเลขคณิตมอดุโล-2 ข้อมูลที่ได้ตรงกับ การตรวจบิตถูกกำเนิดโดยการหารบิตข้อมูล (n บิตข้อมูลที่เป็นสำรองโดยจำนวนเท่ากับศูนย์, n) โดยตัวเลขไบนารีของความยาว $(n + m + 1)$ ตัวเลขไบนารีตัวนี้บ่อย ๆ เทียบได้กับการสร้างสมการอนุกรม สิ่งสำคัญของเศษส่วนคือ ผลที่คงเหลือ นั่นก็คือข้อมูลของรหัสตรวจสอบ ค่าข้อมูลของของคำคั้งนั้นที่กำเนิด ซึ่งมีคือสมมุติหลายของเศษส่วน ดังนั้นง่ายต่อการตรวจสอบสำหรับข้อผิดพลาดโดยเครื่องรับคือเกิดหารคำที่รับ และบางผลลัพธ์ที่คงเหลือ อื่น ๆ กว่าศูนย์แสดงข้อผิดพลาดอย่างละเอียด กับตัวเลือกของเศษส่วนการตรวจแก้ข้อผิดพลาดยังเป็นไปได้

2.4.16 รหัสบีซีเอช (BCH CODE)

รหัสบีซีเอช (บีซีเอช ถูกสร้างขึ้นโดยนักคิด Bose, Chaudhuri และ Hocquenghem, ผู้ซึ่งสามารถพิจารณาสมการรหัสซึ่งเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1950) เป็นรหัสรู้จักอย่างทั่วไปใช้รหัสส่วนนี้รหัสถูกเจาะจงโดยความยาวข้อความและผลรวมของมันเป็น (n,m)

Divisor											
n	m	T									
7	4	1								1	011
15	11	1								10	011
15	7	2							111	010	001
15	5	3						10	100	110	111
31	26	1						11	101	101	001
31	21	2				1	000	111	110	101	111
31	6	3			101	100	010	011	011	010	101
31	6	7	11	001	011	011	110	101	000	100	111
N = จำนวนของข้อมูล											
M = จำนวนของข้อความในข้อมูล											
T = จำนวนตัวเลขสูงสุดที่พบความผิดพลาด											

ตาราง 2.3 รหัสบีซีเอช สำหรับ ความยาวของคำที่มีค่าถึง 31

รหัสบีซีเอชนั้นที่พวกเขาสามารถอธิบายเพื่อแก้ตัวเลขที่ให้บางตัวของสุมข้อผิดพลาดต่อรหัสคำสำหรับความยาวบล็อก ที่เพิ่มสูงขึ้นสองถึงสามร้อยบิต มันอยู่ท่ามกลางประสิทธิภาพ ในเทอมความยาวของบล็อกและอัตรารหัส ดู ได้ดังตาราง 2.3 ให้ บีซีเอชตัวหารสำหรับคำความยาวถึง 31

2.4.17 รหัสอนุกรม (POLYNOMIAL CODES)

รู้จักกันโดยทั่วไปสำหรับ รหัสวงรอบ ซึ่งก็คือรหัสอนุกรม ข้อมูลรหัสทั่วไปสามารถอ้างถึงโดย ข้อมูลอนุกรมดังนี้

$$f(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots + x^{n-1}$$

โดยที่ x สามารถมีค่าได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น และซึ่งค่าของ x มีผลต่อสมการทั้งสมการ สิ่งสำคัญอย่างมากซึ่งสมการอนุกรมนี้ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้หนึ่ง และ สำหรับจุดประสงค์ของข้อความนี้มันสามารถนำข้อความเล็กไปใส่ในข้อมูลใหญ่ได้โดยนั้นก็คือบิตรหัส ตัวประกอบ x^k โดยที่ $x=0$ จะทำให้ได้ $k < n-1$ โดยที่ k th ไม่อยู่ในสมการ

ตัวอย่าง CCITT V41 (256,240) รหัสใช้ 17-digit divisor

10001000000100001

สิ่งซึ่งสามารถอ้างถึงโดยสมการอนุกรมดังนี้

$$g(x) = 1 + x^4 + x^{11} + x^{16}$$

2.4.18 รหัส โกลเลย์ (GOLAY CODE)

รหัสโกลเลย์ถือกำเนิดโดยจากสมการอนุกรมดังนี้

$$g(x) = 1 + x^2 + x^4 + x^5 + x^6 + x^{10} + x^{11}$$

หรือ

$$g(x) = 1 + x + x^5 + x^6 + x^7 + x^9 + x^{11}$$

รหัสโกลเลย์สามารถสืบหา ข้อเปรียบเทียบของข้อผิดพลาดได้ 3 ที่ ในกลุ่มข้อมูล 23-บิต

2.4.19 รูปแบบอย่างง่าย (EARLY FORMATS)

รูปแบบในการส่งเสียงของเพจเจอร์ในครั้งแรก ๆ จะเป็นการส่งโทนเสียงเพียง 2 ระดับเท่านั้น การรับจะตอบสนองต่อสัญญาณที่เข้ามาโดยหน่วงเวลาไว้ที่ 7 วินาทีต่อหนึ่งหน้าแสดงผล เพจเจอร์ชนิดสัญญาณโทนเสียง และ น้ำเสียง โดยส่วนมากจะใช้ในลักษณะนี้

ในปี ค.ศ. 1960 ในเกิดการเปลี่ยนให้มีโทนเสียงทั้งหมดโดยเปลี่ยนไปใช้ชนิด 5 โทนเสียงส่งอย่างต่อเนื่อง โดยนำมาใช้กับเพจเจอร์ทั้งสองชนิด ซึ่งใช้การถอดรหัสทางอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถรับข้อมูลเข้ามา 5 ข้อความต่อวินาที ถึงอย่างไรก็ตามระบบก็ไม่ได้นำมาใช้กับ เพจเจอร์ชนิดตัวอักษรและชนิดตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานใหม่สำหรับเพจเจอร์ที่เกิดขึ้นมาในปี ค.ศ. 1970 เรียกว่า POCSAG รหัส รหัสนี้ต่อมาที่ตกลงเป็นมาตรฐานระหว่างประเทศโดย CCIR ในเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ. 1981 POCSAG เป็นที่นิยมการที่สุดความสมบูรณ์ของรหัสในยุคสมัยที่สาม(3G)

2.4.20 POCSAG(Post Office Code Standardization Advisory Group)

POCSAG ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น CCIR เครื่องรับวิทยุเพจจิง อันดับ 1 (RPC1) เมื่อมันถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานระหว่างประเทศสนับสนุนบทบาทสำหรับรูปแบบที่ถูกสร้างโดย CCIR โดยได้รับการดูแลจาก Post Office Advisory Group ไม่ได้ได้รับการสนับสนุนให้ทำต่อไปจึงหยุดการทำงาน CCIR ได้ทำการสนับสนุนให้ RPC1 เป็นระบบที่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณา และดังนั้นมันคือระบบใหม่ที่จะนำมาพิจารณาโดยระหว่างประเทศรหัสซึ่งอาจจะนำมาใช้จริงก็ได้ถ้าถูกพิจารณาในอนาคต.

ความไว้วางใจในรหัส POCSAG เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในโรงงานผลิตเพจเจอร์ (และการพัฒนาการเกิดขึ้นไม่มากนักสำหรับการส่ง เป็นจำนวนมากของเหล่านี้คือข้อกำหนดเพิ่มเติมที่มีให้ในรูปแบบ) และ CCIR มีความพึงพอใจในการตอบรับของโลกอย่างทั่วถึงสำหรับตัวเลือกของระบบในความนิยมของรูปแบบนี้

รหัสการตรวจแก้ข้อผิดพลาดของ RPC1 นั้นมีความผิดพลาดเพียง 6 เเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับรหัสแบบโคเลย์ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ 15 เเปอร์เซ็นต์

POCSAG ถูกใช้อย่างกว้างสำหรับโทนเพจเจอร์ โดยปกติอัตราการข้อมูลจะอยู่ที่ 512 บิตต่อวินาที และสามารถส่งไป 15 โทนเท่านั้น แสดงผลได้ 5 หน้า โดยใช้ 7 ตัวอักษร หรือ 40 ตัวอักษรในการแสดงผลต่อวินาทีในประเทศอังกฤษ และสวีเดน จะใช้ที่ 1200 บิตต่อวินาที และในปี ค.ศ. 1991 มีทดสอบอยู่ที่ 2400 บอร์ด POCSAG มิไม่มีมาตรฐานความเร็วสำหรับรูปแบบนี้ การรหัสอยู่ใน 32 บิตค่าของ 31,21 BCH ซึ่งความหมายนั่นคือ 2 มีการเปรียบเทียบถึง 21 หรือของความจุของรหัสถึง 2,097,152 ในรูปแบบการส่งแบบ FSK.

2.4.21 รูปแบบ POCSAG

รูปแบบของสัญญาณรหัส POCSAG ประกอบด้วยบิตซิงโครไนซ์เริ่มต้นจำ 576 บิตที่ปฏิบัติตามโดยกลุ่มของรหัสคำ

บิตเริ่มต้นประกอบด้วยบิตตามลำดับ 10101010..... จำนวนน้อยที่สุดของคือ 576 บิตเริ่มต้นกลุ่มแรกนี้จะมาก่อนสัญญาณเรียกของเมื่อการส่งรหัสเริ่มต้นสิ้นสุดลงแล้วก็จะส่งกลุ่มของคำตามมาดังแสดงในรูปที่ 2.26

กลุ่มประกอบด้วยรหัสซิงโครไนซ์ (Synchronizing Code : SC) ซึ่งจะอยู่บนเฟรมทั้งหมด 8 เฟรมด้วยกันซึ่งจะมีทั้งหมด 2 รหัสข้อมูล โดยโครงสร้างของมันจะแสดงในรูปที่ 2.25 SC ในตัวเองจะเท่ากับ 1 รหัสข้อมูล ดังนั้นเฟรมประกอบด้วย 17 รหัสข้อมูล

โครงสร้างเฟรมนั้น จะมีอยู่ 8 เฟรม (ที่ตัวเลข 0-7) ถูกกำหนดเพื่อแปลกลุ่มของเพจเจอร์ นั้น ความหมายว่าเพจเจอร์จะอย่างไรจะระบุเจาะจงให้ใช้แต่ละเฟรมไม่ซ้ำกัน และต้องการเท่านั้น แอดเดรสเฟรม จะอยู่แตกต่างกันหากอีกเฟรมหนึ่ง

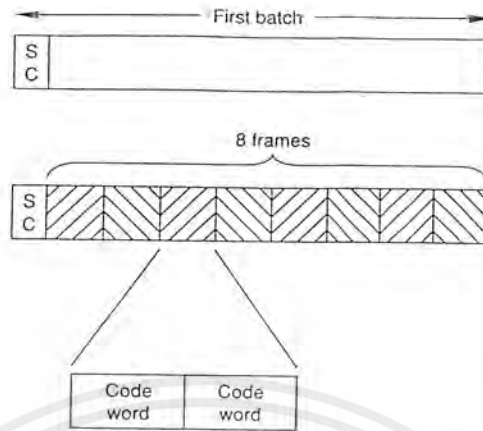
เฟรมประกอบด้วย สองรหัสคำ แอดเดรส และข้อความ พาริตีบิต แสดงอยู่ในรูปที่ 2.27 เฟรมบิต ภายในเฟรมจะมีข้อมูลอยู่ 18 บิตเท่านั้นยาวแต่นั้นคือค่าแอดเดรสของเพจเจอร์ (ซึ่งคือแสดงออกมาโดย "1") ในความยาว 21 บิต

บิตหน้าที่ (Function bits: แสดงในรูปที่ 2.27) ถูกใช้เพียงแค่บิตเดียวเท่านั้นนิยามใช้กันกับ เพจเจอร์ชนิด ส่งสัญญาณอย่างเดียว รหัสแอดเดรสคำบิตสองครั้งตั้งอยู่สำหรับเตือนรู้เป็น A ,B,C และ D บิตอธิบายโดย



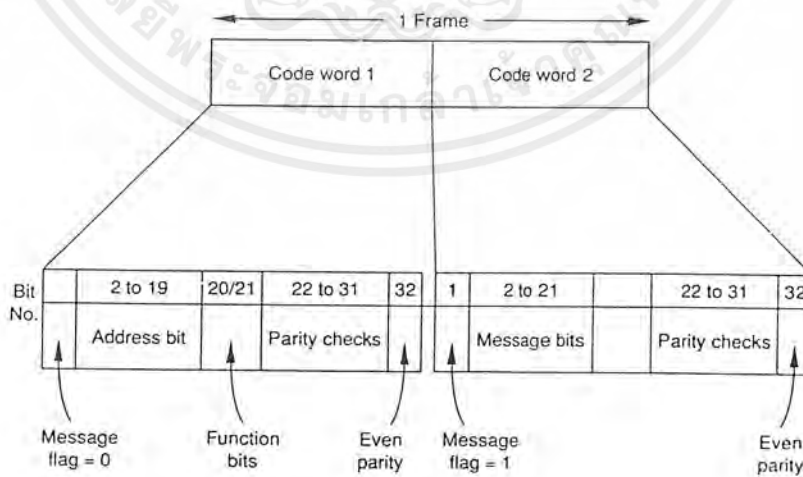
รูปที่ 2.25 แสดงรูปแบบสัญญาณ POCSAG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แสดง โครงสร้างของกลุ่ม POCSAG

บิตข้อมูลจะประกอบไปด้วย 20 บิต แต่ไม่จำกัดข้อมูลเพราะว่ารูปแบบคำข้อมูลสามารถแยกออกไปจากโครงสร้าง ดังนั้นสร้างรหัสเพิ่มเติมและที่รหัสอ้างอิง สามารถส่งจนกระทั่งข้อความเสร็จสิ้นก่อนข้อความจะมาถึงจะมีข้อมูล "0" เป็นเครื่องหมายแสดงให้เห็นว่าข้อมูลกำลังส่งตามมา ข้อมูลอาจจะมีสั้นมากกว่ากลุ่มของคำที่ส่งมาก แต่ถ้าไม่มีสั้นมากไปกว่าโครงสร้างของ 17 รหัสข้อมูล หลังจากข้อมูลในเฟรมส่งหมดแล้วจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลและเริ่มส่งทยอยข้อมูลตามมา



รูปที่ 2.27 แสดง โครงสร้างของเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเฟรมใดไม่มีข้อความ รหัสว่าง(idle) จะถูกส่งไปแทนที่ในข้อมูลนั้น ๆ โดยข้อมูลของรหัสว่างนี้จะแสดงดังนี้

BIT NO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

CODE 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 1

BIT NO 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

CODE 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1

รหัสซิงโครไนซ์มีโครงสร้างดังต่อไปนี้

BIT NO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

CODE 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0

BIT NO 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

CODE 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0



บทที่ 3

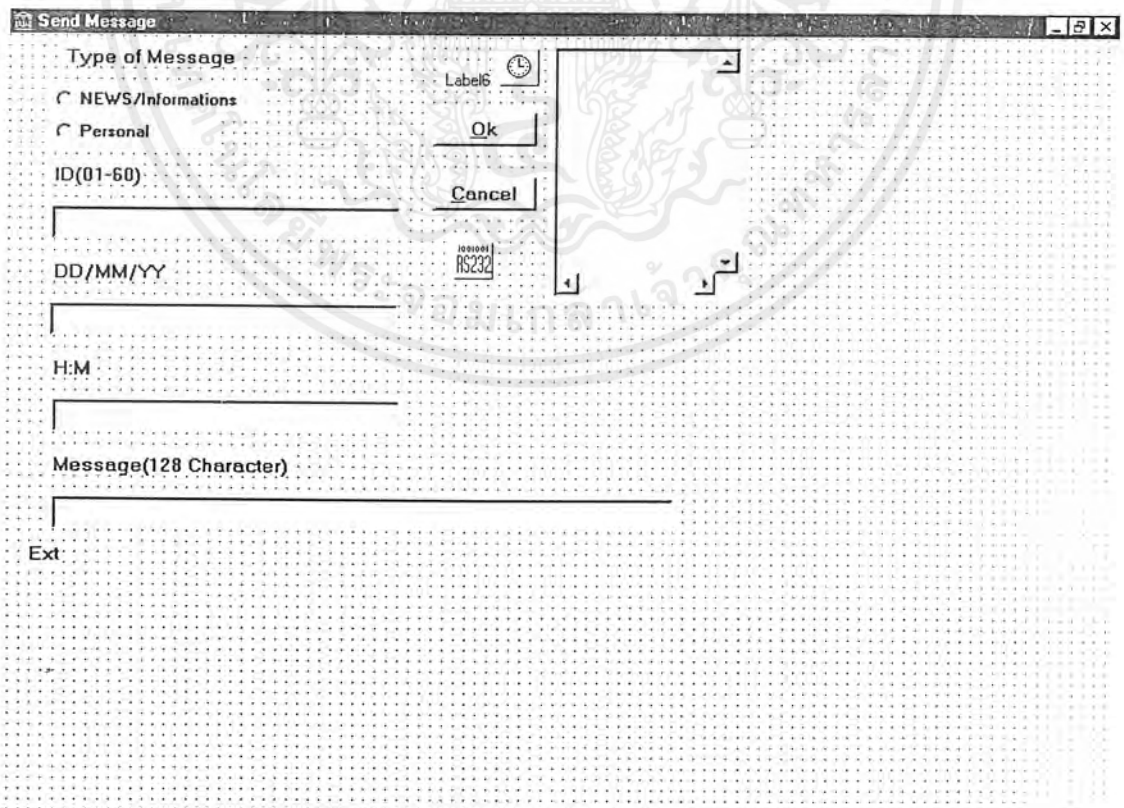
การคำนวณและการสร้าง

3.1 ส่วนของโปรแกรมส่งข้อความ

จุดประสงค์เพื่อให้ผู้ส่งข้อความเป็นตัวอักษรออกจากพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS 232 สามารถที่จะตั้งเวลาในการส่งข้อความได้โดยเขียนเป็นฟอร์มสำหรับเลือกประเภทของข้อความ ตั้งค่าของวัน/เดือน/ปี/ชั่วโมง/นาที และ ข้อความ ที่ต้องการส่งออก ใช้โปรแกรม Delphi ซึ่งบนฟอร์ม เพื่อให้สะดวก ในการรับข้อมูลต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เลือกประเภทของข้อความโดยคลิกปุ่มเรดิโอบัทตอน และเมื่อทำการคลิกปุ่มโอเค(ok) โปรแกรมก็จะประมวลผลตามลำดับ เริ่มจากรับค่า, เก็บข้อมูลของแต่ละ ID เพื่อทำการจัดเรียงความสำคัญของเวลา ที่เป็นปัจจุบันที่สุดกับเวลาที่อ้างอิงจากเครื่องคอมพิวเตอร์และเมื่อถึงเวลาที่ต้องการส่งซึ่งชุดข้อมูลที่ส่งออกจากพอร์ตอนุกรมก็จะประกอบด้วย ประเภทข้อความ, รหัสประจำเครื่อง, ข้อความที่ส่ง, เครื่องหมายสิ้นสุดของชุดข้อมูล



รูปที่ 3.1 บล็อกโคอะแกรมการทำงานของภาคส่ง



รูปที่ 3.2 โปรแกรมที่ได้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27/3/00 12:55:58

Type of Message

NEWS/Informations 1

Personal

ID(01-60)

23

DD/MM/YY

27/03/00

H:M

14:29

Message(128 Character)

