สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือ

DATA COMMUNICATION VIA TELEPHONE MOBILE

โดย

นาย กฤษณะ อนุเวช รหัส 47015863

นาย เจษฎากร ชูสุวรรณ์ รหัส 47015868

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิตติพล ชิตสกุล

ปพ
ก28ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72974
วัน,เดือน,ปี 26 มิ.ย. 2550

b 11775774
i.....

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือถือ

DATA COMMUNICATION VIA MOBILE PHONE

ผู้จัดทำ

1. นาย กฤษณะ อนุเวช รหัส 47015863
2. นาย เจษฎากร ชูสุวรรณ์ รหัส 47015868

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. กิตินล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือถือ

นาย กฤษณะ อนุเวช รหัส 47015863
นาย เจษฎากร ชูสุวรรณ์ รหัส 47015868
ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ อธิบายการออกแบบ การทำงาน และการสร้าง อุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลดิจิตอล ผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยใช้ช่องสัญญาณของ Small talk ส่วนประกอบหลักๆได้แก่ วงจรเข้ารหัส FSK วงจรถอดรหัส FSK ในย่านแถบความถี่เสียง 1.4 -1.6 กิโลเฮิร์ทซ สามารถส่งข้อมูลได้ความเร็วสูงสุด 1200 บิตต่อวินาทีเมื่อทดสอบโดยใช้การเชื่อมต่อตรงโดยไม่ผิดพลาด ส่วนการเชื่อมต่อผ่านโทรศัพท์ที่ความเร็ว1200 บิตต่อวินาทีมีความถูกต้อง ~~4~~%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA COMMUNICATION VIA TELEPHONE MOBILE

Mr.Krisana Anuvate ID. 47015863
Mr.Jedsadakorn Chusuwan ID. 47015868
Dr. kitiphol Chitskul Advisor
Educational Year 2006

Abstract

This thesis explains about design and construction of a system for transferring digital data. By using a mobile phone as transmitter, digital data are fed via the small-talk port and receive at small-talk port of the other one phone. The main parts consist of frequency shift keying modulator/demodulator circuits. The maximum transferring rate is 1200 bit/sec. The experimental results are shown that we can correctly transfer data without using mobile phone. However the transferring error increases to 12.% when it was operated with the phones.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ลุลวงไปได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความเมตตากรุณาจากหลาย ๆ ทาน ทั้งทางด้านความรู้ คำชี้แนะต่าง ๆ รวมไปถึงกำลังกายและกำลังใจ

ขอขอบคุณ คณะอาจารย์ประจำภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน สำหรับคำแนะนำและความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ อย่างครบถ้วน

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รุ่นพี่ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์นี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

นาย กฤษณะ อนุเวช

นาย เจษฎากร ชูสุวรรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	1
1.5 โครงสร้างของรายงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 การสื่อสาร	3
2.2 สัญญาณ (Signal)	3
2.3 การส่งสัญญาณดิจิตอลที่ใช้คลื่นพาห์	6
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.5 หลักการพื้นฐานของโทรศัพท์มือถือ	27
2.6 ค่าต่าง ๆ ของหัส Ascii Code	43
2.7 ไอซีเบอร์ XR 2211	44
2.8 ไอซีเบอร์ XR 2206	46
บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและการสร้าง	48
3.1 ออกแบบวงจรเข้ารหัส FSK และวงจรถอดรหัส FSK	48
3.2 ทดสอบการเข้ารหัส FSK และถอดรหัส FSK	48
3.3 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอล	48
3.4 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือถือ	48
3.5 ทดลองส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	49
4.1 ออกแบบวงจรเข้ารหัส FSK และวงจรถอดรหัส FSK	49
4.2 ทดสอบส่งข้อมูลดิจิตอล	53
4.3 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือถือ	56
4.4 ทดลองส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง	56
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและอุปสรรค	63
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการมอดดูเลตแบบดิจิตอลและอนาล็อก	8
ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่งโปรแกรมภาษา Assembly	24
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความถี่ของปุ่ม KEY PAD	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 สัญญาณเบสแบนด์ดิจิตอล	8
รูปที่ 2.2 amplitude shift keying	9
รูปที่ 2.3 frequency shift keying	9
รูปที่ 2.4 phase shift keying	10
รูปที่ 2.5 หลักการและสัญญาณอินพุต เอาต์พุตของ FSK	11
รูปที่ 2.6 FSK Bandwidth	12
รูปที่ 2.7 การเบี่ยงเบนความถี่	13
รูปที่ 2.8 PLL FSK Demodulator	14
รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานและรูปร่างของสัญญาณต่าง ๆ ของเฟสล็อกลูป	15
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์	17
รูปที่ 2.11 แสดงถึงหน่วยความจำรหัสคำสั่ง	19
รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal data memory)	20
รูปที่ 2.13 หน่วยความจำสำหรับเก็บค่ารีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)	21
รูปที่ 2.14 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)	22
รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการเขียนโฟว์ชาร์ต	23
รูปที่ 2.16 แสดง ภาคโครงสร้างหลัก BASEBAND	29
รูปที่ 2.17 แสดง จุดเชื่อมโยงเข้าคอมพิวเตอร์	30
รูปที่ 2.18 แสดง จุดต่อหูฟังและ ชาร์เจอร์	30
รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อของ Battery	31
รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของการประจุไฟและควบคุมกระแส	31
รูปที่ 2.21 แสดง การต่อ SIMCARD	32
รูปที่ 2.22 แสดง การทำงานของ ไอซี COBBA	33
รูปที่ 2.23 แสดง การทำงานของ ไอซี CCONT	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.24 แสดง การทำงานของ หูฟังหรือลำโพง EARPIECE , SPEAKER	35
รูปที่ 2.25 แสดง การทำงานของ จอ LCD	36
รูปที่ 2.26 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ ภาคสังเคราะห์ความถี่ (SYNTHESIZER)	39
รูปที่ 2.27 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ วงจรเฟสล็อกลูป	40
รูปที่ 2. 8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ VCO (VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR)	41
รูปที่ 2.29 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ LNA หรือ LOW NOISE AMPLIFIER	42
รูปที่ 2.30 แสดงค่าต่างๆ ของรหัส Ascii Code	45
รูปที่ 2.31 แสดง Block Diagram ของ ไอซีเบอร์ XR 2211	45
รูปที่ 2.32 แสดง ตำแหน่งขาของ ไอซีเบอร์ XR 2211	46
รูปที่ 2.33 แสดงวงจร ถอดรหัส FSK	46
รูปที่ 2.34 แสดง Block Diagram ของ ไอซีเบอร์ XR 2206	47
รูปที่ 2.35 แสดง ตำแหน่งขาของ ไอซีเบอร์ XR 2206	47
รูปที่ 2.36 แสดงวงจรเข้ารหัส FSK	48
รูปที่ 4.1 แสดงความผิดเพี้ยนของสัญญาณทางด้านฝั่ง ของสัญญาณที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 mV หลังจากส่งผ่านมือถือ	50
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณ FSK ที่ได้	52
รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณเบสแบนด์ดิจิตอล กับสัญญาณที่ถอดรหัสแล้วจากวงจรถอดรหัส FSK	53
รูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงวงจรทางด้านภาคส่ง	57
รูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงวงจรทางด้านภาครับ	58
รูปที่ 4.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่ใช้ทดลองส่งโดยไม่ผ่านโทรศัพท์มือถือ	59
รูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นการวางชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง	59
รูปที่ 4.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่ใช้ทดลองส่งโดยผ่านโทรศัพท์มือถือ ทางด้านภาคส่ง	60
รูปที่ 4.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่ใช้ทดลองส่งโดยผ่านโทรศัพท์มือถือ ทางด้านภาครับ	60
รูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นถึงผลที่ได้จากการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษร A-Z ครั้งละ 100 ตัว	61
รูปที่ 4.11 ก และ ข แสดงให้เห็นถึงสัญญาณ FSK จากทางภาคส่ง กับสัญญาณที่รับได้ทางภาครับหลังจากผ่าน Instrument Amp	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันได้มีการใช้โทรศัพท์มือถือกันอย่างแพร่หลายอย่างมาก และยังมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จัดได้ว่าธุรกิจเกี่ยวกับมือถือนี้เป็นตลาดที่ใหญ่และน่าสนใจมาก ทางด้านบริษัทผู้ผลิตจึงคิดค้นฟังชั่นการใช้งานใหม่ ๆ ออกมาอย่างต่อเนื่องมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ และสร้างความแตกต่างให้กับสินค้าใช้เป็นจุดขายของแต่ละบริษัทแต่ละเครื่องหมายการค้า ซึ่งมีทั้งที่เป็นส่วนของซอฟแวร์ ฮาร์ดแวร์ การออกแบบรูปร่าง การให้บริการ และที่สำคัญอีกอย่างคือที่เกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมที่ใช้รวมกับโทรศัพท์มือถือ

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษาและการทำอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลผ่านมือถือนี้เพื่อให้อธิบายถึงการสื่อสารและ เป็นอีกแนวทางที่จะพัฒนา เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีพฤติกรรมชอบเปลี่ยนมือถืออยู่บ่อย ๆ เนื่องจากข้อจำกัดต่าง ๆ ทางการค้า ทำให้อุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ที่ผลิตออกมาจะใช้ได้แต่เฉพาะกับสินค้าของตัวเองเท่านั้น ดังที่เราเห็นตามท้องตลาดปัจจุบัน จึงมีแนวคิดว่าถ้าสร้างอุปกรณ์เสริมที่สามารถใช้ร่วมกับโทรศัพท์มือถือทุกเครื่อง ไม่ว่าจะเป็นรุ่นใดก็ตามได้ซึ่งจะถือเอาจุดนี้เป็นจุดเด่นของสินค้าได้

ช่องสัญญาณของ Small talk เป็นอีกส่วนหนึ่งที่โทรศัพท์มือถือที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันต้องมี ชุดอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลผ่านมือถือนี้จึงเลือกใช้ช่องสัญญาณของ Small talk ในการที่จะใช้ส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปยังชุดอุปกรณ์สำหรับรับสัญญาณ และนำข้อมูลนั้นไปใช้งานต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ศึกษาและสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลดิจิตอลผ่าน โทรศัพท์มือถือมี ผ่านทางช่อสัญญาร small-talk และทำ เอกสารจัดเพื่อ อธิบายถึงหลักการของการสื่อสารและสร้างชุดเข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณ FSK

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานทำตามขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 การเตรียมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาข้อมูลเกี่ยวกับการมอดสัญญาณแบบ FSK ทฤษฎีตลอดจนรูปคลื่นสัญญาณต่าง ๆ ที่เป็นการมอดทางความถี่ เลือกและจัดเตรียม ซอฟแวร์ ฮาร์ดแวร์ ที่จะใช้

1.4.2 ออกแบบบล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

เมื่อเข้าใจรายละเอียดของการเข้ารหัสสัญญาณ FSK ก็ทำการออกแบบการเชื่อมต่อกันระหว่างบล็อกไดอะแกรมต่างๆ ออกแบบและทดลองวงจรเข้ารหัส FSK และถอดรหัส FSK

1.4.3 ออกแบบทำ PCB และการประกอบวงจร

เมื่อทำการออกแบบวงจรเข้ระหัส FSK และถอดระหัส FSK จนใช้ได้แล้วก็ทำการออกแบบลายวงจร ติดตั้งตัวอุปกรณ์ทุกตัวลงในแผ่นวงจร PCB

1.4.5 ทำการทดลอง

เมื่อประกอบวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการป้อนสัญญาณอินพุทดิจิตอล และวัดสัญญาณเอาท์พุทของวงจร

1.4.6 สร้างวงจรภาครับ

เมื่อได้สัญญาณที่พร้อมจะส่งแล้ว ก็สร้างวงจรถอดรหัสFSK และแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ ผ่าน Port RS 232

1.5 โครงสร้างของรายงาน

รายงารฉบับนี้ได้รวบรวมเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณโดยอาศัยช่องสัญญาณ Small talk การออกแบบวิธีการสร้างพร้อมทั้งผลการทดลองที่ได้ดดยได้จัดเรียงไว้เป็นบท ๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและการสร้าง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และอุปสรรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

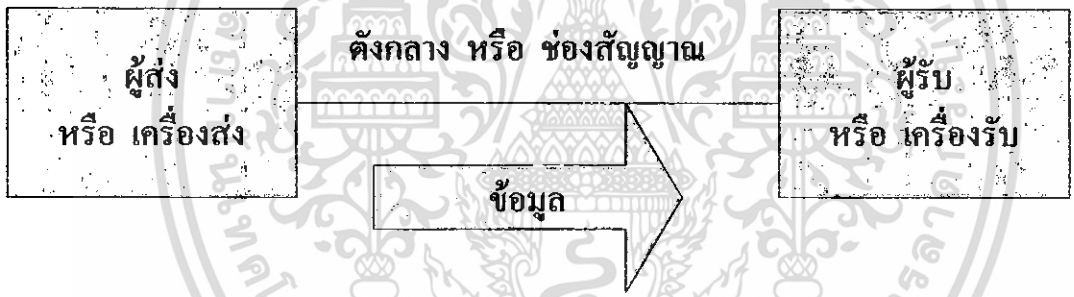
บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 การสื่อสาร

2.1.1 คำจำกัดความของการสื่อสาร และ คำศัพท์สำคัญที่เกี่ยวข้อง

ในที่นี้คำว่า "การสื่อสาร" (communication) มีคำจำกัดความหมายถึง การส่งถ่ายข้อมูลที่มีความหมายในตัวจากแหล่งข้อมูลหนึ่ง (ผู้ส่ง , เครื่องกำเนิดสัญญาณหรือเครื่องส่งข้อมูล) ไปสู่อีกข้อมูลหนึ่ง (ผู้รับ , เครื่องรับสัญญาณปลายทางหรือเครื่องรับข้อมูล)

คำว่า "เครื่องส่ง" หมายถึงแหล่งกำเนิดข้อมูลหรือเครื่องส่งสัญญาณต่างๆสำหรับการสื่อสาร และใช้คำว่า "เครื่องรับ" เมื่อหมายถึง แหล่งรับข้อมูลหรือเครื่องรับสัญญาณที่จุดหมายปลายทาง อีกอย่างที่ขาดไม่ได้คือ "ตัวกลาง" ใช้เป็นนำข้อมูลจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ตัวกลางที่ใช้เฉพาะนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า "ช่องสัญญาณ" (channel) หรือ "ทรานสมิชชั่นลิงค์" (transmission link)



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของการสื่อสาร

2.2 สัญญาณ (Signal)

มีหลักการแบ่งสัญญาณเป็นประเภทต่าง ๆ หลายวิธี ที่พบอยู่ทั่วไปมีดังต่อไปนี้

2.2.1 สัญญาณพลังงานและสัญญาณกำลัง

สัญญาณพลังงาน (energy signal) คือสัญญาณ f (t) ใด ๆ ที่มีค่าพลังงานทั้งหมดจากตัวมันจำกัด ตัวอย่างสัญญาณประเภทนี้ได้แก่สัญญาณพัลส์ต่าง ๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณกำลัง (power signal) คือสัญญษณใด ๆ ที่ค่าเฉลี่ยของงานที่ทำได้ต่อเวลาของสัญญาณประเภทนี้นั้นมีค่าจำกัด

2.2.2 สัญญาณมีคาบและสัญญาณไร้คาบ

สัญญาณมีคาบ (periodic signal) คือสัญญาณที่เกิดขึ้นแล้ว มีรูปแบบของสัญญาณซ้ำรูปเดิมทุก ๆ
ช่วงเวลาที่มีค่าจำกัดค่าหนึ่ง

สัญญาณไร้คาบ (aperiodic signal) คือสัญญาณใด ๆ ที่ไม่สามารถหาค่าเวลาที่แน่นอนได้

2.2.3 สัญญาณกำหนดได้ และ สัญญาณสุ่ม

สัญญาณกำหนดได้ (deterministic signal) คือสัญญาณที่เมื่อเรารู้บางอย่างเกี่ยวกับสัญญาณนั้น เพียงพอแล้ว จะสามารถบอกถึงรูแลักษณะที่แน่นอนของสัญญาณนั้นทั้งในอดีตและอนาคตได้อย่างถูกต้อง

สัญญาณสุ่ม (random signal) คือ สัญญาณใด ๆ ที่ถึงแม้เราจะรู้ข้อมูลต่าง ๆ ของมันที่ผ่านมาแล้ว มากเพียงใดก็ตาม เราก็ไม่สามารถจะกำหนดค่าที่แน่นอนของมันได้ ตัวอย่างสัญญาณชนิดนี้ได้แก่ เสียงจากเครื่องรับวิทยุที่รับจากสถานีวิทยุซึ่งหยุดออกอากาศ ไปแล้วเป็นต้น

2.3.1 คุณสมบัติการสื่อสารระบบดิจิตอล

สัญญาณดิจิตอลสามารถนำมาใช้สื่อสารแทนสัญญาณอนาลอก โดยการแปลงสัญญาณจากอนาลอกให้ เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำไปเข้ารหัสหรือจัดแปลงให้เหมาะสมกับการส่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการส่งและตัวอย่าง ข้อดีของการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอลที่สำคัญมีดังนี้

2.3.1.1 สัญญาณรบกวนต่ำ ในระบบอนาลอกนั้น สัญญาณรบกวน (Noise) และสัญญาณสอดแทรก (Interfarence) สามารถเข้าไปผสมและผ่านไปยังผู้รับได้ กล่าวคือในระหว่างการส่งถ้ามีการขยายสัญญาณข้อมูล ก็จะเป็นการขยายสัญญาณเหล่านั้นไปด้วย แต่ในระบบดิจิตอลนั้น สัญญาณอยู่ในรูปของรดับแรงดัน 0 (Low) และ 1 (High) ถ้าสัญญาณรบกวนมีขนาดไม่มากพอที่จะทำให้สัญญาณจริงเปลี่ยนระดับได้ก็จะไม่มีผลไปถึงผู้รับ

2.3.1.2 ง่ายต่อการเข้ารหัส ในกรณีที่ให้ข้อมูลนั้นเป็นความลับ เราสามารถเข้ารหัสข้อมูลได้

2.3.1.3 สะดวกต่อการมัลติเพล็กซ์ ซึ่งส่วนมากใช้การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามการสื่อสารดิจิตอลก็ยังมีข้อเสียอยู่ คือ เพิ่มแบนด์วิดธ์ของสัญญาณ เช่น สัญญษณเสียงพูดสำหรับดทรศัพท์ ซึ่งกำหนดให้มีแบบด์วิดธ์ไม่เกิน 3.4 kHz เมื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งด้วยอัตรา 2.048 Mb/s อย่างน้อยที่สุดสายส่งที่ใช้ต้องมีผลตอบสนองความถี่ในย่าน 2.048 MHz ได้ ทำให้ต้องใช้สายส่งที่มีราคาแพงขึ้น

2.3.2 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter)

จากที่กล่าวมาแล้วว่าในการส่งสัญญาณอนาลอกผ่านไปในช่องสัญญาณสื่อสารจะทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แต่เราสามารถที่จะเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้โดยการสุ่มตังอย่างสัญญาณอนาลอกที่มี แบนด์วิดที่จำกัดนั้นด้วยวามถี่ที่เหมาะสมคือทำการสุ่มค่าสัญญาณอนาลอกที่ต้องการส่งด้วยช่วงเวลาที่ใช้สุ่มสัญญาณที่ใช้สุ่มสัญญาณที่เหมาะสมแล้ว ซึ้งจะได้สัญญาณ พีเอเอ็ม (Pulse Amplitude Modulation PAM) ขึ้นมาเราก็สามารถที่จะส่งสัญญาณที่ถูกสุ่มนั้นซึ้งเป็นสัญญาณดิสคริตผ่านช่องสัญญาณสื่อสารแทนการส่งสัญญาณอนาลอกโดยตรง

แต่การส่งข้อมูลลักษณะดังกล่าวผ่านช่องการสื่อสารก็ยังต้องประสบปัญหาการลดทอนของสัญญาณในช่วงสื่อสารพอ ๆ กับสัญญาณอนาลอก ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นสัญญาณ ดิสครีต ดังกล่าวมากำหนดรหัสดิจิตอลให้มีความเหมาะสมกับสัญญาณดิสคริตที่ได้จากการสุ่มสัญญาณอนาลอกแล้วค่อยส่งสัญญาณที่เป็นดิจิตอลนี้ผ่านช่องสัญญาณต่อไปแทนที่จะส่งสัญญาณอนาลอกโดยตรงซึ่งจากคุณสมบัติของสัญญาณดิจิตอลก็เหมือนกับว่าเป็นการสร้างภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนให้กับข้อมูลที่จะส่งผ่านช่องการสื่อสารอย่างมากด้วยวิธีดังกล่าวก็เหมือนกับการฝากข้อมูล ไปกับคลื่อนพาห์ที่เป็นรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation : PCM) นั้นเอง แต่เนื่องจากสัญญาณที่สุ่มออกมานั้นจะมีค่าขนาดที่แตกต่างกันมากมาย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องจัดกลุ่มให้สัญญาณค่าต่าง ๆ เหล่านั้นโดยที่มีค่าใกล้เคียงกันจะถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกัน และในกลุ่มเดียวกันจะมีรหัสเหมือนกัน ดังนั้นเราสามารถจัดค่าของสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมากมายนั้นให้อยู่ในกลุ่มที่ทราบค่าแน่นอนได้ อย่างครบถ้วนการที่จะแบ่งสัญญาณทั้งหมดออกเป็นกี่กลุ่มนั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมว่าเรายินยอมให้เกิดความผิดพลาดของค่าตัวอย่างของสัญญาณที่สุ่มออกมานั้นว่ามากหรือน้อยเท่าไรเช่น ถ้าเรามีสัญญาณอนาลอกที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 โวลต์ และเราต้องการจะกำหนดรหัสให้แก่ค่าของตัวอย่างของสัญญาณที่สุ่มออกมาได้ โดยยินยอมให้เกิดค่าผิดพลาดจากค่าของตัวอย่างที่สุ่มออกมาได้อยู่ไม่เกิน 0.5 โวลต์ ดังนั้นเราสามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มที่ 1 มีค่าของสัญญาณอยู่ระหว่าง 4 ถึง 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเราสามารถได้ค่าของรหัสสัญญาณการสุ่มต่าง ๆ หลังจากการแปลงค่าเทียบเท่ากับ 0.5 , 1.5 , 2.5 , 3.5 และ 4.5 ตามลำดับ ซึ่งจะได้ค่าความผิดพลาดของการประมาณค่าต่าง ๆ อยู่ไม่เกิน 0.5 โวลต์ ตามต้องการ ดดยการประมาณหรือแยกกลุ่มของค่าตัวอย่างของสัญญาณที่สุ่มออกมาได้ เพื่อนำไปเข้ารหัสต่อไป ในลักษณะนี้เราเรียกว่า การควอนไทเซชัน (Quantization) จากนั้นก็จะเป็นการเข้ารหัสให้กับสัญญาณที่ได้รับการควอนไทซ์มาแล้วให้เป็นรหัสดิจิตอล ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นรหัสไบนารี และรหัสดิจิตอลนี้ ก็จะถูแทนด้วยพัลส์ที่มีรูปแบบแน่นอน เพื่อใช้ส่งผ่านช่องทางสื่อสารต่อไป

2.3 การส่งสัญญาณดิจิตอลที่ใช้คลื่นพาห์

เนื่องจจากสัญญาณดิจิตอลในแบนด์มูลฐาน มีองค์ประกอบของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำอยู่เป็นส่วนใหญ่จึงเหมาะสมที่จะใช้กับระบบสื่อสารที่ใช้สายตรง แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ส่งผ่านระบบที่ไม่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ เช่น ระบบโทรศัพท์ที่ต้องผ่านชุมสาย และไม่เหมาะกับการส่งสัญญาณนั้นโดยตรงด้วยคลื่นในย่านความถี่วิทยุเป็นต้นจึงจำเป็นต้องใช้การมอดูเลตมาช่วยเพื่อย้ายสเปคตรัมของสัญญาณในแบบมูลฐานให้สูงขึ้นให้เหมาะกับการใช้งานนั้น ดังนั้นจะกล่าวเกี่ยวกับรูปแบบของการส่งสัญญาณดิจิตอลที่ใช้คลื่นพาห์ไว้เป็นสังเขปการส่งสัญญาณดิจิตอล เช่นสัญญาณ PCM โดยคลื่นวิทยุ ไมโครเวฟจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณในย่านความถี่วิทยุเทคนิคในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลนี้มี 3 แบบด้วยกันคือ

Amplitude Shift Keying (ASK)

Frequency Shift Keying (FSK)

Phase Shift Keying (PSK)

คลื่นพาหะในย่านความถี่วิทยุ หรือ ไมโครเวฟสามารถกำหนดได้โดย

คลื่นพาหะ = $A\cos(2\P f_c t + 6)$

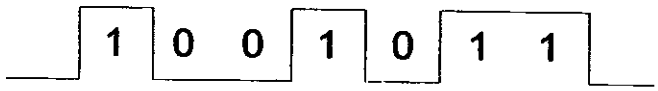
ในที่นี้ A : แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ

f_c : ความถี่คลื่นพาหะ_

σ : initial phase

สัญญาณดิจิตอลเบสแบนด์เป็นคลื่นรูปสามเหลี่ยมแสดงรหัสไบนารี 1 และ 0 ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลนี้ หนึ่งในสามพารามิเตอร์คือแอมพลิจูด ความถี่ หรือ เฟส ของคลื่นพาห์ จะเปลี่ยนไปตามสถานะ 1 หรือ 0 ของสัญญาณเบสแบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1. สัญญาณเบสแบนด์ดิจิตอล

การมอดูเลตแบบดิจิตอล	การมอดูเลตแบบอนาล็อก
ASK : Amplitude Shift Keying	AM
FSK : Frequency Shift Keying	FM
PSK : Phase Shift Keying	PM

