ปีการศึกษา 2536

การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ

DATA LINK BY RADIO

โดย

นาย ชาคริต สุภาพ 33100085

นาย ต่อบุญ สูงสถิตานนท์ 33100115

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

อ. นิภา ลีลารุจิ

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(รศ. ณรงค์ เหมกรณ์)

.....

(อ. นิภา ลีลารุจิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033385

การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ

DATA LINK BY RADIO

โดย นาย ชาคริต สุภาพ 33100085

นาย ต่อบุญ สูงสถิตานนท์ 33100115

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ฉรงค์ เหมกรณ์

อ. นิภา ลีลารุจิ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและทดลองสร้างส่วนเครื่องส่งวิทยุ เครื่องรับวิทยุ และส่วนเชื่อมต่อ โดย

เครื่องส่ง ใช้วงจร ไอซี MC 2833

เครื่องรับ ใช้วงจร ไอซี MC 3362

ส่วนเชื่อมต่อ ใช้วงจร ไอซี TCM 3105 ความเร็ว 1200 บอด และใช้ตามมาตรฐาน RS 232-C

ส่วนควบคุมการรับส่งข้อมูล ใช้โปรแกรม BAYCOM ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลที่ได้จากการทดลอง วงจรที่สร้างขึ้น เมื่อนำมาประกอบกัน สามารถส่งรับข้อมูลกันได้ระหว่างคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานอยู่ในระดับน่าพอใจ เชื่อถือได้และเชื่อว่าจะเป็นพื้นฐานและแนวทางให้กับผู้สนใจต่อไป

ABSTRACT

This project , we study and construct the FM 72 MHz transmitter and receiver and the interface part.

In the transmitter part, we use circuit of IC MC 2833.

In the receiver part, we use circuit of IC MC 3362.

In interface part, we use circuit of IC TCM 3105 and the baud rate is 1200 by RS 232-C standard.

In the control program, we use baycom program.

We construct all parts and link them together,the result of work is satisfied and reliable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บท หน้า

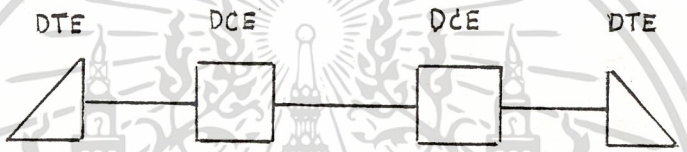
1. บทนำ..... 1
2. เครื่องส่งวิทยุ..... 4
3. เครื่องรับวิทยุ..... 19
4. ส่วนเชื่อมต่อ..... 47
5. การทดลองและผลการทดลอง..... 92
6. บทสรุปและแนวทางการพัฒนา..... 100
7. หนังสืออ้างอิง..... 101
8. กิตติกรรมประกาศ..... 102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

โดยทั่วไป การสื่อสารข้อมูล มีลักษณะและส่วนประกอบดังรูป

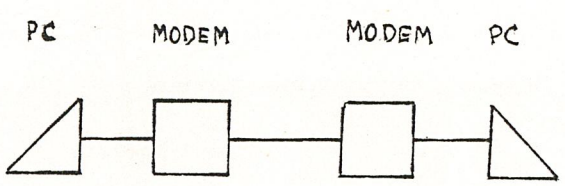


รูปที่ 1.1

โดย DTE : DATA TERMINAL EQUIPMENT เป็นอุปกรณ์ปลายทาง

DCE : DATA COMMUNICATION EQUIPMENT เป็นอุปกรณ์ตัวกลางในการสื่อสาร

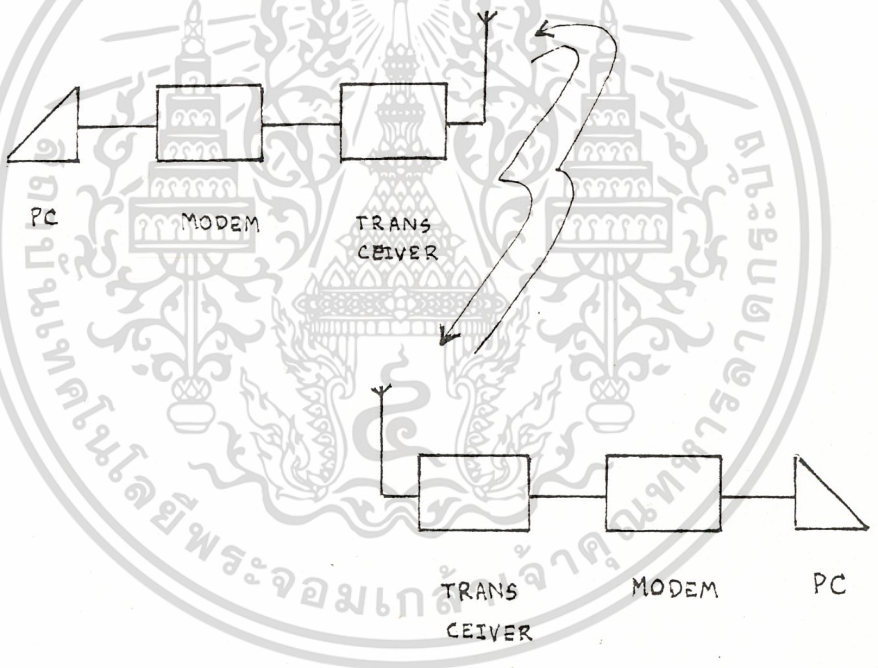
ดังนั้นการสื่อสารระหว่าง personal computer ที่ใช้ modem เป็นตัวกลาง ในการสื่อสารจะ มีลักษณะ โดยทั่วไปดังนี้