Hello World

Ext

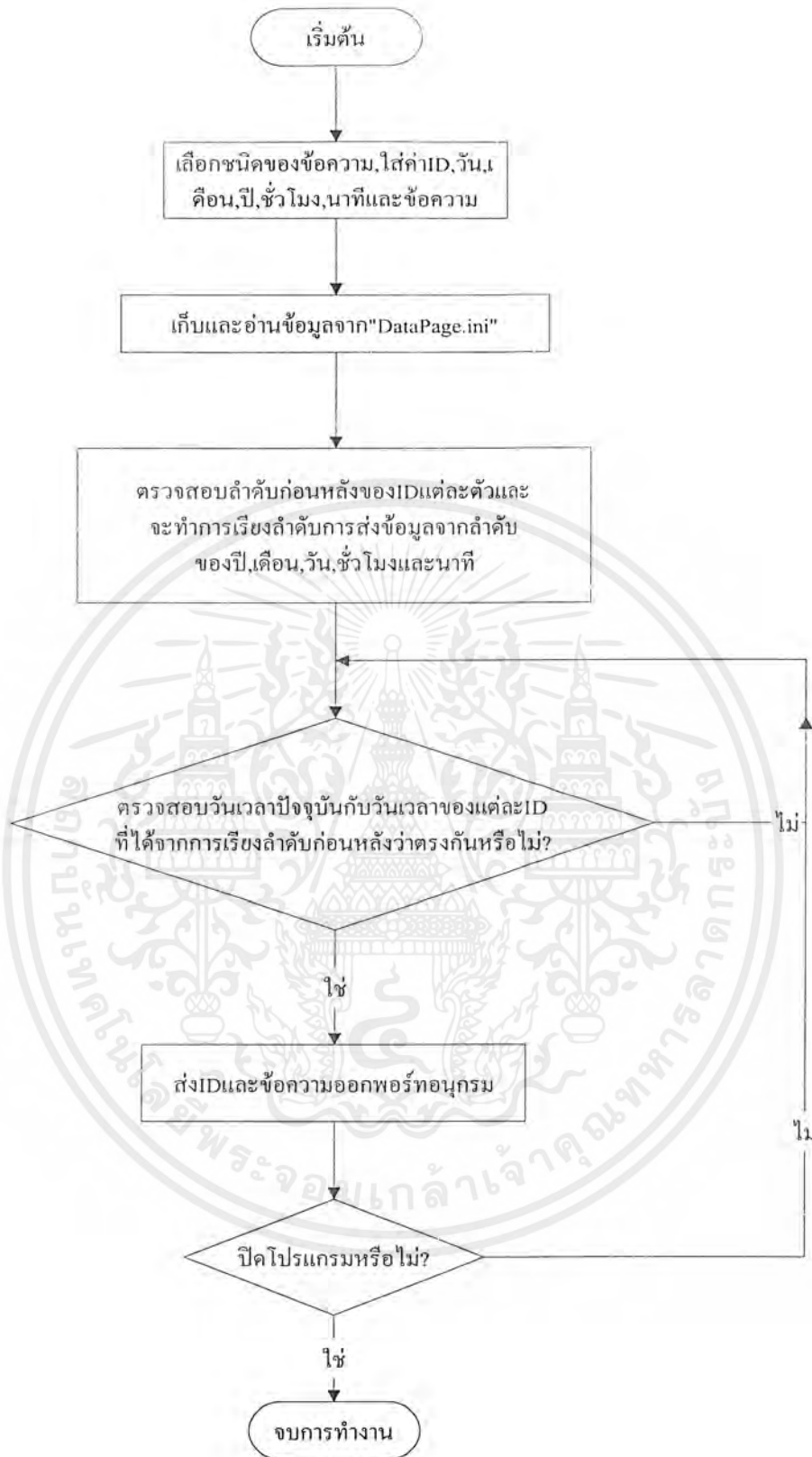
Ok

Cancel

Minus =55
00 03 31 12 30
pos 1/=3
Day =27
Length Date =7
Year =00
Mount =3
Hour =12
Minus =55
00 03 31 12 30

รูปที่ 3.3 โปรแกรมขณะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงโฟลว์ชาร์ตของ โปรแกรมภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบส่วนภากรับข้อมูลและแสดงผล

จุดประสงค์ โปรแกรมที่จะสามารถรับและแสดงข้อความเป็นตัวอักษรได้และจะมีสัญญาณเตือนเมื่อมีการรับข้อความ ซึ่งมีทั้งระบบสั้นสะท้อนและเสียงเตือน

ขั้นตอนการออกแบบ

ส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญได้แก่

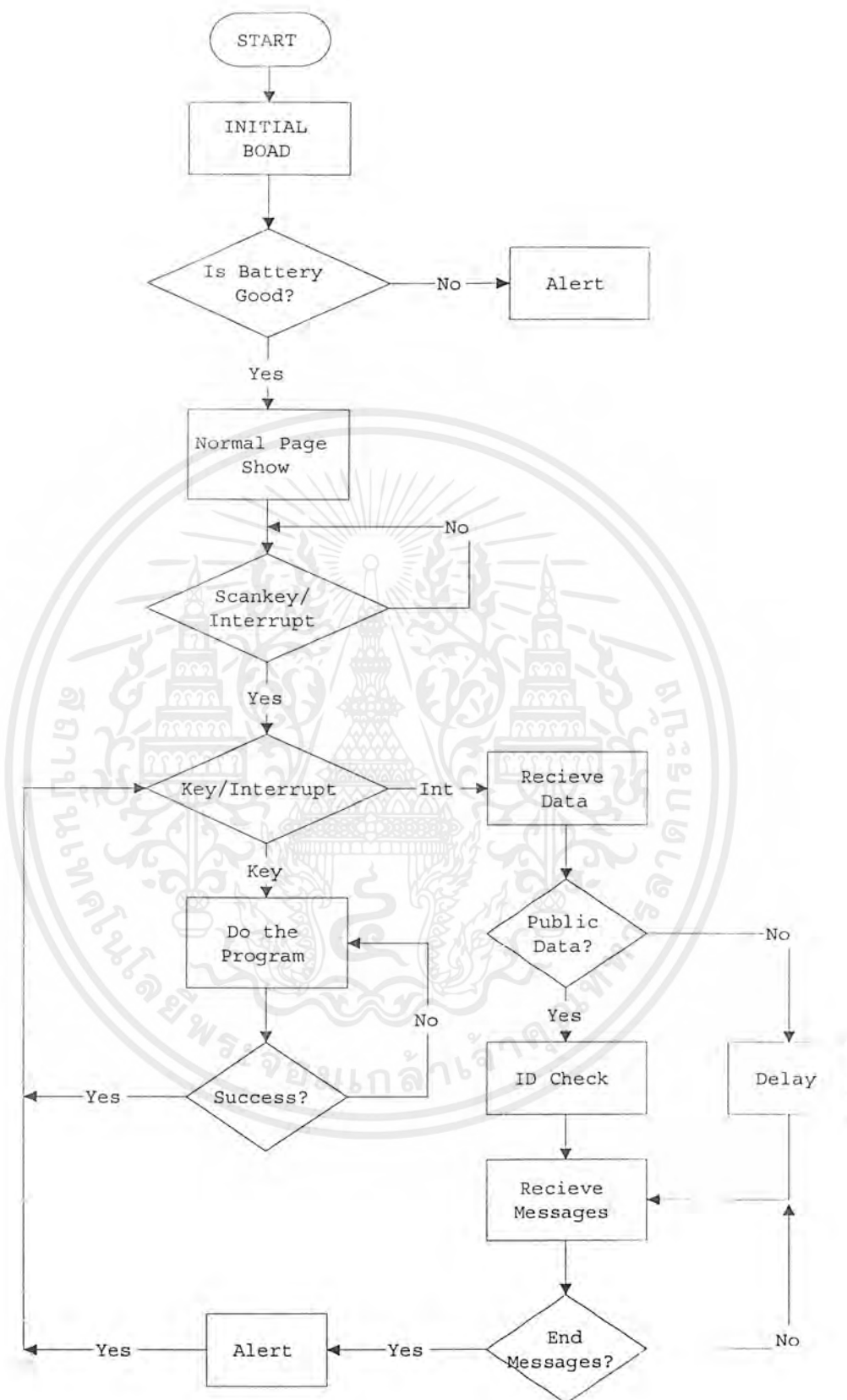
1. ส่วนรับสัญญาณ จะนำสัญญาณที่รับได้มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบอนุกรม โดยมีอุปกรณ์หลัก 2 ส่วนคือ ภาครับวิทยุเอฟเอ็ม และ ภาคเอฟเอสเคเอ็มอคูเลท
2. ภาคประมวลผล ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่รับได้และนำไปเก็บและส่งสัญญาณเรียกเตือน
3. ภาคแสดงผล ทำหน้าที่แสดงผลการประมวลผลในรูปของสัญญาณและตัวอักษร

ส่วนของซอฟต์แวร์

1. เพื่อที่จะสามารถแยกประเภทของข้อความที่รับได้และตรวจสอบรหัสประจำเครื่อง (ถ้าเป็นข้อมูลส่วนบุคคล) และข้อความที่รับได้
2. นำข้อมูลที่รับได้ไปแสดงผลอย่างต่อเนื่องได้



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของภากรับข้อมูลและแสดงผล



รูปที่ 3.6 แสดงโฟลว์ชาร์ตโปรแกรมรับข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและสรุปผลการทดลอง

การทดลองของโครงการนี้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ

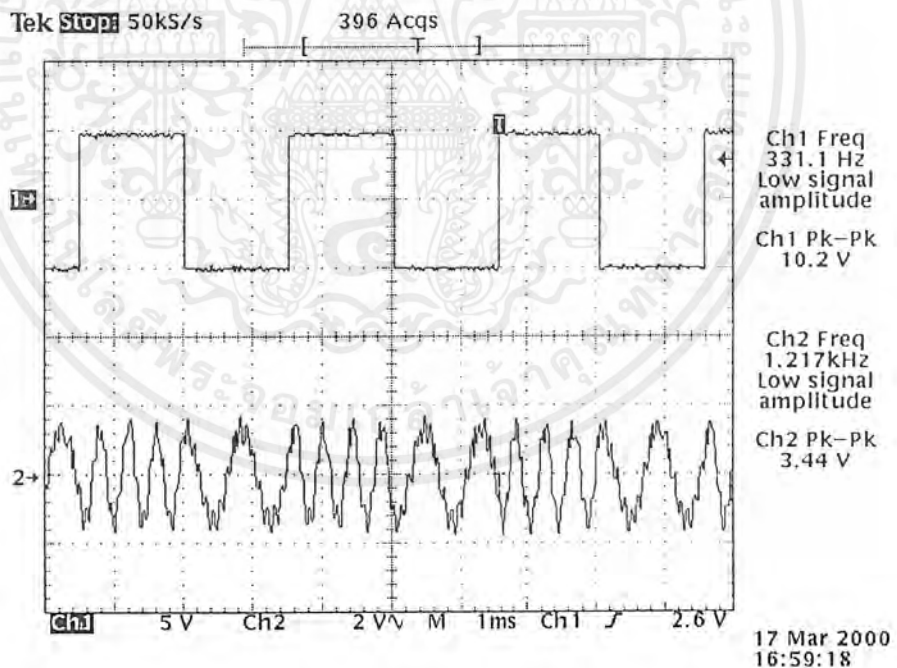
1. ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองชุดมอดูเลเตอร์
2. ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองชุดดีมอดูเลเตอร์
3. ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองชุดเครื่องส่งและเครื่องรับ
4. ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองชุดโปรแกรมส่งข้อมูล
5. นำชุดการทดลองมาประกอบร่วมกัน

4.1 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองของชุดมอดูเลเตอร์

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อชุดวงจรมอดูเลเตอร์
- ทำการป้อนพัลส์ความถี่ 330 Hz เข้าไปสู่วงจร เอฟเอสเคมอดูเลทแล้ววัดสัญญาณ

4.1.2 ผลการทดลอง



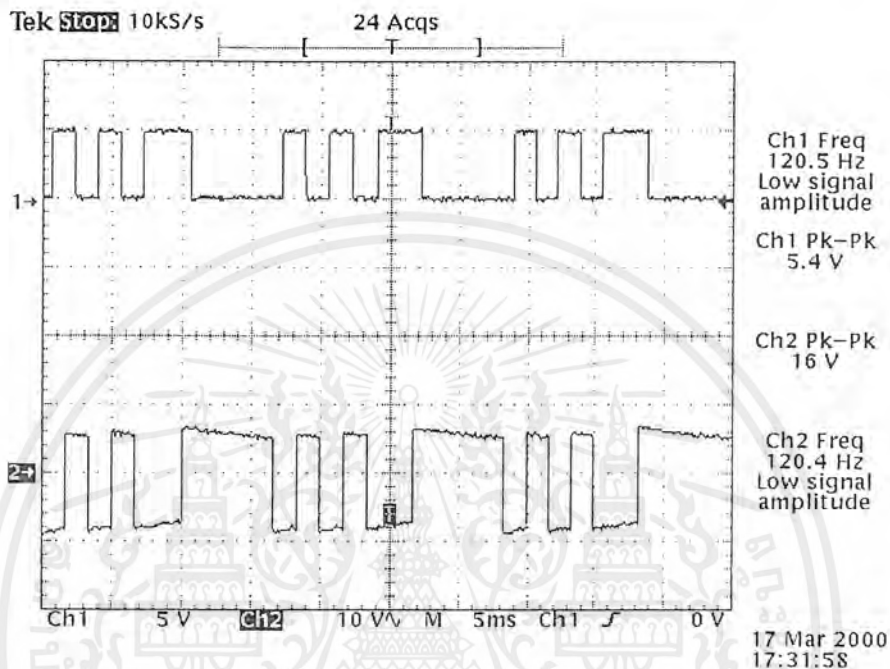
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณของเอฟเอสเคมอดูเลท

4.2 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองของชุดคีมอคูเลเตอร์

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อชุดวงจรคีมอคูเลเตอร์
- นำสัญญาณที่ได้มาจากวงจรเฟสเคมอคูเลทมาป้อนเข้าสู่วงจรแล้ววัดสัญญาณ

4.2.2 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.2 แสดงเปรียบเทียบสัญญาณจากการคีมอคูเลทกับสัญญาณดั้งเดิม

4.3 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองของชุดเครื่องส่งและชุดเครื่องรับ

4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อวงจรชุดเครื่องส่งและชุดเครื่องรับ
- ความไวของเครื่องรับมีค่าเท่ากับ -105.2287 dBm
- ต่อวงจรชุดเครื่องส่งพร้อมติดตั้งสายอากาศ
- ต่อเครื่องชุดเครื่องส่งเพื่อวัดหาค่าส่ง

4.3.2 ผลการทดลอง

ทำการส่งสัญญาณออกมาแล้วสามารถฟังจากลำโพงได้ว่ามีสัญญาณเสียงออกมา



รูปที่ 4.3 แสดงกำลังงานของเครื่องส่งที่ทำการวัดเท่ากับ 11.54 dBm

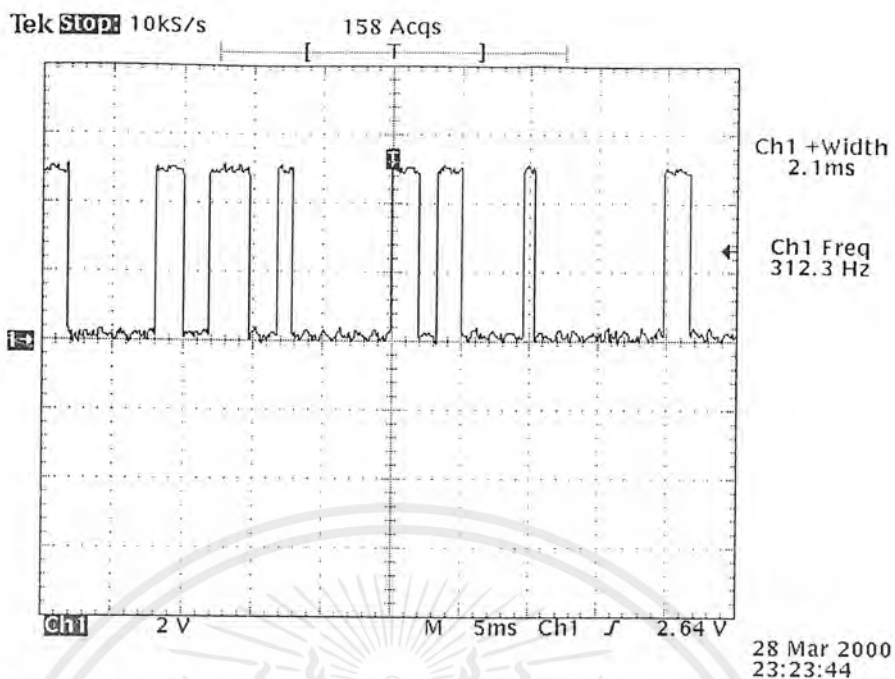
4.4 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองชุด โปรแกรมส่งข้อมูล

4.4.1 ขั้นตอนการทดลอง

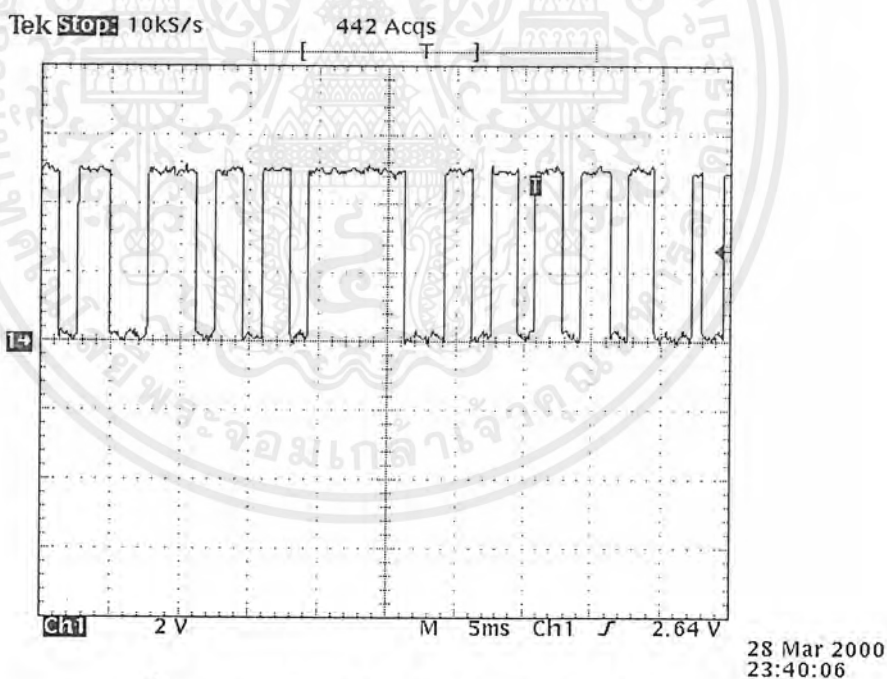
- ต่อชุดส่งเครื่องส่งเข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์
- ส่งข้อมูลชนิดบุคคล และ ส่งข้อมูลชนิดข้อมูลข่าวสาร

4.4.2 ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

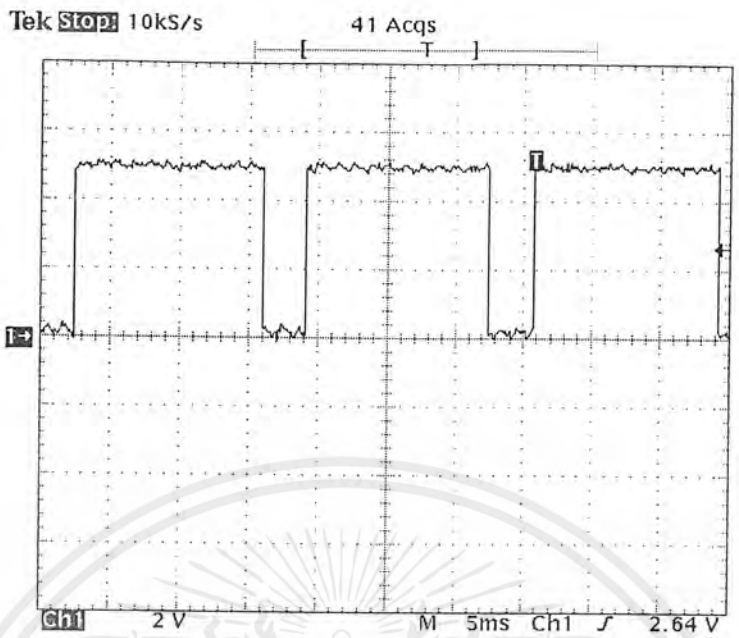


รูปที่ 4.5 แสดงรูปเฟรมเริ่มต้น (Start Frame) ชนิดส่วนบุคคล



รูปที่ 4.6 แสดงรูปเฟรมข้อความ (Message Frame)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