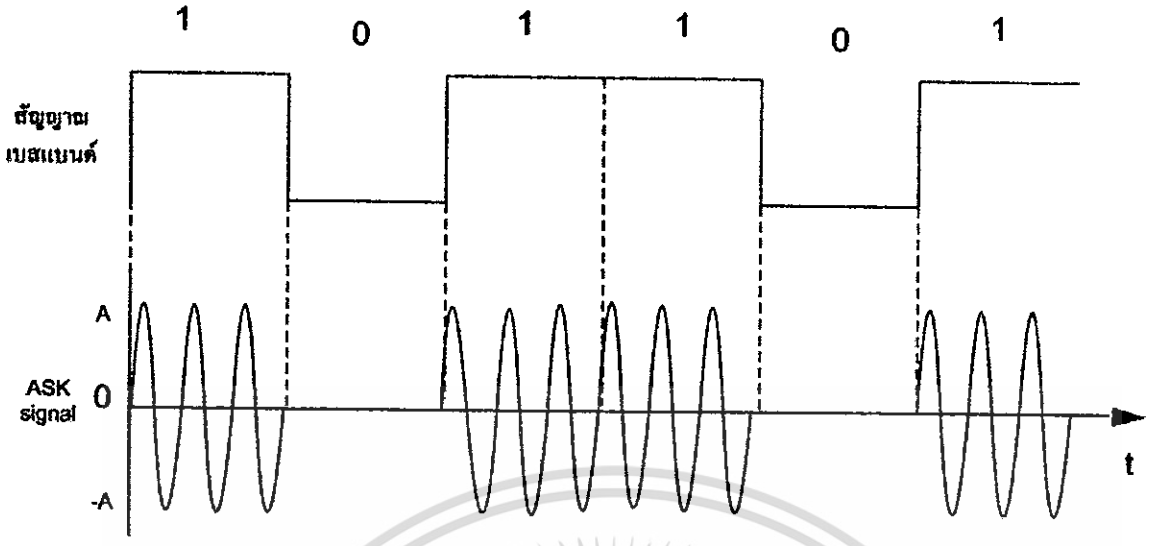
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการมอดูเลตแบบดิจิตอลและอนาล็อก

กรณีของ ASK บางครั้งเรียกว่า OOK (on – off keying) เพราะว่า คลื่นพาหะถูกสวิตช์ on /off ตามสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 ถ้าคลื่นพาหะกำหนดโดย Acos 2 Pi fc t ดังนั้นสัญญาณ ASK จะกำหนดได้เป็น

$S(t) = A\cos 2\pi f_c t$ เมื่อสัญญาณเป็น 1

$S(t) = 0$ เมื่อสัญญาณเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

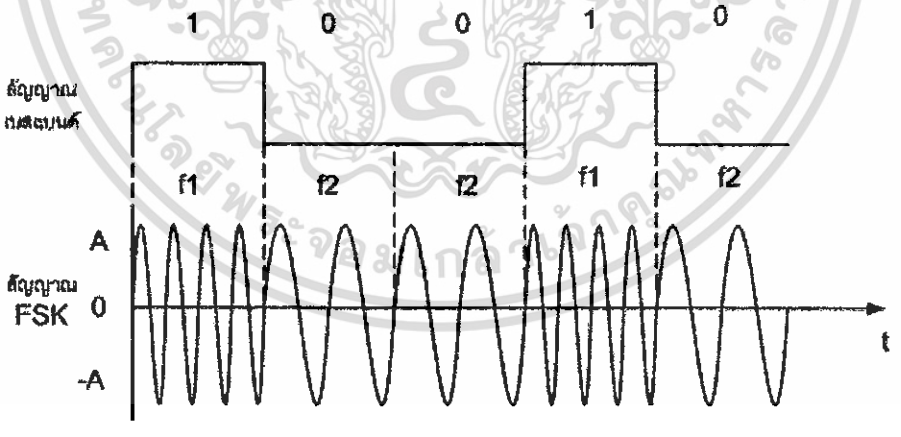


รูปที่ 2.2 amplitude shift keying

สำหรับกรณีของ FSK ความถี่ของคลื่นพาจะมี 2 ความถี่ f1 สำหรับสัญญาณที่เป็น 1 ความถี่ f2 สำหรับสัญญาณที่เป็น 0

$S(t) = A\cos 2\pi f1\, t$ เมื่อสัญญาณเป็น 1

$S(t) = A\cos 2\pi f2\, t$ เมื่อสัญญาณเป็น 0

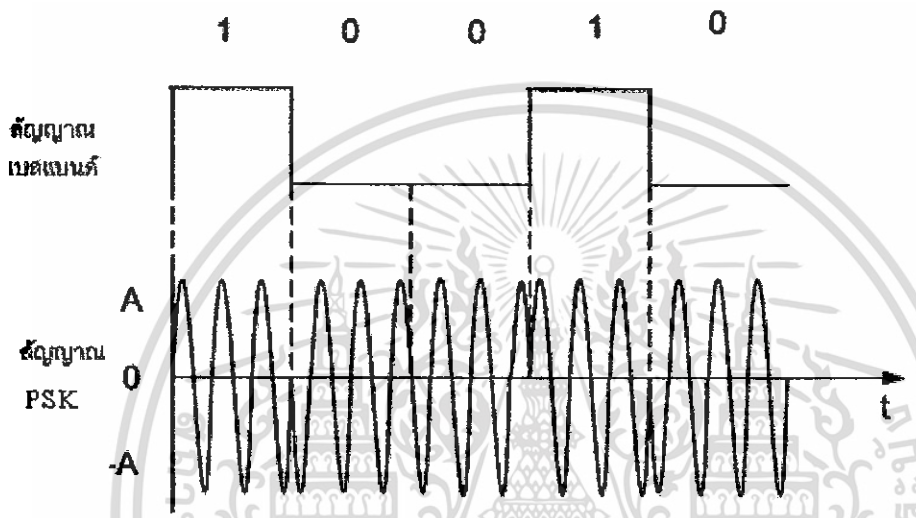


รูปที่ 2.3 frequency shift keying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในกรณีของ PSK แอมพริจูดและความถี่จะคงที่แต่เฟสเริ่มต้น (initial phase) จะต่างกัน สำหรับสัญญาณที่ หรือ 0 คือเฟสของคลื่นพาหะ Acos (2 Pi fc t + 6) จะเปลี่ยนไปตามสถานะของสัญญาณ เช่น เฟส σ เป็น 0 กรณีสัญญาณมีสถานะเป็น 1 และเฟส 6 เป็น Pi กรณีสัญญาณมีสถานะเป็น 0

$$S(t) = \begin{cases} A\cos 2\,Pi\,fc\,t & \text{เมื่อสัญญาณเป็น } 1 \\ A\cos(2\,Pi\,fc\,t+Pi) & \text{เมื่อสัญญาณเป็น } 0 \end{cases}$$



รูปที่ 2.4 phase shift keying

สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียม PSK เป็นแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมแบบดิจิตอลเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ

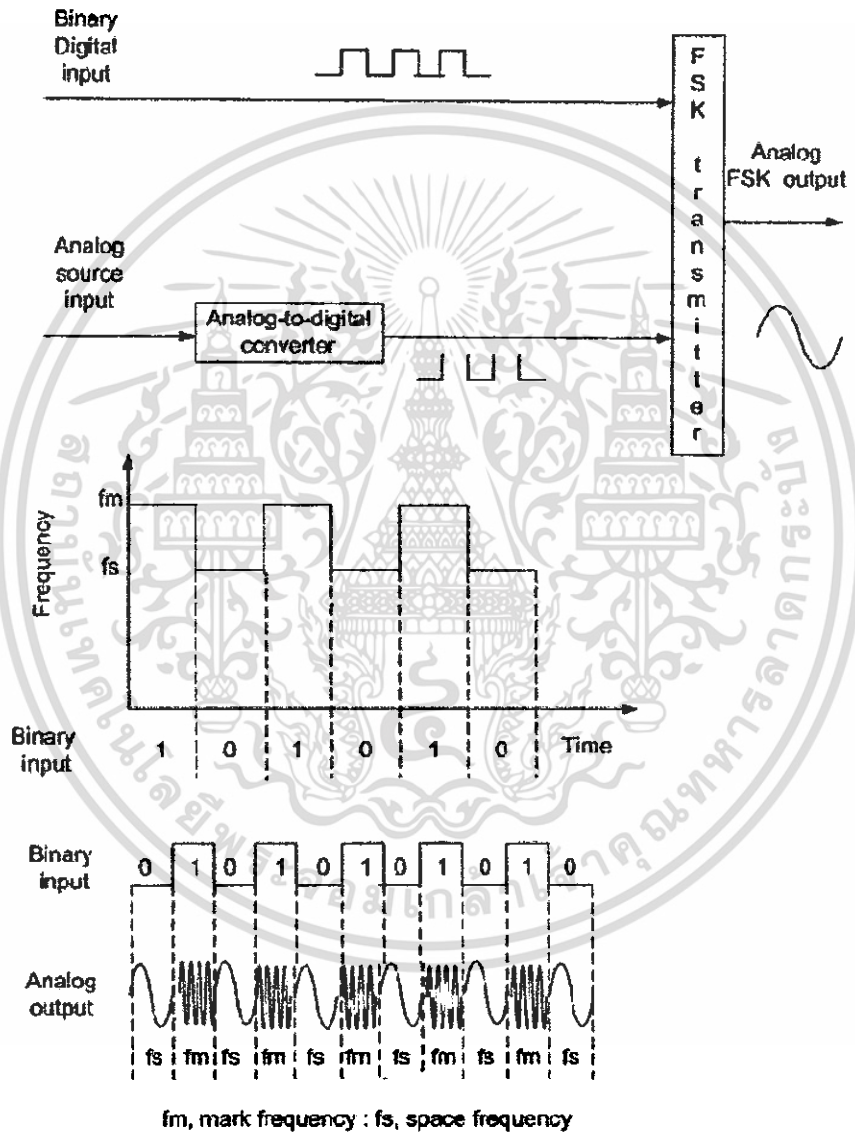
2.3.1 FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

2.3.1.1 FSK Transmitter

ภาคส่งสัญญาณ FSK มีหลักการที่ว่าเมื่อข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลไบนารี จะทำให้ความถี่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีที่เข้ามา ดังนั้นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเอาต์พุตของตัวกำเนิด FSK จะอยู่ในรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างต่อเนื่อง (FreQuency Continuous) เมื่อข้อมูลอินพุตเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก "1" เป็นลอจิก "0" (หรือในทางกลับกันลอจิก "0" เป็นลอจิก "1") สัญญาณเอาต์พุตจาก FSK ก็จะเลื่อนความถี่ระหว่าง 2 ความถี่ด้วยกัน คือ ความถี่ที่ลอจิก "1" Mark Frequency (Fm) และความถี่ที่ลอจิก "0" หรือ Space Frequency (Fs)



รูปที่ 2.5 หลักการและสัญญาณอินพุต เอาต์พุตของ FSK

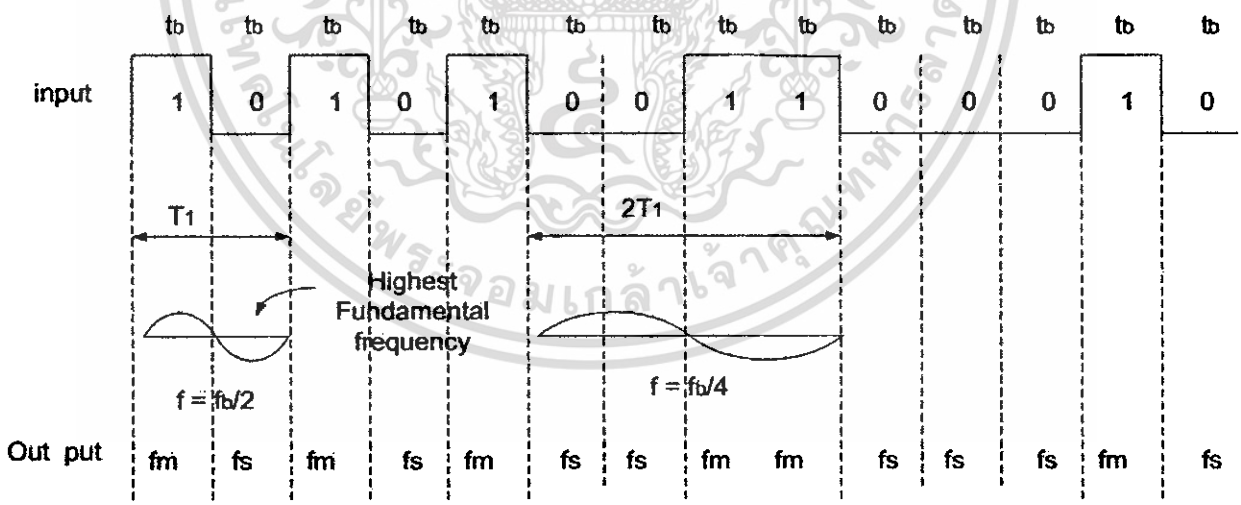
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงหรือการเลื่อน ของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะของลอจิกด้านสัญญาณเข้าเปลี่ยนแปลงนั้นคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณออกจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเข้า ซึ่งในดิจิตอลมอดดูเลชั่น อัตราการเปลี่ยนแปลงของของสัญญาณด้านอินพุตของสัญญาณของ FSK Generator จะเรียกว่าอัตราบิต หรือ Bit rate มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps) ส่วนอัตราของสัญญาณด้านเอาต์พุต ของ FAK Generator เรียกว่า อัตราบอต หรือ Baud rate ดังนั้นในการส่งข้อมูลด้วยเทคนิค FSK อัตราบิตจะเท่ากับอัตราบอตเสมอ ซึ่ง FSK Transmitter แสดงดังรูปที่ 2.5

2.3.1.2 FSK Bandwidth

ในระบบการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณอนาลอก หรือสัญญาณความถี่นั้นแบนด์วิดท์ เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากวิธีการของ FSK อยู่บนพื้นฐานเดียวกับวิธีการของ FM ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่าง ๆ ก็ใช้หลักการของ FM ทุกอย่าง

จากรูปที่ 2.6 แสดงถึงตัว FSK Modulator ซึ่งใช้หลักการเดียวกับ FM Modulation คือใช้หลักการของ VCO (Voltage Control Oscillator) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุดของสัญญาณอินพุตจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูล ไบนารี่มีลักษณะเป็น 1 และ 0 สลับกันซึ่งก็คือสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) ตามตัวอย่างดังรูปที่ 2.6 เป็นสัญญาณในช่วง T1



รูปที่ 2.6 FSK Modulator

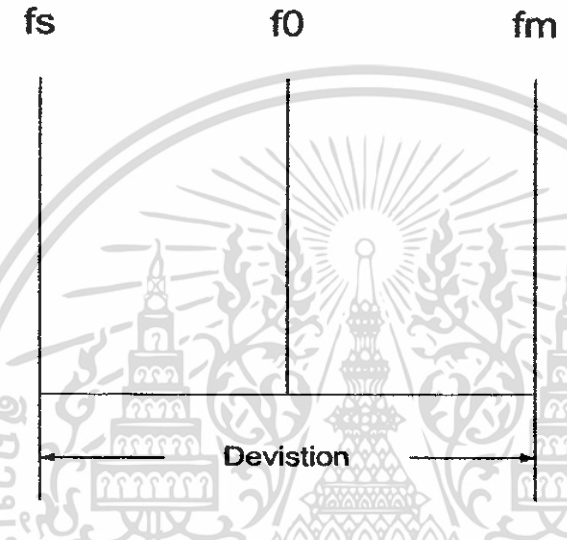
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit rate ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียวแล้ว ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมา Modulate แบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit rate คือ

$$fa_{max} = \text{bitrate} / 2$$

เมื่อ fa_{max} : ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่นำมามอดูเลต

ความถี่กลาง (Center Frequency = fo) ของ VCO จะอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่าง Mare Frequency (fm) กับ Space Frequency (fs) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเบี่ยงเบนความถี่

ลอจิก "1" ด้านอินพุตจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก fo จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในไบนารีด้านอินพุตจาก 1 ไปเป็น 0 หรือ 0 ไปเป็น 1 จะทำให้ความถี่เอาต์พุตของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปมาระหว่าง fm กับ fs เนื่องจากได้กล่าวมาแล้วว่า FSD นั้นก็คือ Modulate แบบ FM ดังนั้นดัชนีการ Modulate (Modulation index = MI) ใน FSK ก็ทำได้จาก FM คือ

$$MI = \frac{\Delta f}{fa}$$

เมื่อ MI คือ ดัชนีการมอดูเลต

Δf คือ การเบี่ยงเบนของความถี่ใด ๆ จากความถี่กลาง (Hz)

fa คือ ความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า MI ที่ยอมให้มีได้สูงสุดคือ 1 MI ที่ทำให้แบนด์วิดกว้างที่สุด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อการเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้ว และความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าสูงสุด

ใน FSK Modulate ค่า Δf เป็นการเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด (Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง fo dy[fs นั้นคือ

$$\Delta f = \frac{fm - fs}{2}$$

การเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุดขึ้นอยู่กับขนาด หรือแอมปลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (สัญญาณดิจิตอล) เมื่อสถานะทางลอจิกเป็น "1" จะให้แรงดันหนึ่งตามสถานะเช่น 5 โวลต์ หรือถ้าเป็นลอจิก "0" ก็จะให้แรงดันออกมาในระดับลอจิก "0" เช่น 0 โวลต์ ดังนั้นความถี่ที่เบี่ยงเบนของ FSK จะเบี่ยงเบนความถี่คงที่และอยู่ในระดับการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุดเสมอ

fa เป็นความถี่หลักของข้อมูลไบนารีด้านอินพุต ซึ่งจะทำให้แบนด์วิด กว้างที่สุดเมื่อ fa = bit rate / 2 เท่านั้น ดังนั้นเราสามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = \frac{(fm - fs)/2}{fb/2}$$

$$= \frac{fm - fs}{2}$$

เมื่อ $fm - fs$: ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด

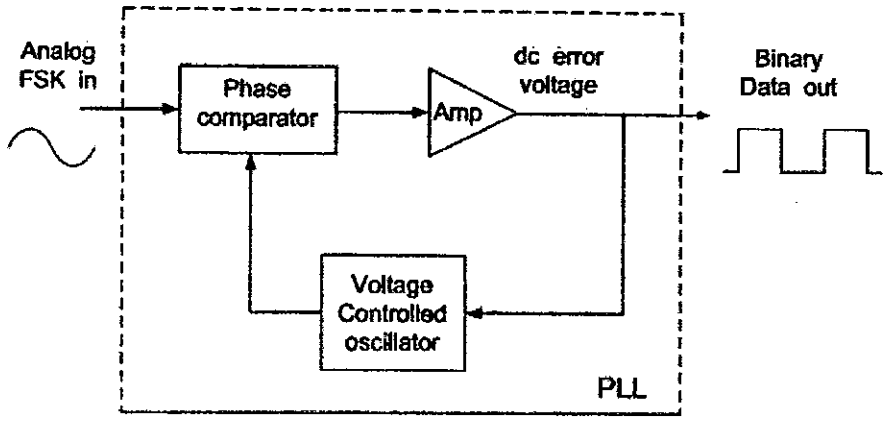
fb : อัตราบิตของไบนารีสูงสุด

ในการส่งสัญญาณ FM ทั่วไป ความกว้างของแบนด์วิดจะแปรผันตรงกับค่า MI เช่นเดียวกับค่า FSK ที่ค่า MI โดยทั่วไปจะต้องมีค่าต่ำกว่า 1 เพื่อให้เป็น FM แบนแคบ ค่าแบนด์วิดที่แคบนี้เรียกว่า Minimum Nyquist Banwidth (Fn)

2.3.1.3 FSK Demodulator

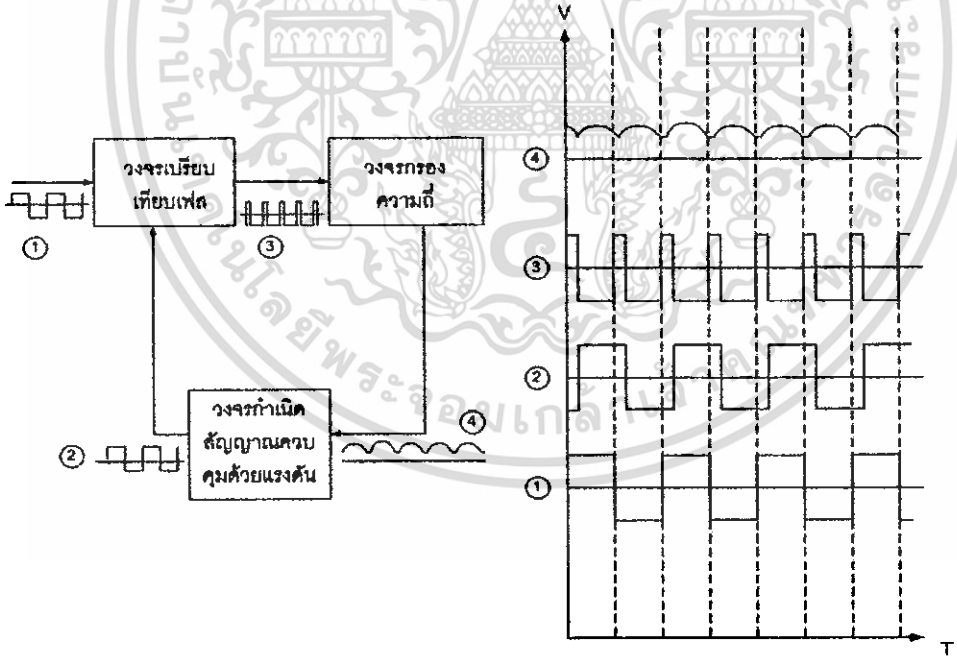
FSK Demodulator เป็นตัวรับสัญญาณ FSK จะเป็นตัวแยกสัญญาณไบนารีออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจร PLL (Phase Lock Loop) ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 PLL FSK Demodulator

PLL ใน FSK Demodulator มีหลักการมีหลักการทำงานคือ จะมีความถี่ฟรีรันนิ่ง เท่ากับความถี่กลาง (Center Frequency) และในขณะที่ความถี่อินพุตของเฟสล็อคลูป เลื่อนไปมาระหว่าง fm กับ fs จะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไปตรง DC Error Voltage ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบทางเฟส (Phase Comparator) ของสัญญาณอินพุตเนื่องจากความถี่อินพุตที่เข้ามายัง เฟสล็อคลูป มีเพียง 2 ความถี่ fm และ fs ดังนั้น ค่าแรงดันดังกล่าวจึงมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนค่าด้วยลอจิก “1” และลอจิก “0” เมื่อความถี่อินพุตเป็น fm และ fs ตามลำดับ เราจึงได้สัญญาณเอาต์พุตจาก เฟสล็อกลูป กลับมาเป็นข้อมูลไบนารีตอนแรกที่ส่งมาทุกประการ



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานและรูปร่างของสัญญาณต่าง ๆ ของเฟสล็อคลูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงการทำงานของ PLL ซึ่งมรส่วนสำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนเปรียบเทียบความแตกต่าง ๆ เฟส (Phase Comparator) ส่วนสร้างความถี่โดยใช้แรงดันควบคุม (Voltage Control Oscillator VCO) และส่วนกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter – LPF)

ส่วนสร้างความถี่ จะผลิตความถี่ออกมาก็ต่อเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าป้อนให้ (สัญญาณหมายเลข 4) ซึ่งสัญญาณนี้ถูกสร้างขึ้นจากชุดกรองความถี่ต่ำผ่าน โดย วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านจะเปลี่ยนจะเปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเข้ามา (สัญญาณหมายเลข 3) ให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรง (สัญญาณหมายเลข 4) เพื่อไปควบคุมในส่วนของวงจรสร้างความถี่ผลิตความถี่

เอาต์พุตของส่วนสร้างความถี่ (สัญญาณหมายเลข 2) จะถูกส่งไปยังอินพุตหนึ่งของวงจรเปรียบเทียบความต่างเฟส ซึ่งอีกอินพุตหนึ่งของวงจรเปรียบเทียบความต่างเฟส จะต่ออยู่กับสัญญาณความถี่อ้างอิง (สัญญาณหมายเลข 1) ที่ส่งมาจากภายนอก

เอาต์พุตของส่วนเปรียบเทียบความต่างเฟส (สัญญาณหมายเลข 3) จะเป็นสัญญาณความต่างเฟสระหว่างอินพุตทั้งสอง ซึ่งเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมมีขนาดคงที่และมีความห่างของพัลส์ (mark space ratio) ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างเฟสของสัญญาณอินพุต ทั้งสอง

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่ต่ออยู่ตรงเอาต์พุตของตัวเปรียบเทียบความต่างเฟส จะทำหน้าที่เปลี่ยนความถี่พัลส์จากส่วนเปรียบเทียบความต่างเฟสให้เป็นแรงดันไฟตรง ซึ่งระดับแรงดันจะเป็นสัดส่วนตามความต่างเฟสของสัญญาณอินพุตทั้งสอง แรงดันเอาต์พุตของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะเริ่มคงที่ทันที เมื่อเฟสของอินพุตทั้งสองต่างกัน 90 องศา