รูปที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในโครงงานนี้ จะเป็นการศึกษา รูปแบบของการสื่อสารข้อมูล ระหว่าง personal computer ที่ใช้การส่งผ่านระบบวิทยุแทนการส่งผ่านระบบสายเคเบิล ดังนั้นรูปแบบของระบบนี้ จะมีลักษณะดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3

จากรูปที่ 1.3 จะเห็นว่าอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามา คือ เครื่องรับ ส่งคลื่นวิทยุ โดยลักษณะการทำงานของส่วนต่างๆเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Personal Computer เป็นอุปกรณ์ปลายทางทำหน้าที่สร้างและเก็บข้อมูล

2. Modem เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อและปรับเปลี่ยนลักษณะของสัญญาณให้เหมาะสมกับระบบต่างๆในการสื่อสาร

3. เครื่องรับ ส่งคลื่นวิทยุ ทำหน้าที่นำสัญญาณข้อมูลมาผสมกับคลื่นพาหะแล้วส่งออกอากาศ และทำหน้าที่รับสัญญาณ ที่ถูกส่งออกอากาศ นำมาดีเทคเอาสัญญาณข้อมูลแล้วไปยัง modem ของทางด้านรับต่อไป

ข้อดีของการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ คือ สามารถติดต่อสื่อสารได้ในที่ที่ไม่มีโครงข่ายสายโทรศัพท์

ในการศึกษาโครงงานนี้ ได้แบ่งโครงงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.ระบบการรับ ส่งคลื่นวิทยุ

2.ระบบการเชื่อมต่อและการอินเทอร์เฟส

ในภาคการศึกษาที่ 1 ได้ศึกษาเกี่ยวกับส่วนที่ 1 คือ ระบบการรับ ส่งคลื่นวิทยุ โดย แยกเครื่องส่งและเครื่องรับออกจากกัน

เนื่องจากเครื่องรับ ส่งคลื่นวิทยุนี้ ใช้ติดต่อสื่อสารในระบบสื่อสารข้อมูล จึงเลือกใช้ระบบ narrow band FM และใช้ความถี่ย่าน VHF 72 MHz เพราะเป็นย่านความถี่ที่มีการรบกวนต่ำ และโดยเฉพาะ อย่างยิ่งจะเกิดการรบกวนจาก personal computer น้อย

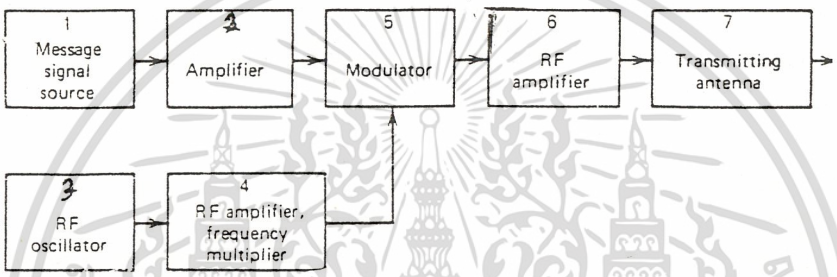
ส่วนในภาคการศึกษาที่ 2 นี้ ได้ศึกษาในส่วนการเชื่อมต่อและการอินเทอร์เฟส โดยโมเด็มที่สร้างขึ้นใช้ IC TCM 3105 โดยมีความเร็ว 1200 บอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็ม

ในวงจรเครื่องส่งวิทยุเอ็ฟเอ็มที่ใช้ในการปฏิบัติจริง มักจะมีส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมที่มีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.1

หน้าที่ของแต่ละบล็อกคือ

1. MESSAGE SIGNAL SOURCE เป็นตัวรับสัญญาณเสียงพูด (audio) หรือสัญญาณใดๆ ที่จะนำไปผสม (modulate) กับคลื่นพาหะ (carrier wave) เพื่อส่งให้กับภาคมอดดูเลเตอร์

2. AMPLIFIER เป็นภาคที่ทำการขยายสัญญาณออดิโอให้มีขนาดตามที่ต้องการเพื่อส่งไปภาคมอดดูเลเตอร์ และการปรับแต่งขนาดของสัญญาณนั้น จะทำให้ได้ค่าดัชนีมอดดูเลชัน (modulation index) ตามที่ต้องการ