28 Mar 2000
23:44:03

รูปที่ 4.7 แสดงรูปเฟรมสุดท้าย (Stop Frame)

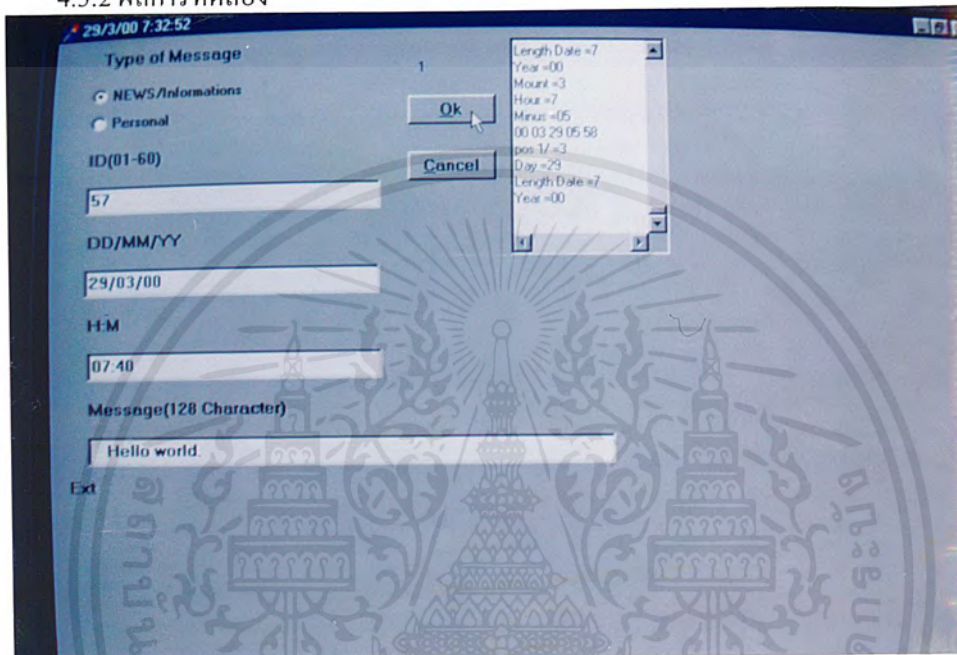
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 นำชุดการทดลองมาประกอบร่วมกัน

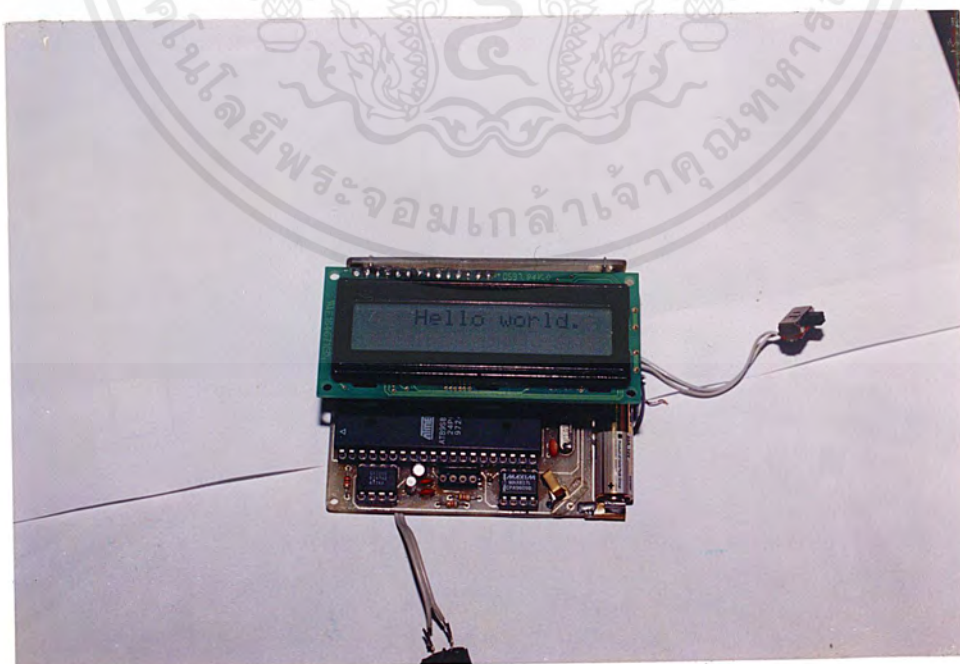
4.5.1 ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อชุดเครื่องส่งและชุดมอดูเลเตอร์เข้าด้วยกัน
- ต่อชุดเครื่องรับและชุดดีมอดูเลเตอร์เข้าด้วยกัน
- ต่อคาตาบัสจากพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์เข้าสู่ชุดเครื่องส่ง
- ส่งข้อมูลออกพอร์ทอนุกรมแล้วรอดูผลการทำงาน

4.5.2 ผลการทดลอง

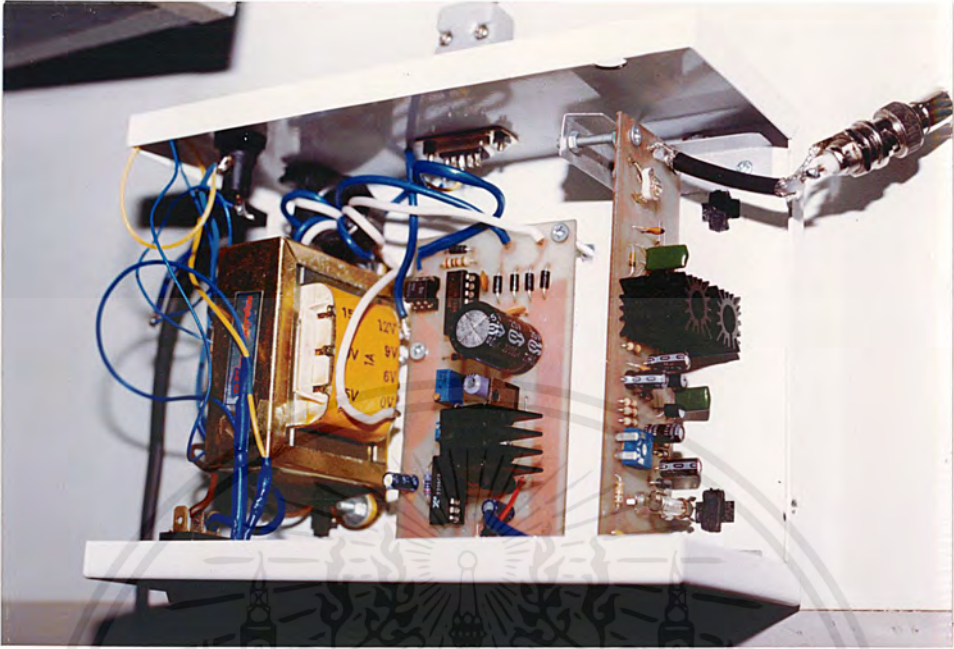


รูปที่ 4.8 แสดงโปรแกรมส่งข้อมูลและข้อความที่ส่ง

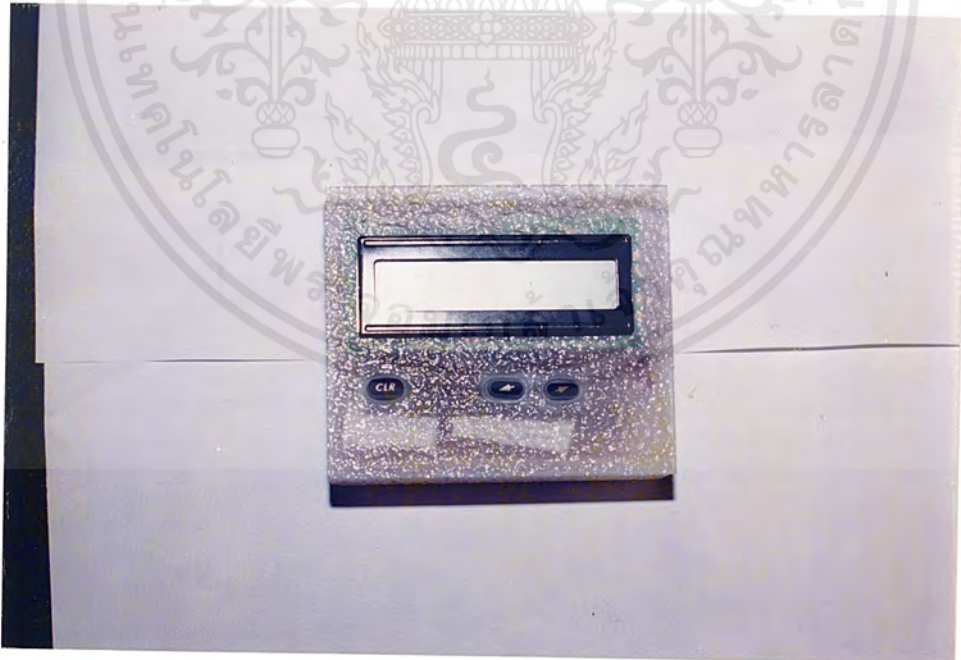


รูปที่ 4.9 แสดงข้อความที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงรูปเครื่องส่ง



รูปที่ 4.11 แสดงรูปเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากโครงการ 1 ที่ผ่านมาประสบปัญหาของการส่งสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อติดต่อกับเครื่องรับเพลงเจอร์ที่ได้ออกแบบเอาไว้ จึงได้ทำการแก้ไขสองส่วนคือ โปรแกรมส่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และ วงจรภาครับของเครื่องรับเพลงเจอร์ทำให้สามารถรับข้อมูลที่ออกมาได้ไม่ผิดพลาด อันเนื่องมาจากการจัดลำดับสัญญาณของเครื่องรับเพลงเจอร์มีการจัดลำดับผิดพลาดทำให้ข้อมูลชนกันทำให้การแสดงผลออกมาผิดพลาดและโครงการ 2 ที่ได้ทำการปรับปรุงวงจรเครื่องรับเพลงเจอร์ให้มีขนาดเล็กลงจากวงจรเดิมโดยการลดขนาดของอุปกรณ์ลงโดยใช้อุปกรณ์เป็นชนิดยึดติดบนแผ่นวงจร จึงทำให้ขนาดของวงจรลดลงมาก

การปรับปรุงวงจร ในอนาคตให้มีขนาดเล็กลงกว่านี้ต้องออกแบบวงจรให้อยู่ในวงจรรวม



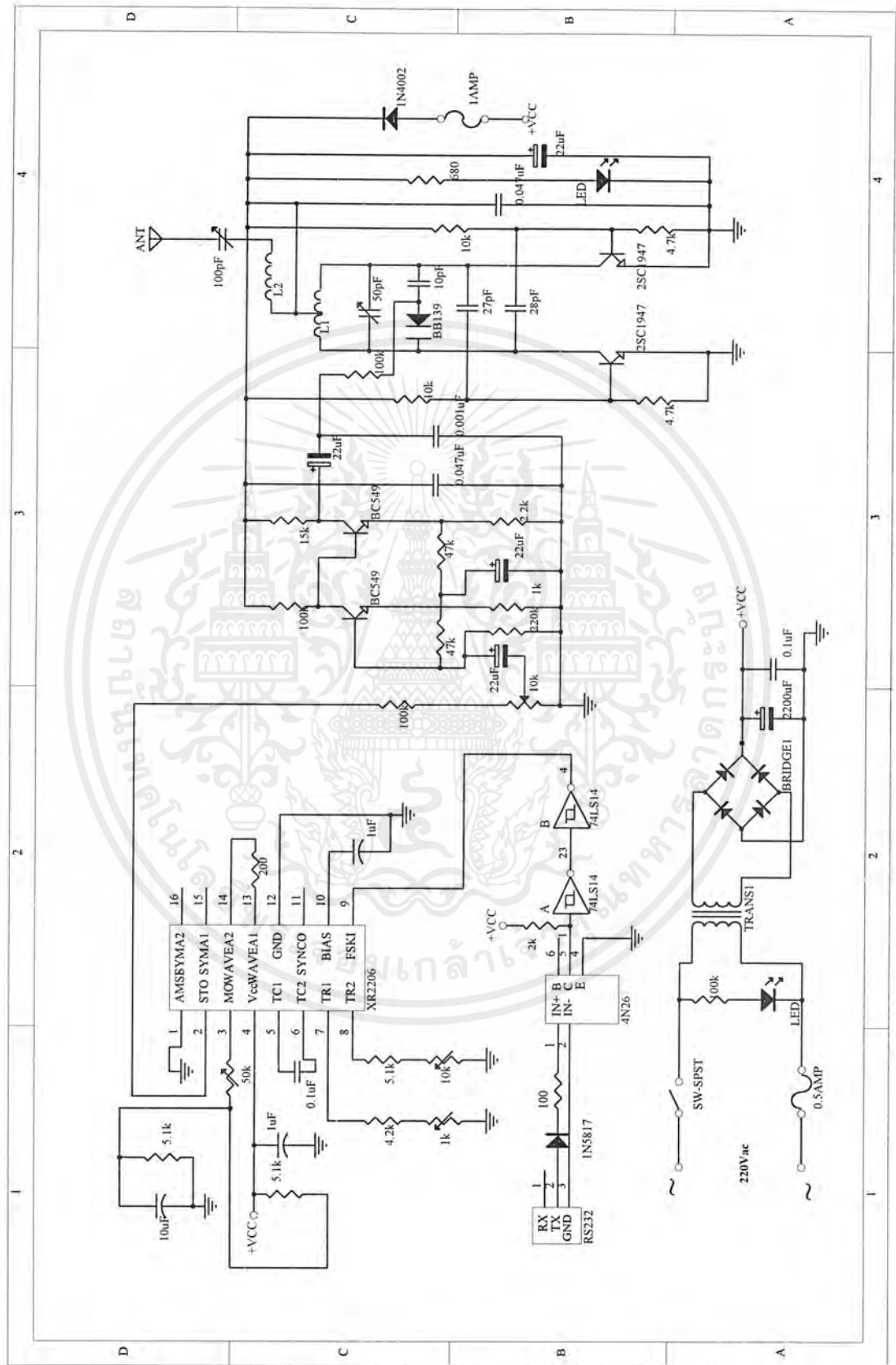
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

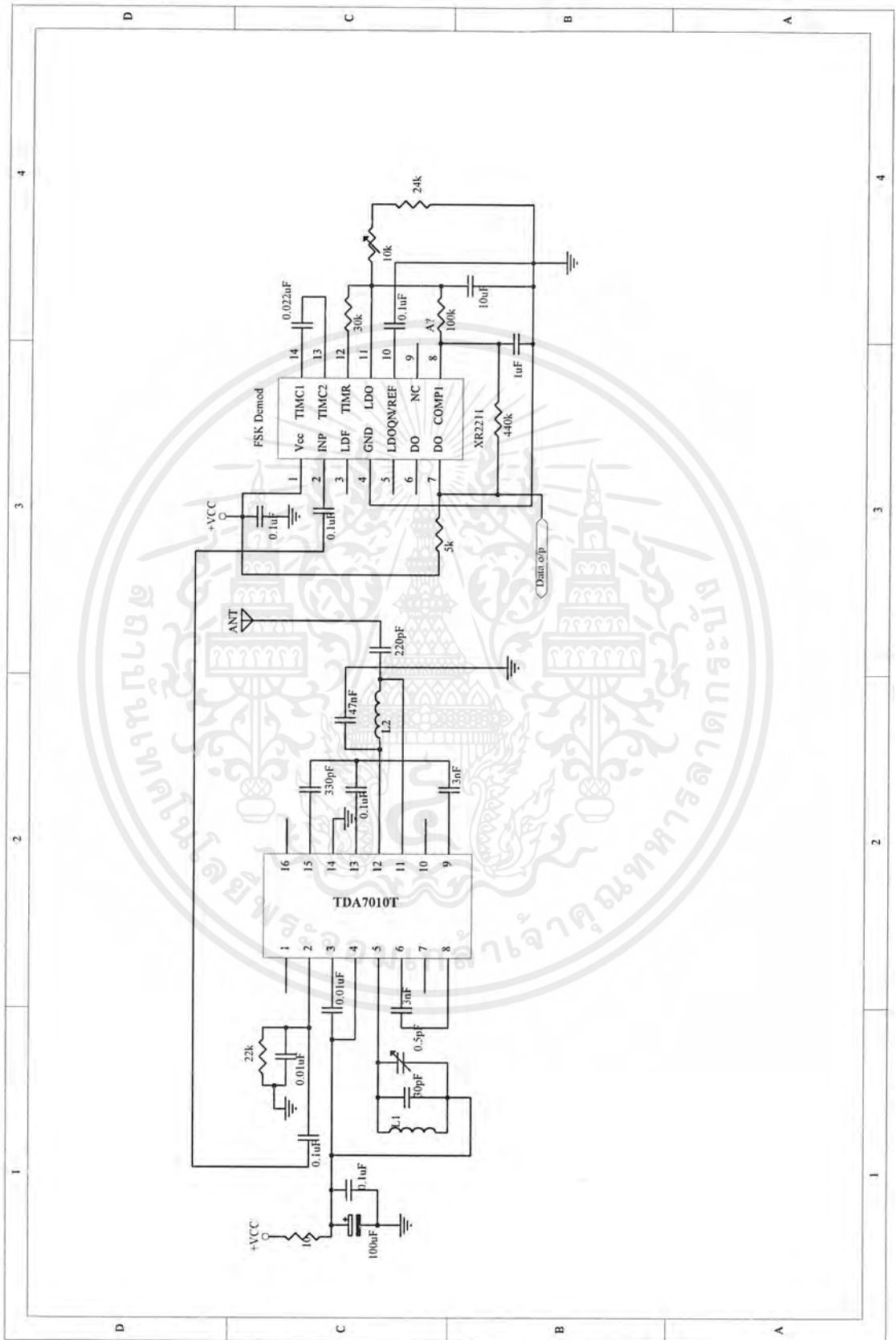


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

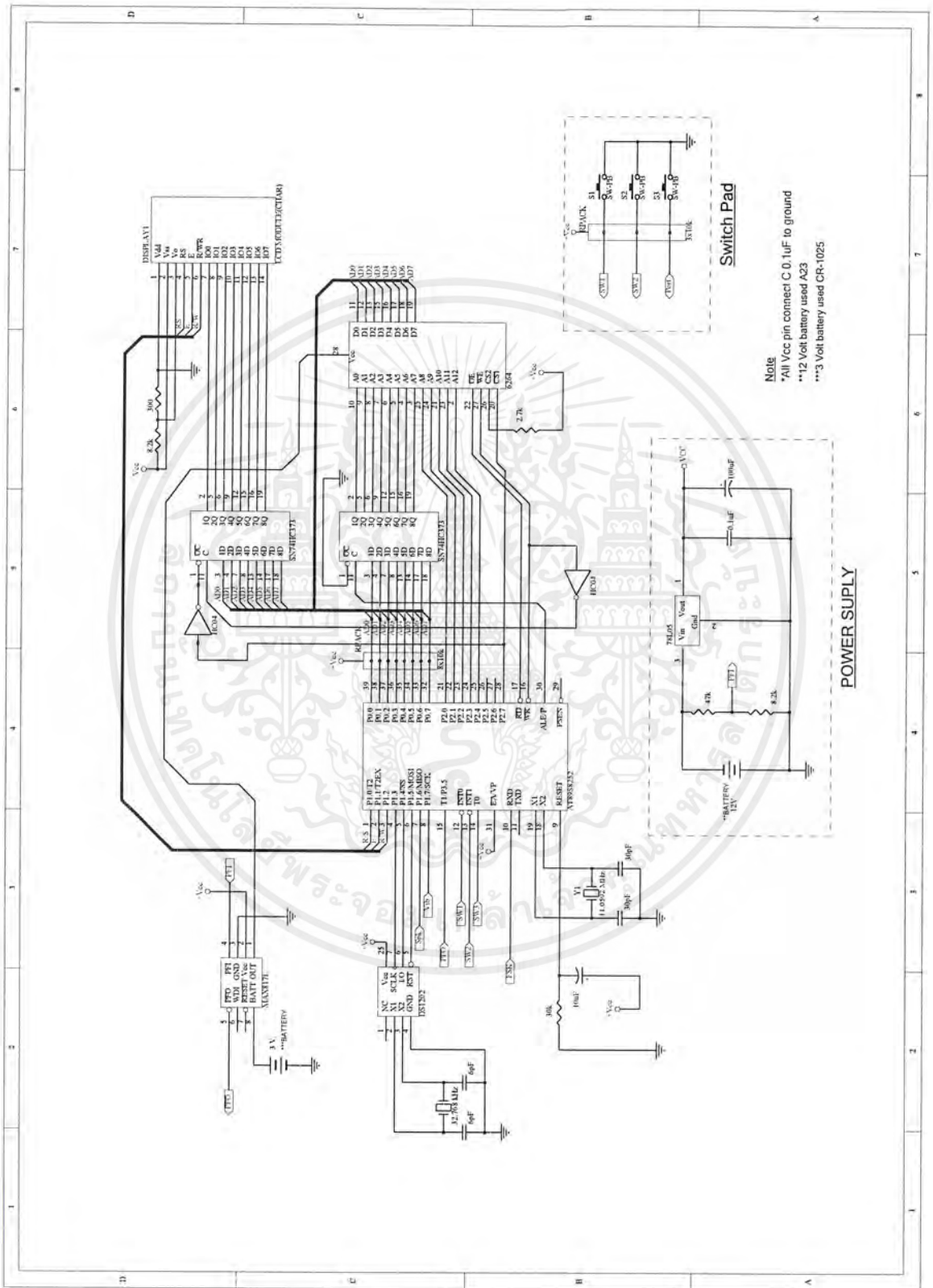


วงจร ภากรับและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note
 *All Vcc pin connect C.O. 1uF to ground
 **12 Volt battery used A23
 ***3 Volt battery used CR-1025