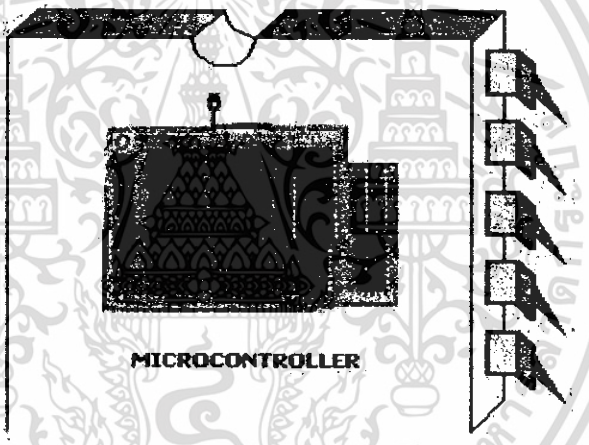
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบันการพัฒนาและการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ที่นำไปสร้างเป็นไอซีมี ประสิทธิภาพสูงมากขึ้นและมีเทคโนโลยีที่เกิดจากการผลิตของบริษัทต่างๆซึ่ง ส่งผลให้การผลิตชิฟไอซีมีขนาดที่เล็กลง แต่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติต่างๆมากขึ้น ไอซีที่ถูกสร้างเป็นแบบ LSI (Large Scale Integrate Circuit) เป็นเทคโนโลยีการสร้างโดยการนำเอาทรานซิสเตอร์จำนวนมากมาสร้างเป็นไอซีดิจิตอลที่ซับซ้อน โดยทำขึ้นเพื่อหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลหรือ เรียกว่าไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ที่มีคุณสมบัติหลัก คือการประมวลผลข้อมูลการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ถ้าหากมีการติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นแบบแรมแบบรอม หรืออุปกรณ์ภายนอกที่เป็นอินพุต-เอาต์พุตต้องมีการต่ออุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อหรือวงจรถอดรหัส (Decoder) ซึ่งสามารถทำงานได้ภายใต้การควบคุม และ ในการที่เรานำไมโครโพรเซสเซอร์มาเป็นตัวประมวลผลกลางมีหน่วยความจำแบบแรมพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเราเรียกว่าไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสิ่งไม่คุ้มกับการลงทุนหากนำมาใช้ในงานควบคุมขนาดเล็ก และอาจต้องใช้เนื้อที่มาก ในการออกแบบ ดังนั้นการพัฒนาด้านเทคโนโลยีในการสร้างชิป จึงมีการรวบรวมคุณสมบัติที่ต้องการใช้งานมาอยู่ในตัวเดียวกันคือมีองค์ประกอบเกือบทุกอย่างของคอมพิวเตอร์อยู่ภายในตัวไอซีที่เราเรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิปเดี่ยวประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนไมโครคอมพิวเตอร์ เช่นหน่วยประมวลผลกลางขนาดเล็ก (8บิต -16 บิต) และหน่วยประมวลผล ที่สามารถเข้าข้อมูลแบบบิต หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานแบบแรมขนาด 128 ไบต์ และบรรจุหน่วยความจำโปรแกรมประเภทรอม (บางเบอร์) สามารถใช้งานให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ วงจร Counter/Timer ที่อยู่ภายใน สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเช่น คริสตอล* (Crystal)และตัวเก็บประจุก็สามารถใช้งานได้เป็นต้น เราเรียกกันทั่วๆไปว่า ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.2 ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกเลือกใช้ในการทดลองด้วยเหตุผลในการใช้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมในวงจรน้อยชิ้น ราคาถูก หาแหล่งข้อมูลได้ง่ายมีการพัฒนาประสิทธิภาพ ในการประมวลผล เทียบเท่าไมโครโพรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต -16บิต และ ใช้ในการพัฒนากับงานที่ไม่ต้องการความซับซ้อนซึ่งจะทำให้มีความสะดวกมากขึ้นปัจจุบันมีไอซีของสองบริษัทที่เรานิยมใช้ในงานออกแบบ และสำหรับในการเรียนการสอนในสถาบันหลายแห่ง คือ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Microchip ตระกูล 16FXXX และไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จากหลายบริษัทที่ผลิตออกมามากมายหลายเบอร์ แต่คำสั่งจะใกล้เคียงกัน ดังนั้น การทดลองในหนังสือเล่มนี้จึงเลือกใช้

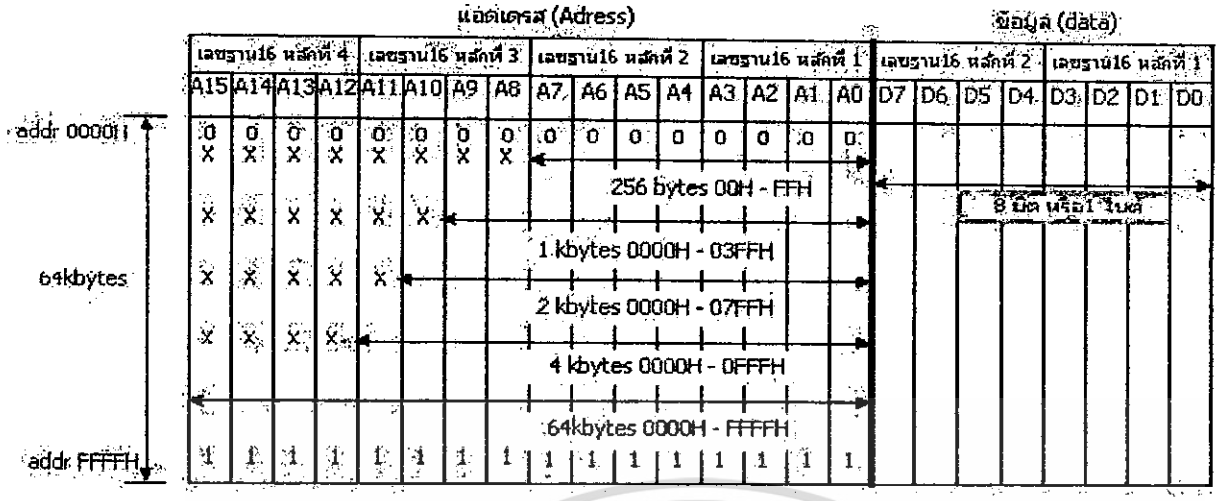
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 ด้วยเหตุผลเพราะมีข้อมูล และตัวอย่างที่หลากหลายหามาใช้งานได้ง่าย แต่ก็ไม่ได้ตัดสินว่าดีกว่าไอซีในตระกูลอื่นๆ ดังนั้น ในการออกแบบชุดทดลองที่ใช้งานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของ MCS-51 ที่จะแนะนำให้สร้างขึ้นนี้ สามารถที่จะนำมาใช้งานร่วมกับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกเบอร์ และทุกตระกูล

2.4.3 การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ หน้าที่การทำงานของหน่วยความจำจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าต่างๆให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เก็บค่าต่างๆที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กระทำตามคำสั่งการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่มคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือ (Code Memory) หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) และ รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function

2.4.3.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory) หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม(ทำหน้าที่เช่นเดียวกับรอม) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory) จะทำหน้าที่เก็บชุดคำสั่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ยกตัวอย่าง เช่นในขณะที่เราเปิดเครื่องไมโครเวฟ จะมีการแสดงผลรายการหลักที่หน้าจอ LCD เพื่อคอยให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการจะอุ่นอาหาร คำสั่งที่จอ LCD เพื่อให้เราป้อนข้อมูลนั้นจะเขียนคำสั่งอยู่ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง ถึงเราจะเปิดเครื่องไมโครเวฟกี่ครั้ง ก็จะมีการแสดงผลที่ LCD ให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการเหมือนเดิม ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051AT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 1 Kbytes, 2 Kbytes และ 4 Kbytes ตามลำดับ หน่วยความจำจะเป็นลักษณะแบบแฟลช ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานโดยสามารถจะทำการลบข้อมูลด้วยไฟฟ้า และเก็บข้อมูลเข้าเก็บไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กว่า 1000 ครั้ง โดยใช้เครื่องโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง (สามารถรักษาข้อมูลไว้ได้นานหลายปี) ข้อสังเกต ส่วนของแอดเดรส(ADRRES)ไม่สามารถที่จะใช้ตำแหน่งเดียวกันได้ แต่ข้อมูล (DATA)สามารถที่จะมีข้อมูลเหมือนกันได้ จากตารางอุปมาเหมือนกับมีกระดาษจำนวนเท่ากับ 2n บรรทัดมาให้ ดังนั้นหากต้องการเขียนข้อมูลใดๆลงในแต่ละบรรทัด จะต้องมีตำแหน่งของบรรทัดที่ไม่ซ้ำกัน และการที่จะเลือกจำนวนของบรรทัด ขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่ต้องการจะเขียน ยกตัวอย่าง เช่นหากต้องการขนาดของข้อมูลในการเขียนโปรแกรมเพียง 2000 บรรทัด อาจจะเลือกใช้หน่วยความจำขนาด 2Kbytes โดยมีแอดเดรสตั้งแต่ 0000H - 07FFH

72974
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

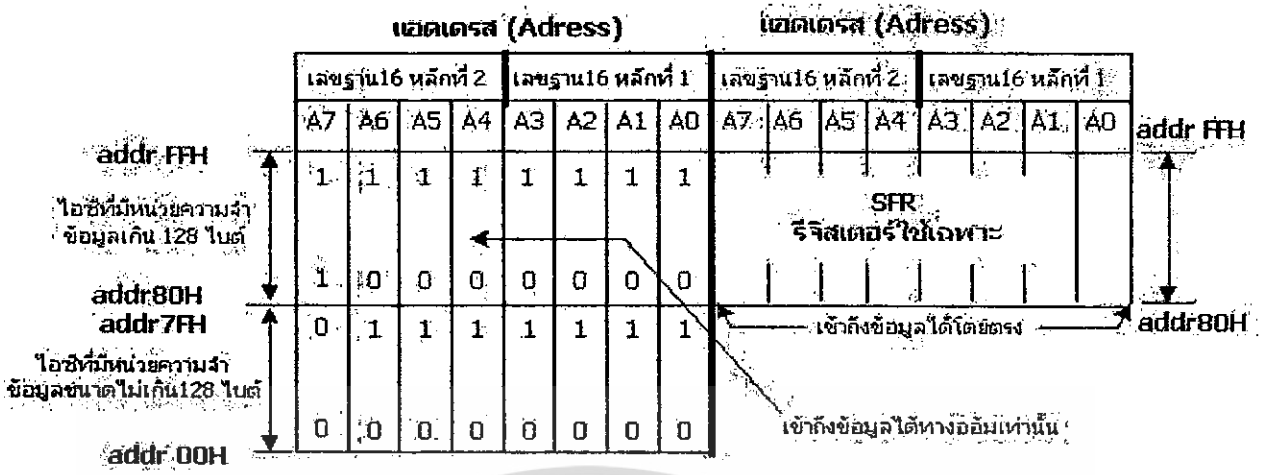


รูปที่ 2.11 แสดงถึงหน่วยความจำรหัสคำสั่ง

2.4..3.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูล(RAM) จะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูล โดยข้อมูลอาจจะเป็นค่าหลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการการประมวลผล หรือเก็บค่าข้อมูลที่จะให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขณะนั้น และจะทำหน้าที่เป็น สแตก (Stack)บางส่วน (ส่วนของสแตกจะอธิบายในลำดับต่อไป) ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นเครื่องไมโครเวฟที่ใช้สำหรับอุ่นอาหาร ก็คือส่วนที่เราป้อนข้อมูลเช่น เวลา หรืออุณหภูมิที่เป็นปัจจุบัน หลังจากหน่วยความจำโปรแกรมแสดงรายการ หลักที่ LCD นั้นเอง สังเกตว่าหากเราปิดเครื่อง แล้วเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง ค่าข้อมูลที่เป็นเวลา และอุณหภูมิเดิมที่เรากำหนดไว้ในครั้งแรกก็จะหายไป และจะให้เราป้อนค่าข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังนั้นการที่จะรักษาข้อมูลเดิมไว้ได้ จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำรองไว้สำหรับเพื่อเลี้ยงให้กับตัวไอซีตลอดเวลา หรือที่ เรียกว่า Battery backup * สำหรับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 64 bytes ส่วนAT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 128 bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



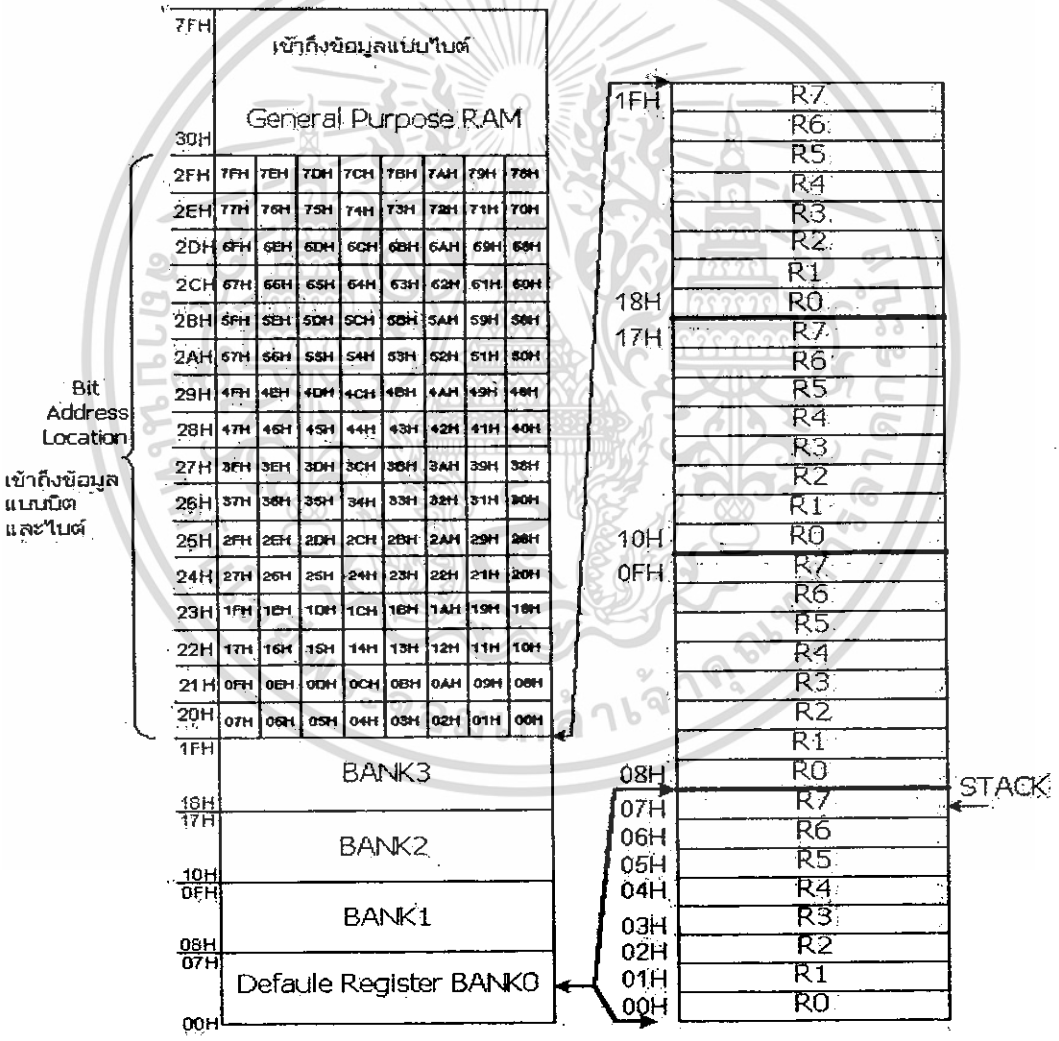
รูป2.12 แสดงตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน(Internal data memory)

หน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งส่วนของการใช้งานได้อีกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH และหน่วยความจำในตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป จะแสดงได้ดังรูป2.11 โดยพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH ก็ยังสามารถที่จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้ 1 พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูล (แรม)ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า แบงค์ (Bank) และในแต่ละแบงค์ จะมี 8 ไบต์ ดังแสดงในรูป10 พื้นที่ในแต่ละแบงค์จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7 เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์) โดยที่รีจิสเตอร์ R0 จะอยู่ในตำแหน่งแรกของแต่ละแบงค์ และ รีจิสเตอร์ R7 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแต่ละแบงค์ ในการนำไปใช้งาน จะเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ได้เพียงแบงค์เดียว และเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ใดๆก็ได้ โดยการกำหนดค่าข้อมูลที่รีจิสเตอร์ PSW ในส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) หากไม่ได้กำหนดค่าใดๆเลย เมื่อทำการรีเซตให้กับ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกกำหนด ให้เริ่มต้นใช้งานที่รีจิสเตอร์ R0-R7 ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ให้เอง ดังนั้นในการทดลองเริ่มต้นในส่วนแรกๆ เราจะยังไม่กำหนดค่าใดๆ ในการเลือกใช้งานรีจิสเตอร์แบงค์อื่นๆ (จะใช้เพียงรีจิสเตอร์ R0-R7ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ที่ถูกกำหนดมาให้เท่านั้นก่อน)
2 พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน (แรม) ตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ เป็นส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้งานในลักษณะการเข้าข้อมูลแบบ ไบต์หรือแบบบิตได้ และสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง เพียงแต่ระบุตำแหน่งหรือชื่อของบิตนั้นๆได้ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่จำนวนทั้งหมด 128 บิต แต่ละบิตจะมีหมายเลขตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH โดยตำแหน่งบิตที่ 00H ก็คือข้อมูลของบิตต่ำสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H หรือ เราอาจเรียกว่า(20H.1) และตำแหน่งของบิตที่ 7FH คือข้อมูลบิตสูงสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 2FH หรือเราอาจเรียกว่า (20H.7) การอ้าง ตำแหน่งแบบบิตจะทำให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้น

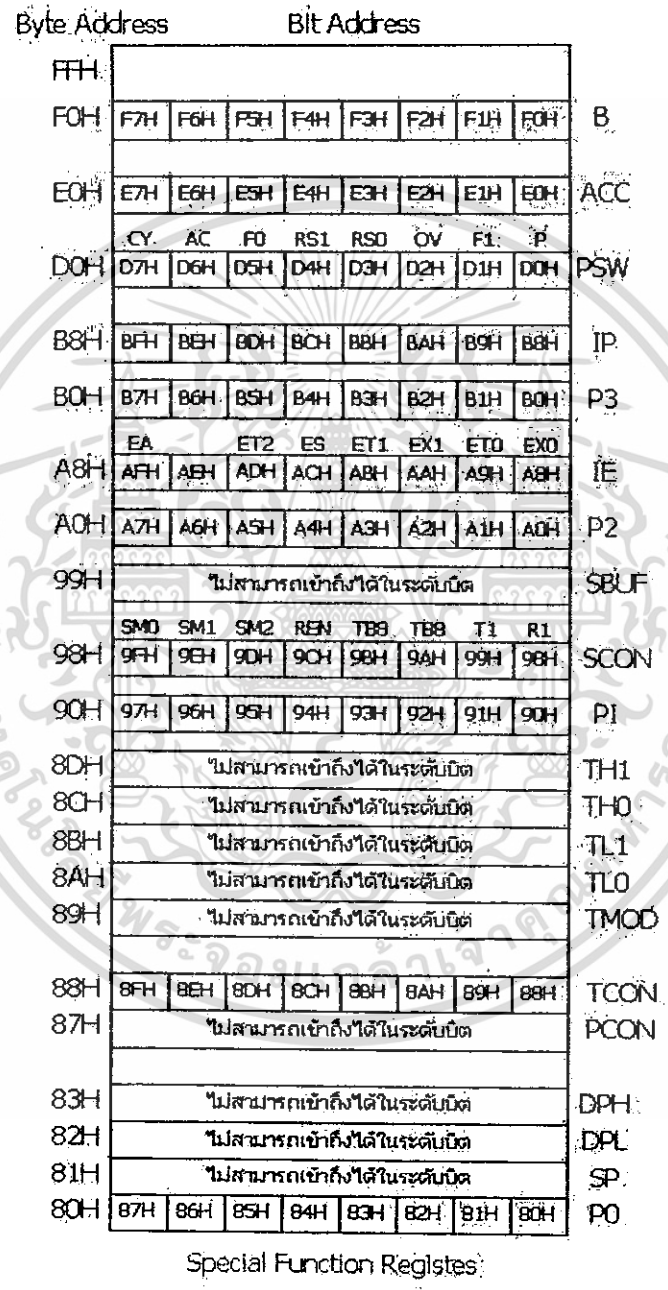
2.4.3.3 พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่ 30H-7FH จะเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำใช้งานทั่วไป และการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ ของหน่วยความจำส่วนนี้จะอ้างตำแหน่งข้อมูลได้ในลักษณะของแบบไบต์เท่านั้น และพื้นที่ส่วนนี้เราอาจจะใช้เป็นสแตกได้ (รายละเอียดของสแตก อยู่ในเรื่องหน่วยความจำแบบ SFR)



รูปที่ 2.13 หน่วยความจำสำหรับเก็บค่ารีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์เฉพาะหรือ รีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะอยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งสามารถจะเรียกใช้ชื่อของรีจิสเตอร์ได้โดยตรง หรืออาจจะเรียกชื่อตามตำแหน่งแอดเดรสก็ได้ รีจิสเตอร์เฉพาะจะประกอบด้วย

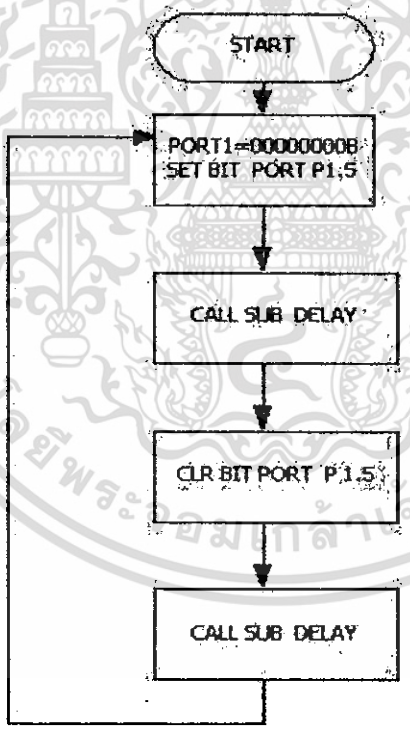


รูปที่ 2.14 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การเขียนโปรแกรมแอสเซมบลี โปรแกรม จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งอยู่ในรูปแบบของเลขไบนารี่ที่เรียกว่าภาษา Machine ซึ่งเป็นภาษาที่สามารถ ติดต่อให้คอมพิวเตอร์ เข้าใจได้ ภาษา Machine นี้จะจัดให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นเลขฐานสิบหก (HEX) เช่น คำสั่ง 8 บิต 11101011B (B-ไบนารี่) เขียนได้เป็น 0EBH(H-ฐานสิบหก) แต่ก็เป็นการที่จะเข้าใจความหมาย ได้ยากในการใช้งาน การที่จะทำความเข้าใจภาษา Machine จะมีการใช้สัญลักษณ์ (Symbols) ที่เรียกว่า Mnemonics เพื่อแทนความหมายของคำสั่ง เช่น MOV A,#67H หมายความว่านำข้อมูลค่าคงที่ 67H ไปเก็บไว้ใน reg. A) โปรแกรมที่เขียนด้วยรหัส Mnemonics เรียกว่า ภาษา Assembly และก่อนที่จะให้ CPU ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา Assembly ได้ แต่ต้องเปลี่ยนให้เป็นภาษา Machine ก่อน โดยใช้ โปรแกรมแอสเซมเบลอร์

2.4.1.1 Flowchart โฟว์ชาร์ต โฟว์ชาร์ตใช้แสดงลักษณะและอัลกอริทึมของโปรแกรมในรูปแบบผังกราฟที่เหมาะสม เป็นการลำดับงานแบบเป็นขั้นตอน โฟว์ชาร์ต มีความสำคัญมากในการทำ Program-Debugging ซึ่งสามารถใช้ทำความเข้าใจอัลการิทึมที่แท้จริงของผู้เขียนโปรแกรม สำหรับผู้อื่นได้ดี และไม่เกิดการซ้ำซ้อนในการเขียนโปรแกรม เช่น



รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการเขียนโฟว์ชาร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4..1.2 Statement รูปแบบโปรแกรมภาษา Assembly ประกอบด้วย ส่วนต่างๆ (Field) 4 ส่วน คือ Label, Op-code, Operand และ Comment ในการเขียนในแต่ละคำสั่ง เรียกว่า Statement เช่น

Label	Op-code	Operand	Comment
LOOP1:	MOV	A,#0FFH	; REG A= 11111111B
	MOV	P1,A	;นำค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ออกไปที่
	ACALL	DELAY	พอร์ต P1
	MOV	P1,#00000000B	;เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา
	ACALL	DELAY	;นำค่าคงที่ 00000000B ออกไปที่
	SJMP	LOOP	พอร์ต P1
			;เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา
			;วนไปทำที่เลเบล LOOP ใหม่

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่งโปรแกรมภาษา Assembly

2.4.1.2.1 Label จะต้องขึ้นต้นด้วยตัวอักษร "A-Z" หรือเครื่องหมาย " _ ", " . " จะเป็นตัวอักษรจาก A ถึง Z หรือตัวเลขจาก 0 ถึง 9 หรือเครื่องหมาย " ? " เลเบลจะยาวกี่ตัวอักษรก็ได้ แต่เมื่อรวมทั้งบรรทัดแล้วต้องไม่เกิน 255 ตัวอักษร ในการเขียนเลเบลจะต้องมีเครื่องหมาย " : " (Colon)ตามหลัง เลเบลด้วยทุกครั้ง เช่น LOOP: แนะนำ:: การใช้เลเบลควรจะให้สื่อต่อตัวโปรแกรมที่จะเรียกใช้ เช่นชื่อและหน้าที่ ยกตัวอย่าง โปรแกรมย่อยหน่วงเวลา ก็ควรตั้งชื่อเป็น DELAY:

2.4.1.2.2 Op-code เป็นส่วนของนีโมนิคที่จะแสดงจุดมุ่งหมายของการกระทำแต่ละคำสั่ง เช่น MOV ADD SUB ในช่องห่าง
ระหว่าง Op-Code และ โอเปอร์แรนด์จะต้องมีช่องว่างคั่นอยู่อย่างน้อย 1 ช่อง เช่น MOV A,R1

2.4.1.2.3 Operand เป็นส่วนที่แสดงถึงส่วนที่ถูกกระทำ อาจประกอบด้วย 2 ส่วนที่มีการคั่นด้วย " , "หรือการ
แสดงถึงตำแหน่งที่จะกระทำ

2.4.1.2.4 Comment เป็นการเขียนคำอธิบายแต่ละบรรทัดหรือหมายเหตุนั้นและที่สำคัญจะต้องใช้เครื่องหมาย " ; " (Semi-Colon) นำหน้าด้วยทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เป็นการรับและส่งข้อมูลโดยไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิการ่วมด้วยแต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรืออัตราแรต (baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps) รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) มีขนาด 1 บิต

ข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waitng stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งมี 8 บิตจากนั้นตามด้วยบิตพาริตี้ (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) โดยจะทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว อัตราความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่าตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมุติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าน 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวข้อมูลเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 1,200 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 120 ไบต์ต่อวินาที