3. RADIO FREQUENCY OSCILLATOR เป็นภาคที่ทำการสร้างสัญญาณคลื่นพาหะ เพื่อนำไปมอดดูเลตกับสัญญาณออดิโอ

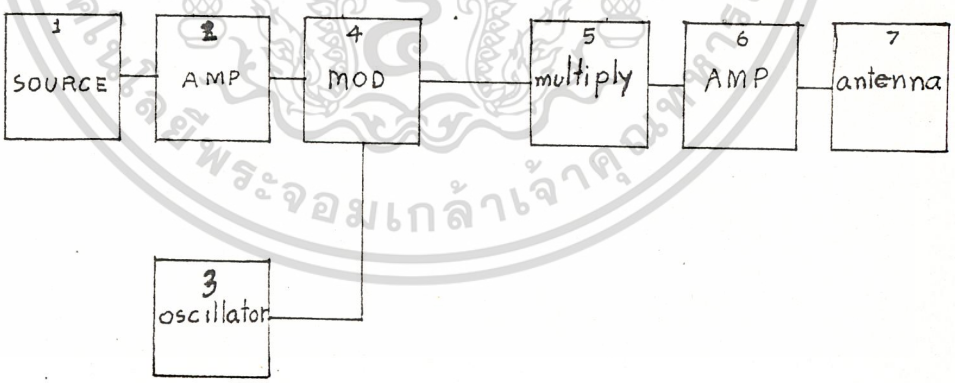
4. RADIO FREQUENCY AMPLIFIER,FREQUENCY MULTIPLIER เป็นส่วนที่ขยายขนาดของสัญญาณคลื่นพาหะ และจะมีส่วนที่ใช้คูณความถี่ของคลื่นพาหะ โดยที่นำมาจากภาค OSCILLATOR เพื่อให้มีความถี่ที่เหมาะสมในการที่จะส่งออกอากาศไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. MODULATOR เป็นส่วนที่นำเอาสัญญาณออดิโอและคลื่นพาหะมามอดดูเลตกัน

6. RADIO FREQUENCY AMPLIFIER สัญญาณที่ถูกมอดดูเลตแล้วจะถูกมอดดูเลตแล้วส่งมาที่ภาคนี้เพื่อขยายขนาดสัญญาณให้เหมาะกับการส่งออกอากาศ

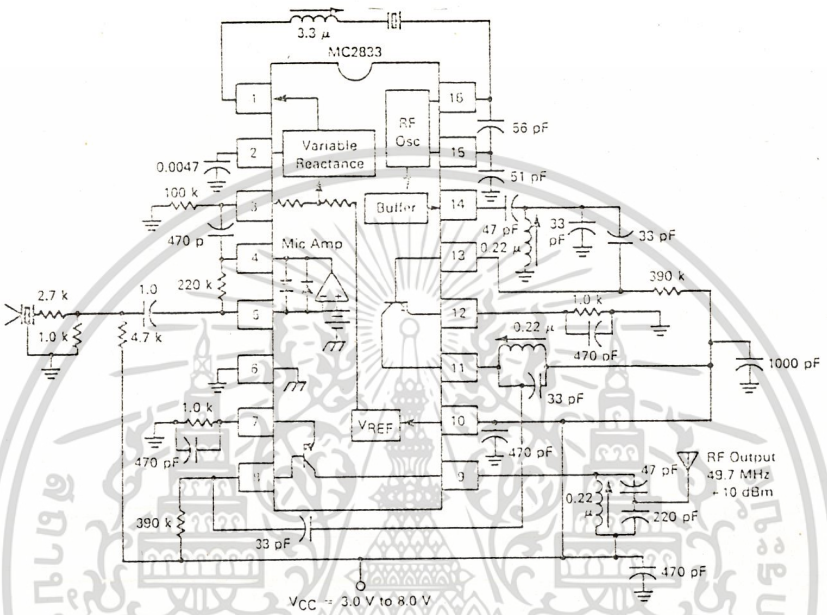
7. TRANSMITTING ANTENNA เป็นส่วนสายอากาศที่จะทำการส่งคลื่นออกไปในอากาศสำหรับ ในวงจรที่มีการปฏิบัติจริงที่ได้ศึกษามานั้น เนื่องจากเป็นวงจรที่ส่งในช่วง VHF (VERY HIGH FREQUENCY) ซึ่งเป็นย่านความถี่สูงและเนื่องจากการผสมสัญญาณในช่วงความถี่สูงจะยากกว่าในย่านความถี่ต่ำ เพราะฉะนั้นจะนำเอาสัญญาณมาผสมกัน ในย่านความถี่ต่ำก่อนแล้วจึงใช้ภาค FREQUENCY AMPLIFIERทำการคูณสัญญาณ ก่อนส่งออกไปขยายและส่งออกอากาศต่อไป ดังนั้นบล็อกไดอะแกรมของวงจรที่ใช้ในการปฏิบัติจริง จึงมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

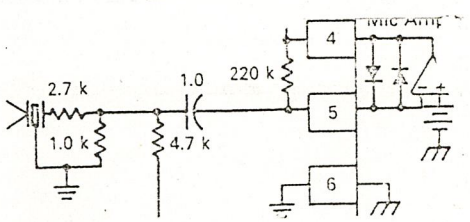
วงจรที่ใช้สร้างเครื่องส่งในการปฏิบัติจริงคือ



รูปที่ 2.3 วงจรเครื่องส่ง

ส่วนประกอบต่างๆของวงจร สามารถแยกอธิบายออกเป็นส่วน ๆ ตามบล็อกไดอะแกรม ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นดังนี้

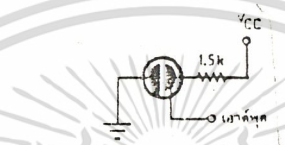
ส่วนที่1 Message Signal Source คือส่วนในวงจรดังรูป



รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโฟน จะเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณเสียง เป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งต่อไปที่ Variable Resistorผ่านไปสู่ขาที่ 5 ของ IC MC2833 ซึ่งเป็นขาอินพุทของสัญญาณออดิโอ เนื่องจากไมโครโฟนเป็นแบบCondensor Microphone ซึ่งต้องการไฟเลี้ยงที่ไมโครโฟนด้วยในลักษณะ



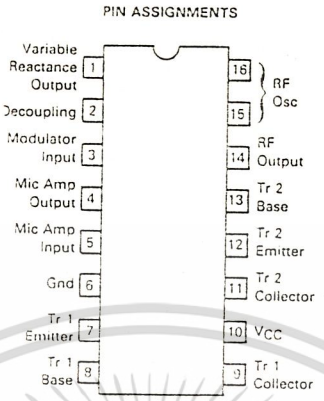
รูปที่ 2.5

ส่วนที่ 2 RF Oscillator คือส่วน X'tal ในวงจร

รูปที่ 2.6

ส่วนที่3 และส่วนที่4 Audio Frequency Amplifier และ FM Modulator สำหรับทั้งภาคนี้จะบรรจุไว้ใน IC MC2833 ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7

IC MC2833 นี้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Motorollar ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานในการส่งสัญญาณความถี่วิทยุซึ่งมีความสามารถใช้กับความถี่ได้หลายความถี่ โดยเพิ่มอุปกรณ์อีกเล็กน้อย ความสามารถพิเศษของไอซีตัวนี้อยู่ที่สามารถสร้างคลื่นส่งได้หลายความถี่ เช่นเครื่องส่งวิทยุ FM 27MHz , 49MHz หรือ แม้กระทั่ง 144 MHz ก็ทำได้ โดยดัดแปลงเพิ่มวงจรคูณความถี่เข้าไปเท่านั้น

MC 2833

คุณสมบัติทั่วไป

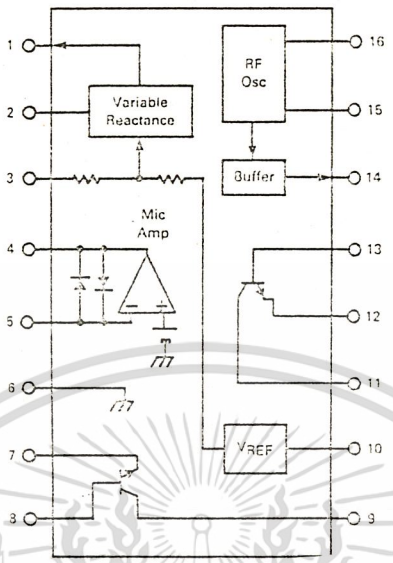
MC2833 เป็นไอซีสำเร็จรูปที่ใช้งานเครื่องส่ง FM กำลังต่ำ โดยถูกออกแบบให้ใช้กับวงจรโทรศัพท์ไร้สาย และการสื่อสารในระบบ FM ภายในตัวไอซี นอกจากจะมีภาคผลิตความถี่และภาคมอดดูเลตแบบ FM แล้ว ยังมีภาคขยายสัญญาณวงจรกำเนิดโทนเสียงเพื่อใช้ทดสอบและวงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ ในการใช้งาน ตัวไอซีสามารถใช้แรงดันในช่วงกว้างตั้งแต่ 2.8 ถึง 9 โวลต์

ลักษณะตัวถังเป็นแบบดิพ 16ขา บล็อกไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันการทำงานภายในแสดงดังรูป

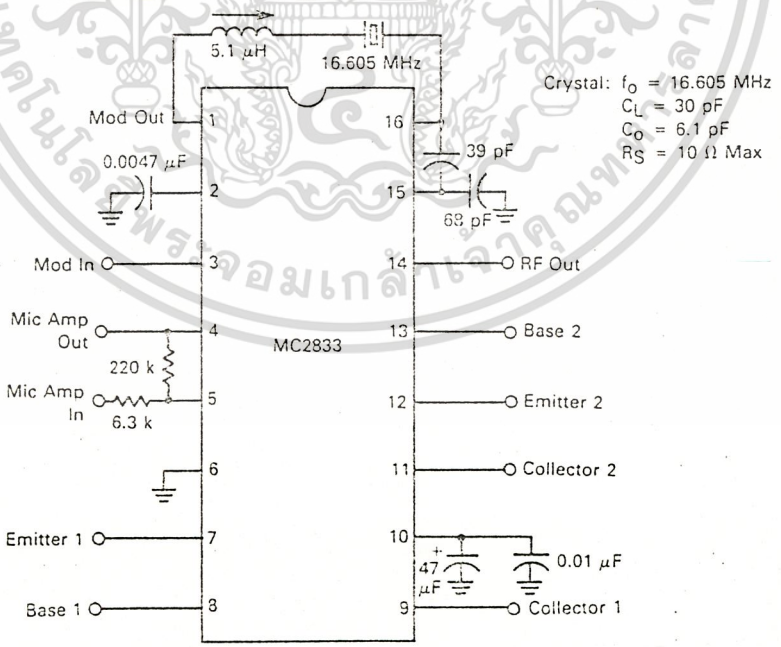
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 2.8