Switch Pad

POWER SUPPLY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

unit Pager;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, inifiles, ExtCtrls, ComDrv32 ;

type

TForm1 = class(TForm)

ID: TEdit;

Date: TEdit;

Time: TEdit;

Msg: TEdit;

Button1: TButton;

Button2: TButton;

Label1: TLabel;

Label2: TLabel;

Label3: TLabel;

Label4: TLabel;

Timer1: TTimer;

Memo1: TMemo;

Label6: TLabel;

Label7: TLabel;

CommPortDriver1: TCommPortDriver;

RadioButton1: TRadioButton;

RadioButton2: TRadioButton;

Label8: TLabel;

procedure Button1Click(Sender: TObject);

procedure FormCreate(Sender: TObject);

procedure Button3Click(Sender: TObject);

procedure Timer1Timer(Sender: TObject);

procedure Button2Click(Sender: TObject);

procedure RadioButton1Click(Sender: TObject);

procedure RadioButton2Click(Sender: TObject);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
  procedure InitialTime;
  procedure ProcessWrite;
  procedure Read(Head.Command:String;Start:integer);
  procedure FindMinMax(StartPoint:integer);
  procedure GetIDSend;
  procedure SendData(IdN:Integer);
  procedure CutID(CID:String);
  function ChkSend(IdN:Integer):Boolean;
  function ChkID(ID_Chk:String):Boolean;
  function ChkDate(Date_Chk:String):Boolean;
  function ChkTime(Time_Chk:String):Boolean;
  function ChkMsg(Msg_Chk:String):Boolean;
  function FindBound(Start:integer):integer;
end;

var
  Form1: TForm1;
  Total:String;
  ToTallID,PointerID:integer;
  TotalIDMax:integer;
  I_D:Array[1..60] of String;
  R_P:Array[1..60] of String;
  Year,Mount,Day,Hour,Minus:String;
  Knd:String;
implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.CutID(CID:String);
var i,j,k:integer;
    Dt:String;
    INIFile:TIniFile;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  INIFile:=TIniFile.Create('DataPage.ini');
  i:=Length(Total);
  j:=Pos(CID,Total);
  Dt:=Copy(Total,1,j-1)+Copy(Total,j+3,i-j-2);
  Label6.Caption:=Dt;
  IniFile.WriteString('Id','Total',Dt);

```

```
end;
```

```
function TForm1.ChkID(ID_Chk:String):Boolean;
```

```
var Temp:integer;
```

```
begin
```

```
  Temp:=StrToInt(ID_Chk);
```

```
  if (Temp>0) And (Temp<=60) then
```

```
    result:=True
```

```
  else
```

```
    result:=False;
```

```
end;
```

```
function TForm1.ChkDate(Date_Chk:string):Boolean;
```

```
var T_d,T_m,T_y:Integer;
```

```
begin
```

```
  T_d:=StrToInt(Copy(Date_Chk,1,2));
```

```
  T_m:=StrToInt(Copy(Date_Chk,4,2));
```

```
  T_y:=StrToInt(Copy(Date_Chk,7,2));
```

```
  if (T_d>0) and (T_d<=31) and (T_m>0) and (T_m<=12) and (T_y>=0) and (T_y<=99) then
```

```
    result:=True
```

```
  else
```

```
    result:=False;
```

```
end;
```

```
function TForm1.ChkTime(Time_Chk:String):Boolean;
```

```
var T_h,T_m:Integer;
```

```
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

T_h:=StrToInt(Copy(Time_chk,1,2));
T_m:=StrToInt(Copy(Time_Chk,4,2));
if (T_h>=0) and (T_h<=23) and (T_m>=0) and (T_M<60) then
  result:=True
else
  result:=False;
end;

```

```

function TForm1.ChkMsg(Msg_Chk:String):Boolean;
begin
  if (length(Msg_Chk)<=128) and (length(Msg_Chk)>0) then
    result:=True
  else
    result:=False;
end;

```

```

procedure TForm1.InitialTime;
var INIFile:TINIFile;
    LengthID,Head,i,PostID:Integer;
    Temp:String;
begin
  Form1.Caption:=DateTimeToStr(Now);
  INIFile:=TINIFile.Create('DataPage.ini');
  with INIFile do
    begin
      Total:=ReadString('Id','Total','');
    end;
  LengthID:=Length(Total);
  if Length(Total)>3 then
    begin
      Head:=Pos('00',Total);
      i:=1;
      PostID:=1+(3*i);
      while PostID<LengthID do
        begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  Temp:=ReadString(I_D[i],Head,"");
  if Command='Year' then R_P[i]:=Copy(Temp,7,2);
  if Command='Mount' then R_P[i]:=Copy(Temp,4,2);
  if Command='Day' then R_P[i]:=Copy(Temp,1,2);
  if Command='Hour' then R_P[i]:=Copy(Temp,1,2);
  if Command='Minus' then R_P[i]:=Copy(Temp,4,2);
end;
i:=i+1;
end;

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.FindMinMax(StartPoint:Integer);
```

```
var i,j,t1:integer;
```

```
  Temp:String;
```

```
begin
```

```
  i:=StartPoint;
```

```
  t1:=StartPoint+TotalID-1;
```

```
  while i<=(t1-1) do
```

```
  begin
```

```
    j:=i+1;
```

```
    while j<=t1 do
```

```
    begin
```

```
      if StrToInt(R_P[i])>StrToInt(R_p[j]) then
```

```
      begin
```

```
        Temp:=R_P[i];
```

```
        R_P[i]:=R_P[j];
```

```
        R_P[j]:=Temp;
```

```
      Temp:=I_D[i];
```

```
      I_D[i]:=I_D[j];
```

```
      I_D[j]:=Temp;
```

```
    end;
```

```
    j:=j+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    end;
    i:=i+1;
    end;
end;

```

```

function TForm1.FindBound(Start:integer):integer;
var j:integer;
    Loop:boolean;
begin
    j:=Start;
    TotalID:=1;
    Loop:=True;
    Repeat
        if R_P[j]=R_P[j+1] then
            begin
                Inc(j);
                Inc(TotalID);
            end
        else
            begin
                Loop:=False;
            end;
    Until Loop=False;
    FindBound:=TotalID;
end;

```

```

procedure TForm1.GetIDSend;
var i,j,k:integer;
    Loop:boolean;
begin
    //Chk Year////////////////////////////////////
    Read('Date','Year',1);
    FindMinMax(1);
    //Chk mount////////////////////////////////////
    j:=1;

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while j<TotalIDMax do
begin
TotalID:=1;
Loop:=True;
i:=j;
Repeat
if R_P[i]=R_P[i+1] then
begin
Inc(i);
Inc(TotalID);
end
else
begin
Loop:=False;
end;
Until Loop=False;
Read('Date','Mount',j);
FindMinMax(j);
j:=i+1;
end;

///Chk Day////////////////////////////////////
j:=1;
while j<TotalIDMax do
begin
TotalID:=1;
Loop:=True;
i:=j;
Repeat
if R_P[i]=R_P[i+1] then
begin
Inc(i);
Inc(TotalID);
end
else

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
Loop:=False;
end;
Until Loop=False;
Read('Date', 'Day',.);
FindMinMax(j);
j:=i+1;
end;

```

```

///Chk hour////////////////////////////////////

```

```

j:=1;
while j<TotalIDMax do
begin
TotalID:=1;
Loop:=True;
i:=j;
Repeat
if R_P[i]=R_P[i+1] then
begin
Inc(i);
Inc(TotalID);
end
else
begin
Loop:=False;
end;
Until Loop=False;
Read('Time', 'Hour', j);
FindMinMax(j);
j:=i+1;
end;

```

```

///Chk Minus////////////////////////////////////

```

```

j:=1;
while j<TotalIDMax do

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
TotalID:=1;
Loop:=True;
i:=j;
Repeat
if R_P[i]=R_P[i+1] then
begin
Inc(i);
Inc(TotalID);
end
else
begin
Loop:=False;
end;
Until Loop=False;
Read('Time','Minus',j);
FindMinMax(j);
j:=i+1;
end;
for i:=1 to TotalIDMax do Memo1.Lines.Add(I_D[i]);
end;

```

```
function TForm1.ChkSend(IdN:integer):Boolean;
```

```
var INIFile:TIniFile;
```

```
YearT,MountT,DayT,HourT,MinusT:String;
```

```
Fs,i:integer;
```

```
Time,Date,Temp:String;
```

```
Loop:Boolean;
```

```
begin
```

```
INIFile:=TINIFile.Create('DataPage.ini');
```

```
//Date=31/03/00
```

```
//Time=12:30
```

```
Date:=DateToStr(Now);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Time:=TimeToStr(Now);
Fs:=Pos('/',Date);
Memo1.Lines.Add('pos 1/ =' + IntToStr(Fs));
//DayT:='31';
DayT:=Copy(Date,1,Fs-1);
Memo1.Lines.Add('Day =' + DayT);

i:=Length(Date);
Memo1.Lines.Add('Length Date =' + IntToStr(i));
//YearT:='00';
YearT:=Copy(Date,i-1,2);
Memo1.Lines.Add('Year =' + YearT);
//MountT:='03';
MountT:=Copy(Date,Fs+1,i-Fs-3);
Memo1.Lines.Add('Mount =' + MountT);

Fs:=Pos(':',Time);
//HourT:='12';
HourT:=Copy(Time,1,Fs-1);
Memo1.Lines.Add('Hour =' + HourT);
//MinusT:='30';
MinusT:=Copy(Time,Fs+1,2);
Memo1.Lines.Add('Minus =' + MinusT);

with INIFile do
begin
Temp:=ReadString(I_D[IdN],'Date','');
Year:=Copy(Temp,7,2);
Mount:=Copy(Temp,4,2);
Day:=Copy(Temp,1,2);
Temp:=ReadString(I_D[IdN],'Time','');
Hour:=Copy(Temp,1,2);
Minus:=Copy(Temp,4,2);
Memo1.Lines.Add(Year+' '+Mount+' '+Day+' '+Hour+' '+Minus);
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (StrToInt(YearT)=StrToInt(Year)) and
  (StrToInt(MountT)=StrToInt(Mount)) and
  (StrToInt(DayT)=StrToInt(Day)) and
  (StrToInt(HourT)=StrToInt(Hour)) and
  (StrToInt(MinusT)=StrToInt(Minus)) then
begin
  LABEL7.cAPTION:='YES';
  result:=true;
end
else
begin
  result:=False;
end;
end;

```

```

procedure TForm1.SendData(IdN:Integer);
var INIFile:TINIFile;
    Data:String;
begin
  INIFile:=TINIFile.Create('DataPage.ini');
  Data:=INIFile.ReadString(I_D[IdN],'Message','');
  Label7.Caption:=Knd+I_D[IdN]+Data+'□';//Data;
  CommPortDriver1.Connect ;
  CommPortDriver1.SendString(Knd+I_D[IdN]+Data+'□');

  CutId(I_D[IdN]);
  InitialTime;
  GetIDSend;
  PointerID:=1;

end;

```

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    if (ChkID(ID.Text)) and (ChkDate(Date.Text)) and (ChkTime(Time.Text)) and (ChkMsg(Msg.Text))
then
    begin
        ProcessWrite;

        InitialTime;
        GetIDSend;
        PointerID:=1;

        ID.Text:="";
        Date.Text:="";
        Time.Text:="";
    end
else
begin
    MessageDlg('Please check your ID,Date,Time or Message.', mtInformation,
[mbOk], 0);
end;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    InitialTime;
    GetIDSend;
    PointerID:=1;
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    //
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

var i:integer;
begin
  Form1.Caption:=DateTimeToStr(Now);
  Label6.Caption:=IntToStr(PointerID);
  if PointerID<=TotalIDMax then
  begin
    if ChkSend(PointerID) then
    begin
      //send data to external
      SendData(PointerID);
      PointerID:=PointerID+1;
      LABEL6.Caption :='Yes';
    end;
  end
  else
  begin
    Timer1.Enabled:=False;
  end;
end;

```

```

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  ID.Clear ;
  Date.Clear ;
  Time.Clear ;
  Msg.Clear ;
end;

```

```

procedure TForm1.RadioButton1Click(Sender: TObject);
begin
  Knd:='AA';
end;

```

```

procedure TForm1.RadioButton2Click(Sender: TObject);
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โปรแกรมรับข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BRING      EQU  47H      ;COLON BRING REGISTER
ID_CODE1   EQU  '5'     ;ID IN ASCII 1st CHAR
ID_CODE2   EQU  '7'     ;ID IN ASCII 2nd CHAR
SEC        EQU  81H     ;SEC. ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
MIN        EQU  83H     ;MIN. ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
HR         EQU  85H     ;HR. ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
DATE       EQU  87H     ;DATE ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
MONTH      EQU  89H     ;MONTH ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
DAY        EQU  8BH     ;DAY ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
YEAR       EQU  8DH     ;YEAR ADDRESS FOR READ (WRITE LSB=0)
RMIN       EQU  28H     ;MIN. REGISTER ADDRESS
RHR        EQU  29H     ;HR. REGISTER ADDRESS
RDATE      EQU  2AH     ;DATE REGISTER ADDRESS
RMONTH     EQU  2BH     ;MONTH REGISTER ADDRESS
RDAY       EQU  2CH     ;DAY REGISTER ADDRESS
RYEAR      EQU  2DH     ;YEAR REGISTER ADDRESS
RCOMND     EQU  2EH     ;COMMAND REGISTER ADDRESS
RDAT       EQU  2FH     ;DATA REGISTER ADDRESS
RSET       EQU  P1.5    ;RESET PORT OF REAL TIME KEEPING
SCLK       EQU  P1.3    ;CLOCK PORT OF REAL TIME KEEPING
DATIO      EQU  P1.4    ;I/O PORT OF REAL TIME KEEPING
XHR        EQU  30H     ;TEN HOUR FOR READ
IHR        EQU  31H     ;HOUR FOR READ
XMIN       EQU  32H     ;TEN MINUTE FOR READ
IMIN       EQU  33H     ;MINUTE FOR READ
XMONTH     EQU  34H     ;TEN MONTH FOR READ
IMONTH     EQU  35H     ;MONTH FOR READ
XDATE      EQU  36H     ;TEN DATE FOR READ
IDATE      EQU  37H     ;DATE FOR READ
XYEAR      EQU  38H     ;TEN YEAR FOR READ
IYEAR      EQU  39H     ;YEAR FOR READ
CXHR       EQU  3AH     ;TEN HOUR FOR WRITE
CIHR       EQU  3BH     ;HOUR FOR WRITE
CXMIN      EQU  3CH     ;TEN MINUTE FOR WRITE
CIMIN      EQU  3DH     ;MINUTE FOR WRITE
CXMONTH    EQU  3EH     ;TEN MONTH FOR WRITE
CIMONTH    EQU  3FH     ;MONTH FOR WRITE
CXDATE     EQU  40H     ;TEN DATE FOR WRITE
CIDATE     EQU  41H     ;DATE FOR WRITE
CXYEAR     EQU  42H     ;TEN YEAR FOR WRITE
CIYEAR     EQU  43H     ;YEAR FOR WRITE
BANK0      EQU  00H     ;REGISTER SELECT BANK0
BANK1      EQU  08H     ;REGISTER SELECT BANK1
BANK2      EQU  10H     ;REGISTER SELECT BANK2
BANK3      EQU  18H     ;REGISTER SELECT BANK3
RS         EQU  P1.0    ;REGIGTER SELECT
RW         EQU  P1.1    ;READ OR WRITE INSTRUCTION
EN         EQU  P1.2    ;ENABLE CLOCK PIN
CAR        EQU  21H     ;CARRIER REGISTER
NXT        EQU  B.4     ;CONDITION CHECK FLAG (FOR STEP)
CG_WRT     EQU  46H     ;CGRAM ADDRESS REGISTER
SW1        EQU  P3.2    ;MAIN/ENTER SW
SW2        EQU  P3.3    ;L/D/- SW
SW3        EQU  P3.4    ;R/U/+ SW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
ORG 0000H
LCALL MAIN
ORG 0100H
;*****
MAIN:
LCALL LCD_INI
LCALL NORM_PAGE
SJMP $

COMND:
PUSH DPL
PUSH DPH
CLR EN
MOV A, CAR
MOV DPTR, #8000H
CLR RS
CLR RW
SETB EN
MOVX @DPTR, A
CLR EN

POP DPH
POP DPL
RET

WRTDAT:
PUSH DPL
PUSH DPH
MOV DPTR, #8000H
SETB RS
CLR RW
SETB EN
MOVX @DPTR, A
CLR EN

POP DPH
POP DPL
RET

WRTDATT:
PUSH DPL
PUSH DPH
MOV DPTR, #8000H
CLR RW
SETB EN
MOVX @DPTR, A
CLR EN

POP DPH
POP DPL
RET

CUR_ON:
PUSH PSW
PUSH ACC
MOV A, #0EH
lcall COMND
POP ACC

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POP PSW
RET
```

```
CUR_OFF:
PUSH PSW
PUSH ACC
MOV A, #08H
LCALL COMND
POP ACC
POP PSW
RET
```

```
CUR_SHF:
PUSH PSW
MOV PSW, #BANK0
PUSH ACC
PUSH 01H
MOV R1, BRING
MOV A, #01H
LCALL COMND
RESHF:
MOV A, #14H
LCALL COMND
DJNZ R1, RESHF
POP 01H
POP ACC
POP PSW
RET
```

```
WRTCG_RAM:      PUSH PSW
MOV PSW, #BANK0
MOV R5, #8
MOV A, #40H
ANL A, CG_WRT
;   mov a, cg_wrt
MOV CAR, A
CG_RE:          ;   LCALL COMND

; SETB RS
MOVC A, @A+DPTR
; LCALL WRDATT
INC DPTR
DJNZ R5, CG_RE
```

```
POP PSW
RET
```

```
S_RECV:        CLR EA
PUSH PSW
MOV PSW, #BANK0
MOV R4, #00
MOV R1, #65
LCALL REG_OK
JNB RYES, RETYPE1
INC R4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RETYPE1:
LCALL REG_OK
JNB RYES,RETYPE_2
INC R4
RETYPE_2:
CJNE R4,#00,RETYPE2
LCALL AVOICE_ID
SJMP TRUST
RETYPE2:
MOV R1,#ID_CODE1
LCALL REG_OK
JB RYES,RETYPE3
LCALL AVOICE_DAT
SJMP FINAL
RETYPE3:
MOV R1,#ID_CODE2
LCALL REG_OK
JB RYES,TRUST
LCALL AVOICE_DAT
SJMP FINAL
TRUST:
MOV R4,#128                ;RECEIVE DATA
REC:                       JNB RI,$
CLR RI
MOV A,SBUF
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
CJNE A,#0FEH,CON_REC
SJMP FINAL
CON_REC:
DJNZ R4,REC
FINAL:
SETB EA
MOV RECV,#00H
SUCC:
POP PSW
RET

AVOICE_ID:
MOV R7,#2
IGNR:
JNB RI,$
CLR RI
DJNZ R7,IGNR
RET

AVOICE_DAT:
MOV R4,#128
I_NR:
JNB RI,$
CLR RI
MOV A,SBUF
CJNE A,#0FEH,DUE
RET
DUE
DJNZ R4,I_NR
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

REG_OK:
JNB RI, $
CLR RI
MOV A, SBUF
CJNE A, 01H, FCODE
SETB RYES
SJMP F_CHK
FCODE:
CLR RYES
F_CHK:
RET