2.4.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

ในการทำงานในพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัว ดังนี้

2.4.3.1 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer register) มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิตแบ่งเป็น 2ส่วน คือรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.4.3.2 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมหรือ SCON (Serial port Control Register) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่รีจิสเตอร์ SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

SM0- SM1 (Serial port mode bit 0-1) : ใช้ในการทำการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

SM2 : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการสื่อสารในแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (multiprocessor) ในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ถ้าบิตนี้เป็น “1” บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้าบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาเป็น “0” (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซตบิต RI จะไม่แอกตีฟแต่ถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตนี้ไม่มีการใช้งาน

REN (Enable serial reception) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น “1”

TB8 : ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการส่งออกโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

RB8 : ใช้สำหรับรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ถ้าพอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น “0” ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลของบิตหยุด (STOP bit) สำหรับในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งานบิต RB8 นี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

TI (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อทำการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ไปเรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่นบิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไปการเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RI (Receive Interrupt flag) : ใช้ในการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์แวร์ เมื่อทำการรับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อสามารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้ว ยกเว้นในกรณีที่บิต SM2 มีการเซตบิตนี้จะเซตได้ก็ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

2.4.4 อัตราบอดของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โหมด 0

อัตราบอดของโหมดนี้มีค่าคงที่ โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร อัตราบอดในโหมด 0 = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา/12 หน่วยเป็นบิตต่อวินาที

โหมด 1 และ 3 เนื่องจากทั้งสองโหมดนี้สามารถเลือกแหล่งกำเนิดอัตราบอดได้ 2 แหล่งคือ จากอัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 และ 2 สำหรับอัตราบอดเมื่อใช้การโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 จะต้องใช้ค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON สามารถคำนวนค่าอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = $2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}$/32 * อัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์

ถ้าหากในไทเมอร์ 1 ไม่ได้อีนเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ไว้ สามารถคำนวนค่าอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = $2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}$/32 * (ความถี่สัญญาณนาฬิกา/{12 *[256-(TH1)]})

ในกรณีที่ใช้ไทเมอร์ 2 ในการกำหนดอัตราบอด โดยกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดกำเนิดอัตราบอด (baud rate generator) สามารถคำนวนหาอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = อัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 2/16 หน่วยเป็นบิตต่อวินาที ถ้ากำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดปรกติสามารถคำนวนหาค่าอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา/(32 * (65536-(RCAP2H,RCAP2L)))

โดยที่ (RCAP2H,RCAP2L) เป็นค่าของรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L มีขนาด 16 บิตไม่คิดเครื่องหมาย

2.4.4.1 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด ในการใช้งานพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สิ่งที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุดประการหนึ่งคือ อัตราการถ่ายทอดข้อมูลหรืออัตราบอด ซึ่งการกำหนดอัตราบอดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็นหลัก สำหรับพอร์ตการทำงานของพอร์ตอนุกรมที่สามารถเลือกอัตราบอดได้อย่างอิสระคือในโหมด 1 และ 3 โดยกำหนดได้จากอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 ถ้าหากไทเมอร์ 1 มีการเกิดโอเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลวในอัตาที่สูงมากเท่าใด อัตราบอดก็จะมีค่าสูงตาม นั่นหมายความว่า อัตราในการถ่ายทอดข้อมูลจะสูงมาก สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

การเขียนหรือส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม

ข้อมูลที่ต้องการส่งออกทุกค่าต้องนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมซึ่งก็คือรีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่าง

```
MOV SBUF , # 'A'
```

จากคำสั่งข้างต้นเป็นการส่งข้อมูลของตัวอักษร A ออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างไรก็ตามก่อนทำการส่งข้อมูลทุกครั้ง ต้องแน่ใจว่าบิต TI เคลียร์หรือมีค่าเป็น "0" และเมื่อมีการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็จะเกิดการเซตบิต TI เพื่อแจ้งให้ทราบดังตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
CLR   TI              ; เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมส่งข้อมูลออก
MOV   SBUF,#'A'       ; ส่งข้อมูลของตัวอักษร A ไปยังพอร์ตอนุกรม
JNB   TI,$            ; รอการเซตของบิต TI เพื่อแจ้งการส่งข้อมูลที่เสร็จสมบูรณ์
```

การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมสามารถกระทำได้ง่ายมาก เพียงทำการตรวจสอบบิต RI ว่าเกิดการเซตขึ้นหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการเซตเกิดขึ้นแล้วให้ทำการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ SBUF โดยต้องทำการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางแอกคิวมูเลเตอร์ A ดังตัวอย่าง