TEST CIRCUIT

รูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033385

MIC2833

MAXIMUM RATINGS

Ratings	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	10 (max)	V
Operating Supply Voltage Range	V_{CC}	2.8–9.0	V
Junction Temperature	T_J	+150	°C
Operating Ambient Temperature	T_A	−30 to +75	°C
Storage Temperature Range	T_{sto}	−65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 4.0 V, T_A = 25°C, unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Pin	Min	Typ	Max	Unit
Drain Current (No input signal)	I_{CC}	10	1.7	2.9	4.3	mA
FM MODULATOR						
Output RF Voltage (f_o = 16.6 MHz)	V_{out} RF	14	60	90	130	mVrms
Output DC Voltage (No input signal)	Vdc	14	2.2	2.5	2.8	V
Modulation Sensitivity (f_o = 16.6 MHz, V_{in} = 0.8 V to 1.2 V)	SEN	3.0 14	7.0 —	10 —	15 —	Hz/mVdc
Maximum Deviation (f_o = 16.6 MHz, V_{in} = 0 V to 2.0 V)	Fdev	3.0 14	3.0 —	5.0 —	10 —	kHz
MIC AMPLIFIER						
Closed Loop Voltage Gain (V_{in} = 3.0 mVrms, f_{in} = 1.0 kHz)	A_v	4.0 5.0	27 —	30 —	33 —	dB
Output DC Voltage (No input signal)	V_{out} dc	4.0	1.1	1.4	1.7	V
Output Swing Voltage (V_{in} = 30 mVrms, f_{in} = 1.0 kHz)	V_{out} p-p	4.0	0.8	1.2	1.6	Vp-p
Total Harmonic Distortion (V_{in} = 3.0 mVrms, f_{in} = 1.0 kHz)	THD	4.0	—	0.15	2.0	%

AUXILIARY TRANSISTOR STATIC CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Base Breakdown Voltage (I_C = 5.0 μA)	$V_{(BR)CBO}$	15	45	—	V
Collector Emitter Breakdown Voltage (I_C = 200 μA)	$V_{(BR)CEO}$	10	15	—	V
Collector Substrate Breakdown Voltage (I_C = 50 μA)	$V_{(BR)CSO}$	—	70	—	V
Emitter Base Breakdown Voltage (I_E = 50 μA)	$V_{(BR)EBO}$	—	6.2	—	V
Collector Base Cut Off Current (V_{CB} = 10 V, I_E = 0)	I_{CBO}	—	—	200	nA
DC Current Gain (I_C = 3.0 mA, V_{CE} = 3.0 V)	h_{FE}	40	150	—	—

AUXILIARY TRANSISTOR DYNAMIC CHARACTERISTICS

Current Gain Bandwidth Product (V_{CE} = 3.0 V, I_C = 3.0 mA)	f_T	—	500	—	MHz
Collector Base Capacitance (V_{CE} = 3.0 V, I_C = 0)	C_{CB}	—	2.0	—	pF
Collector Substrate Capacitance (V_{CS} = 3.0 V, I_C = 0)	C_{CS}	—	3.3	—	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10

ภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน เป็นส่วนขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนใน การใช้งานสามารถนำไดนามิคไมโครโฟนมาต่อเข้าโดยตรงสามารถปรับอัตราการขยายของวงจรได้โดยปรับค่าความต้านทานที่ต่อจากไมโครโฟนเข้าขา 5 และ ตัวต้านทานที่ต่อระหว่าง ขา 5 และขา 6

จากลักษณะฟังก์ชันการทำงานภายในตัวไอซี จะเห็นว่าสัญญาณที่ขา 5 จะถูกขยายนำไปให้ขา 6 และนำสัญญาณดังกล่าวไปยังขา 3 เพื่อเป็นอินพุทของภาคมอดดูเลเตอร์ต่อไป ภาคมอดดูเลเตอร์ การใช้งานจะต่อขา 16 กับ X'tal แล้วอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำต่อมายังขา 1 ไปยังส่วนเปลี่ยนค่า Reactance โดยค่า Reactance นี้จะเปลี่ยนตามแรงดัน ที่ป้อนที่ขา 3 เมื่อ Reactance เปลี่ยน ทำให้ความถี่ที่ออกมาขา 14 เปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความถี่นี้ก็คือการมอดดูเลตแบบ FM นั่นเอง และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์การมอดดูเลตโดยเปลี่ยนค่าของตัวต้านทานที่ต่อจากขา3 ลง Ground

นอกจากนั้น IC MC2833 ยังมีฟังก์ชันการทำงานอื่นๆอีกเช่น

ภาคกำเนิดโทนเสียง ใช้กำเนิดโทนเสียงที่ความถี่เดียวโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อเป็นวงจรแทงค์ไว้ภายนอก เพื่อกำหนดความถี่ ความถี่นี้คำนวนได้จาก

$$f = 1/2\sqrt{LC} \cdot \pi$$

Crystal-Controlled Oscillator

X'tal Oscillator มักจะใช้ผลิตความถี่ในช่วงที่ออกเป็นกฎหมายบังคับในช่วงความถี่แคบๆเช่นย่านวิทยุสมัครเล่นVHF หรือในช่วงที่มีปัญหาเกี่ยวกับระยะทาง