```

```

WRITEU:
PUSH PSW
MOV PSW, #BANK0
PUSH 05H
MOV CAR, #080H
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV R5, #16
REWU:
CLR A
MOVC A, @A+DPTR
LCALL WRTDAT
INC DPTR
LCALL INSTDLY
DJNZ R5, REWU
POP 05H
POP PSW
RET

```

```

WRITEL:
PUSH PSW
MOV PSW, #BANK0
PUSH 05H
MOV CAR, #0C0H
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV R5, #16
REWL:
CLR A
MOVC A, @A+DPTR
LCALL WRTDAT
INC DPTR
LCALL INSTDLY
DJNZ R5, REWL
POP 05H
POP PSW
RET

```

```

RWRITEU:
PUSH PSW
MOV PSW, #BANK0
PUSH 05H
MOV CAR, #080H
LCALL COMND

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL INSTDLY
MOV R5,#16
REWRU:
MOVX A,@DPTR
LCALL WRTDAT
INC DPTR
LCALL INSTDLY
DJNZ R5,REWRU
POP 05H
POP PSW
RET

```

```

RWRITEL:
PUSH PSW
MOV PSW,#BANK0
PUSH 05H
MOV CAR,#0C0H
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV R5,#16
REWRL:
MOV A,#00H
MOVX A,@DPTR
LCALL WRTDAT
INC DPTR
LCALL INSTDLY
DJNZ R5,REWRL
POP 05H
POP PSW
RET

```

```

MENU H:
PUSH PSW
MOV PSW,#BANK0
MOV CAR,#080H
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV R0,#90h
MOV R5,#16
RMWRU:
MOV A,@R0
LCALL WRTDAT
INC R0
LCALL INSTDLY
DJNZ R5,RMWRU
POP PSW
RET

```

```

MENU_L:
PUSH PSW
MOV PSW,#BANK0
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV R0,#80H
MOV R5,#16
RMWRL:
MOV A,@R0

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL WRTDAT
INC R0
LCALL INSTDLY
DJNZ R5,RMWRL
POP PSW
RET

```

```

LCD_INI:
CLR EN
CLR RS
CLR RW
MOV TIME,#100
LCALL DELAYMS
MOV CAR,#I8BIT
LCALL COMND
MOV TIME,#100
LCALL DELAYMS
MOV CAR,#I8BIT
LCALL COMND
MOV TIME,#100
LCALL DELAYMS
MOV CAR,#DPON
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV CAR,#INCENT
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV CAR,#INCENT
LCALL COMND
LCALL INSTDLY
MOV TIME,#2
LCALL DELAYMS
RET

```

```

NORM_PAGE:
MOV BRING,#00H ;SET BRING
LOOP:
PUSH PSW
PUSH DPL
PUSH DPH
MOV PSW,#BANK2
PUSH ACC
MOV A,R5
MOV R2,A
POP ACC
CJNE R6,#55H,NO_AL ;55 IS ALARM ON
SETB RYES
SJMP DONE
NO_AL:
CLR RYES
DONE:
CJNE R7,#44H,A_S
CLR OKF
SJMP DOK
A_S:
SETB OKF
PUSH PSW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DOK:
MOV PSW,#BANK0
MOV DPTR,#S_SOUND
MOV CG_WRT,#00H
LCALL WRTCG_RAM
MOV DPTR,#N_SOUND
MOV CG_WRT,#01H
LCALL WRTCG_RAM
MOV DPTR,#S_CLOCK
MOV CG_WRT,#02H
LCALL WRTCG_RAM
MOV DPTR,#BLANK
MOV CG_WRT,#03H
LCALL WRTCG_RAM
MOV R0,#90H
JNB OKF,S_OFF
MOV @R0,#00H
SJMP DO_01
S_OFF:
MOV @R0,#01
DO_01:
INC R0
JNB RYES,A_OFF
MOV @R0,#02
SJMP DO_02
A_OFF:
MOV @R0,#03
DO_02:
INC R0
MOV R1,#14
MOV A,#20H
R_BO:
MOV @R0,A
INC R0
DJNZ R1,R_BO
MOV R0,#80H
PUSH PSW
;LCALL HRRD
;LCALL MINRD
POP PSW
MOV A,BRING
PUSH ACC
MOV A,#1
ADD A,#30H
MOV @R0,A
INC R0
MOV A,#5
ADD A,#30H
MOV @R0,A
INC R0
POP ACC
JNB ACC.4,BR_OFF
PUSH ACC
MOV @R0,#3AH
SJMP BR_SET
BR_OFF:
MOV @R0,#20H

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BR_SET:
INC R0
MOV A, #2H
ADD A, #30H
MOV @R0, A
INC R0
MOV A, #5
ADD A, #30H
MOV @R0, A
INC R0
MOV R4, #11
MOV A, #20H
L_OOP:
MOV @R0, A
INC R0
DJNZ R4, L_OOP
POP ACC
LCALL MENU_H
LCALL MENU_L
DEC BRING
MOV TIME, #31
LCALL DELAYMS
JBC OKF, B_OKNA
SYSTEM INI.
B_OKNA:
JNB SW1, GOMAIN
JNB SW2, GOMAIN
JNB SW3, GOMAIN
POP PSW
HEY:
AJMP LOOP
GOMAIN: SJMP HEY

```

```

DELAYMS:
push psw
MOV PSW, #BANK0
MOV R5, TIME
DELAY:
MOV R7, #39
DF:
MOV R6, #34
DJNZ R6, $
DJNZ R7, DF
DJNZ R5, DELAY
pop psw
RET

```

```

DELAYS:
push psw
MOV PSW, #BANK0
MOV R5, TIME
DEL:
MOV R7, #00
DL:
MOV R6, #224
REDLY:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SJMP KP
KP:
SJMP KP0
KP0:
SJMP KP1
KP1:
NOP
DJNZ R6,REDLY
DJNZ R7,DL
DJNZ R5,DEL
pop psw
RET

```

```

INSTDLY:
push psw
MOV PSW,#BANK0
PUSH 07H
MOV R7,#100
DJNZ R7,$
pop psw
RET

```

```

MEM_BH:      DB 'Memory error!'
MEM_BL:      DB 'Reboot or repair'
M_SELECT:    DB 'Select Item '
M_EXPLAIN:   DB 'Read/Mode(hold)'
PTA:         DB 'Exit to main '
PTB:         DB 'Alert config set'
PTC:         DB 'Clock & Calendar'
PTD:         DB 'Alarm setup.'
PTE:         DB 'MSG. management '
PTF:         DB 'About me/Credit '
SND_CTRL:    DB 'Enter to test '
SND_QTN:     DB 'Select this set?'
SND_ANS:     DB 'OK      Cancel '
TIME_MENU:   DB 'Shift set - +'
MANAGE:      DB 'Item selected be'
MAN_ANSY:    DB 'Message lock. '
MAN_ANSN:    DB 'Message unlock. '
MAN_ACK:     DB ' Press any key. '
ABOUT_MSG:  DB 'Telecom. project'
CREDIT_GO:   DB ' Create on 1999 '
TONG:        DB 'Voragrid(Tong+).'
C_TONG:      DB ' 40013065 3T/2 '
OBJA:        DB '  Wiroj (Ob^) '
C_OB:        DB ' 40013069 3T/2 '
BO_AH:       DB ' Nitikorn (Bo^) '
C_BO:        DB ' 40013057 3T/2 '
LOWBAT_MSG1: DB ' Low battery ! '
LOWBAT_MSG2: DB ' Replace it now. '
L_BAT:       DB 04H,1FH,11H,11H,11H,13H,17H,1FH
N_SOUND:     DB 11H,0BH,1DH,15H,1DH,0BH,11H,00H
S_SOUND:     DB 01H,03H,1DH,15H,1DH,03H,01H,00H
F_LOCK:      DB 00H,04H,0AH,0AH,1FH,11H,15H,1FH
CONFIG_P:    DB 00H,1EH,1FH,05H,04H,04H,04H,00H
CLOCK:       DB 00H,0EH,15H,17H,11H,0EH,00H,00H
S_CLOCK:     DB 00H,1FH,1FH,0EH,04H,0AH,11H,1FH
EXITER:      DB 1FH,0EH,15H,1BH,15H,0EH,1FH,00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

L_POINTER:          DB  00H, 08H, 0CH, 0EH, 0CH, 08H, 00H, 00H
R_POINTER:          DB  00H, 02H, 06H, 0EH, 06H, 02H, 00H, 00H
D_POINTER:          DB  00H, 00H, 00H, 1FH, 1FH, 1EH, 04H, 00H
U_POINTER:          DB  00H, 00H, 00H, 04H, 1EH, 1FH, 1FH, 00H
F_UNLOCK:          DB  04H, 0AH, 0AH, 02H, 1FH, 11H, 15H, 1FH
BLANK:              DB  ' '
I_COUNT:
DB '0001020304050607080910111213141516171819202122232425'
DB '2627282930313233343536373839404142434445464748495051'
MIN_COUNT:
DB '0001020304050607080910111213141516171819202122232425262728
29'

DB '3031323334353637383940414243444546474849505152535455565758
59'
HR_CNT:
DB '000102030405060708091011121314151617181920212223'

```

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Knd:='BB';

end;

end.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

June 1997-3

FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ.
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range, 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle, 1% TO 99%

APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01Hz to more than 1MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	16 Lead 300 Mil CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	16 Lead 300 Mil PDIP	-40°C to +85°C
XR-2206CP	16 Lead 300 Mil PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	16 Lead 300 Mil JEDEC SOIC	0°C to +70°C

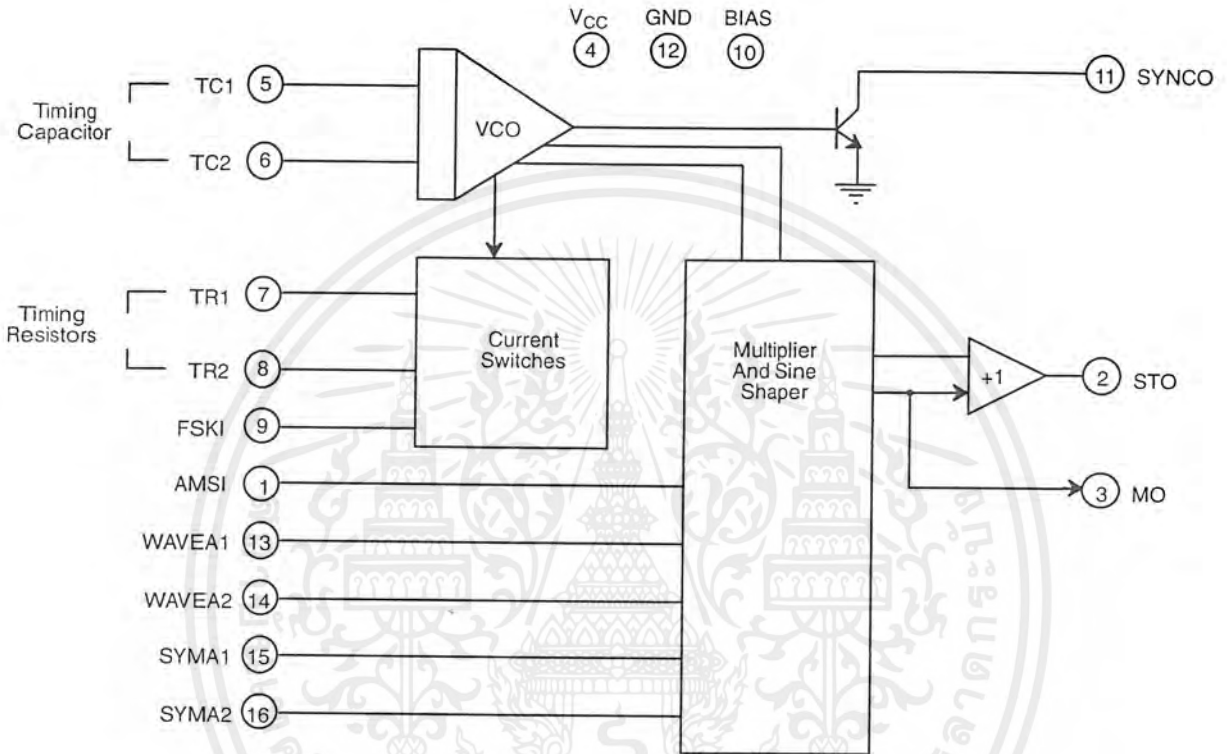
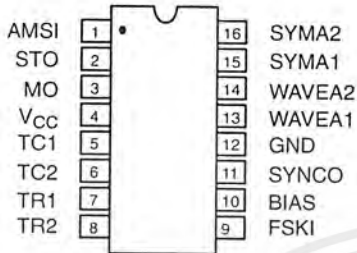
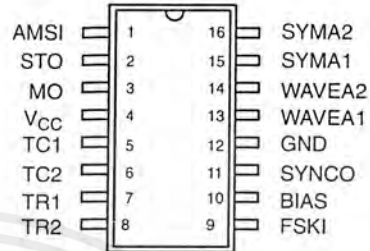


Figure 1. XR-2206 Block Diagram



16 Lead PDIP, CDIP (0.300")



16 Lead SOIC (Jedec, 0.300")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal Input.
2	STO	O	Sine or Triangle Wave Output.
3	MO	O	Multiplier Output.
4	V _{CC}		Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing Capacitor Input.
6	TC2	I	Timing Capacitor Input.
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output.
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output.
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying Input.
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync Output. This output is a open collector and needs a pull up resistor to V _{CC} .
12	GND		Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust Input 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of *Figure 2* $V_{CC} = 12V$, $T_A = 25^\circ C$, $C = 0.01\mu F$, $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$, $R_3 = 25k\Omega$
 Unless Otherwise Specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
General Characteristics								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	± 5		± 13	± 5		± 13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000pF$, $R_1 = 1k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\mu F$, $R_1 = 2M\Omega$
Frequency Accuracy		± 1	± 4		± 2		% of f_0	$f_0 = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		± 10	± 50		± 20		ppm/ $^\circ C$	$0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$ $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sine Wave Amplitude Stability ²		4800			4800		ppm/ $^\circ C$	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$V_{LOW} = 10V$, $V_{HIGH} = 20V$, $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$f_H @ R_1 = 1k\Omega$ $f_L @ R_1 = 2M\Omega$
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	$f_L = 1kHz$, $f_H = 10kHz$
1000:1 Sweep		8			8		%	$f_L = 100Hz$, $f_H = 100kHz$
FM Distortion		0.1			0.1		%	$\pm 10\%$ Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	μF	<i>Figure 5</i>
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	$k\Omega$	
Triangle Sine Wave Output¹								<i>Figure 3</i>
Triangle Amplitude		160			160		mV/ $k\Omega$	<i>Figure 2</i> , S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/ $k\Omega$	<i>Figure 2</i> , S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		V _{p-p}	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30k\Omega$
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See <i>Figure 7</i> and <i>Figure 8</i>

Notes

¹ Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See *Figure 3*.

² For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		k Ω	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		Vp-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		ns	$C_L = 10\text{pF}$
Fall Time		50			50		ns	$C_L = 10\text{pF}$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$I_L = 2\text{mA}$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μA	$V_{CC} = 26\text{V}$
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Notes

¹ Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See Figure 3.

² For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V	Total Timing Current	6mA
Power Dissipation	750mW	Storage Temperature	-65°C to +150°C
Derate Above 25°C	5mW/°C		

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing

terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO.