```
CLR   RI              ; เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมส่งข้อมูลออก
JNB   RI,$            ; รอคอยการเซตของบิต RI อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่าการ การรับ
                        ข้อมูลเสร็จสมบูรณ์และมีข้อมูลเกิดขึ้นที่รีจิสเตอร์ SBUF
MOV   A,SBUF          ; อ่านค่าจากรีจิสเตอร์โดยการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางรีจิสเตอร์ A
CLR   RI              ; หลังจาดทำการอ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต RI
                        เสมอ
```

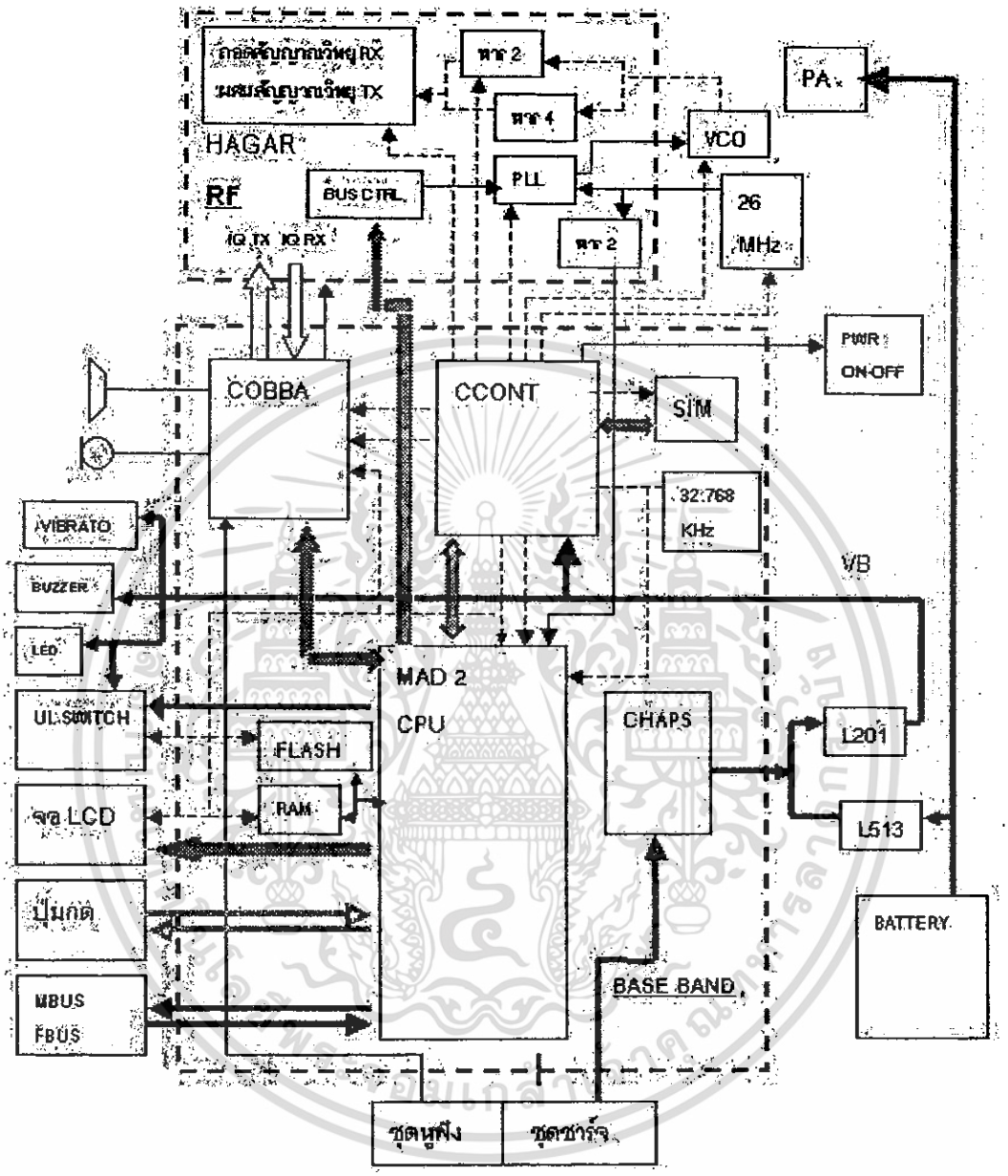
2.5 หลักการพื้นฐานของโทรศัพท์มือถือ

2.5.1 โครงสร้างโทรศัพท์ NOKIAประกอบด้วย 2 ภาคดังนี้

2.5.1.1.ภาคโครงสร้างหลัก BASE BAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างหลัก + ภาควิทยุ

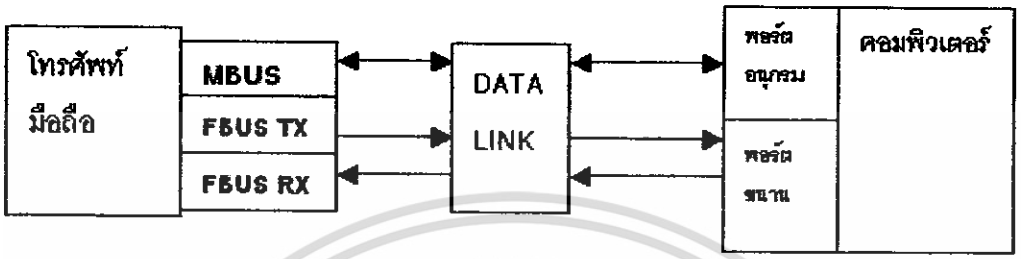


รูปที่ 2.16 แสดง ภาคโครงสร้างหลัก BASEBAND

2.5.1.1.1 UI หรือ USER INTERFACE UI SWITCH (N400) หลอดไฟ LED ทำหน้าที่ให้แสงสว่างแก่ปุ่มกดและจอ LCD มอเตอร์สั่น VIBRATOR กระดิ่ง BUZZER

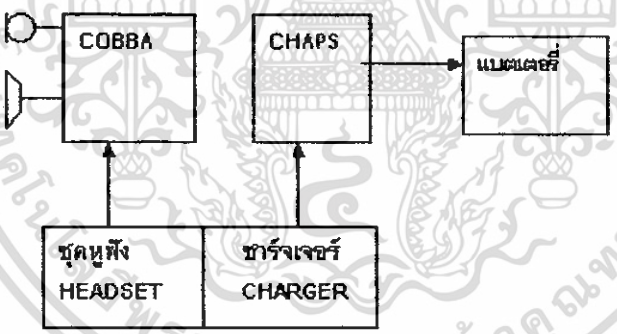
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1.2 แฟลชคอนเนคเตอร์ FLASH CONNECTOR MBUS ชุดเชื่อมโยงหรือถ่ายโอนข้อมูลระหว่างมือถือกับคอม ฯ FBUS TX ชุดเชื่อมโยง หรือถ่ายโอนข้อมูลจากมือถือเข้าคอมฯ FBUS RX ชุดเชื่อมโยง หรือถ่ายโอนข้อมูลจากคอมฯเข้ามือถือ



รูปที่ 2.17 แสดง จุดเชื่อมโยงเข้าคอมพิวเตอร์

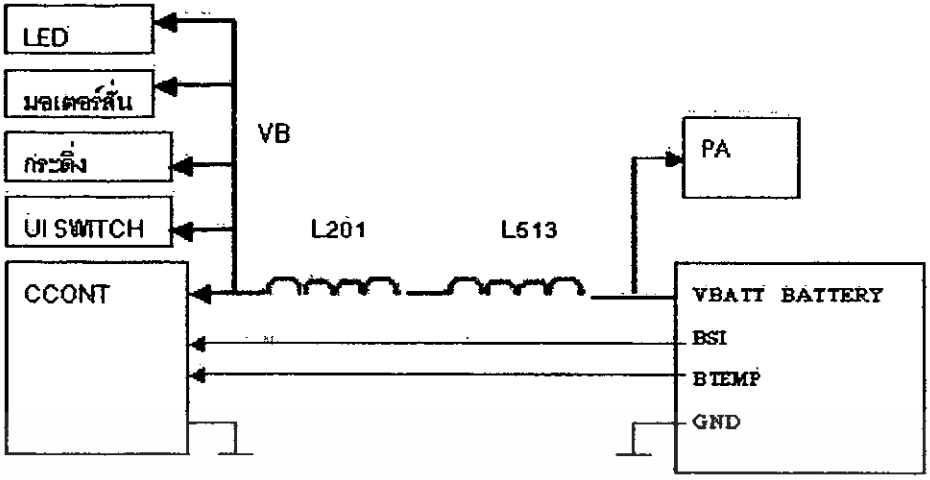
2.5.1.1.3 HEAD SET และ CHARGER CONNECTOR ชุดหูฟัง หรือชุดเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์กับสมอลล์ทอล์ค ชุดชาร์จ หรือชุดเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์กับอแดปเตอร์หรือชาร์จเจอร์



รูปที่ 2.18 แสดง จุดต่อหูฟังและ ชาร์เจอร์

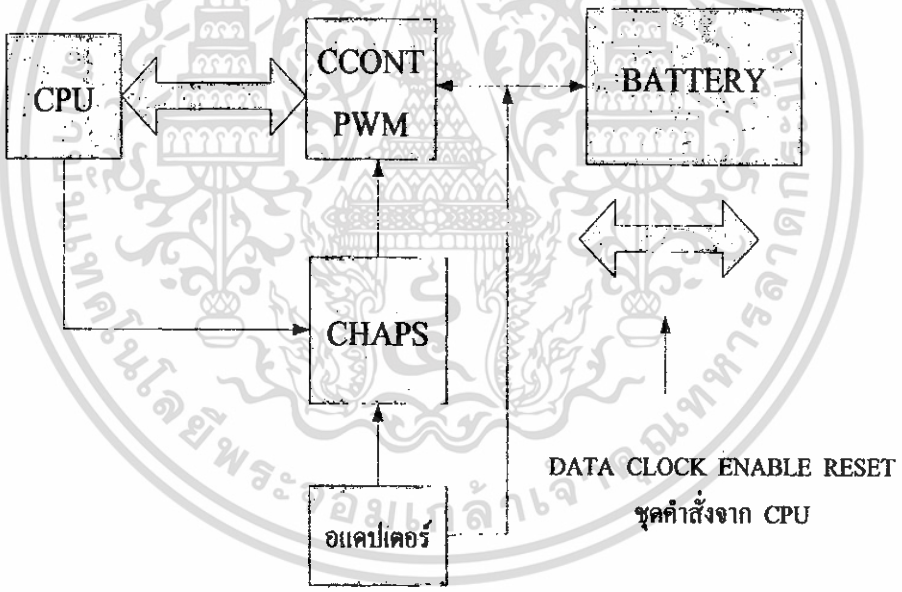
2.5.1.1.4 แบตเตอรี่ BATTERY แหล่งจ่ายพลังงานหลักสำหรับวงจรในโทรศัพท์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อของ Battery

2.5.1.1.5 CHAPS ไอซี ชาร์จที่ควบคุมการจ่ายกระแสและประจุไฟฟ้าให้ กับ แบตเตอรี่ถูกควบคุมโดย CCON และ CPU

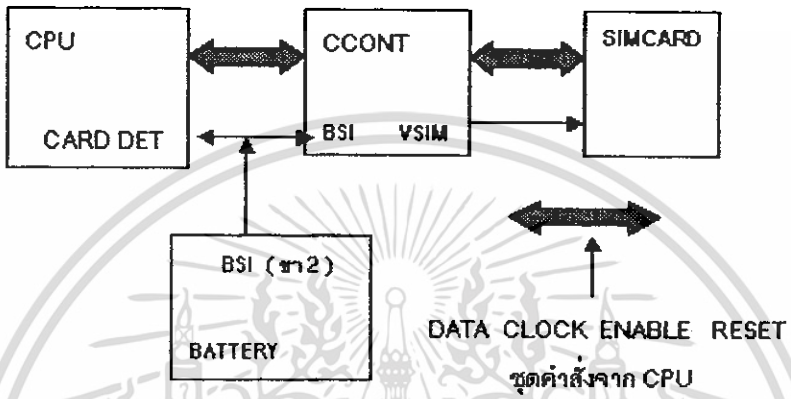


รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของการประจุไฟและควบคุมกระแส

2.5.1.1.6 SIM CARD SUBSCRIBER IDENTITY MODULE เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์โทรศัพท์ภายในเป็น CHIP IC MEMORY ขนาดเล็ก แต่เนื่องจากหมายเลขโทรศัพท์เป็นเลขส่วนบุคคลจึงต้องนำ SIM ไปทำการจดทะเบียนหรือ REGISTER ก่อนแล้วจึงนำ SIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

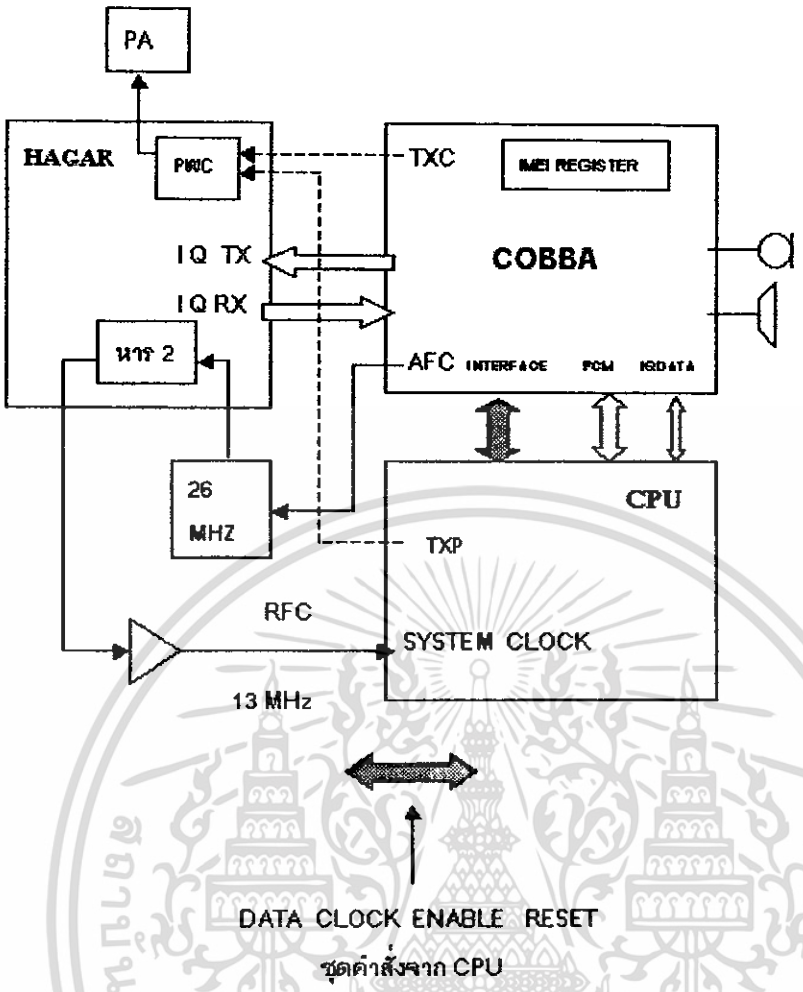
ไปใส่ในโทรศัพท์ซึ่ง SIM จะติดต่อกับ CCONT โดยตรงและ CCONT จะเชื่อมโยงหรือ INTERFACE ข้อมูลไปยัง CPU และ SIM จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีไฟเลี้ยง SIM จาก CCONT ชื่อ VSIM โดยทั่วไป SIM มี 2 ชนิด คือ SIM แผ่นใหญ่ (รุ่นเก่า) ขนาดเท่าบัตร ATM ใช้ไฟเลี้ยง 5 V. และ SIM ที่ใช้ในปัจจุบันคือ SIM ขนาดเล็ก หรือ PLUG IN SIM ใช้ไฟเลี้ยง 3V. นอกจากนี้ SIM ถูกควบคุมการทำงานโดยขา 2 ของแบตเตอรี่ (BSI) ด้วย ถ้าขณะที่ใช้งานขา 2 ของแบตเตอรี่หลุดหรือเคลื่อนจากตำแหน่งหน้าจอ LCD จะแสดงคำว่า " INSERT SIM CARD " ทันที



รูปที่ 2.21 แสดง การต่อ SIMCARD

2.5.1.1.7 COBBA เป็น ASIC IC หรือ APPLICATION SPECIFIC INTEGRATED CIRCUIT ทำหน้าที่ เชื่อมโยงหรือ INTERFACE ระหว่าง ภาคเบสแบนด์กับภาควิทยุ แปลงสัญญาณเสียงหรือ AUDIO FREQUENCY (AF) ซึ่งมาจาก ไมโครโฟนผ่านกระบวนการกรองความถี่ต่ำแล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล A/D เข้าสู่กระบวนการแปลงสัญญาณเป็น PCM หรือ PULSE CODE MODULATOR โดย การควบคุมของวงจร DSP หรือ DIGITAL SIGNAL PROCESSING จาก CPU แล้วแปลงให้เป็นสัญญาณ IQ หรือ INPHASE QUADRATURE ส่งต่อให้ HAGAR เราเรียกภาคนี้ว่าภาคส่งหรือ TX ทำหน้าที่รับสัญญาณ IQ หรือ INPHASE QUADRATURE จาก HAGAR แปลงกลับมาเป็น PCM หรือ PULSE CODE MODULATOR ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอล D/A ผ่านกระบวนการกรองความถี่ต่ำผ่านวงจรขยายออกสู่ ลำโพงหรือหูฟัง เราเรียกภาคนี้ว่า ภาครับ หรือ RX ควบคุมหรือชดเชยความถี่อัตโนมัติ หรือ AFC (AUTO FREQUENCY CONTROL) สำหรับ 26 MHZ ควบคุมวงจรปรับระดับกำลังส่ง (PWC) ใน HAGAR เพื่อให้ HAGAR จ่ายแรงดันไฟไปควบคุม PA หรือ POWER AMP ในระดับที่ต่างกัน สำหรับภาคส่ง หรือ TXC ทำหน้าที่จัดเก็บเลข IMEI หรือ IMEI REGISTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

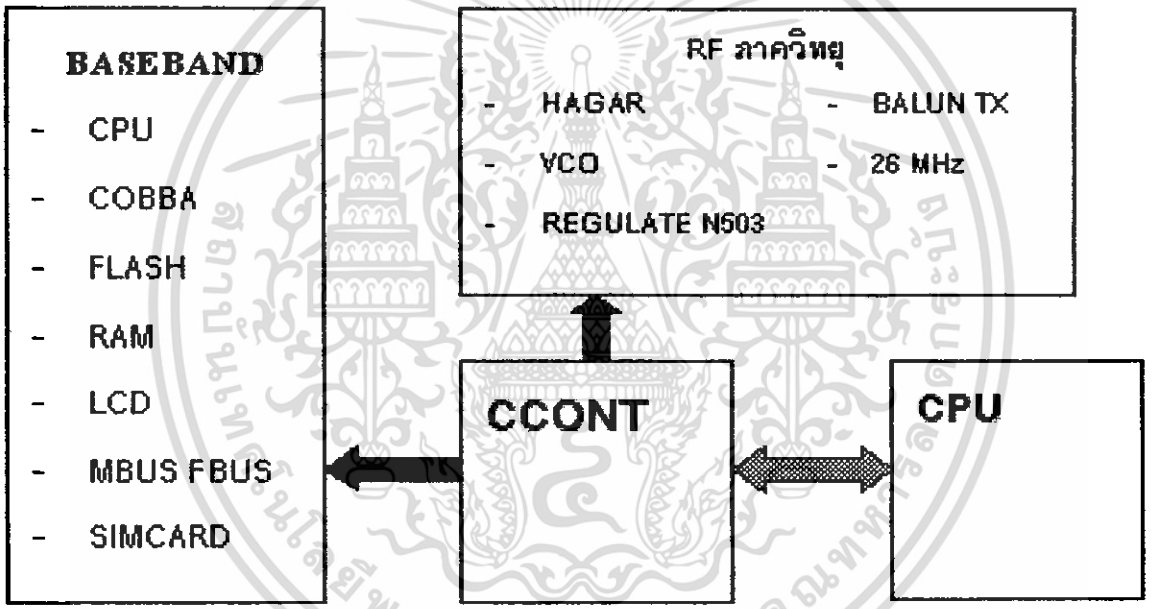


รูปที่ 2.22 แสดง การทำงานของ ไอซี COBBA

2.5.1.1.8 32.768 KHz (SLEEP CLOCK) เป็นคริสตอล กำหนดสัญญาณนาฬิกา หรือ RTC (REAL TIME CLOCK) เป็นคริสตอล กำหนดเวลา , ปฏิทิน , ตั้งปลุก , เวลานัดหมาย เป็นคริสตอล กำหนดเวลา เปิดปิดไฟ LED และเสียงเรียกเข้า หน่วงเวลาเปิดปิดเครื่อง ควบคุมสัญญาณจากภาครับโดยเฉพาะ RSSI หรือ RADIO SIGNAL STRENGTH INDICATOR ในภาค RF TEMP SENSOR ทำงานร่วมกับ CCONT และผลิตสัญญาณนาฬิกาให้กับ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1.9 CCONT เป็น IC โปรเซสเซอร์ ทำหน้าที่หลายๆ อย่างหน้าที่หลักๆ คือ การจ่ายแรงดันไฟหรือกระจายแรงดันไฟไปยังภาคต่างๆ ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นภาคBASEBAND หรือ ภาควิทยุ (RF) ควบคุมติดต่อระหว่าง SIM CARD และส่งข้อมูลของ SIM CARD ไป CPU เพื่อให้ CPU ประมวลผล ตรวจสอบความผิดปกติของการจ่ายไฟและ RESET ระบบการจ่ายไฟ ควบคุมการชาร์จไฟ โดยการจ่ายสัญญาณ PWM หรือ PULSE WIDTH MODULATOR ให้กับ IC CHAPS หรือ ไอซีชาร์จ เพื่อให้ไอซีชาร์จ จ่ายประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ โดยคำสั่งของ CPUตรวจสอบชนิดและขนาดของแบตเตอรี่ ซึ่งมาจากขาที่ 2 ของ แบตเตอรี่ หรือ BSI (BATTERY SIZE INDICATOR) ตรวจสอบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ขณะที่จ่ายแรงดันไฟและขณะที่ชาร์จ ซึ่งมาจากขาที่ 3 ของแบตเตอรี่ หรือ BTEMP (BATTERY TEMPERATURE)

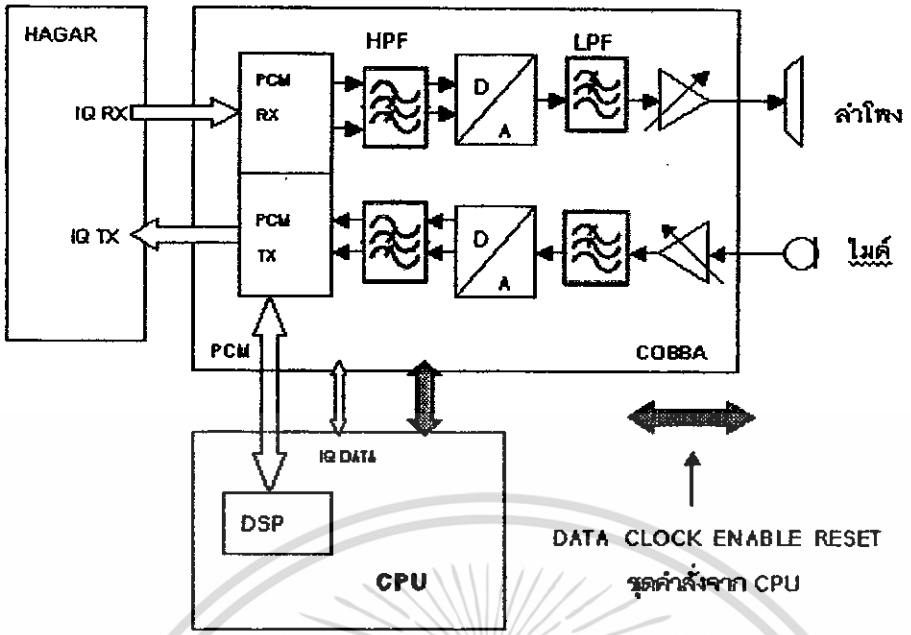


รูปที่ 2.23 แสดง การทำงานของ ไอซี CCONT

2.5.1.1.10 ไมโครโฟน MICROPHONE ทำหน้าที่แปลงความถี่เสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือ AF (AUDIO FREQUENCY)

2.5.1.1.11 หูฟังหรือลำโพง EARPIECE , SPEAKER ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นความถี่เสียง หรือ AF โดยผ่านวงจรขยายเสียงหรือ AMPLIFIER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดง การทำงานของ หูฟังหรือลำโพง EARPIECE , SPEAKER

2.5.1.1.12 ปุ่มกด KEY PAD ทำหน้าที่ มอดูเลท หรือผสมสัญญาณความถี่ 2 ความถี่เข้าด้วยกัน หรือ DTMF (DUAL TONE MULTI FREQUENCY) และลักษณะของปุ่มกดก็เป็นแบบแมททริกซ์ MATRIX มีโรว์ (ROW) หรือปุ่มกดวงนอก และ คอลัมน์ (COLUMN) ปุ่มกดวงใน ซึ่งแต่ละ ROW และ COLUMN จะมีความถี่ประจำตัวดังนี้

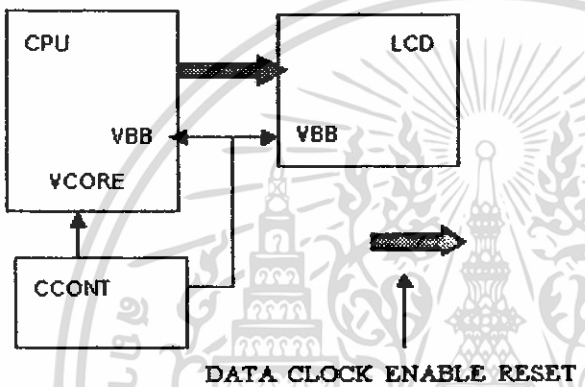
ความถี่ Hz	รหัสหรือหมายเลข			
697	1	2	3	
770	4	5	6	
852	7	8	9	
941	*	0	#	
	1209	1336	1477	ความถี่ Hz

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความถี่ของปุ่ม KEY PAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง สมมติว่า กดปุ่ม 1 ก็จะเกิดสัญญาณที่มอดูเลทระหว่างความถี่ 697 Hz กับ 1,209 Hz เป็นต้น และเมื่อความถี่ 2 ความถี่ มอดูเลทกันแล้วก็จะส่งความถี่ไปยัง CPU เพื่อให้ CPU ประมวลผลการกดปุ่มไปแสดงยังที่หน้าจอ LCD และอีกส่วนหนึ่ง จะประมวลผลการกดปุ่มทั้งหมดแปลงเป็นสัญญาณ IQ ไปมอดูเลท หรือ ผสมสัญญาณกับภาคส่ง (TX) ส่งสัญญาณเรียกไปยังเครือข่ายหรือ NETWORK ซึ่งเป็นจุดแรกที่โทรศัพท์ส่งสัญญาณถึงก็คือ BTS หรือ BASE TRANCIEVER STATION หรือเรียกอีกชื่อว่า CELL SITE

2.5.1.1.13 จอ LCD ทำหน้าที่แสดงผล ซึ่งจอ LCD จะมีชุด INTERFACE ซึ่งประมวลผลโดย CPU และมีแรงดันไปเลี้ยงจอ LCD จาก CCONT



รูปที่ 2.25 แสดง การทำงานของ จอ LCD

2.5.2 ภาควิทยุ RF RADIO FREQUENCY

2.5.2.1 HAGAR เป็น IC โปรเซสเซอร์ ซึ่งรวมเอาภาครับและภาคส่งและภาคสังเคราะห์ความถี่ หรือภาคผลิตความถี่ท้องถิ่นเข้าด้วยกันดังมีรายละเอียดดังนี้

2.5.2.1.1 ภาครับ RX (RECIEVER) ทำหน้าที่ รับสัญญาณวิทยุหรือ RF(RADIO FREQUENCY) ซึ่งมาจากเสาอากาศผ่าน ฟิลเตอร์ 1 ผ่านวงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำ หรือ LNA ผ่านฟิลเตอร์ 2 ผ่านบาลัน ซึ่งภาคต่างๆ ที่กล่าวมานี้เรียกว่า ฟรอนท์เอนด์ (FRONT END) จากนั้นก็จะทำการถอดสัญญาณวิทยุ หรือ หักล้างสัญญาณวิทยุ (DEMODULATOR) แปลงให้เป็นสัญญาณ IQ (INPHASE หรือ สัญญาณเฟสร่วม) และ (QUADRATURE หรือ สัญญาณต่างเฟส 90 ?) จากนั้นก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการปรับแต่งรูปสัญญาณ IQ ให้เหมาะสมส่งต่อไปยัง COBBA เพื่อให้ COBBA แปลงสัญญาณ IQ ให้เป็นสัญญาณเสียงออกลำโพงหรือหูฟังต่อไป

2.5.2.1.2 ภาคส่ง TX (TRANSMITTER) เริ่มจากไมโครโฟนที่แปลงสัญญาณเสียงหรือ AF (AUDIO FREQUENCY) ผ่านกระบวนการดิจิตอลแปลงให้เป็นสัญญาณ IQ (INPHASE QUADRATURE) ซึ่งมาจาก COBBA และส่งต่อมายัง HAGAR จากนั้น HAGAR ทำการผสมสัญญาณ IQ กับความถี่วิทยุ หรือ RF (RADIO FREQUENCY) การผสม IQ + RF นี้เรียกว่า MODULATOR แล้วส่งสัญญาณนี้ออกจาก HAGAR ผ่าน BALUN ไปยังวงจรขยาย (สำหรับระบบ GSM) แล้วไปขยายสัญญาณอีกครั้งที่ วงจรขยายกำลัง (POWER AMPLIFIER) สำหรับระบบ 1800 สัญญาณจะออกจาก HAGAR เข้า PA โดยตรงเลยแต่เนื่องจากโทรศัพท์ แต่ละเครื่องอยู่ห่างเสารับสัญญาณไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องเพิ่มหรือลดระดับของกำลังส่งให้พอเหมาะสมกับระยะห่างของเสา โดยการตรวจสอบ (DETECT) ความแรงของสัญญาณจากภาครับ (RX FILTER CALIBRATION) เพื่อให้ภาครับและส่งสัญญาณสมดุลกันเพราะโทรศัพท์รับและส่งสัญญาณไปยัง เครือข่าย (CELL SITE) เดียวกันเพราะฉะนั้น PA (POWER AMP) ซึ่งเป็นวงจรขยายกำลังส่ง จึงจำเป็นต้องมีแรงดันไฟไปเลี้ยงในระดับที่ต่างกันเพื่อให้พอเหมาะกับระยะห่างของเครือข่าย (CELL SITE) ซึ่งไฟเลี้ยง PA (VPAC) มาจากวงจรควบคุมกำลังส่ง (PWC) ใน HAGAR โดยมี TXC จาก COBBA ทำหน้าที่เพิ่มหรือลดระดับกำลังส่ง และมี TXP จาก CPU ทำหน้าที่เปิดวงจรควบคุมกำลังส่ง ให้กับวงจร PWC ใน HAGAR กำลังส่งที่ส่งออกจาก PA จะส่งรูปแบบของสนามแม่เหล็กส่งผ่านไปยัง DIPLEXER ออกเสาอากาศของโทรศัพท์มือถือ ส่งต่อไปยังเครือข่าย (CELL CITE) ต่อไป

2.5.2.1.3 ภาคสังเคราะห์ความถี่ (SYNTHESIZER) หรือภาคผลิตความถี่ท้องถิ่น (LOCAL OSCILLATOR) คือภาคที่ผลิตความถี่ LO เพื่อนำความถี่ที่ผลิตหรือสังเคราะห์ได้เข้าไปหาร 2 สำหรับ (ระบบ 1800) และหาร 4 สำหรับ (ระบบ GSM) ใน HAGAR สำหรับภาครับความถี่ที่ได้ จะนำไปหักล้างหรือถอดสัญญาณวิทยุกับความถี่ที่มาจากเครือข่ายให้เป็นสัญญาณ IQ เราเรียกภาคนี้ว่า DEMODULATOR สำหรับภาคส่ง ความถี่ที่ได้จะนำไปผสมหรือรวมกับสัญญาณ IQ เราเรียกภาคนี้ว่า MODULATOR หัวใจหลักของการผลิตความถี่คือ วงจร PLL (PHASE LOCKED LOOP) หรือ เฟส ล็อก ลูป เป็นระบบป้อนกลับที่บังคับให้วงจรผลิตความถี่ OSC (OSCILLATOR) มีความถี่หรือเฟสของความถี่เปลี่ยนแปลงไปตามความถี่หรือเฟสของสัญญาณอ้างอิงภายนอก เฟส ล็อก ลูป (PHASE DETECTOR) ภาคเปรียบเทียบ เฟส (PHASE DETECTOR) ภาคลูปฟิลเตอร์ (LOOP FILTER) ภาค VCO (VOLTAGE CONTROL OSCLLATOR) ปรีสเกลเลอร์ (PRESCALER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโทรศัพท์มีการรับส่งสัญญาณในระดับความถี่และช่องสัญญาณที่ต่างกัน ดังนั้นการเข้าช่องสัญญาณหรือกำหนดช่องสัญญาณต้องแม่นยำ จึงจำเป็นต้องใช้ CPU เข้ามากำหนดช่องสัญญาณในภาค BUS CONTROL และที่สำคัญมากก็คือความถี่อ้างอิง 26 MHz ต้องมีความเที่ยงตรงมากด้วยเช่นกัน ใน IC HAGAR วงจร เฟส ล็อก ลูป (PLL) เป็นแบบปรีสเกลเลอร์ 2 DIVIDER หรือ 2 โมดูลัส ระหว่าง P กับ P+1 ซึ่งวงจรนั้นหารจะถูกควบคุมการหาร โดย CPU ปรีสเกลเลอร์ตัวนี้สามารถหารด้วยตัวเลข 2 ตัว ซึ่งต่างกันอยู่ 1 เช่นหาร 10 หรือ 11 เรียกว่า 10/11 แต่สำหรับ HAGAR ใช้ 64/65 สังเกตว่าตัวหารทั้งคู่ต่างกันอยู่1เอาต์พุทของปรีสเกลเลอร์จะป้อนไปให้แก่วงจรนับหรือวงจรเคาน์เตอร์บางครั้งก็เรียกว่าวงจรหารตัวหนึ่งเป็นเคาน์เตอร์หลัก (MAIN COUNTER) ตัวย่อคือ M ส่วนอีกตัวเป็นเคาน์เตอร์เสริม (AUXILARY COUNTER) ตัวย่อคือ A ตัวเคาน์เตอร์เสริมจะเป็นตัวบังคับให้ ปรีสเกลเลอร์หารด้วยตัวหาร (DIVIDER) คือ 64 หรือ 65 เช่นสมมติว่า CPU ป้อนข้อมูล (ความถี่) หรือปรีสเกลเลอร์ใช้ 65 เป็นตัวหาร เมื่อเคาน์เตอร์เสริมหยุดนับ จึงจะส่งคำสั่งไปบังคับให้ปรีสเกลเลอร์เปลี่ยนเป็นหารด้วย 64 ตัวเคาน์เตอร์หลัก (A) ก็เช่นเดียวกันจะค่อยๆ นับถอยหลังไปเรื่อยๆ จนเป็น 0 เมื่อเคาน์เตอร์หลักและเสริม (M) และ (A) นับถึงศูนย์เมื่อใดทั้งคู่จะถูก CPU เซตตัวเลขข้อมูล (ความถี่) เนื่องจาก เคาน์เตอร์เสริมจะต้องนับถึง 0 ก่อน ดังนั้นตัวเลขที่ CPU เซตให้เคาน์เตอร์เสริม (A) จะต้องน้อยกว่าตัวเลขที่ CPU เซตให้เคาน์เตอร์หลัก (M)ตัวเลขที่เซตให้แก่เคาน์เตอร์หลัก (M) และเคาน์เตอร์เสริม (A) เริ่มแรกนั้นให้ปรีสเกลเลอร์อยู่ในภาวะหาร 65 ไปจนกว่าเคาน์เตอร์เสริม (A) จะนับลงเป็น 0 นั่นคือเวลาที่ใช้ในการนับเคาน์เตอร์เสริม ที่เป็น 0 โดยคิดจากจำนวนรอบหรือไซเคิลของ VCO ที่ผ่านไปเท่ากับจำนวน 65 คูณด้วย A ไซเคิลหลังจากนั้นปรีสเกลเลอร์จะถูกบังคับให้เปลี่ยนตัวหารเป็น 64 โดยเคาน์เตอร์เสริม (A) และในขณะที่เคาน์เตอร์หลักนับผ่านเคาน์เตอร์เสริม (A) ไปแล้ว พร้อมกันกับเคาน์เตอร์เสริม เช่นกันยังเหลืออยู่อีก (M-A) ไซเคิลก่อนที่นับเป็นศูนย์นั่นคือจะต้องใช้เวลาในการนับเคาน์เตอร์หลัก (M) ให้เป็นศูนย์ต่อไปอีกคิดเป็นจำนวนไซเคิล หรือจำนวนรอบของ VCO ที่ผ่านไปเท่ากับ 64 คูณด้วย (M-A) ฉะนั้นรอบเวลาที่ใช้จึงจำเป็นผลรอบของเวลาทั้ง 2 ข้างต้น คือ

VCO ไซเคิล = 65A + 64(M-A)

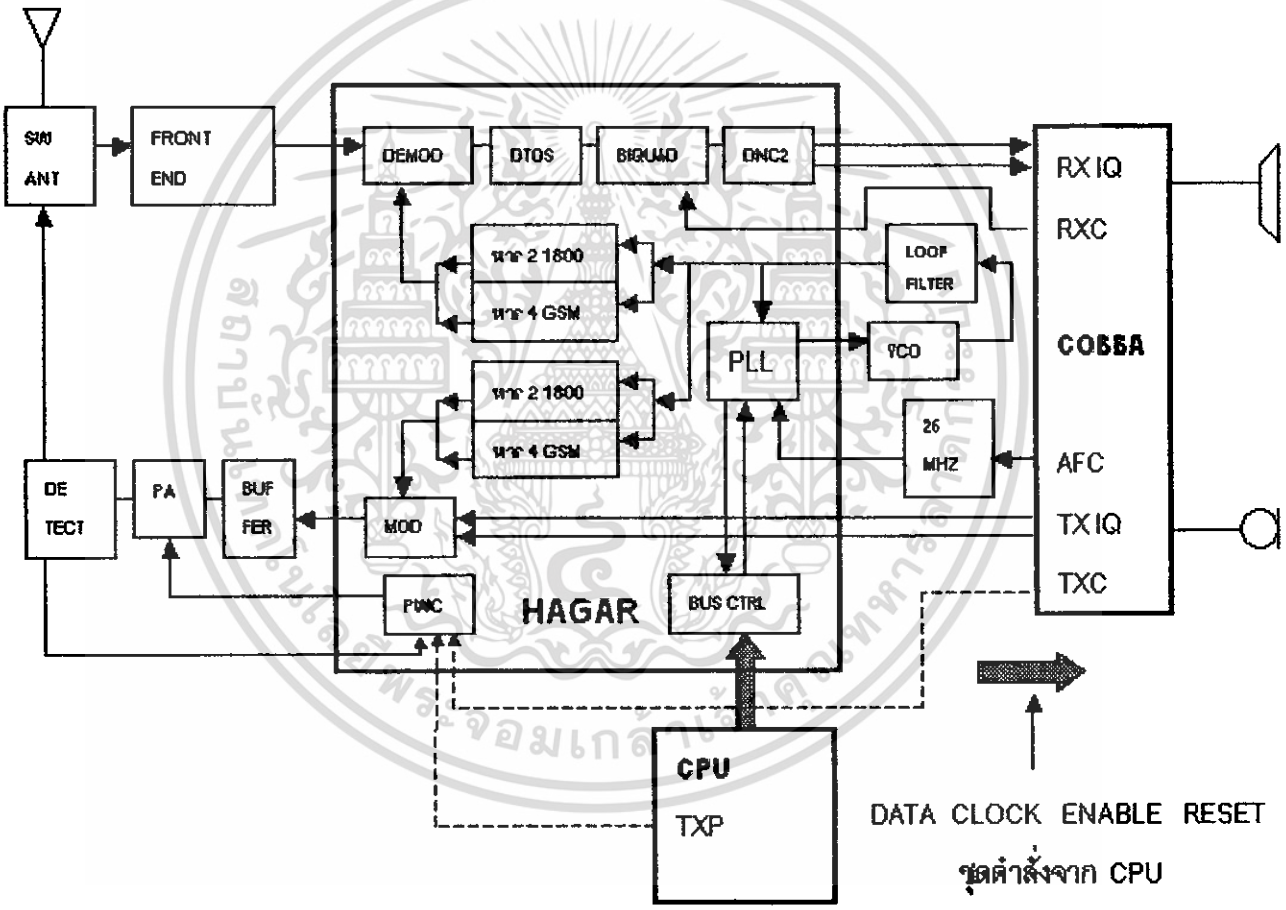
= 64 M+A

ความถี่ของ VCO จะเท่ากับ (64M+A) เท่าความถี่อ้างอิงหรือ

สมการที่ยกตัวอย่างมาข้างต้นใช้กับ ปรีสเกลเลอร์ 64/65 ซึ่งเป็นชนิด 2 โมดูลัสหรือ DUAL MODULUS DIVIDER และความถี่ที่ได้จะเข้าไปวงจรเปรียบเทียบ หรือ PHASE DETECT ซึ่งต่อเชื่อม

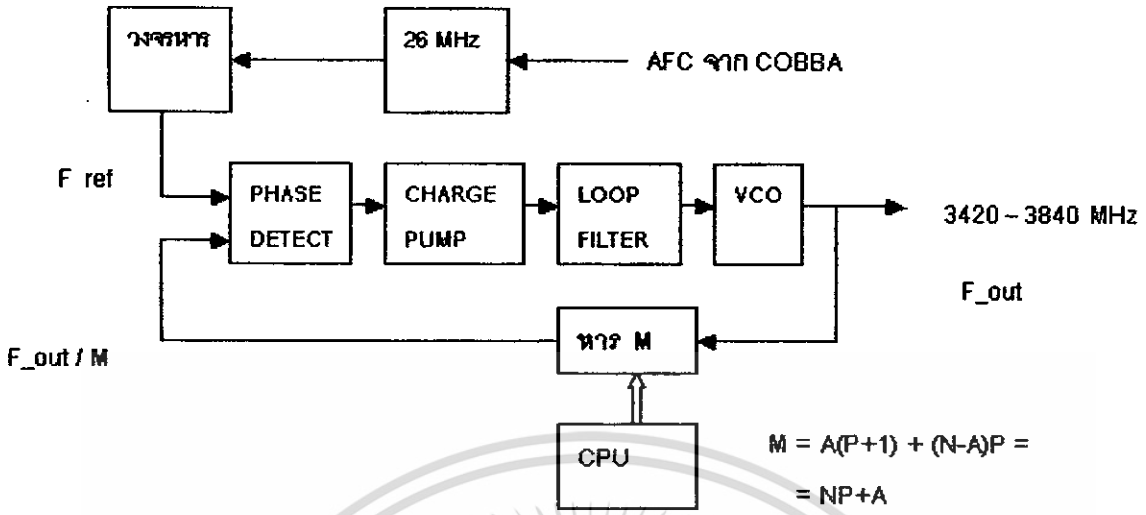
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับวงจรชาร์จปั๊ม CHAGE PUMP ซึ่งจะทำการเก็บและคายประจุแรงดันไฟในวงจรลูปฟิลเตอร์ (LOOP FILTER) แล้วจ่ายให้กับ VCO หลังจากนั้น VCO ก็จะผลิตความถี่ 3420-3840 MHz จ่ายผ่านบาลันเข้าไปยังวงจรหาร 2 หรือหาร 4 เพื่อถอดสัญญาณวิทยุ ในภาครับและผสมสัญญาณวิทยุในภาคส่งต่อไป ซึ่งวงจรทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะทำงานได้ก็ต้องมีแรงไฟมาเลี้ยงวงจร และไฟเลี้ยงวงจรทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นวงจร ปรีสเกลเลอร์ 64/65 วงจรเปรียบเทียบเฟส วงจรเคาน์เตอร์หรือวงจรนับวงจรหาร 2 และ 4 วงจรชาร์จปั๊มและ VCO มาจาก CCONT ทั้งหมดและคำสั่งที่กำหนดข้อมูล (ความถี่) ให้กับวงจรเคาน์เตอร์หรือวงจรหาร มาจาก CPU ผ่าน BUS CONTROL ประกอบด้วย DATA CLOCK ENABLE และ RESET



รูปที่ 2.26 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ ภาคสังเคราะห์ความถี่ (SYNTHESIZER)

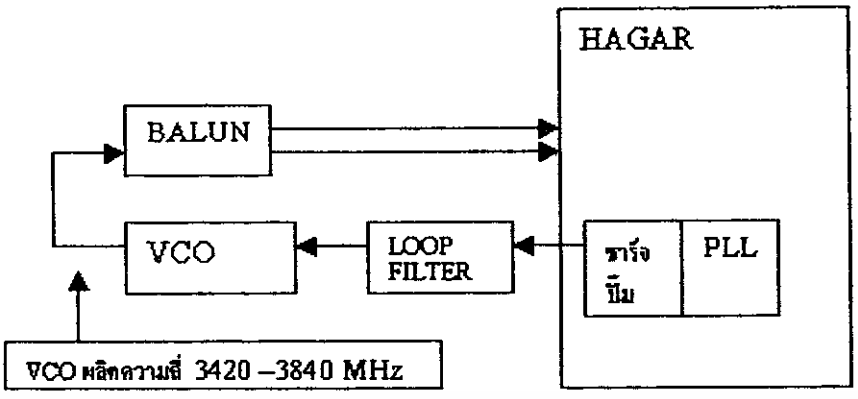
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ วงจรเฟสล็อกลูป