คุณสมบัติของวงจรควอทซ์คริสตอล

คริสตอลจะผลิตความถี่ได้หลายโหมด โดยโหมดที่มีความถี่เรโซเนนซ์ต่ำสุดเรียกว่า Fundamental ส่วนโหมดที่มีความถี่สูงขึ้นไปเรียกว่า OverTone ซึ่งในแต่ละเรโซแนนซ์ คริสตอลจะประพฤติตัวเหมือนวงจร Series-Tune ที่มีค่า L และ Q สูง เพื่อความยืดหยุ่นของคริสตอล เมื่อต้องการผลิตให้ได้หลายๆโหมด ก็นำวงจร Series-Tuneมาต่อขนานกันและต่อกับ Static Capacitor ของควอทซ์และแผ่นเหล็ก ซึ่งช่วยให้เกิดการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญลักษณ์และวงจรสมมูลของคริสตอลใน Single Mode โดยสมมติให้วงจรในโหมดอื่นๆไม่มีผลต่อวงจรนี้ในการพิจารณา

เนื่องจาก $f_s = 1/2\pi\sqrt{L_c C_s}$; series resonance

$f_p = f_s\sqrt{1+C_s/C_p}$; parallel resonance

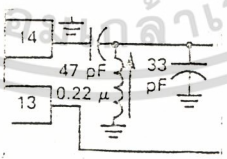
ให้ $f = f_p - f_s = f_s(1-\sqrt{1+C_s/C_p})$

และ $Q = 2\pi f_s L_s / R_s$

ปกติค่า f_p จะมากกว่า f_s อยู่ประมาณ 1% และคริสตอลจะเปลี่ยนแปลงค่า Reactance อย่างรวดเร็วในระหว่างช่วงความถี่ f_p และ f_s เมื่อคริสตอลถูกใช้ใน วงจร Oscillator อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า impedance จะเป็นตัวรักษาความถี่ในการออสซิเลตให้คงที่ เพราะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะใช้วิธีป้อนกลับเพื่อให้ความถี่คงที่

ส่วนที่ 3 Frequency Multiplier

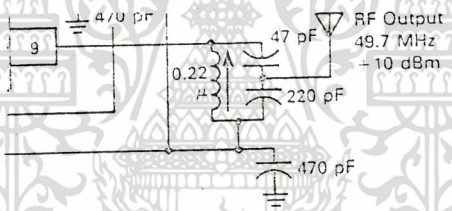
ในส่วนนี้ จะใช้ LC ต่อขนานกันในลักษณะ Tank Tuneโดยส่วนแรกเป็นวงจรคูณ 2 เป็นส่วนที่ต่อกับขา 14 ดังรูป



รูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 เป็นวงจรคูณ 3 เป็นส่วนที่ต่อก่อนส่งออกไปเป็น output ที่ antenna ดังรูป



รูปที่ 2.12

ในวงจรใช้ คริสตอล 12.00 เมกะเฮิร์ทซ์ ดังนั้นในวงจรคูณ 2 จะกำหนดให้วงจร Tank Tune resonance ที่ความถี่ 24 เมกะเฮิร์ทซ์ และในวงจรคูณ 3 ก็กำหนดให้วงจร Tank Tune resonance ที่ความถี่ 72 เมกะเฮิร์ทซ์

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบค่า resonance คือ ดิฟมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิพมิเตอร์

ดิพมีเตอร์ (dip meter) หรืออีกชื่อที่เรียกกันมาแต่เก่าก่อนว่า กริด ดิพมีเตอร์ เป็นเครื่องมืออเนกประสงค์ที่มีหลักการง่าย ๆ แต่มีประโยชน์กว้างขวางมากในงานด้านความถี่สูง เราใช้ดิพมีเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่างเช่น

- ใช้หาค่าความถี่เรโซแนนซ์ของคอยล์และคาปาซิเตอร์ที่ค่าขนานกัน ได้ทั้งนอกและในวงจร โดยที่เราไม่ต้องจ่ายไฟให้กับวงจรแต่อย่างใด
- ใช้หาค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์
- ใช้หาค่าคอยล์และค่าคาปาซิเตอร์ที่ไม่รู้ค่า
- ใช้เป็นซิกแนลเยนเนอเลเตอร์(Signal generator)ในการปรับแต่งภาครับสัญญาวิทยุ
- ใช้วัดความถี่เรโซแนนซ์ ของสายอากาศ
- ใช้เป็นฟิลด์สเทร็งธ์ มีเตอร์ (Field-Strength meter)
- สำหรับดิพมีเตอร์บางยี่ห้อใช้ตรวจสอบแร่คริสตอล หรือใช้เป็นมาร์คเกอร์เยนเนอเรเทอร์ (marker generator) ได้ด้วย

อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ของดิพมีเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะอยู่ในหลักใหญ่ ๆ 2 ประการ คือ

1.ใช้ดิพมีเตอร์เป็นตัวส่งความถี่ออกไป (injection mode)

2.ใช้ดิพมีเตอร์ดึงพลังงานจากระบบวงจรที่ต้องการตรวจวัด(absorbtion mode)