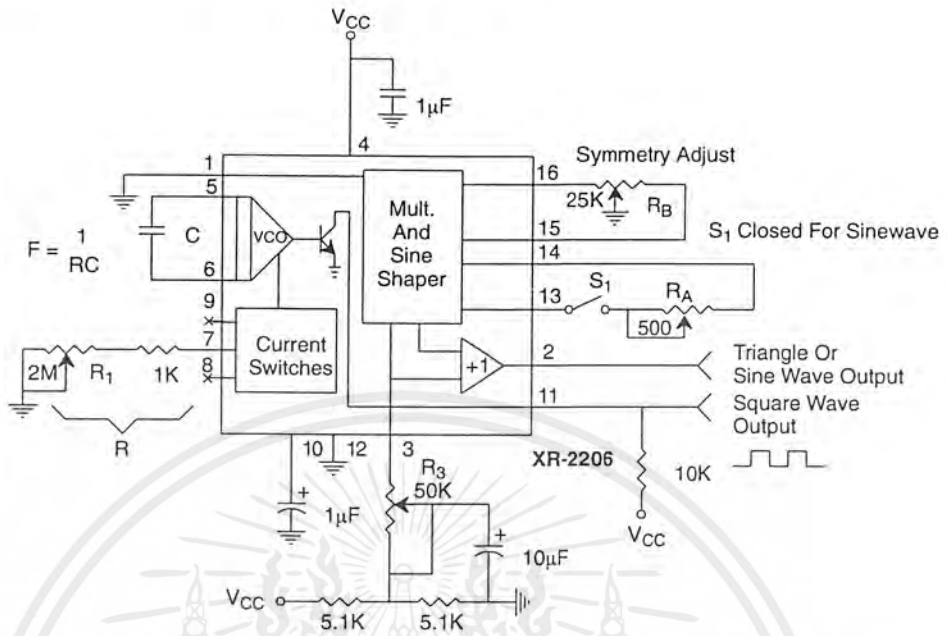


Figure 12. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion.
(R_3 Determines Output Swing - See Figure 3)

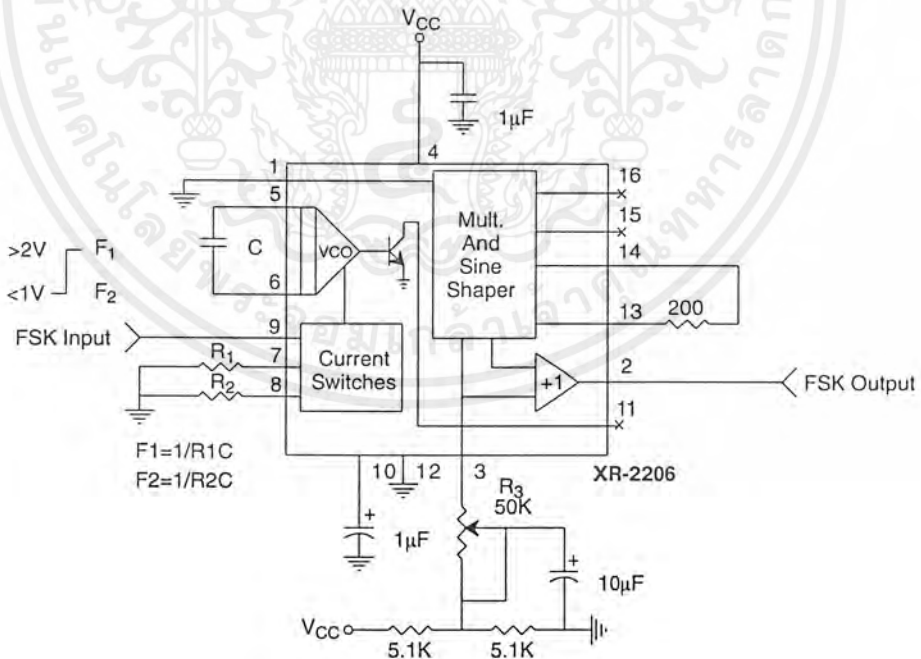


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

FEATURES

- Wide Frequency Range, 0.01Hz to 300kHz
- Wide Supply Voltage Range, 4.5V to 20V
- HCMOS/TTL/Logic Compatibility
- FSK Demodulation, with Carrier Detection
- Wide Dynamic Range, 10mV to 3V rms
- Adjustable Tracking Range ($\pm 1\%$ to 80%)
- Excellent Temp. Stability, 100 ppm/°C, typ.

APPLICATIONS

- Caller Identification Delivery
- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211A is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications applications. It is particularly suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20V and a wide frequency range of 0.01Hz to 300kHz. It can accommodate analog signals between 10mV and 3V, and can interface with conventional DTL, TTL, and ECL logic families. The circuit consists of a basic PLL for tracking an input signal within the pass band, a

quadrature phase detector which provides carrier detection, and an FSK voltage comparator which provides FSK demodulation. External components are used to independently set center frequency, bandwidth, and output delay. An internal voltage reference proportional to the power supply is provided at an output pin.

The XR-2211A is available in 14 pin packages specified for commercial temperature ranges.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2211ACP	14 Lead PDIP (0.300")	0°C to +70°C
XR-2211ACD	14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")	0°C to +70°C

BLOCK DIAGRAM

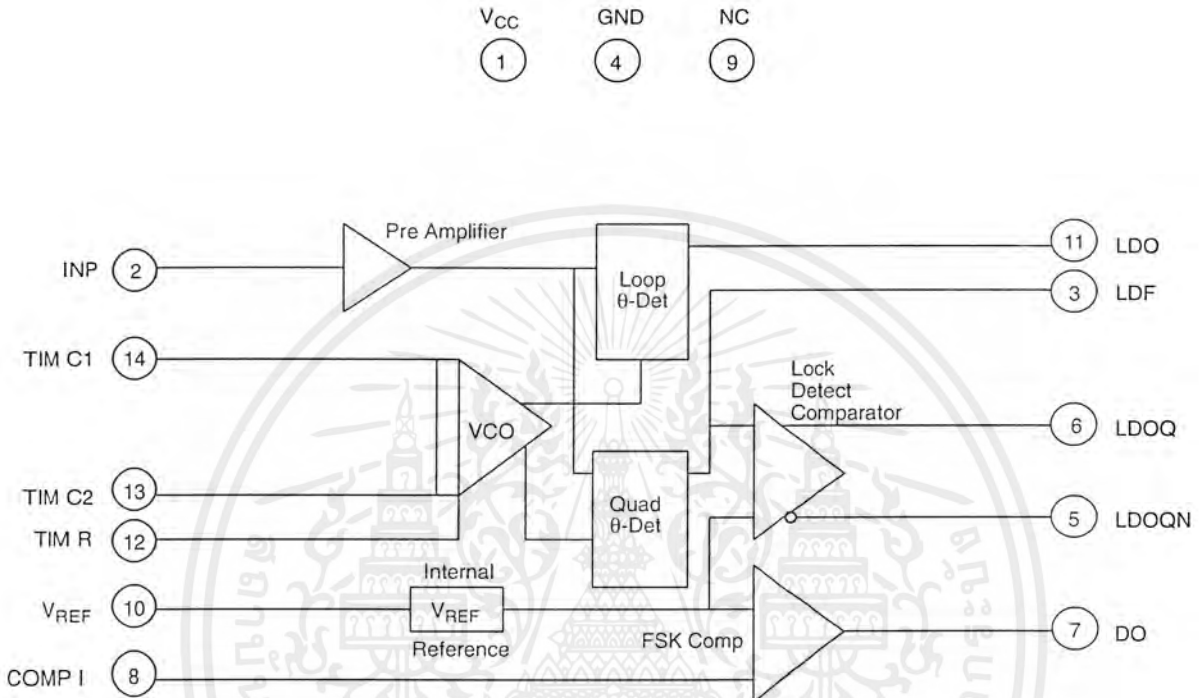
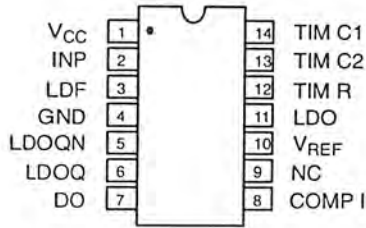
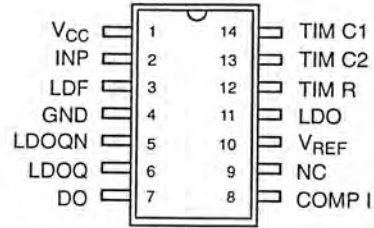


Figure 1. XR-2211A Block Diagram

PIN CONFIGURATION



14 Lead PDIP (0.300")



14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	V _{CC}		Positive Power Supply.
2	INP	I	Receive Analog Input.
3	LDF	O	Lock Detect Filter.
4	GND		Ground Pin.
5	LDOQN	O	Lock Detect Output Not. This output will be low if the VCO is in the capture range.
6	LDOQ	O	Lock Detect Output. This output will be high if the VCO is in the capture range.
7	DO	O	Data Output. Decoded FSK output.
8	COMP I	I	FSK Comparator Input.
9	NC		Not Connected.
10	V _{REF}	O	Internal Voltage Reference. The value of V _{REF} is V _{CC} /2 - 650mV.
11	LDO	O	Loop Detect Output. This output provides the result of the quadrature phase detection.
12	TIM R	I	Timing Resistor Input. This pin connects to the timing resistor of the VCO.
13	TIM C2	I	Timing Capacitor Input. The timing capacitor connects between this pin and pin 14.
14	TIM C1	I	Timing Capacitor Input. The timing capacitor connects between this pin and pin 13.

PDC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: $V_{CC} = 12V$, $T_A = +25^\circ C$, $R_O = 30K\Omega$, $C_O = 0.033\mu F$, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
General					
Supply Voltage	4.5		20	V	
Supply Current		5	9	mA	$R_O \geq 10K\Omega$. See <i>Figure 4</i> .
Oscillator Section					
Frequency Accuracy		± 3		%	Deviation from $f_O = 1/R_O C_O$
Frequency Stability					
Temperature		± 100		ppm/ $^\circ C$	See <i>Figure 8</i>
Power Supply		0.25		%/V	$V_{CC} = 12 \pm 1V$. See <i>Figure 7</i> .
Upper Frequency Limit		0.2		%/V	$V_{CC} = \pm 5.0V$. See <i>Figure 7</i> .
Lowest Practical		300		kHz	$R_O = 8.2K\Omega$, $C_O = 400pF$
Operating Frequency		0.01		Hz	$R_O = 2M\Omega$, $C_O = 50\mu F$
Timing Resistor, R_O - See <i>Figure 5</i>					
Operating Range	5		2000	K Ω	
Recommended Range	5		100	K Ω	See <i>Figure 7</i> and <i>Figure 8</i> .
Loop Phase Detector Section					
Peak Output Current	± 100	± 200	± 300	μA	Measured at Pin 11
Output Offset Current		± 2		μA	
Output Impedance		1		M Ω	
Maximum Swing	± 4	± 5		V	Referenced to Pin 10
Quadrature Phase Detector					
					Measured at Pin 3
Peak Output Current		300		μA	
Output Impedance		1		M Ω	
Maximum Swing		11		V _{PP}	
Input Preampt Section					
					Measured at Pin 2
Input Impedance		20		K Ω	
Input Signal					
Voltage Required to Cause Limiting		2		mV rms	

Notes

Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production. **Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Test Conditions: $V_{CC} = 12V$, $T_A = +25^\circ C$, $R_O = 30K\Omega$, $C_O = 0.033\mu F$, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Voltage Comparator Section					
Input Impedance		2		M Ω	Measured at Pins 3 and 8 $R_L = 5.1K\Omega$ $I_C = 3mA$ $V_O = 20V$
Input Bias Current		100		nA	
Voltage Gain	55	70		dB	
Output Voltage Low		300	500	mV	
Output Leakage Current		0.01	10	μA	
Internal Reference					
Voltage Level	4.75	5.3	5.85	V	Measured at Pin 10
Output Impedance		100		Ω	AC Small Signal
Maximum Source Current		80		μA	

Notes
Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production. **Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	20V	Plastic Package	800mW
Input Signal Level	3V rms	Derate Above $T_A = 25^\circ C$	6mW/ $^\circ C$
Power Dissipation	900mW	JEDEC SOIC	390mW
		Derate Above $T_A = 25^\circ C$	5mW/ $^\circ C$

SYSTEM DESCRIPTION

The main PLL within the XR-2211A is constructed from an input preamplifier, analog multiplier used as a phase detector and a precision voltage controlled oscillator (VCO). The preamplifier is used as a limiter such that input signals above typically 10mV rms are amplified to a constant high level signal. The multiplying-type phase detector acts as a digital exclusive or gate. Its output (unfiltered) produces sum and difference frequencies of the input and the VCO output. The VCO is actually a current controlled oscillator with its normal input current (f_O) set by a resistor (R_O) to ground and its driving current with a resistor (R_1) from the phase detector.

The output of the phase detector produces sum and difference of the input and the VCO frequencies

(internally connected). When in lock, these frequencies are $f_{IN} + f_{VCO}$ (2 times f_{IN} when in lock) and $f_{IN} - f_{VCO}$ (0Hz when lock). By adding a capacitor to the phase detector output, the 2 times f_{IN} component is reduced, leaving a DC voltage that represents the phase difference between the two frequencies. This closes the loop and allows the VCO to track the input frequency.

The FSK comparator is used to determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator). This will produce both active high and active low outputs to indicate when the main PLL is in lock (quadrature phase detector and lock detector comparator).

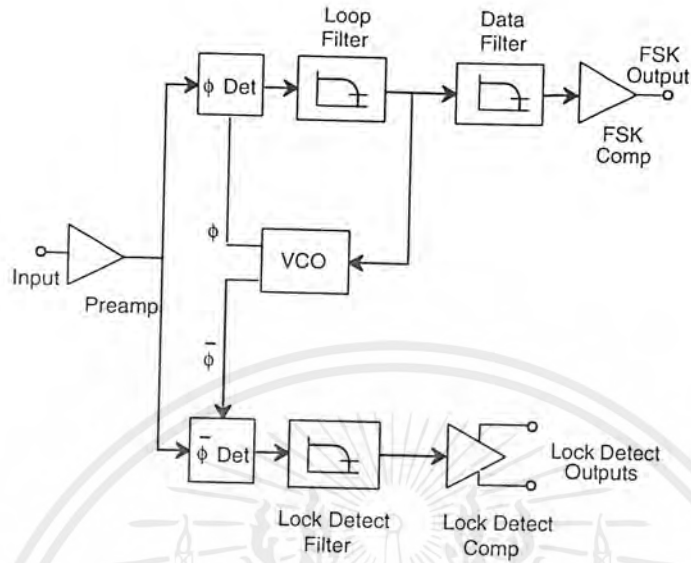


Figure 2. Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211A

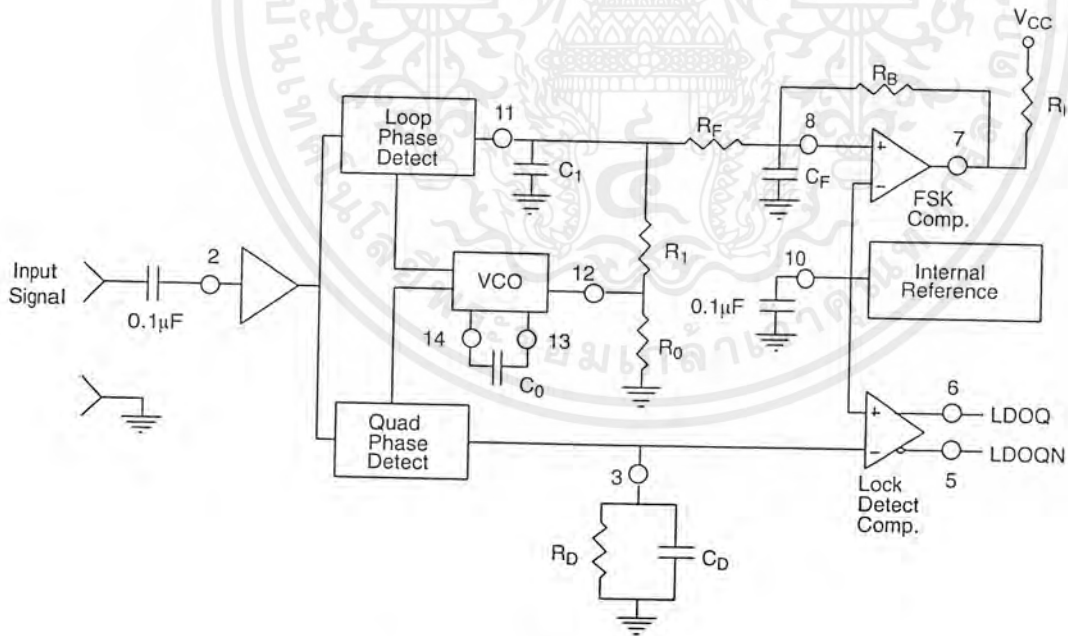


Figure 3. Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

DESIGN EQUATIONS

(All resistance in Ω , all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)
 (See *Figure 3* for definition of components)

1. VCO Center Frequency, f_0 :

$$f_0 = \frac{1}{R_0 \cdot C_0}$$

2. Internal Reference Voltage, V_{REF} (measured at pin 10):

$$V_{REF} = \left(\frac{V_{CC}}{2} \right) - 650mV \text{ in volts}$$

3. Loop Low-Pass Filter Time Constant, τ :

$$\tau = C_1 \cdot R_{PP} \text{ (seconds)}$$

where:

$$R_{PP} = \left(\frac{R_1 \cdot R_F}{R_1 + R_F} \right)$$

if R_F is ∞ or C_F reactance is ∞ , then $R_{PP} = R_1$

4. Loop Damping, ζ :

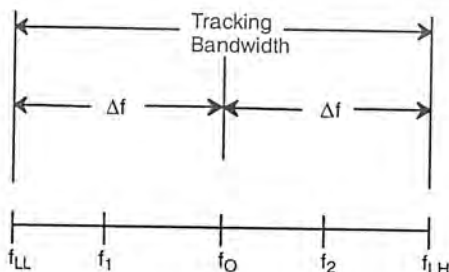
$$\zeta = \sqrt{\left(\frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot C_1} \right)}$$

Note: For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.

5. Loop-tracking

bandwidth, $\pm = \frac{\Delta f}{f_0}$

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{R_0}{R_1}$$



6. FSK Data filter time constant, tF:

$$\tau_F = \frac{R_B \cdot R_F}{(R_B + R_F)} \cdot C_F \text{ (seconds)}$$

7. Loop phase detector conversion gain, Kd: (Kd is the differential DC voltage across pin 10 and pin11, per unit of phase error at phase detector input):

$$K_d = \frac{V_{REF} \cdot R_1}{10,000 \cdot \pi} \left[\frac{\text{volt}}{\text{radian}} \right]$$

Note: For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.

8. VCO conversion gain, Ko: (Ko is the amount of change in VCO frequency, per unit of DC voltage change at pin 11):

$$K_o = \frac{-2\pi}{V_{REF} \cdot C_o \cdot R_1} = \left(\frac{\text{radian/second}}{\text{volt}} \right)$$

9. The filter transfer function:

$$F(s) = \frac{1}{1 + sR_1 \cdot C_1} \text{ at } 0 \text{ Hz.} \quad S = j\omega \text{ and } \omega = 0$$

10. Total loop gain. K_T:

$$K_T = K_o K_d F(s) = \left(\frac{R_F}{5,000 \cdot C_o \cdot (R_1 + R_F)} \right) \left[\frac{1}{\text{seconds}} \right]$$

11. Peak detector current I_A:

$$I_A = \frac{V_{REF}}{20,000} \text{ (} V_{REF} \text{ in volts and } I_A \text{ in amps)}$$

Note: For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.

APPLICATIONS INFORMATION

FSK Decoding

Figure 10 shows the basic circuit connection for FSK decoding. With reference to Figure 3 and Figure 10, the functions of external components are defined as follows: R_0 and C_0 set the PLL center frequency, R_1 sets the system bandwidth, and C_1 sets the loop filter time constant and the loop damping factor. C_F and R_F form a one-pole post-detection filter for the FSK data output. The resistor R_B from pin 7 to pin 8 introduces positive feedback across the FSK comparator to facilitate rapid transition between output logic states.

Design Instructions:

The circuit of Figure 10 can be tailored for any FSK decoding application by the choice of five key circuit components: R_0 , R_1 , C_0 , C_1 and C_F . For a given set of FSK mark and space frequencies, f_0 and f_1 , these parameters can be calculated as follows:

(All resistance in Ω 's, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

- a) Calculate PLL center frequency, f_0 :

$$f_0 = \sqrt{F_1 \cdot F_2}$$

- b) Choose value of timing resistor R_0 , to be in the range of 10K Ω to 100K Ω . This choice is arbitrary. The recommended value is $R_0 = 20K\Omega$. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X .

$$R_o = R_0 + \frac{R_X}{2}$$

- c) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from Figure 7:

$$C_0 = \frac{1}{R_0 \cdot f_0}$$

- d) Calculate R_1 to give the desired tracking bandwidth (See design equation 5).