2.5.2.2 VCO (VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR) วงจรแรงดันไฟควบคุมการผลิตความถี่หรือความหมายอีกนัยหนึ่งว่าความถี่ที่เกิดจากการจ่ายแรงดันไฟซึ่งแรงดันไฟเปลี่ยนแปลงไปความถี่ก็จะเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน เราเรียกว่าเรโซลูชั่น (RESOLUTION) ซึ่งแรงดันไฟที่ผลิตความถี่มาจากวงจร เฟส ล็อก ลูป หรือ PLL ผ่านวงจรชาร์จปั๊มใน HAGAR จ่ายผ่านวงจร LOOP FILTER แล้วจ่ายให้แก่ VCO และ VCO จะผลิตความถี่ที่สูงมากคือ SHF หรือ SUPER HIGH FREQUENCY ความถี่ที่ผลิตออกมาจาก VCO จะได้ความถี่อยู่ในช่วง 3420 MHz ถึง 3840 MHz ส่งเข้าไปใน HAGAR เพื่อหาร 2 สำหรับระบบ 1800 และหาร 4 สำหรับระบบ GSM เพื่อถอดสัญญาณวิทยุในภาครับหรือ ดีมอด (DEMODULATOR) และผสมสัญญาณวิทยุใน ภาคส่งหรือมอด (MODULATOR) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ VCO (VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR)

2.5.2.3 26 MHz หรือ VCTCXO ย่อมาจาก (VOLTAGE CONTROLLED TEMPERATURE COMPENSATED CRYSTAL OSCILLATOR)

ทำหน้าที่ 2 หน้าที่

1. ผลิตสัญญาณนาฬิกา 26 MHz ส่งเข้าไปหาร 2 ใน HAGAR ได้ 13 MHz แล้วจ่ายให้กับ CPU หรือเรียกว่า SYSTEM CLOCK (RFC)
2. ผลิตสัญญาณนาฬิกาเพื่อเป็นความถี่อ้างอิงหรือ FREQUENCY REFERENCE ให้วงจร เฟส ล็อก ลูป PLL ใน HAGAR เพื่อให้วงจร PLL ผลิตแรงดันไฟผ่านวงจรชาร์จปั๊ม (CHARGE PUMP) จ่ายผ่านวงจรลูปฟิลเตอร์ (LOOP FILTER) ให้กับ VCO และ VCO ก็ผลิตความถี่ 3420-3840 MHz ขึ้นมา แต่เนื่องจาก 26 MHz มีการตอบสนองความถี่ที่ไม่คงที่ขึ้นอยู่อุณหภูมิด้วย ดังนั้นจึงจะเป็นต้องมีวงจรมาชดเชยความถี่ให้คงที่ วงจรที่ชดเชยความถี่ให้คงที่ของ 26 MHz เรียกว่า AFC (AUTO FREQUENCY CONTROL) ซึ่งมาจาก COBBA

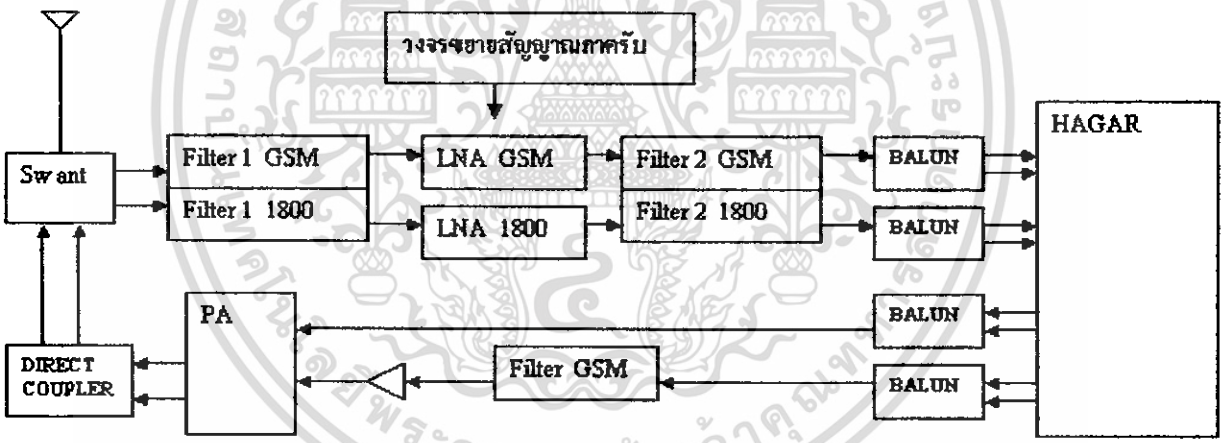
2.5.2.4 สวิทซ์แอนเทนน่า SWITCH ANTENNA หรือ DIPLEXER ทำหน้าที่แยกสัญญาณระหว่างระบบ GSM และระบบ PCN,DCS หรือระบบ 1800 และแยกสัญญาณจากภาครับ RX และ ภาคส่ง TX ออกจากกัน สำหรับภาคส่งมีไฟเลี้ยง สวิทซ์แอนเทนน่า จาก HAGAR ด้วย คือ TX VGSM และ TX VPCN,DCS

2.5.2.5 ฟิลเตอร์ หรือ แบนด์พาสฟิลเตอร์ หรือ SAW ฟิลเตอร์ SAW หรือ SURFACE ACOUSTIC WAVE เป็นฟิลเตอร์ที่มี 2 ระบบ อยู่ในตัวเดียวกันหรือเรียกอีกชื่อว่า DUAL SAW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILTER ทำหน้าที่กรองสัญญาณและกำหนดความถี่ให้ตรงตามกำหนด ในระบบ GSM จะกำหนดความถี่ 925-960 MHz ส่วนระบบ 1800 จะกำหนดความถี่ 1805-1880 MHz ในภาครับจะมีอยู่ 2 ตัว ส่วนในภาคส่งจะมีเฉพาะระบบ GSM เท่านั้นเป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีไฟเลี้ยง

2.5.2.6 LNA หรือ LOW NOISE AMPLIFIER เป็นวงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำ ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ เนื่องจากโทรศัพท์มือถือรับสัญญาณจากเสาส่ง หรือ (CELL) ไม่เท่ากันเพราะบางเครื่องอยู่ใกล้เสาบางเครื่องอยู่ไกลเสาเครื่องที่อยู่ใกล้เสาก็จะรับสัญญาณได้ดีกว่าเครื่องที่อยู่ไกลเสาส่ง ดังนั้นเพื่อการรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องปรับระดับการรับสัญญาณให้ใกล้เคียงกัน โดยมีวงจรควบคุมการรับสัญญาณเรียกว่า RFC หรือ RX FITER CALIBRATION ซึ่งจะไปควบคุมการจ่ายแรงดันไฟให้กับ LNA ในสภาวะที่เหมาะสม เช่น ถ้าเครื่องอยู่ไกลเสามากก็จะเพิ่มแรงดันไฟให้มากขึ้น เพื่อให้ LNA รับสัญญาณได้ดีขึ้น ในทางกลับกันถ้าเครื่องอยู่ใกล้เสา ก็ลดแรงดันไฟไปเลี้ยง LNA ให้น้อยลง เพื่อให้รับสัญญาณได้พอดี ไฟที่เลี้ยงวงจร LNA เราเรียกอีกชื่อว่า AGC หรือ AUTO GAIN CONTROL เป็นไฟมาจากภาค RX CONTROL ใน HAGAR ซึ่งถูกควบคุมโดย RXC จาก COBBA



รูปที่ 2.29 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ LNA หรือ LOW NOISE AMPLIFIER

2.5.2.7 บาลาน BALAN TRANSFROMER คือหม้อแปลงเกี่ยวกับความถี่ ที่ทำหน้าที่กำหนดความสมดุลของสัญญาณให้เป็นบวกและลบ เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งสัญญาณทางด้านเข้าและออก สำหรับภาครับ สัญญาณจะเข้ามา 1 เส้น และออก 2 เส้น คือ บวกและลบสำหรับภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจะเข้ามา 2 เส้น และออก 1 เส้น และมีไฟจาก CCONT มาเลี้ยงบาลันด้วยคือ ไฟ VTX หรือ VMOD

2.5.3 แฟลช FLASH โทรศัพท์มือถือจะมีหน่วยความจำอยู่ในเครื่องทุกเครื่อง ตัวอุปกรณ์อีเลคทรอนิคส์ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำ ที่บรรจุข้อมูลเอาไว้นั้น เราเรียกว่า " ไอซี แฟลช " การที่นำเอาอุปกรณ์ประเภท " แฟลช " มาใช้นั้นเนื่องจากว่าอุปกรณ์ประเภท Micro Processor IC ถูกออกแบบให้มีความสามารถสูงมากขึ้น และมีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้น จึงต้องการเวลาในการเข้าถึงข้อมูลที่ต่ำ (Access Time) คือใช้เวลาในการเข้าหาข้อมูลที่รวดเร็ว ซึ่งในโทรศัพท์มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการทำงานที่รวดเร็ว จึงจำเป็นต้องนำ " แฟลช " มาใช้ในการเก็บข้อมูลมากขึ้น

2.5.3.1 เป็น ไอซี ความจำประเภทหนึ่ง (IC Memory)

2.5.3.2 ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าไว้ในตัวมันเองได้

2.5.3.3 เป็นลูกผสมระหว่าง EEPROM กับ Nonvolatile

2.5.3. 3.1 EEPROM (Electrically Erasable Programable Read Only Memory) เป็น IC ที่มีลักษณะเด่นคือรวม ROM กับ RAM เข้าด้วยกัน เป็น IC ที่บันทึกและลบ แล้วบันทึกใหม่ได้โดยสัญญาณไฟฟ้า สามารถลบและเขียนข้อมูลใหม่ได้ประมาณ 10,000 ครั้ง ขนาดความจุ 2-32 KB เบอร์ของ EEPROM ขึ้นต้นด้วย 28 ตัวเลข 2-3 หลักท้ายเบอร์จะเป็นเลขบอกขนาดความจุ

2.5.3.3.2 Nonvolatile เป็น ไอซี ความจำที่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลทับได้ตลอดเวลา สามารถรักษาข้อมูลให้คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าจะเขียนข้อมูลใหม่ทับเข้าไป แม้ไม่มีไฟเลี้ยงอุปกรณ์ ก็ยังสามารถเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้ เพราะว่าภายใน Nonvolatile IC จะมีแบตเตอรี่ LI-ON จะเป็นตัวป้อนไฟเลี้ยงอยู่ ทำให้อุปกรณ์มีไฟเลี้ยงอยู่ตลอดเวลาแม้ปิดเครื่องโทรศัพท์ ไฟสำรองเลี้ยงวงจร LI-ON ในตัว IC มีแรงดันไฟ +3V มีอายุการใช้งานนาน 10 ปี

2.5.3.4 เป็น IC ที่มีความจำคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าจะมีการเขียนข้อมูลใหม่เข้าไป

2.5.3.5 การลบและเขียนข้อมูลใหม่จะต้องเป็นไปตามกำหนดในรูปแบบของ อัลกอริทึ่ม Algolithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.6 สามารถลบและเขียนข้อมูลได้เป็นบล๊อกบางส่วนหรือทั้งหมด ขึ้นอยู่กับการจัดการของผู้ใช้งาน

2.5.3.7 เป็นหน่วยความจำที่มีค่าเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (Access Time) น้อยมาก ทำให้นำไปใช้งานได้ความเร็วที่สูง

2.5.3.8 ไม่จำเป็นต้องมีการ Refresh

2.5.3.9 ค่าความจุของ แฟลช จะมีค่าเริ่มต้นที่ 32 - 256 KB

2.5.3.10 หมายเลขซื่อเบอร์จะขึ้นต้นด้วย 28F

2.6 ค่าต่างๆ ของรหัส Ascii Code

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL (null)	32	20	040		Space	64	40	100	@	@	96	60	140	`	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	!	65	41	101	A	A	97	61	141	a	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	"	66	42	102	B	B	98	62	142	b	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	#	67	43	103	C	C	99	63	143	c	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	$	68	44	104	D	D	100	64	144	d	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	%	69	45	105	E	E	101	65	145	e	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	&	70	46	106	F	F	102	66	146	f	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	'	71	47	107	G	G	103	67	147	g	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	(	72	48	110	H	H	104	68	150	h	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	)	73	49	111	I	I	105	69	151	i	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	*	74	4A	112	J	J	106	6A	152	j	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	+	75	4B	113	K	K	107	6B	153	k	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	,	76	4C	114	L	L	108	6C	154	l	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	-	77	4D	115	M	M	109	6D	155	m	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	.	78	4E	116	N	N	110	6E	156	n	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	/	79	4F	117	O	O	111	6F	157	o	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	0	80	50	120	P	P	112	70	160	p	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	1	81	51	121	Q	Q	113	71	161	q	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	2	82	52	122	R	R	114	72	162	r	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	3	83	53	123	S	S	115	73	163	s	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	4	84	54	124	T	T	116	74	164	t	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	5	85	55	125	U	U	117	75	165	u	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	6	86	56	126	V	V	118	76	166	v	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	7	87	57	127	W	W	119	77	167	w	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	8	88	58	130	X	X	120	78	170	x	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	9	89	59	131	Y	Y	121	79	171	y	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	:	90	5A	132	Z	Z	122	7A	172	z	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	;	91	5B	133	[	[	123	7B	173	{	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	<	92	5C	134	\	\	124	7C	174			|
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	=	93	5D	135	]	]	125	7D	175	}	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	>	94	5E	136	^	^	126	7E	176	~	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	?	95	5F	137	_	_	127	7F	177	&#127;	DEL

Source: www.LookupTables.com

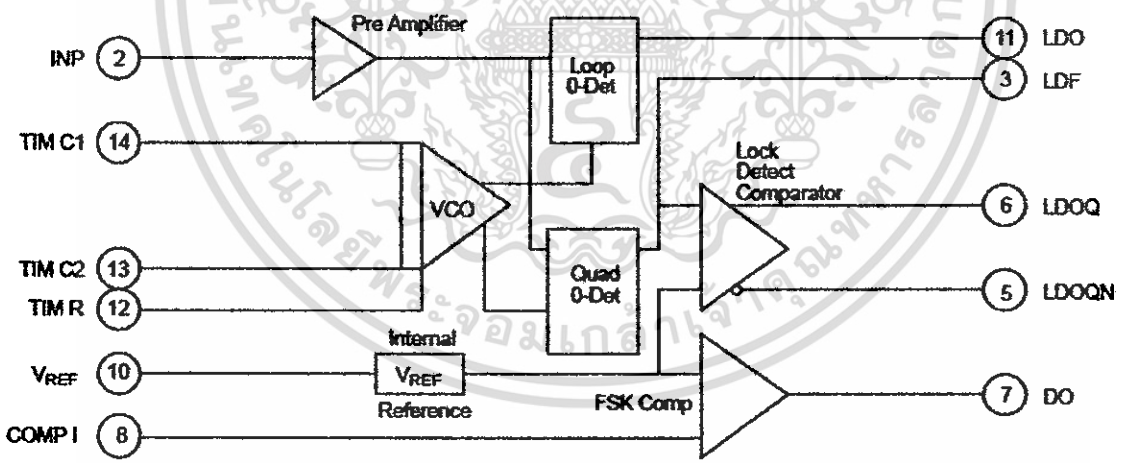
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

128	Ç	144	É	161	í	177	▒	193	┴	209	╤	225	ß	241	±
129	ü	145	æ	162	ó	178	▓	194	┬	210	╥	226	Γ	242	≥
130	é	146	Æ	163	ú	179	│	195	├	211	╙	227	π	243	≤
131	â	147	ô	164	ñ	180	┤	196	─	212	╘	228	Σ	244	⌠
132	ä	148	ö	165	Ñ	181	╡	197	┼	213	╒	229	σ	245	⌡
133	à	149	ò	166	ª	182	╢	198	╞	214	╓	230	µ	246	÷
134	å	150	û	167	º	183	╖	199	╟	215	╫	231	τ	247	≈
135	ç	151	ù	168	¿	184	╕	200	╚	216	╪	232	Φ	248	°
136	ê	152	ÿ	169	⌐	185	╣	201	╔	217	┘	233	Θ	249	∙
137	ë	153	Ö	170	¬	186	║	202	╩	218	┌	234	Ω	250	·
138	è	154	Ü	171	½	187	╗	203	╦	219	█	235	δ	251	√
139	ï	156	£	172	¼	188	╝	204	╠	220	▄	236	∞	252	ⁿ
140	î	157	¥	173	¡	189	╜	205	═	221	▌	237	φ	253	²
141	ì	158	₧	174	«	190	╛	206	╬	222	▐	238	ε	254	■
142	Ä	159	ƒ	175	»	191	┐	207	╧	223	▀	239	∩	255	
143	Å	160	á	176	░	192	└	208	╨	224	α	240	≡		

Source: www.LookupTables.com

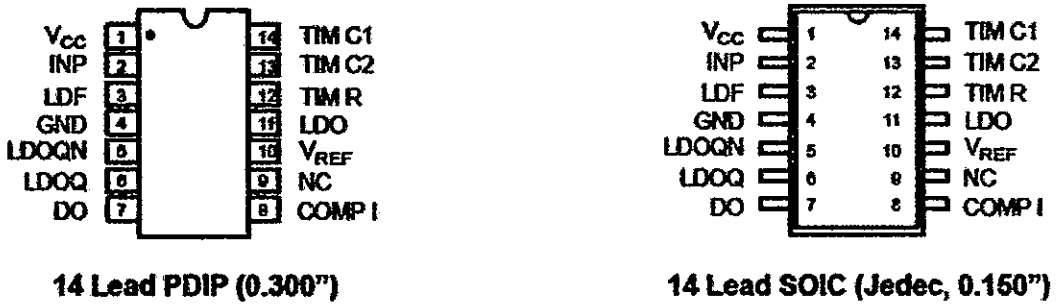
รูปที่ 2.30 แสดงค่าต่างๆ ของรหัส Ascii Code

2.7 ไอซีเบอร์ XR 2211

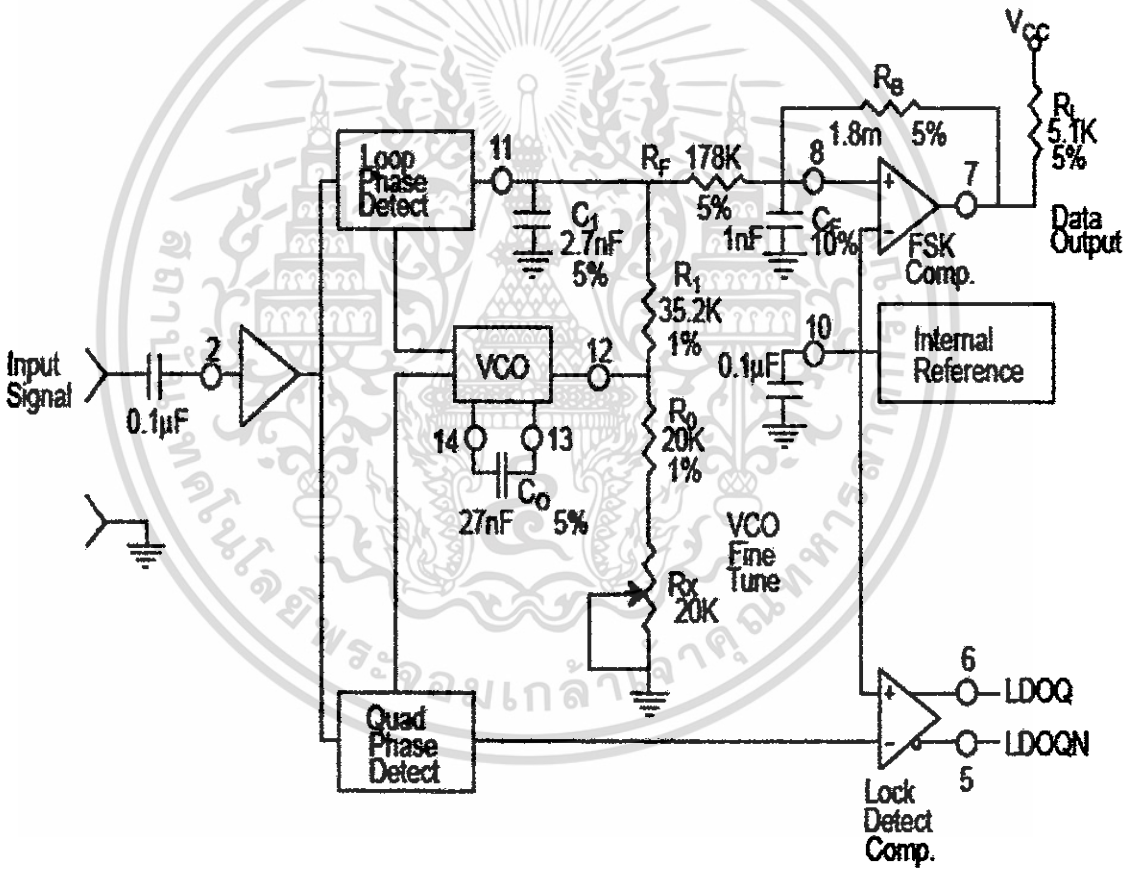


รูปที่ 2.31 แสดง Block Diagram ของ ไอซีเบอร์ XR 2211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



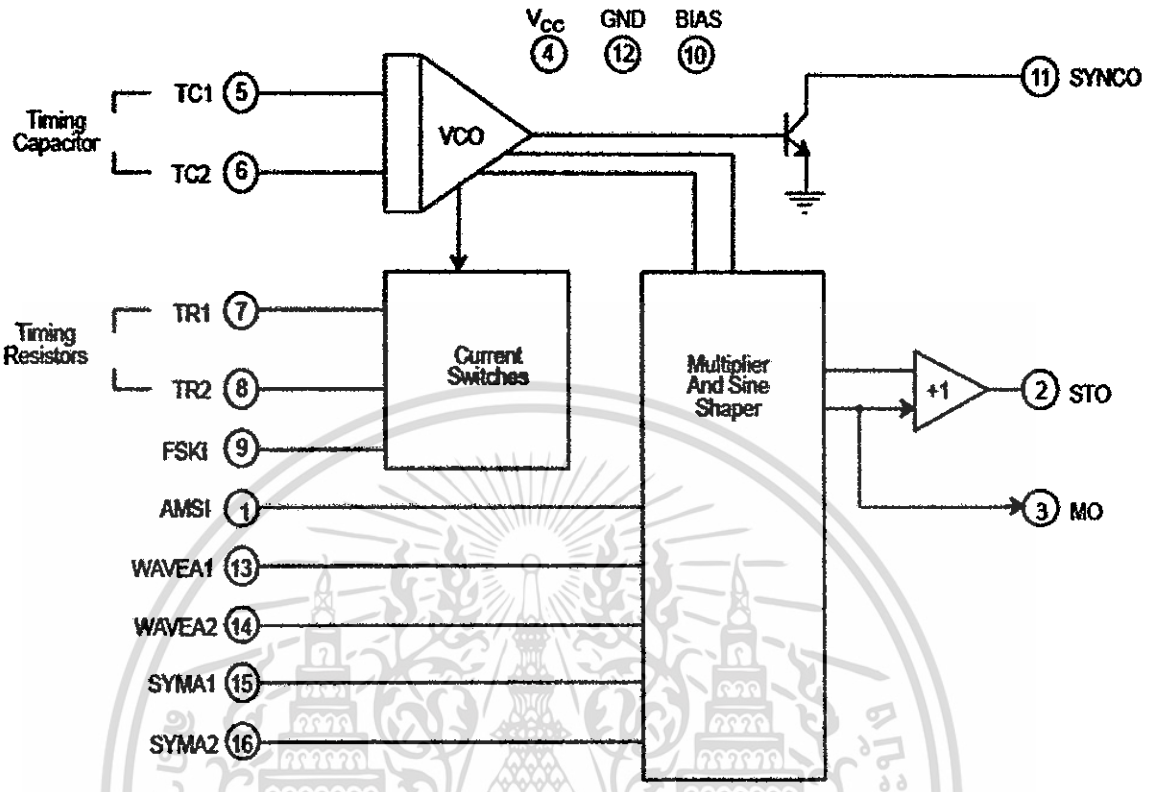
รูปที่ 2.32 แสดง ตำแหน่งขาของ ไอซีเบอร์ XR 2211



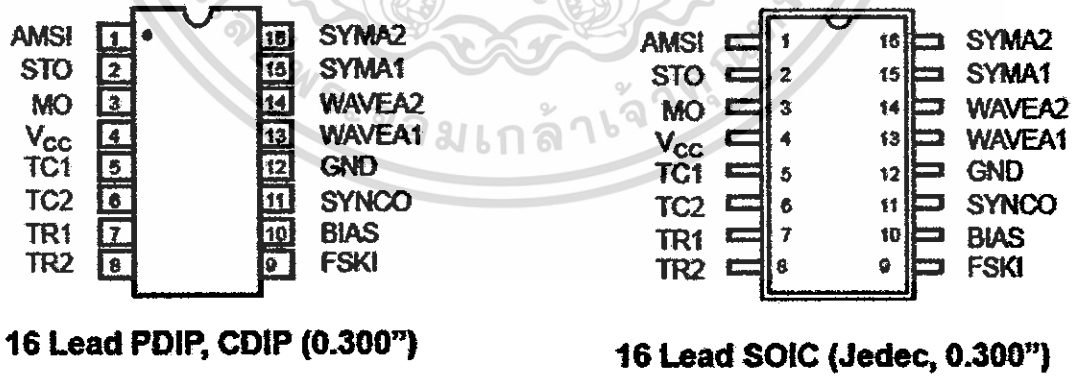
รูปที่ 2.33 แสดงวงจร ถอดรหัส FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ไอซีเบอร์ XR 2206

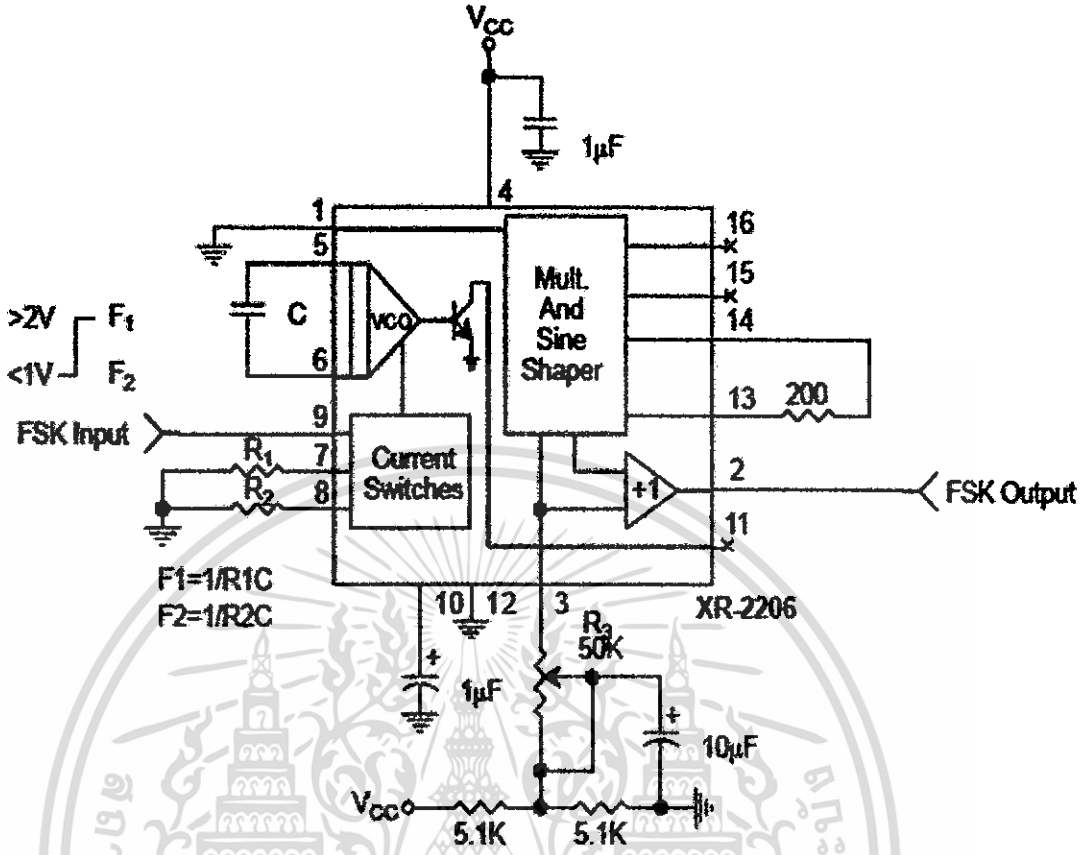


รูปที่ 2.34 แสดง Block Diagram ของ ไอซีเบอร์ XR 2206



รูปที่ 2.35 แสดง ตำแหน่งขาของ ไอซีเบอร์ XR 2206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 แสดงวงจรเข้ารหัส FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบและการสร้าง

3.1 ออกแบบวงจรเข้ารหัส FSK และวงจรถอดรหัส FSK

3.1.1 ทดลองส่งรูปคลื่น Sine Wave ผ่านทางช่อง Small talk ของโทรศัพท์มือถือเพื่อหาช่วงความถี่ที่สามารถส่งได้

3.1.2 คำนวณหาค่า ความต้านทานและ ค่าของตัวเก็บประจุที่จะใช้ โดยดูจากกราฟใน Data Sheed พร้อมทั้งใช้เงื่อนไขจากความถี่ที่วัดได้ในข้อ 1.1 และตัวอุปกรณ์ที่มีใช้จริงเป็นเงื่อนไขประกอบ

3.2 ทดสอบการเข้ารหัส FSK และถอดรหัส FSK

3.2.1 ต่อวงจรโดยใช้ตัวอุปกรณ์ที่คำนวณได้ จาก บอร์ดเลต ค่าต่าง ๆ

3.2.2 ทดลองวัดและบันทึกผล ทั้ง หนึ่งไซเคิลที่ลอจิก "1" สองไซเคิลที่ลอจิก "0" และ สองไซเคิลที่ลอจิก "1" สี่ไซเคิลที่ลอจิก "0"

3.3 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอล

3.3.1 ทำการออกแบบซอฟแวร์เพื่อทำการส่งข้อมูลดิจิตอลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ผ่านวงจรเข้ารหัส FSK และถอดรหัส FSK IC MAX 232 และพอร์ตอนุกรม RS 232 เพื่อแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ (โดยยังไม่ต้องผ่านโทรศัพท์มือถือ)

3.4 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือถือ

3.4.1 นำสัญญาณ FSK ที่ได้จากวงจรเข้ารหัส FSK ป้อนเข้าทางช่องของไมโครโฟนของ Small talk ทำการโทรออก

3.4.2 นำสัญญาณที่รับได้จากช่องหูฟัง Small talk ของโทรศัพท์มือถือทางฝั่งภาครับ ป้อนเข้าวงจรถอดรหัส FSK ก่อนนำไปแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

3.5 ทดลองส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง

3.5.1 ทดลองส่งสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้โปรแกรม hyperterminal รับค่าจาก Keyboard (โดยยังไม่ต้องผ่านโทรศัพท์มือถือ)

3.5.2 ทดลองส่งผ่านมือถือ

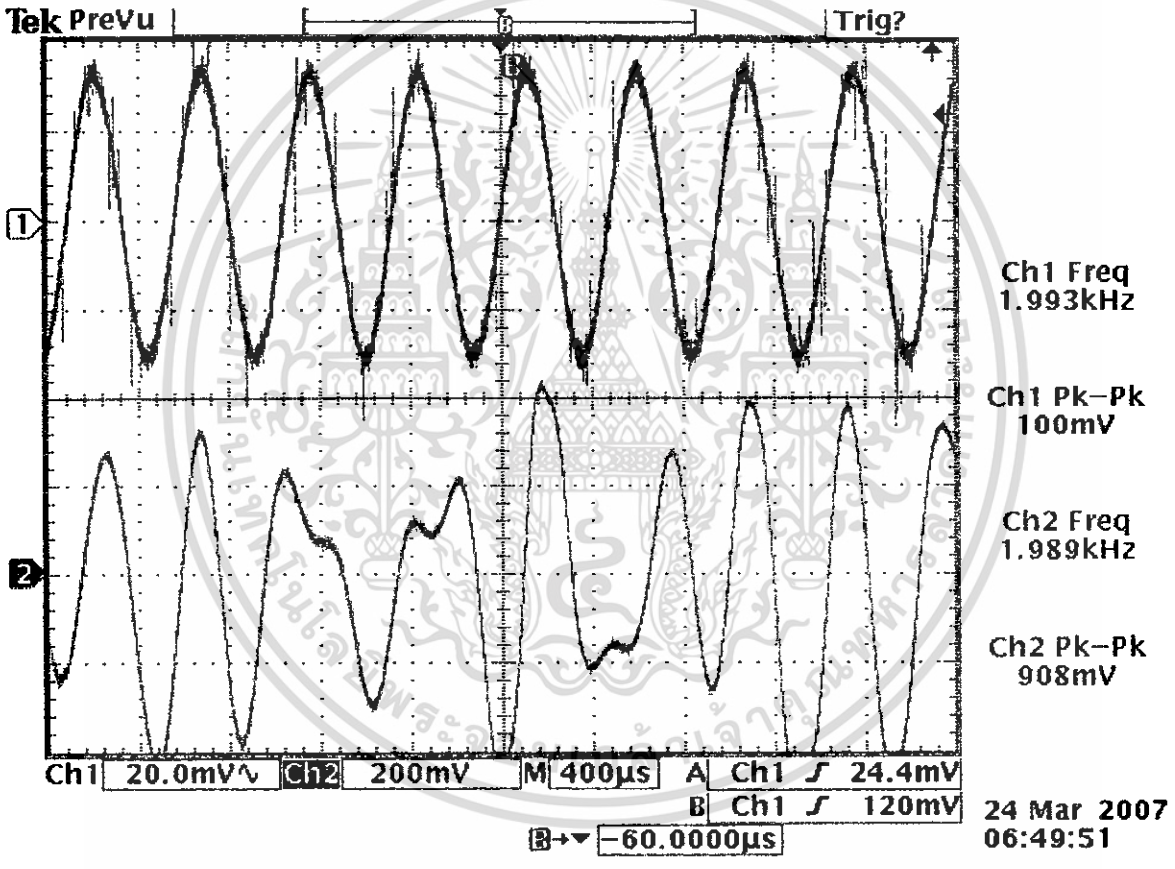
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลองที่ได้

4.1 ออกแบบวงจรเข้ารหัส FSK และวงจรถอดรหัส FSK

4.1.1 ทดลองส่งรูปคลื่น Sine Wave ผ่านทางช่อง Small talk ของโทรศัพท์มือถือ

เมื่อป้อนสัญญาณ Sine Wave ที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 mV สัญญาณที่รับได้ทางฝั่งเครื่องรับจะผิดเพี้ยน



รูปที่ 4.1 แสดงความผิดเพี้ยนของสัญญาณทางด้านฝั่ง ของสัญญาณที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 mV หลังจากส่งผ่านมือถือ

4.1.2 คำนวณหาค่า ความต้านทานและ ค่าของตัวเก็บประจุที่จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบการเข้ารหัส FSK และถอดรหัส FSK

Mod fsk

4.1.2.1 สูตรที่ใช้คำนวนเพื่อการออกแบบวงจร

4.1.2.1.1 วงจร FSK MODULATION

F1 = 1/R1C และ

F2 = 1/R2C

Fo = 1/RC

4.1.2.1.2 วงจร FSK DEMODULATION

คำนวณความถี่กลางของวงจรเฟสล็อกลูป

$Fo = \sqrt{(F1 \cdot F2)}$

คำนวณหาค่า Ro หรือ Timing Resistor โดยควรมีค่าระหว่าง 10KΩ ถึง 100 KΩ (แนะนำให้ใช้ค่า Ro = 20KΩ)

Ro = RO+(Rx /2)

คำนวณหาค่า Co

Co = 1/(R0 · f0)

คำนวณหาค่า R1

R_1 = ((R0 · f0)•2)/(f1-f2)

คำนวณหาค่า C_1 เพื่อกำหนดค่า loop damping

C_1 = $(1250 \cdot Co)/(R_1 \cdot 0.5^2)$

คำนวณหาค่า Capacitance, CF:

Rsum = (RF +R1)·RB /(R1+RF +RB)

ดังนั้น CF = 250 / (Rsum · (Baud Rate))

Baud rate 1200 bit/sec

ได้ f = 600 Hz

T = 1.67 ms

ที่ลอจิก "0" ให้เท่ากับ 2 ไซเคิลต่อ 1 บิท จะได้ T = 418 µs f = 2.4 kHz

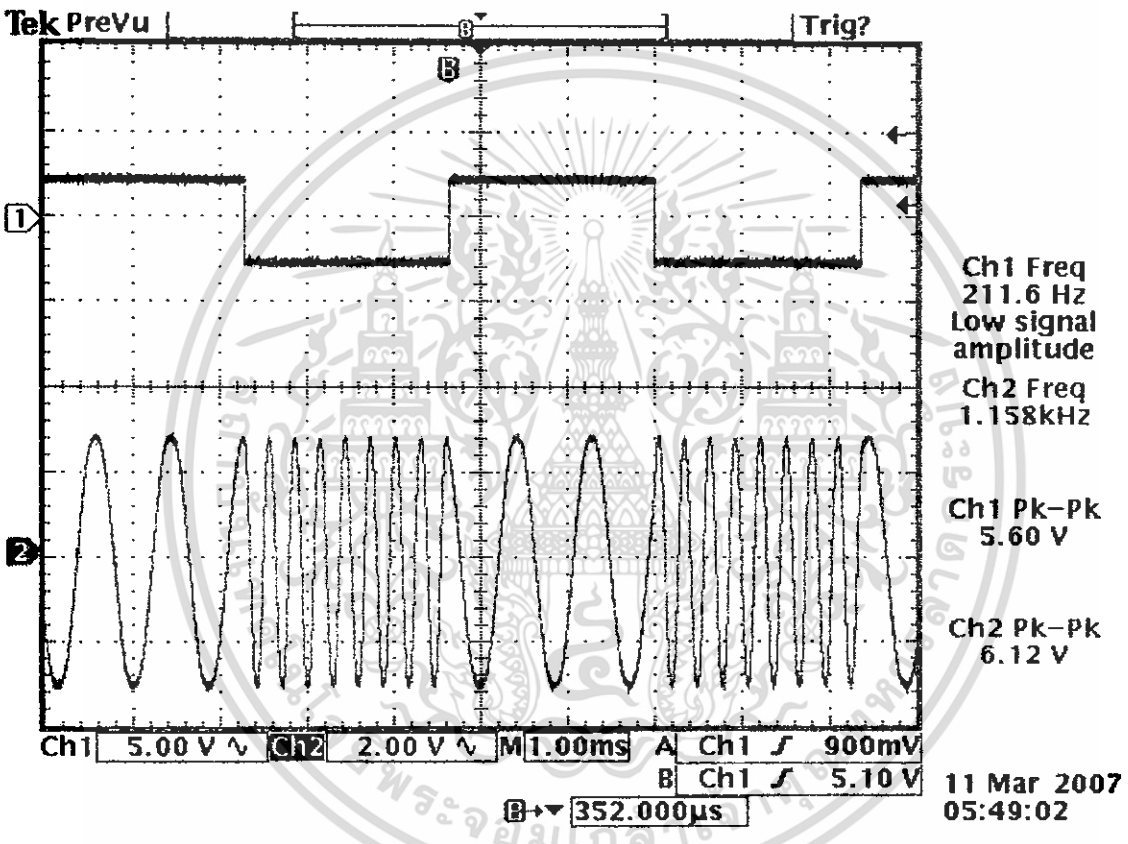
ที่ลอจิก "1" ให้เท่ากับ 1 ไซเคิลต่อ 1 บิท จะได้ T = 835 µs f = 1.2 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ $C = 0.1\ \mu F$

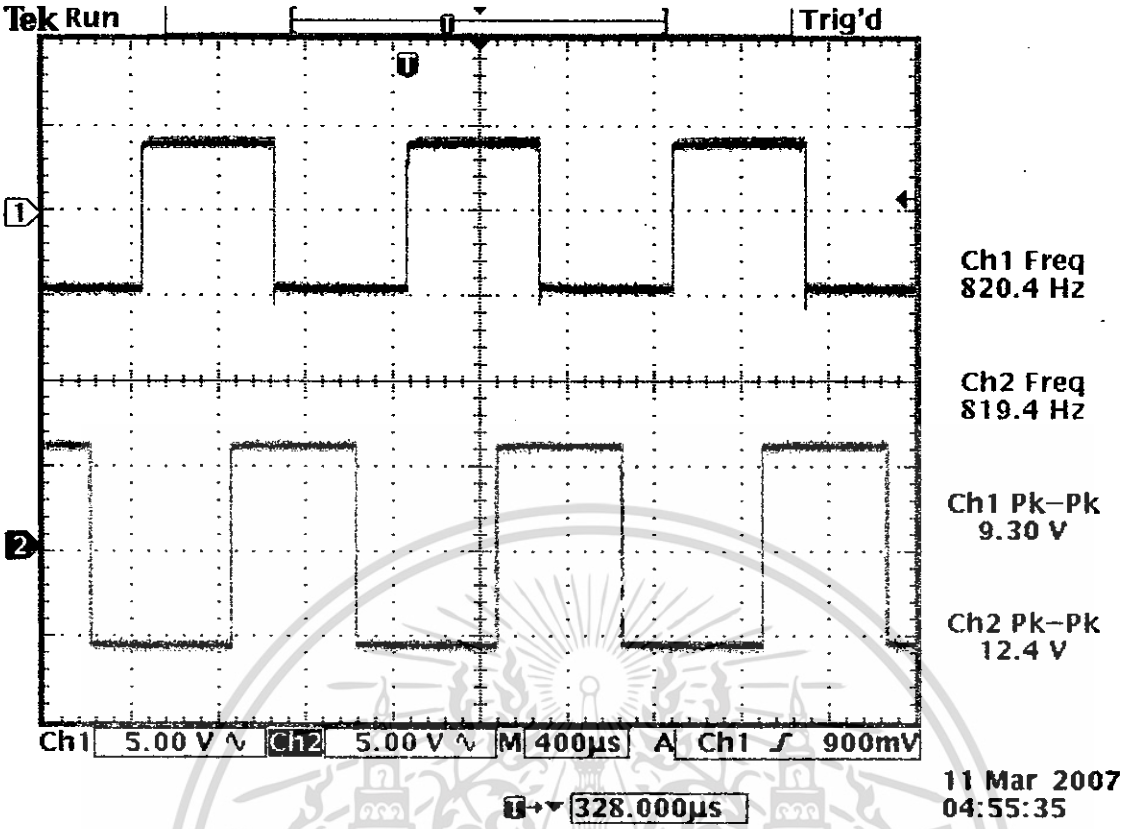
จะได้ $R_1 = 4.2\ k\Omega$

$R_2 = 8.4\ k\Omega$



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณ FSK ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Ch1 inputpulse Ch2 output demodfsk

รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณเบสแบนค์ดิจิตอล กับสัญญาณที่ถอดรหัสแล้วจากวงจรถอดรหัส FSK

4.2 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอล

4.2.1 ตัวอย่าง ซอร์ฟแวร์ที่ใช้ทดลอง