ตัวอย่างการใช้ดิพมีเตอร์หาค่าความถี่เรโซแนนซ์ของ LC ที่ต่อขนานกัน

ขั้นแรก เลือกคอยล์ตามย่านความถี่ที่ต้องการ เสียบคอยล์ลงในซ้อกเก็ทบนตัวดิพมีเตอร์ แล้วตั้งฟังก์ชั่นสวิทช์ให้อยู่ในตำแหน่ง OSC (ออสซิลเลเตอร์) จากนั้นปรับปุ่มเซนซิทิวิตี (sensitivity) จนเข็มมีเตอร์บนเครื่อง ขึ้นสูงสุด ต่อไปให้ วางตำแหน่งคอยส์ของมีเตอร์ไว้ใกล้ๆ กับ LC ที่ต้องการหาค่าความถี่เรโซแนนซ์(ระยะห่างประมาณ 1cm.) ลองหมุนปรับหน้าปัดของดิพมีเตอร์ให้ความถี่ออสซิลเลทของดิพมีเตอร์ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ LC เข็มมีเตอร์จะตกลงจากค่าเดิมจนเห็นได้ชัด จนกระทั่งถึงจุดที่เข็มมีเตอร์ตกลงต่ำสุดเราจะทราบค่าความถี่เรโซแนนซ์ของ LC ได้จากหน้าปัดของดิพมีเตอร์ ข้อควรระวังคือการวางตำแหน่งคอย์ของดิพมีเตอร์ต้องทำให้ถูกวิธีและให้ได้ระยะห่างที่เหมาะสมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของดิพมีเตอร์

ตามวงจรดิพมีเตอร์แบบง่าย ๆ จะเห็นว่าเป็น วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลปิทส์ (colpitts oscillator) ที่มีมิเตอร์วัดกระแสไบอัสที่เกทของ FET. ความถี่ของวงจรเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการหมุนปรับค่าของ C_1B ไปพร้อม ๆ กัน เพราะอยู่ในแกนหมุนชุดเดียวกัน ย่านความถี่ของวงจรออสซิลเลทขึ้นอยู่กับการเลือกค่าคอยล์ที่นำมาเสียบต่อร่วมกับวงจร ถ้าเราจ่อคอยล์ของดิพมีเตอร์เข้าไปใกล้กับ LC ที่ต้องการตรวจสอบ แล้วปรับค่าความถี่ออสซิลเลทของวงจรไปเรื่อย ๆ เมื่อใดที่ความถี่ออสซิลเลทตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของ LC จะเกิดกระแสไหลใน LC ชุดนี้เป็นการดึงพลังงานจากวงจรออสซิลเลเตอร์ไป แรงดันคร่อม L ของดิพมีเตอร์จึงลดลง ยังผลให้ภาวะป้อนกลับลดลง กระแสที่ไหลไปไบอัสที่เกทจึงลดลงด้วย เข็มมิเตอร์บนหน้าปัดจึงตกลงจากตำแหน่งเดิม แสดงให้เห็นถึงจุดดิพของมีเตอร์

ถ้าบิดสวิทช์โมดมาสที่ตำแหน่งไดโอด จะหมายถึงใช้วัดความถี่ดิพมีเตอร์จะทำงานในภาวะ absorbtion mode กล่าวคือ คลื่นวิทยุจะถูกส่งผ่านมาทางขดลวดของดิพมีเตอร์เมื่อความถี่ของคลื่นตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของ LC ในวงจรจูนของ ดิพมีเตอร์จะเกิดกระแสไหลใน LC ขั้วเกท และซอร์สของ FET จะทำหน้าที่เป็นไดโอด ดีเท็คสัญญาณให้เป็นกระแสตรงไหลผ่านมีเตอร์ ทำให้มีเตอร์ขึ้นสูงที่ความถี่นั้น ๆ

ในการหาความถี่เรโซแนนซ์ ของวงจรที่ประกอบด้วย LC นั้น บางครั้งใช้วิธีธรรมดาไม่ได้ เพราะคอยล์อาจอยู่ในที่แคบ เราจึงต้องใช้สายไฟพันระหว่างคอยล์โยงถึงกันเป็น link coil เข้าช่วย อีกวิธีคือใช้สายไฟพันเป็นวงกลมสัก 1รอบ ต่อเข้ากับขาของคอยล์ เพื่อใช้เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณให้ถึงกันได้

การใช้ดิพมีเตอร์หาค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศ

ใช้วิธีเดียวกับการหาค่าเรโซแนนซ์ของ LCเพียงแต่เราต้องหาทางฟีดความถี่ของดิพมีเตอร์เข้าไปยังสายอากาศ ดังแสดงในรูป เป็นการใช้สายไฟ พันเป็นคอยล์ต่อกับสายอากาศเพื่อส่งผ่านความถี่จากดิพมีเตอร์เข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า L และค่า C