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_0}{(f_1 - f_2)} \cdot 2$$

- e) Calculate C_1 to set loop damping. (See design equation 4):

Normally, $\zeta = 0.5$ is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \zeta^2}$$

- f) The input to the XR-2211A may sometimes be too sensitive to noise conditions on the input line. *Figure 4* illustrates a method of de-sensitizing the XR-2211A from such noisy line conditions by the use of a resistor, R_x , connected from pin 2 to ground. The value of R_x is chosen by the equation and the desired minimum signal threshold level.

$$V_{IN \text{ minimum (peak)}} = V_a - V_b = \Delta V \pm 2.8mV \text{ offset} = V_{REF} \frac{20,000}{(20,000 + R_x)} \text{ or } R_x = 20,000 \left(\frac{V_{REF}}{\Delta V} - 1 \right)$$

V_{IN} minimum (peak) input voltage must exceed this value to be detected (equivalent to adjusting V threshold)

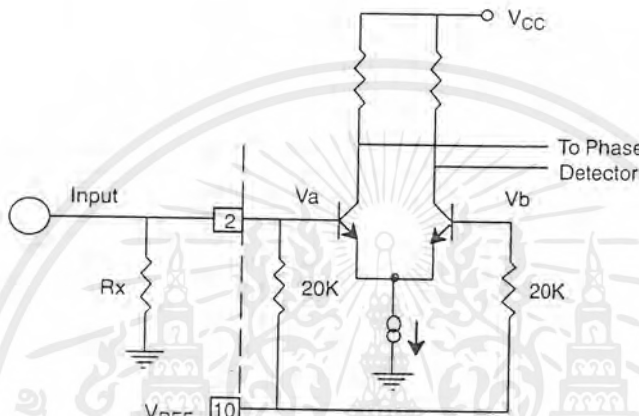


Figure 4. Desensitizing Input Stage

- g) Calculate Data Filter Capacitance, C_F :

$$R_{sum} = \frac{(R_F + R_1) \cdot R_B}{(R_1 + R_F + R_B)}$$

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{sum} \text{ Baud Rate})} \quad \text{Baud rate in } \frac{1}{\text{seconds}}$$

Note: All values except R_0 can be rounded to nearest standard value.

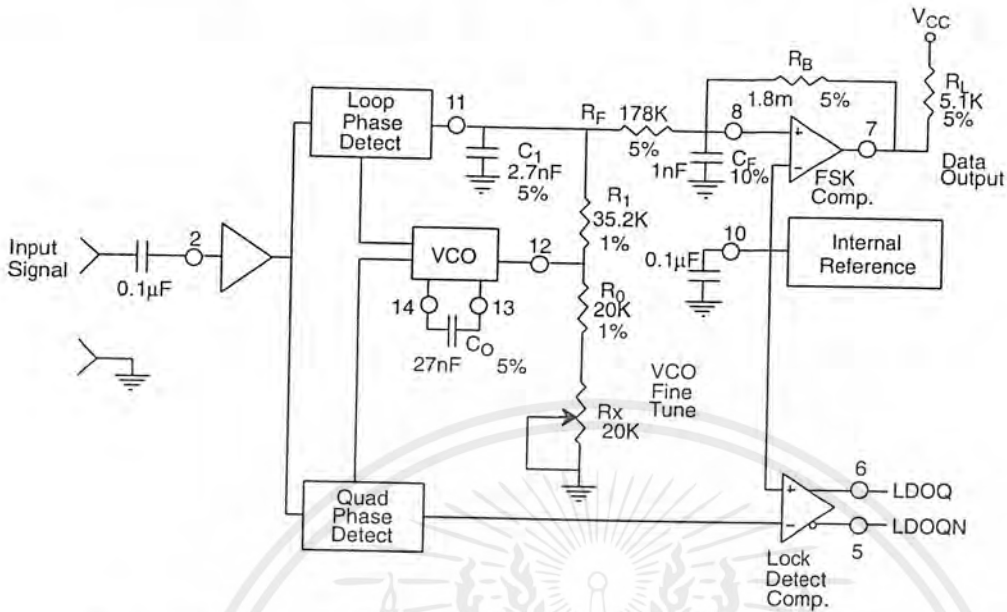


Figure 10. Circuit Connection for FSK Decoding of Caller Identification Signals (Bell 202 Format)

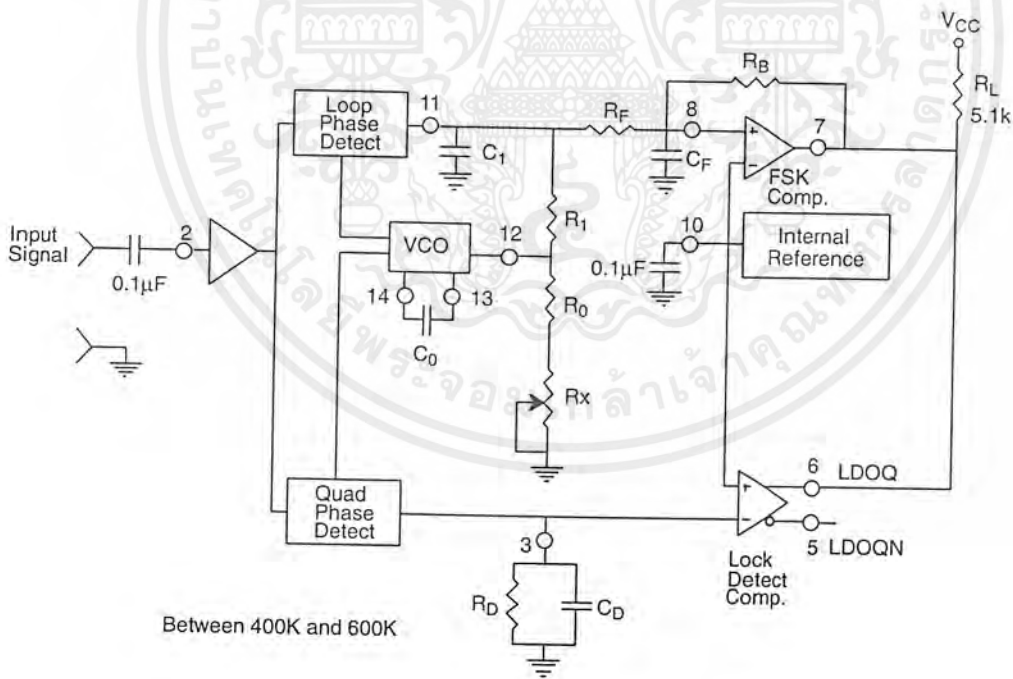


Figure 11. External Connectors for FSK Demodulation with Carrier Detect Capability

FM radio circuit

TDA7010T

GENERAL DESCRIPTION

The TDA7010T is a monolithic integrated circuit for mono FM portable radios, where a minimum on peripheral components is important (small dimensions and low costs).

The IC has an FLL (Frequency-Locked-Loop) system with an intermediate frequency of 70 kHz. The i.f. selectivity is obtained by active RC filters. The only function which needs alignment is the resonant circuit for the oscillator, thus selecting the reception frequency. Spurious reception is avoided by means of a mute circuit, which also eliminates too noisy input signals. Special precautions are taken to meet the radiation requirements.

The TDA7010T includes the following functions:

- R.F. input stage
- Mixer
- Local oscillator
- I.F. amplifier/limiter
- Phase demodulator
- Mute detector
- Mute switch

QUICK REFERENCE DATA

Supply voltage range (pin 4)	V_P	2,7 to 10 V
Supply current at $V_P = 4,5$ V	I_P	typ. 8 mA
R.F. input frequency range	f_H	1,5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 Ω ; mute disabled)	EMF	typ. 1,5 μ V
Signal handling (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 Ω)	EMF	typ. 200 mV
A.F. output voltage at $R_L = 22$ k Ω	V_o	typ. 75 mV

PACKAGE OUTLINE

16-lead mini-pack; plastic (SO16; SOT109A); SOT109-1; 1996 July 24.

FM radio circuit

TDA7010T

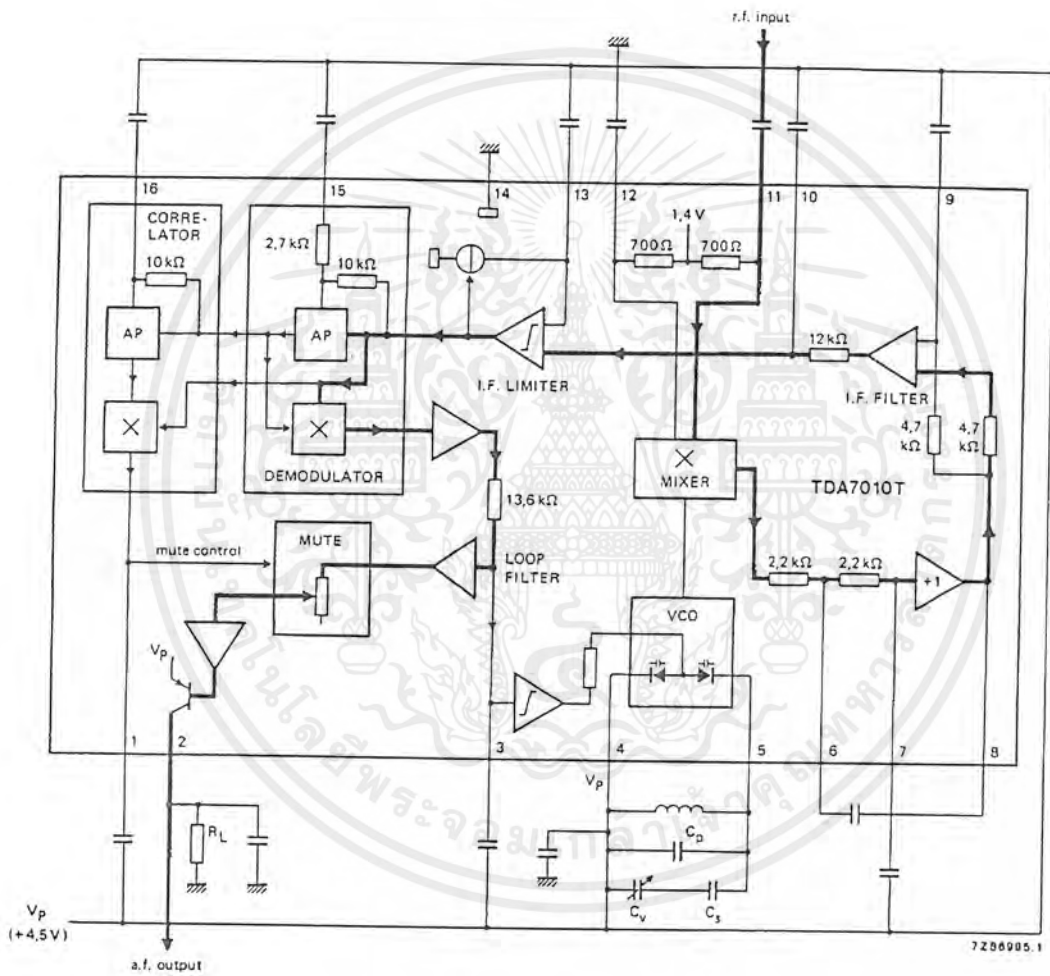


Fig.1 Block diagram.

FM radio circuit

TDA7010T

RATINGS

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Supply voltage (pin 4)	V_P	max.	12 V
Oscillator voltage (pin 5)	V_{6-5}	$V_P - 0,5$ to $V_P + 0,5$ V	
Total power dissipation		see derating curve Fig.2	
Storage temperature range	T_{stg}	-55 to + 150 °C	
Operating ambient temperature range	T_{amb}	0 to + 60 °C	

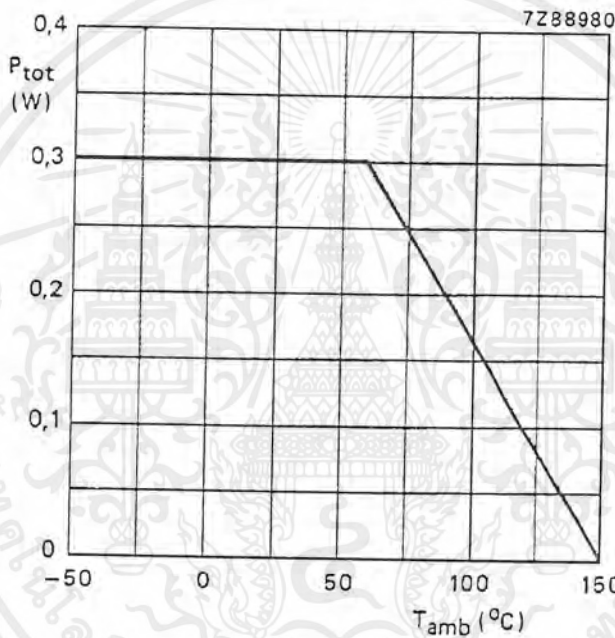


Fig.2 Power derating curve.

D.C. CHARACTERISTICS

$V_P = 4,5$ V; $T_{amb} 25$ °C; measured in Fig.4; unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply voltage (pin 4)	V_P	2,7	4,5	10	V
Supply current at $V_P = 4,5$ V	I_P	-	8	-	mA
Oscillator current (pin 5)	I_5	-	280	-	μ A
Voltage at pin 12	V_{12-14}	-	1,35	-	V
Output current at pin 2	I_2	-	60	-	μ A
Voltage at pin 2; $R_L = 22$ k Ω	V_{2-14}	-	1,3	-	V

FM radio circuit

TDA7010T

A.C. CHARACTERISTICS

$V_p = 4,5$ V; $T_{amb} = 25$ °C; measured in Fig.4 (mute switch open, enabled); $f_{rf} = 96$ MHz (tuned to max. signal at 5μ V e.m.f.) modulated with $\Delta f = \pm 22,5$ kHz; $f_m = 1$ kHz; EMF = 0,2 mV (e.m.f. voltage at a source impedance of 75 Ω); r.m.s. noise voltage measured unweighted ($f = 300$ Hz to 20 kHz); unless otherwise specified.

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Sensitivity (see Fig.3) (e.m.f. voltage) for -3 dB limiting; muting disabled	EMF	-	1,5	-	μ V
for -3 dB muting	EMF	-	6	-	μ V
for S/N = 26 dB	EMF	-	5,5	-	μ V
Signal handling (e.m.f. voltage) for THD < 10%; $\Delta f = \pm 75$ kHz	EMF	-	200	-	mV
Signal-to-noise ratio	S/N	-	60	-	dB
Total harmonic distortion at $\Delta f = \pm 22,5$ kHz	THD	-	0,7	-	%
at $\Delta f = \pm 75$ kHz	THD	-	2,3	-	%
AM suppression of output voltage (ratio of the AM output signal referred to the FM output signal) FM signal: $f_m = 1$ kHz; $\Delta f = \pm 75$ kHz AM signal: $f_m = 1$ kHz; $m = 80\%$	AMS	-	50	-	dB
Ripple rejection ($\Delta V_p = 100$ mV; $f = 1$ kHz)	RR	-	10	-	dB
Oscillator voltage (r.m.s. value) at pin 5	$V_{5-4(rms)}$	-	250	-	mV
Variation of oscillator frequency with supply voltage ($\Delta V_p = 1$ V)	Δf_{osc}	-	60	-	kHz/V
Selectivity	S_{+300}	-	43	-	dB
	S_{-300}	-	28	-	dB
A.F.C. range	Δf_{rf}	-	± 300	-	kHz
Audio bandwidth at $\Delta V_o = 3$ dB measured with pre-emphasis ($t = 50 \mu$ s)	B	-	10	-	kHz
A.F. output voltage (r.m.s. value) at $R_L = 22$ k Ω	$V_{o(rms)}$	-	75	-	mV
Load resistance at $V_p = 4,5$ V	R_L	-	-	22	k Ω
at $V_p = 9,0$ V	R_L	-	-	47	k Ω

FM radio circuit

TDA7010T

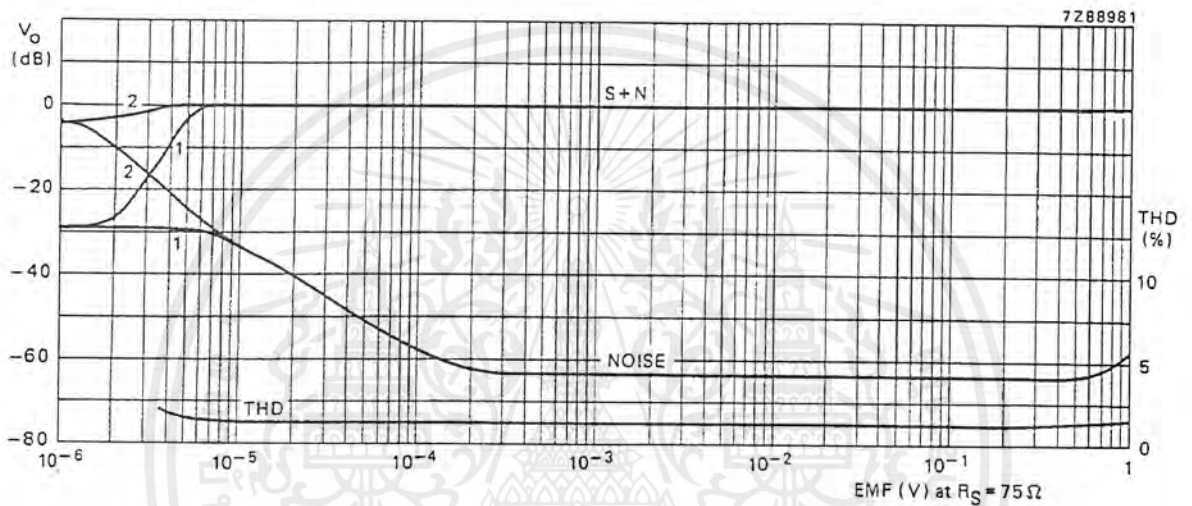


Fig.3 A.F. output voltage (V_o) and total harmonic distortion (THD) as a function of the e.m.f. input voltage (EMF) with a source impedance (R_S) of 75Ω : (1) muting system enabled; (2) muting system disabled.

Conditions: 0 dB = 75 mV; $f_{rf} = 96$ MHz.
 for S + N curve: $\Delta f = \pm 22,5$ kHz; $f_m = 1$ kHz.
 for THD curve: $\Delta f = \pm 75$ kHz; $f_m = 1$ kHz.

Note

1. The muting system can be disabled by feeding a current of about $20 \mu A$ into pin 1.

FM radio circuit

TDA7010T

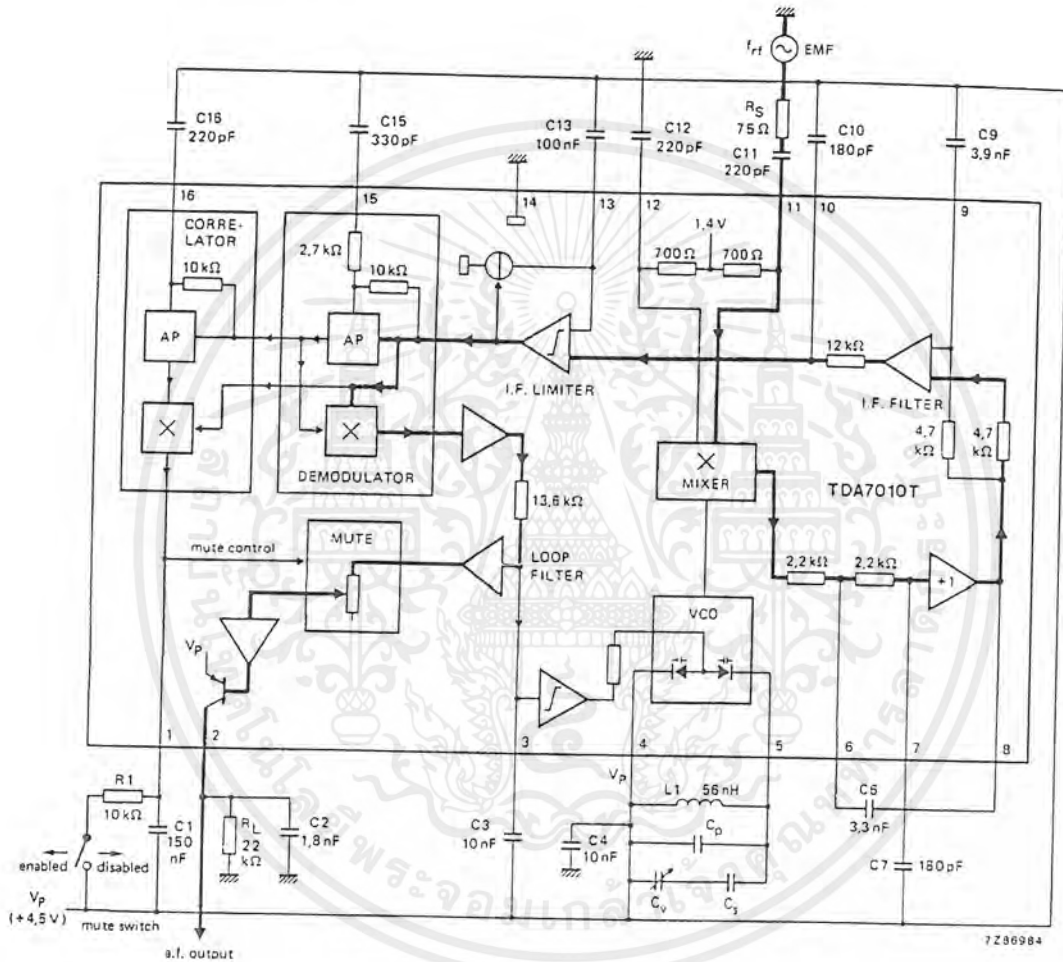


Fig.4 Test circuit; for printed-circuit boards see Figs 5 and 6.