```
;-------------------------------------------------------
; Main Program.
;-------------------------------------------------------

        ORG     0000H           ; Reset Vector
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        ; Initial all port for NX-51 V.2.0
        MOV     P0,#00000000B           ; Clear Databus
        MOV     P1,#11101111B           ; Clear status all devices
        MOV     P2,#11111111B           ; Free Keypad input and onewire
        MOV     P3,#00011111B           ; Clear status LCD, R-2R, P3.2-3.4

MAIN:   MOV     TMOD,#021H              ; T1 8Bit Auto, T0 16Bit
        MOV     TH1,#0E8H               ; 1200 bps Timer 1
        MOV     TL1,#0FDH               ;

        SETB    TR1                     ; Start Timer1

        MOV     SCON,#040H              ; Mode1 RX Disable

        MOV     DPTR,#SERIAL_TEXT       ; Set Pointer Serial TX
        ACALL   TX_TEXT                 ; TX Text to Serial Port

        MOV     DPTR,#HELLO_TEXT        ; Set Pointer Serial TX
        ACALL   TX_TEXT                 ; TX Text to Serial Port
        AJMP    $

;-------------------------------------------------------------
; TX Serial Text from ROM Pointer
;-------------------------------------------------------------
TX_TEXT:    CLR     TI                  ; Clear TI
TX_LOOP:    CLR     A                   ; Clear ACC.
            MOVC    A,@A+DPTR           ; Get Data from ROM with Pointer
            INC     DPTR                ; Increase Pointer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#0FFH,TX_CHAR   ; Check 0FFH End of Text Char.
                RET                       ; End => Return
TX_CHAR:        MOV     SBUF,A            ; Send Data to SBUF
                JNB     TI,$              ; Wait until TX already (TI=1)
                CLR     TI                ; Clear TI
                ACALL   DELAY_100ms       ; Delay
                AJMP    TX_LOOP           ; Jump to TX_LOOP

;-------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time 100m
;-------------------------------------------------------------
DELAY_100ms:    MOV     R7,#100           ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:  MOV     R6,#0E6H          ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                                          ; P89C51RD2 addition
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                                          ; End
                DJNZ    R6,DELAY_100ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_100ms_1
                RET
;-------------------------------------------------------------
;Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;-------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SERIAL_TEXT:  DB      00AH,00DH
              DB      00AH,00DH
              DB      'KRISANA ANUWATE S7015863 KMITL',00AH,00DH
              DB      'for MCS-51 Microcontroller Training System',00AH,00DH
              DB      'Copyright (C) 2000 Innovative Experiment
Co.,Ltd.KMITL',00AH,00DH
              DB      00AH,00DH,0FFH

HELLO_TEXT:   DB      00DH,'Hello.. PC.',00AH,00DH,0FFH
```

4.2.2 เมื่อทำการส่งข้อมูลผ่านวงจรเข้ารหัส FSK และวงจรถอดรหัส FSK (โดยยังไม่ผ่านโทรศัพท์มือถือ) พบว่าข้อมูลที่แสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ตรงกับโปรแกรมที่เขียนไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.3 ทดลองส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านโทรศัพท์มือถือ

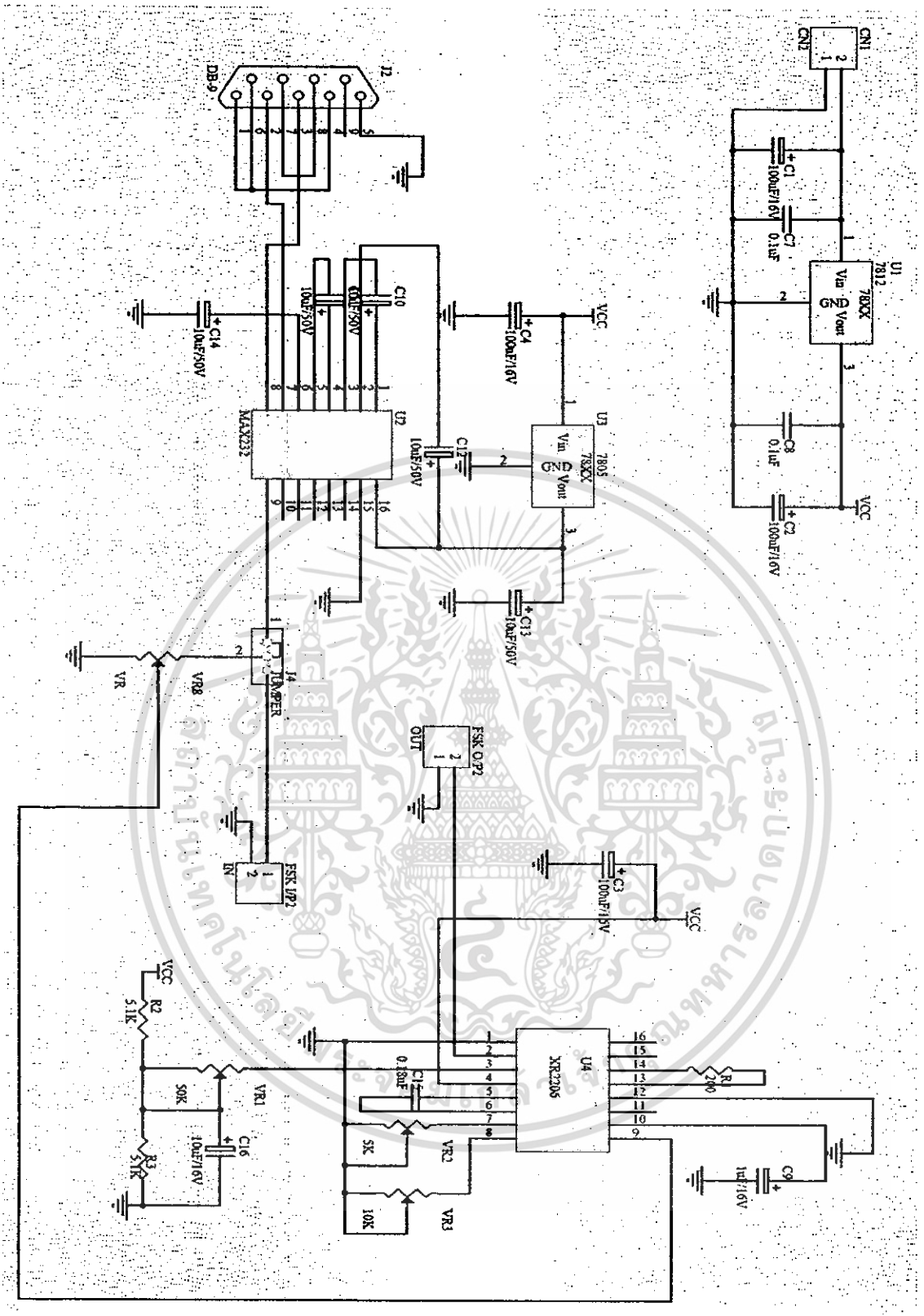
4.3.1 จากการทดลองพบว่าสามารถส่งข้อมูลได้จริงโดยมองเห็นสัญญาณที่ดีมอดได้จากหน้าจอสโคปว่าข้อมูล 1 ไบท์มีจำนวน 9 บิตถูกต้อง

4.3.2 ข้อมูลที่รับได้และแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อทำการตรวจสอบแล้วยังมีความผิดพลาสมากกว่า 80 เปอร์เซ็น

4.4 ทดลองส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง

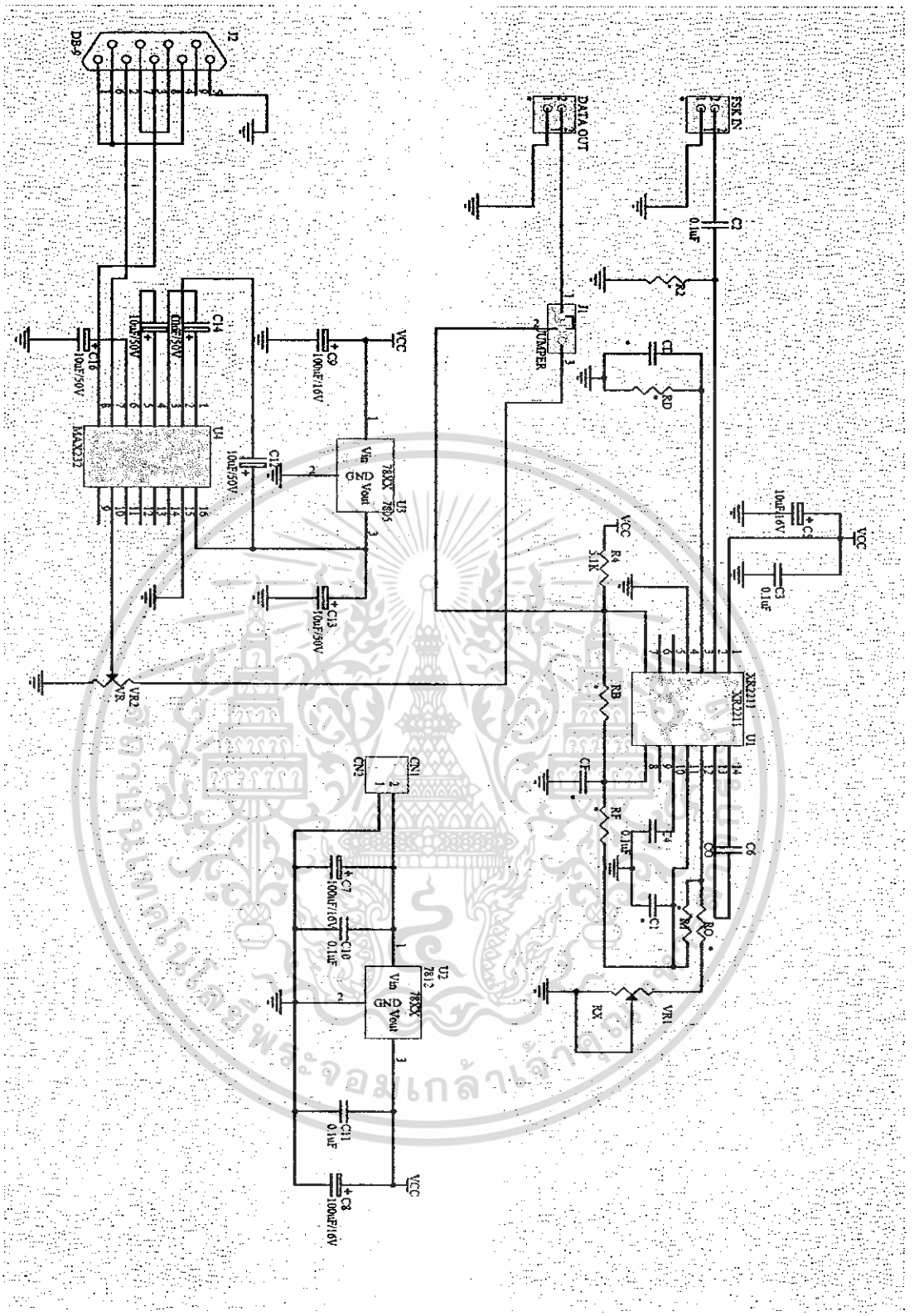
4.4.1 เมื่อทำการส่งข้อมูลผ่านวงจรเข้ารหัส FSK และวงจรถอดรหัส FSK (โดยยังไม่ผ่านโทรศัพท์มือถือ) พบว่าข้อมูลที่แสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ตรงกันทั้ง 2 เครื่อง ทั้งทางภาครับและภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



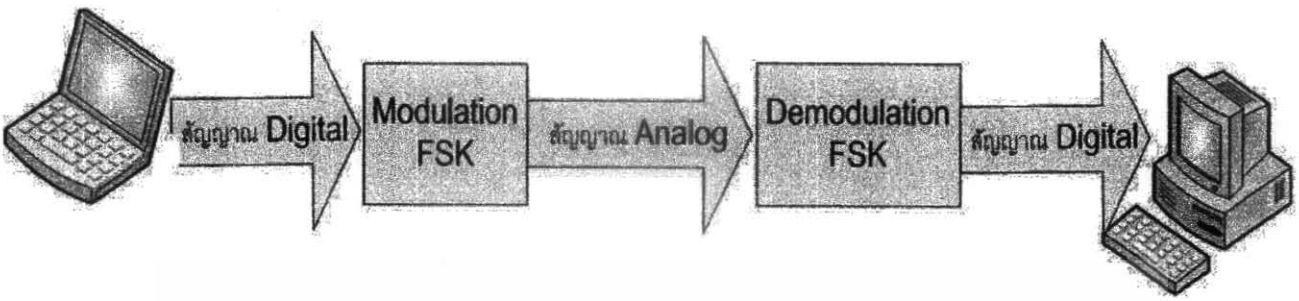
รูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงวงจรทางด้านภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงวงจรทางด้านภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



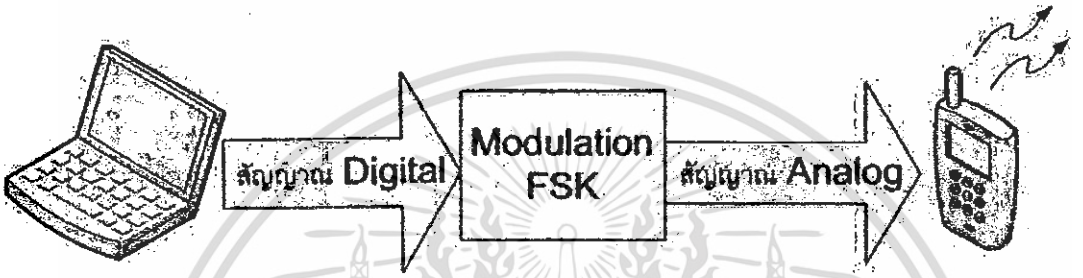
รูปที่ 4.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่ใช้ทดลองส่งโดยไม่ผ่านโทรศัพท์มือถือ

รูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นการวางชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

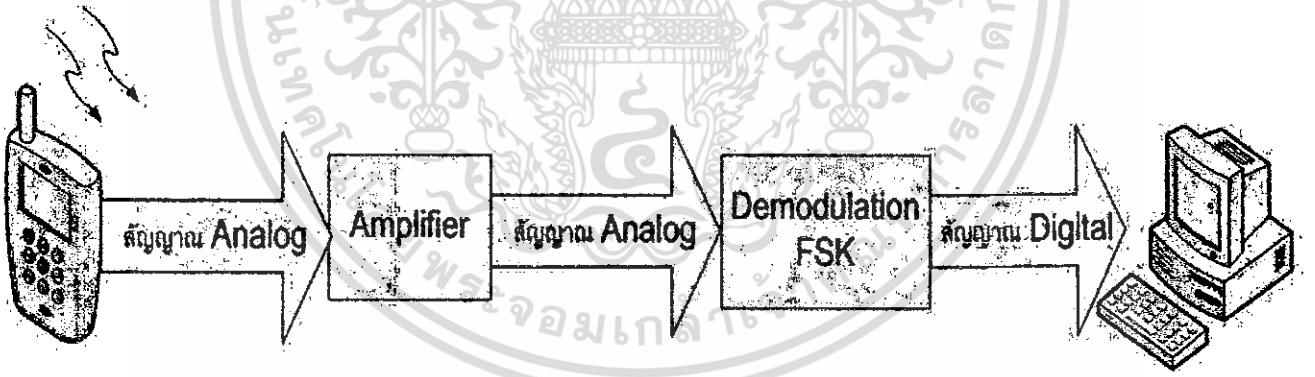
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ทดลองส่งผ่านโทรศัพท์มือถือ

4.4.2.1 จากการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษร A-Z ครั้งละ 100 ตัวพบว่า เปอร์เซ็น ความถูกต้องมากกว่าการทดลองในข้อ 4 โดยจากการตรวจสอบพบว่าตัวอักษรหรือข้อมูลไบท์ที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลน้อยครั้งจะมีความผิดพลาสน้อย เช่น ตัวอักษร A G และ Space Bar

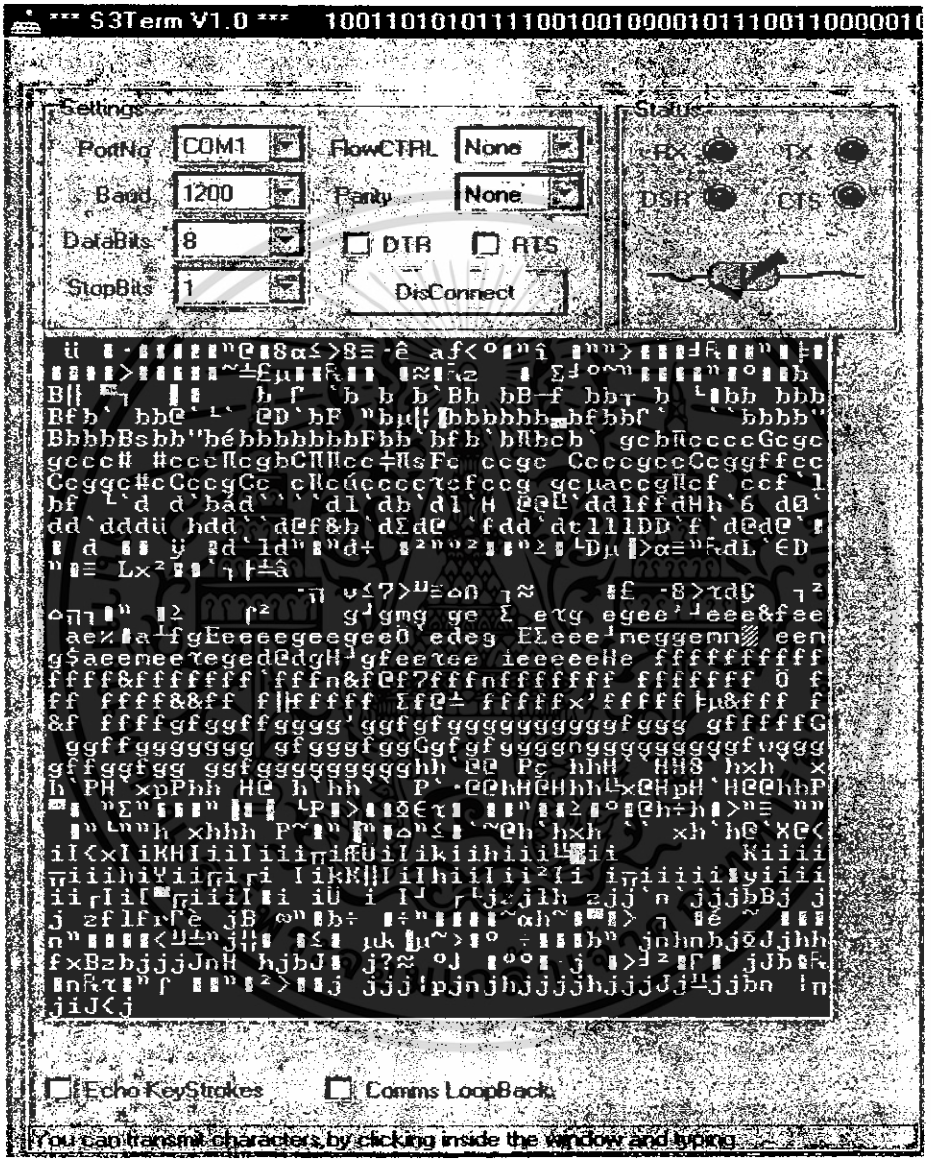


รูปที่ 4.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่ใช้ทดลองส่งโดยผ่านโทรศัพท์มือถือทางด้านภาคส่ง



รูปที่ 4.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่ใช้ทดลองส่งโดยผ่านโทรศัพท์มือถือทางด้านภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

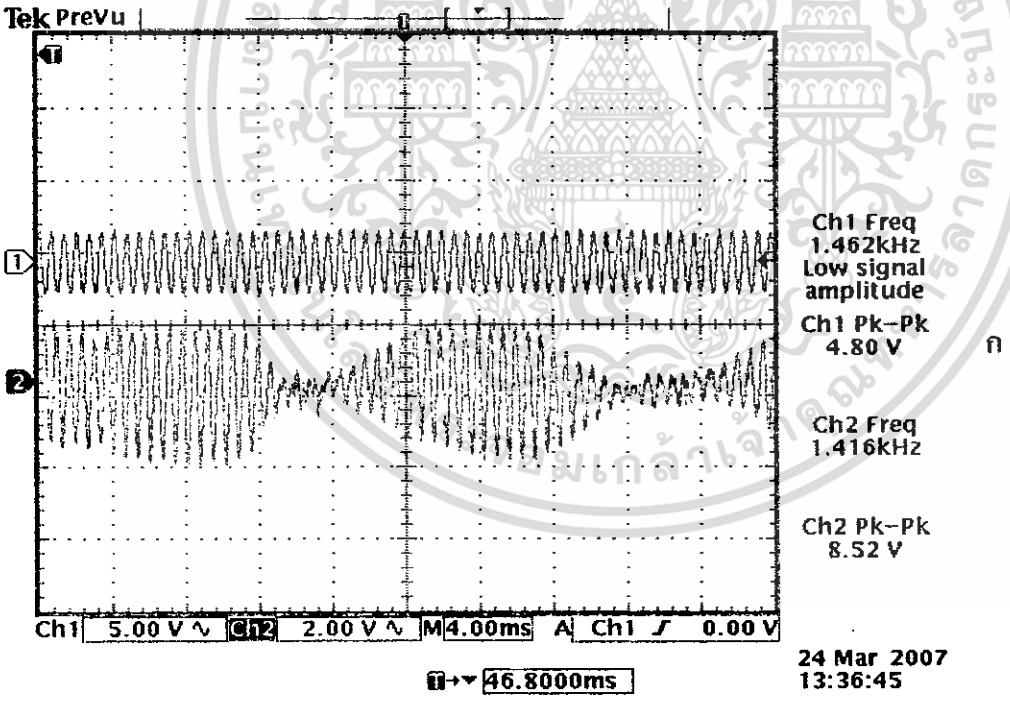


รูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นถึงผลที่ได้จากการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษร A-Z ครั้งละ 100 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

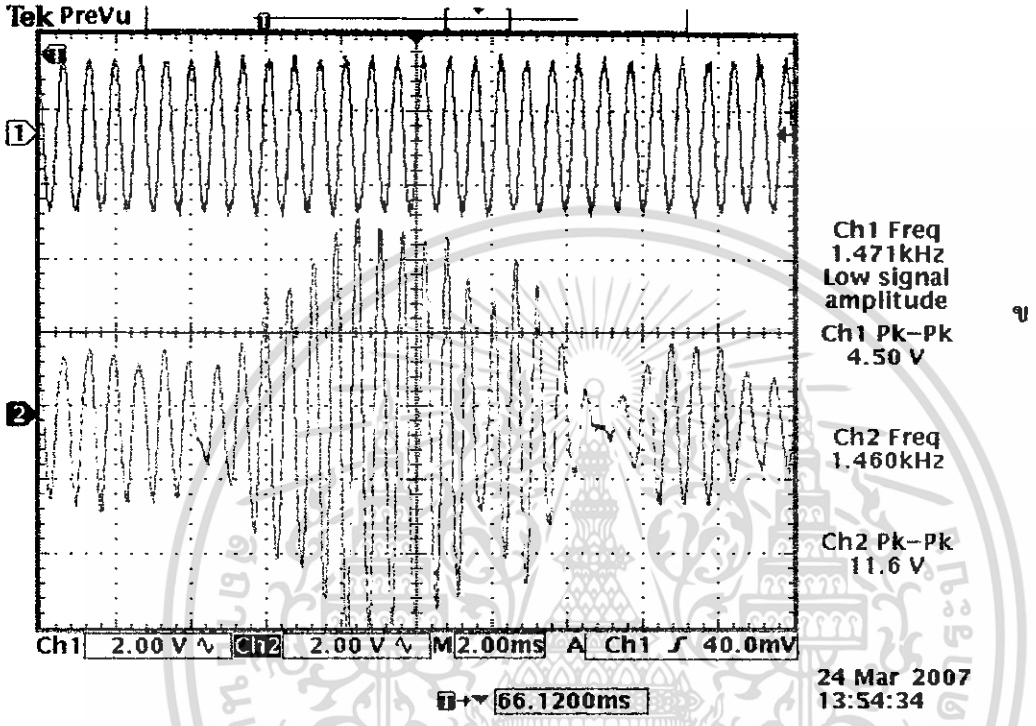
ผลที่ได้	a ถูกต้อง 36%	b ถูกต้อง 54%	c ถูกต้อง 49%	d ถูกต้อง 31%
	e ถูกต้อง 44%	f ถูกต้อง 76%	g ถูกต้อง 73%	h ถูกต้อง 25%
	i ถูกต้อง 55%	j ถูกต้อง 37%	k ถูกต้อง 44%	l ถูกต้อง 50%
	m ถูกต้อง 61%	n ถูกต้อง 62%	o ถูกต้อง 61%	p ถูกต้อง 43%
	q ถูกต้อง 43%	r ถูกต้อง 49%	s ถูกต้อง 45%	t ถูกต้อง 20%
	u ถูกต้อง 49%	v ถูกต้อง 45%	w ถูกต้อง 75%	x ถูกต้อง 30%
	y ถูกต้อง 48%	z ถูกต้อง 47%		

4.4.2.2 จากการตรวจสอบตาราง Ascii Table พบว่าข้อมูลที่ถูกส่งไปมักจะมีความผิดพลาดที่บิตสุดท้าย เช่น ตัว G มักจะเปลี่ยนเป็นตัว F (ตัว G ใน ตาราง Ascii Table มีค่าคิดเป็นเลขฐาน 10 ได้ 71 ส่วน ตัว F ใน ตาราง Ascii Table มีค่าคิดเป็นเลขฐาน 10 ได้ 70)



ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ก และ ข แสดงให้เห็นถึงสัญญาณ FSK จากทางภาคส่งกับสัญญาณที่รับได้ทางภาครับหลังจากผ่าน Instrument Amp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป ปัญหาและอุปสรรค

จากการทดลองพบว่าสามารถที่จะมอดข้อมูลดิจิตอลส่งผ่านทางช่องสัญญาณของ Small talk ได้จริงแต่จะเกิดความผิดพลาสขึ้นมากเนื่องจากสัญญาณที่จะผ่านช่องสัญญาณของ Small talk ไปได้นั้นต้องมีขนาดเล็กกว่า 100 mV pk-pk โดยได้ทำการเลือกใช้ตัวความต้านทานปรับค่าได้ในการลดขนาดของสัญญาณซึ่งพบว่าสัญญาณที่ได้หลังจากลดขนาดแล้วจะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นมาด้วยและเนื่องจากเป็นสัญญาณขนาดเล็กนี้มื่อถูกส่งไปก็จะถูกรบกวนได้ง่าย ทั้งทางช่องไมค์ และ ลำโพงช่องสัญญาณของSmall-talk มีค่าของตัวเก็บประจุและค่าของตัวเหนี่ยวนำต่ออยู่ในหลาย ๆ กระบวนการ จึงทำให้สัญญาณที่รับได้มีแอมปริจูดไม่คงที่ และ โดยเฉพาะในช่วงที่มีการส่งข้อมูลสัญญาณบ่างช่วงจะลดลงจนเกือบเป็น 0 ทำให้ค่าความถี่ที่วงจรถอดรหัส FSK ตรวจสอบได้มีค่าไม่ตรงตามจริงเป็นผลให้ข้อมูลที่ได้ไม่ถูกต้อง

หมายเหตุ โทรศัพท์ที่ใช้ในการทดลอง เป็นเครื่อง Nokia รุ่น 5210 กับ Siemens CX-65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1 บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ม "หลักการไฟฟ้าสื่อสาร" สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ 2536

2 http://www.LookupTables.com

3 http://www.WINTESLA2003.com

4 http://www.ALLDATASHEET.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

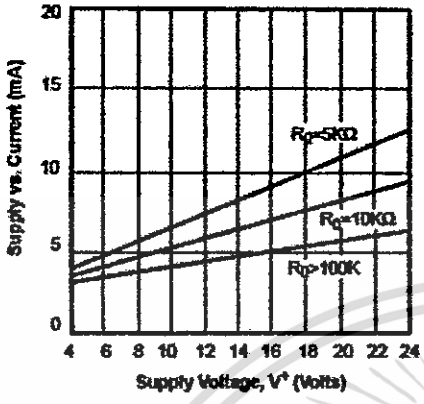


Figure 5. Typical Supply Current vs. V+ (Logic Outputs Open Circuited)

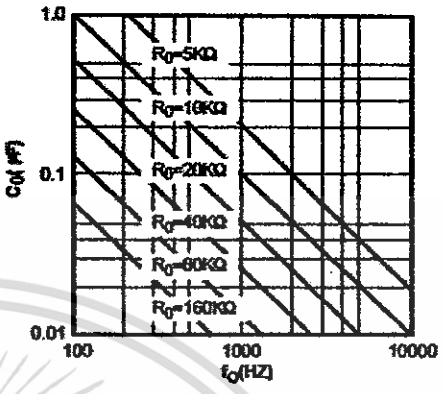


Figure 6. VCO Frequency vs. Timing Resistor

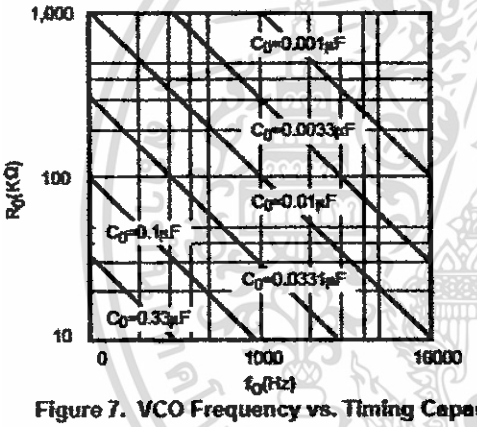


Figure 7. VCO Frequency vs. Timing Capacitor

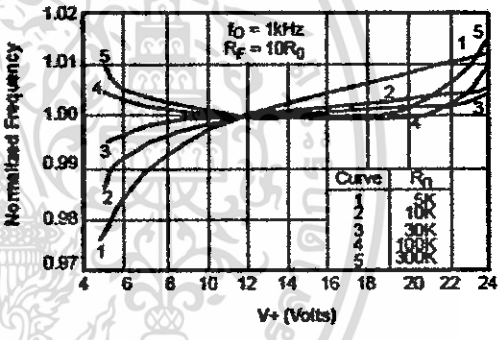


Figure 8. Typical f_O vs. Power Supply Characteristics

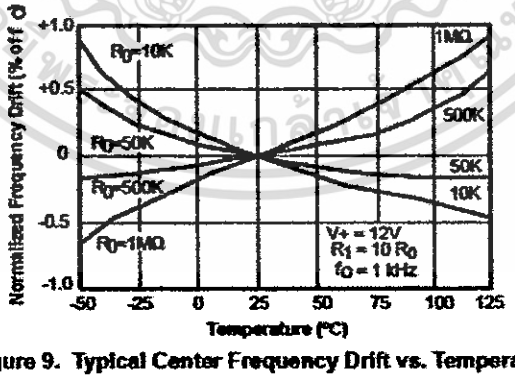


Figure 9. Typical Center Frequency Drift vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
General					
Supply Voltage	4.5		20	V	
Supply Current		4	7	mA	$R_O \geq$ 10KΩ. See *Figure 4.*
Oscillator Section					
Frequency Accuracy		±1	±3	%	Deviation from $f_O = 1/R_O C_O$
Frequency Stability					
Temperature		±20	±50	ppm/°C	See *Figure 8.*
Power Supply		0.05	0.5	%/V	V_{CC} = 12 ±1V. See *Figure 7.*
		0.2		%/V	V_{CC} = ±5V. See *Figure 7.*
Upper Frequency Limit	100	300		kHz	R_O = 8.2KΩ, C_O = 400pF
Lowest Practical Operating Frequency			0.01	Hz	R_O = 2MΩ, C_O = 50μF
Timing Resistor, R_O - See *Figure 5*					
Operating Range	5		2000	KΩ	
Recommended Range	5			KΩ	See *Figure 7* and *Figure 8.*
Loop Phase Decfector Section					
Peak Output Current	±150	±200	±300	μA	Measured at Pin 11
Output Offset Current		1		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing	±4	±5		V	Referenced to Pin 10
Quadrature Phase Detector					Measured at Pin 3
Peak Output Current	100	300		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing		11		V_{PP}	
Input Preampt Section					Measured at Pin 2
Input Impedance		20		KΩ	
Input Signal					
Voltage Required to Cause Limiting		2	10	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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Voltage Comparator Section					
Input Impedance		2		MΩ	Measured at Pins 3 and 8
Input Bias Current		100		nA	
Voltage Gain	55	70		dB	R_L = 5.1KΩ
Output Voltage Low		300	500	mV	I_C = 3mA
Output Leakage Current		0.01	10	μA	V_O = 20V
Internal Reference					
Voltage Level	4.9	5.3	5.7	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of *Figure 2* V_{CC} = 12V, T_A = 25°C, C = 0.01µF, R_1 = 100kΩ, R_2 = 10kΩ, R_3 = 25kΩ 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 = 1kΩ
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	C = 50µF, R_1 = 2MΩ
Frequency Accuracy		±1	±4		±2		% of f_o	$f_o = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		±10	±50		±20		ppm/°C	0°C ≤ T_A ≤ 70°C $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sine Wave Amplitude Stability[2]		4800			4800		ppm/°C	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	V_{LOW} = 10V, V_{HIGH} = 20V, $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	f_H @ R_1 = 1kΩ f_L @ R_1 = 2MΩ
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		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	µF	*Figure 5*
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	kΩ	
Triangle Sine Wave Output[1]								*Figure 3*
Triangle Amplitude		160			160		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-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 = 30kΩ
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See *Figure 7* and *Figure 8*

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

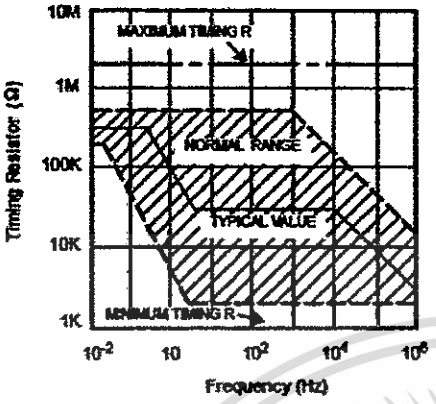


Figure 5. R versus Oscillation Frequency.

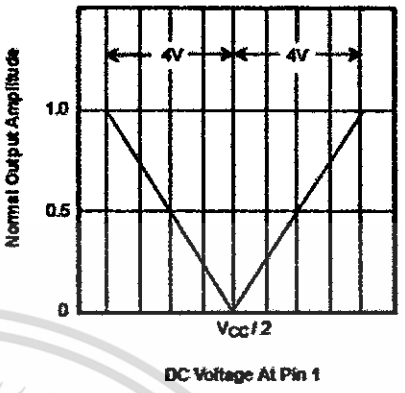


Figure 6. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1)

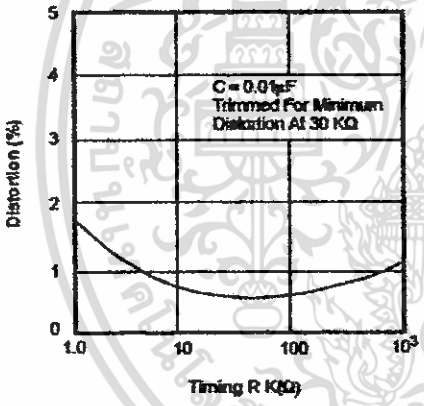


Figure 7. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

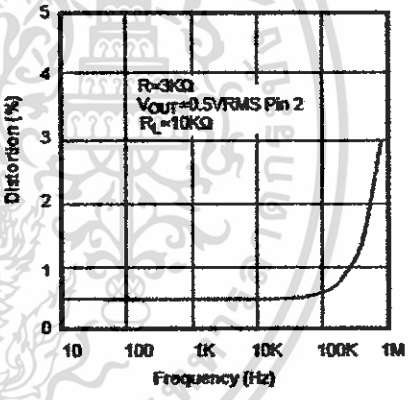


Figure 8. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

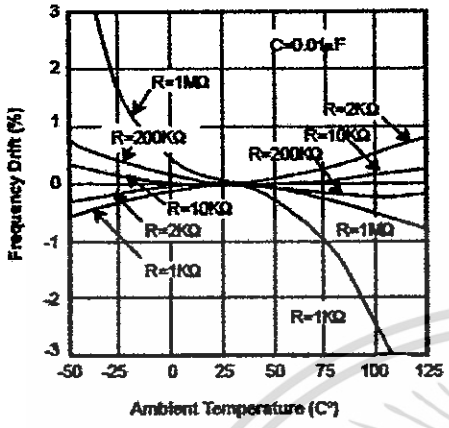


Figure 9. Frequency Drift versus Temperature.

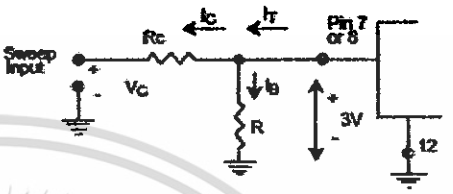


Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้