+5V Microprocessor Supervisory Circuits

General Description

The MAX817/MAX818/MAX819 microprocessor (μ P) supervisory circuits simplify power-supply monitoring, battery control, and chip-enable gating in μ P systems by reducing the number of components required. These devices are designed for use in +5V-powered systems. Low supply current (11 μ A typical) and small package size make these devices ideal for portable applications. The MAX817/MAX818/MAX819 are specifically designed to ignore fast transients on VCC. Other supervisory functions include active-low reset, backup-battery switchover, watchdog input, battery freshness seal, and chip-enable gating. The *Selector Guide* below lists the specific functions available from each device.

These devices offer two pretrimmed reset threshold voltages for $\pm 5\%$ or $\pm 10\%$ power supplies: 4.65V for the L versions and 4.40V for the M versions. The MAX817/MAX818/MAX819 are available in space-saving μ MAX packages, as well as 8-pin DIP/SO.

Selector Guide

FEATURE	MAX817 L/M	MAX818 L/M	MAX819 L/M
Active-Low Reset	✓	✓	✓
Backup-Battery Switchover	✓	✓	✓
Power-Fail Comparator	✓	—	✓
Watchdog Input	✓	✓	—
Battery Freshness Seal	✓	✓	✓
Manual Reset Input	—	—	✓
Chip-Enable Gating	—	✓	—
Pin-Package	8-DIP/SO/ μ MAX	8-DIP/SO/ μ MAX	8-DIP/SO/ μ MAX
Low-Power, Pin- Compatible Upgrades for:	MAX690A/ MAX692A	—	MAX703/ MAX704

Applications

Battery-Powered Computers and Controllers
 Embedded Controllers
 Intelligent Instruments
 Critical μ P Monitoring
 Portable Equipment

Typical Operating Circuit appears at end of data sheet.

*Patents Pending

Features

- ◆ Precision Supply-Voltage Monitor:
4.65V (MAX81_L)
4.40V (MAX81_M)
- ◆ 11 μ A Quiescent Supply Current
- ◆ 200ms Reset Time Delay
- ◆ Watchdog Timer with 1.6sec Timeout (MAX817/MAX818)
- ◆ Battery-Backup Power Switching; Battery Voltage Can Exceed VCC
- ◆ Battery Freshness Seal
- ◆ On-Board, 3ns Gating of Chip-Enable Signals (MAX818)
- ◆ Uncommitted Voltage Monitor for Power-Fail or Low-Battery Warning (MAX817/MAX819)
- ◆ Manual Reset Input (MAX819)

Ordering Information

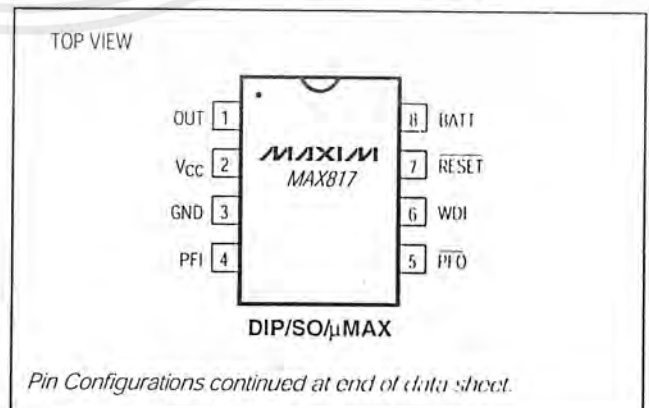
PART [†]	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX817_CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX817_CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX817_CUA	0°C to +70°C	8 μ MAX

Ordering Information continued on last page.

[†] These parts offer a choice of reset threshold voltage. From the table below, select the suffix corresponding to the desired threshold and insert it into the blank to complete the part number.

SUFFIX	RESET THRESHOLD (V)
L	4.65
M	4.40

Pin Configurations



Maxim Integrated Products 1

MAX817L/M, MAX818L/M, MAX819L/M*

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โฆษณาทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V Microprocessor Supervisory Circuits

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Input Voltage			Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
V _{CC} , BATT	.....	-0.3V to +6.0V	Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C)	.....727mW
All Other Pins (Note 1)	.....	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	.....471mW
Input Current			μMAX (derate 4.10mW/°C above +70°C)	.....330mW
V _{CC} Peak	.....	1A	Operating Temperature Ranges	
V _{CC} Continuous	.....	250mA	MAX81_ _C_A	.....0°C to +70°C
BATT Peak	.....	250mA	MAX81_ _E_A	.....-40°C to +85°C
BATT Continuous	.....	50mA	Storage Temperature Range	.....-65°C to +160°C
GND	.....	25mA	Lead Temperature (soldering, 10sec)	.....+300°C
Output Current				
OUT	.....	250mA		
All Other Outputs	.....	25mA		
OUT Short-Circuit Duration	.....	10sec		

Note 1: The input voltage limits on PFI and WDI may be exceeded (up to 12V V_N) if the current into these pins is limited to less than 10mA.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +4.75V to +5.5V for MAX81_L, V_{CC} = +4.5V to +5.5V for MAX81_M, V_{BATT} = 2.8V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Voltage Range, V _{CC} , V _{BATT} (Note 2)				0		5.5	V
Supply Current (excluding I _{OUT})	I _{SUPPLY}	As applicable; CE IN = 0V, WDI and MR unconnected	MAX81_ _C		11	45	μA
			MAX81_ _E		11	60	
Supply Current in Battery-Backup Mode (excluding I _{OUT})		V _{CC} = 0V	T _A = +25°C		0.05	1.0	μA
			T _A = T _{MIN} to T _{MAX}			5.0	
BATT Standby Current (Note 3)		5.5V > V _{CC} > (V _{BATT} + 0.2V)	T _A = +25°C	-0.10		0.02	μA
			T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	-1.00		0.02	
BATT Leakage Current, Freshness Seal Enabled		V _{CC} = 0V, V _{OUT} = 0V				1	μA
V _{OUT} Output		I _{OUT} = 5mA		V _{CC} - 0.05	V _{CC} - 0.025		V
		I _{OUT} = 50mA		V _{CC} - 0.5	V _{CC} - 0.25		
V _{CC} to OUT On-Resistance					5	10	Ω
BATT to OUT On-Resistance					100		Ω
V _{OUT} in Battery-Backup Mode		I _{OUT} = 250μA, V _{CC} < (V _{BATT} - 0.2V)		V _{BATT} - 0.1	V _{BATT} - 0.02		V
Battery Switch Threshold (V _{CC} - V _{BATT})		V _{CC} < V _{RST}	Power-up		20		mV
			Power-down		-20		
Battery Switchover Hysteresis					40		mV

+5V Microprocessor Supervisory Circuits

MAX817LM, MAX818LM, MAX819LM*

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +4.75V to +5.5V for MAX81_L, V_{CC} = +4.5V to +5.5V for MAX81_M, V_{BATT} = 2.8V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
RESET AND WATCHDOG TIMER							
Reset Threshold	VRST	MAX81_L	4.50	4.65	4.75	V	
		MAX81_M	4.25	4.40	4.50		
Reset Threshold Hysteresis				25		mV	
Reset Timeout Period	t _{RP}		140	200	280	ms	
RESET Output Voltage	VOH	V _{CC} > VRST(MAX), I _{SOURCE} = 800μA	V _{CC} - 1.5			V	
	VOL	V _{CC} < VRST(MIN), I _{SINK} = 3.2mA			0.4		
		MAX81__C, V _{CC} = 1V, V _{CC} falling, V _{BATT} = 0V, I _{SINK} = 50μA					0.3
		MAX81__E, V _{CC} = 1.2V, V _{CC} falling, V _{BATT} = 0V, I _{SINK} = 100μA					0.3
V _{CC} to RESET Delay		From VRST, V _{CC} falling at 10V/ms		100		μs	
Watchdog Timeout Period	t _{WD}		1.00	1.60	2.25	sec	
WDI Pulse Width	t _{WDI}	V _{IL} = 0.4V, V _{IH} = 0.8V _{CC}	50			ns	
WDI Input Threshold (Note 4)	V _{IL}	V _{CC} = 5V			0.8	V	
	V _{IH}		3.5				
WDI Input Current (Note 5)		WDI = V _{CC} , time average		120	160	μA	
		WDI = GND, time average	-20	-15			
POWER-FAIL COMPARATOR (MAX817/MAX819 only)							
PFI Input Threshold	VPFT		1.20	1.25	1.30	V	
PFI Input Hysteresis				4		mV	
PFI Input Current	I _{PFI}		-25	0.01	25	nA	
PFO Output Voltage	V _{OL}	V _{PFI} < 1.20V, I _{SINK} = 3.2mA, V _{CC} > 4.50V			0.4	V	
	V _{OH}	V _{PFI} > 1.30V, I _{SOURCE} = 40μA, V _{CC} > 4.5V	V _{CC} - 1.5				
PFO Short-Circuit Current		V _{PFO} = 0V		250	500	μA	
MANUAL RESET INPUT (MAX819 only)							
MR Input Threshold	V _{IL}		0.8			V	
	V _{IH}				2.0		
MR Pulse Width			1			μs	
MR Pulse that Would Not Cause a Reset				100		ns	
MR to Reset Delay				120		ns	
MR Pull-Up Resistance			45	63	85	kΩ	

+5V Microprocessor Supervisory Circuits

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = +4.75V$ to $+5.5V$ for MAX81_L, $V_{CC} = +4.5V$ to $+5.5V$ for MAX81_M, $V_{BATT} = 2.8V$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CHIP-ENABLE GATING (MAX818 only)						
\overline{CE} IN Leakage Current		Disable mode		± 0.005	± 1	μA
\overline{CE} IN to \overline{CE} OUT Resistance (Note 6)		Enable mode		40	150	Ω
\overline{CE} OUT Short-Circuit Current (Reset Active)		Disable mode, \overline{CE} OUT = 0V	0.1	0.75	2.0	mA
\overline{CE} IN to \overline{CE} OUT Propagation Delay (Note 7)		50 Ω source impedance driver, $C_{LOAD} = 50pF$		3	8	ns
\overline{CE} OUT Output	V_{OH}	$I_{OUT} = -100\mu A$, $V_{CC} = 0V$	$V_{CC} - 1V$			V
		$I_{OUT} = -1\mu A$, $V_{CC} = 0V$, $V_{BATT} = 2.8V$	2.7			
\overline{CE} OUT Input Threshold	V_{IH}	$V_{CC} = 5V$	0.8			V
	V_{IL}		3.5			
RESET to \overline{CE} OUT Delay		Power-down		15		μs

Note 2: Either V_{CC} or V_{BATT} can go to 0V if the other is greater than 2.0V.

Note 3: "-" = battery-charging current, "+" = battery-discharging current.

Note 4: WDI is internally serviced within the watchdog timeout period if WDI is left unconnected.

Note 5: WDI input is designed to be driven by a three-stated output device. To float WDI, the "high-impedance mode" of the output device must have a maximum leakage current of 10 μA and a maximum output capacitance of 200pF. The output device must also be able to source and sink at least 200 μA when active.

Note 6: The chip-enable resistance is tested with $V_{CC} = +4.75V$ for the MAX818L and $V_{CC} = +4.5V$ for the MAX818M. $V_{\overline{CE} IN} = V_{\overline{CE} OUT} = V_{CC}/2$.

Note 7: The chip-enable propagation delay is measured from the 50% point at $\overline{CE} IN$ to the 50% point at $\overline{CE} OUT$.

+5V Microprocessor Supervisory Circuits

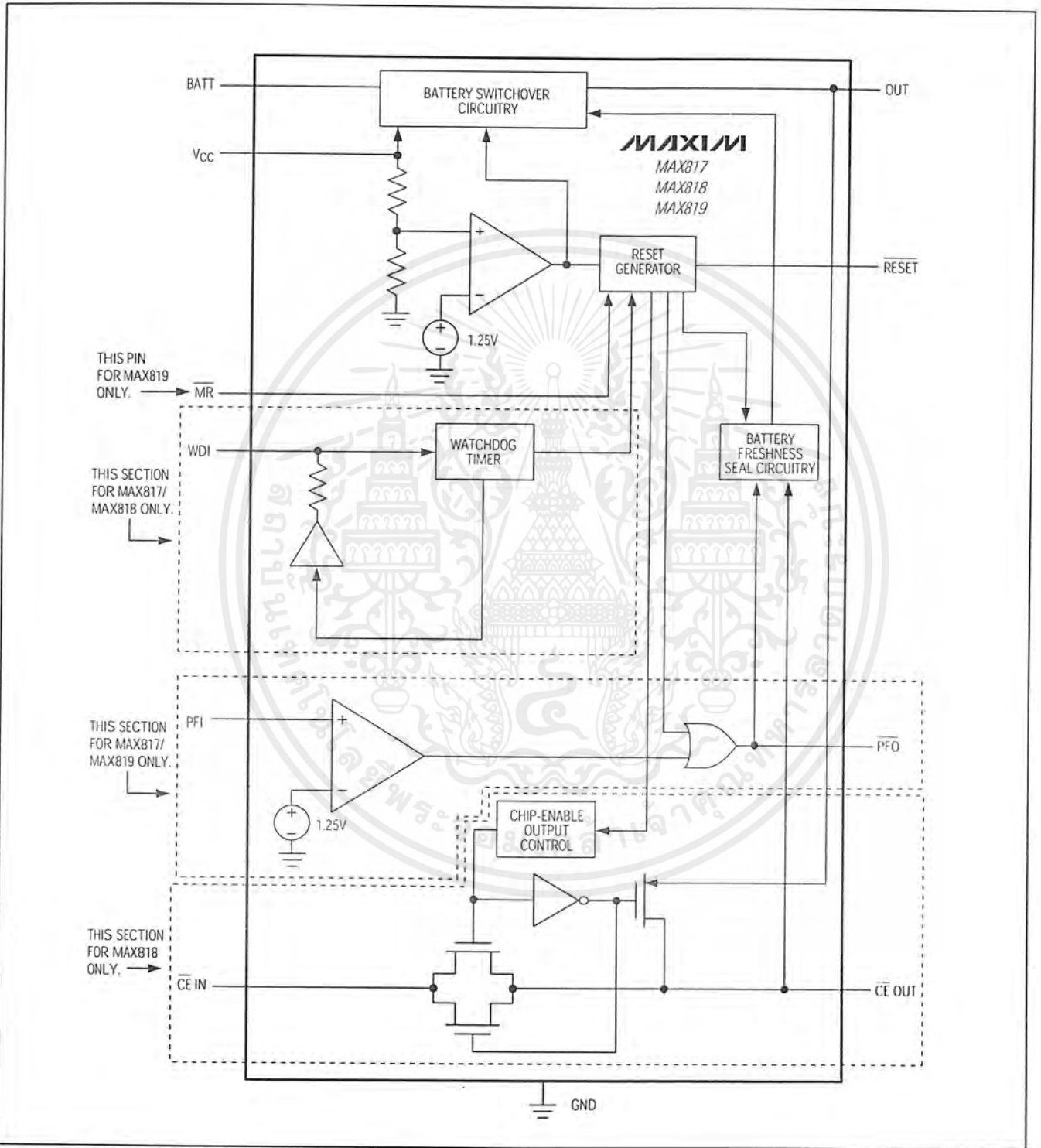


Figure 1. Functional Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ เป็นอย่างสูงที่ช่วยกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และ
เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทดลองต่างๆ

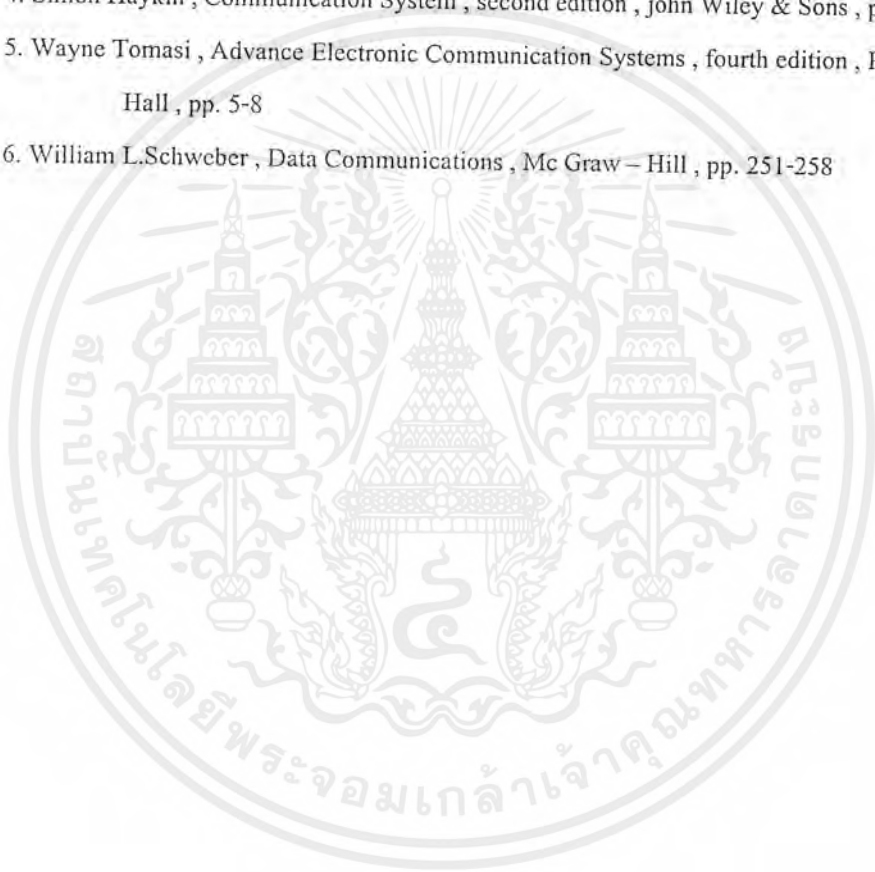
ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนสำหรับคำปรึกษา ความช่วยเหลือและกำลังใจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.ดร. วิวัฒน์ กิรานนท์, การสื่อสารข้อมูล , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 61-67
2. รศ. สมยศ จุณณะปิยะ , การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , หน้า 6 –19
3. Neil J. Boucher , Paging Technology Handbook, second edition , Quantum publishing pp. 19-32,257-271
4. Simon Haykin , Communication System , second edition , John Wiley & Sons , pp.183– 97.
5. Wayne Tomasi , Advance Electronic Communication Systems , fourth edition , Prentice Hall , pp. 5-8
6. William L.Schweber , Data Communications , Mc Graw – Hill , pp. 251-258



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้