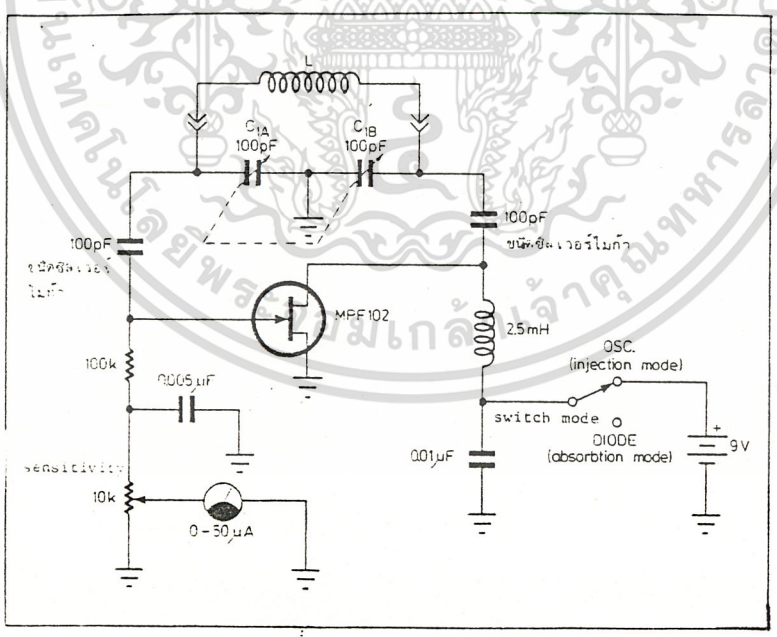
เมื่อต้องการหาค่า L ของคอยล์ที่ไม่รู้ค่า ก็ต้องเอาคาปาซิเตอร์มาต่อร่วมกับคอยล์ การหาค่า C ที่ไม่รู้ค่าก็เช่นกัน ต้องหาคอยล์ที่เรารู้ค่าแล้วมาต่อร่วมด้วย การใช้คอยล์ของดิพมีเตอร์เป็นการสะดวกที่สุด เพราะคอยล์เหล่านี้มักจะระบุค่ามาด้วยจากนั้นเราก็หาค่าความถี่เรโซแนนซ์ ของ LC นำค่าความถี่ไปคำนวณ จากสูตร

สูตรหาค่าอินดัคเตอร์

$$L\ (\mu H) = \frac{25,400}{f^2\ (MHz)C(pF)}$$

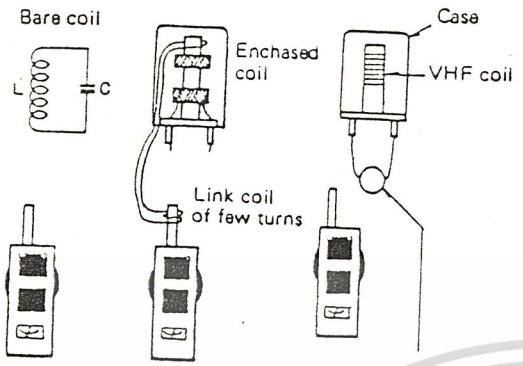
สูตรหาค่าคาปาซิแตนซ์

$$C\ (pF) = \frac{25,400}{f^2\ (MHz)L\ (\mu H)}$$

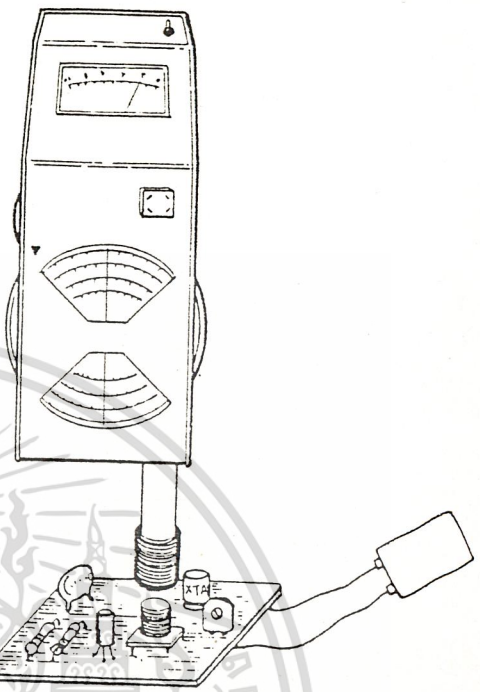


รูปวงจรดิพมิเตอร์แบบง่ายๆ

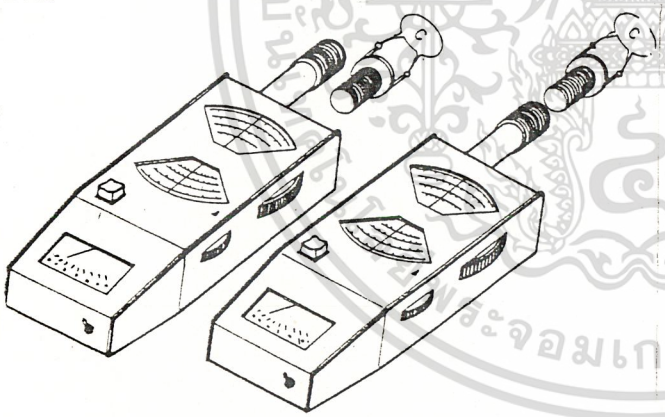
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A วิธีทั่วไป B ใช้ลิงค์คอยล์ C ใช้สายไฟพันเป็นคอยล์ 1 รอบ

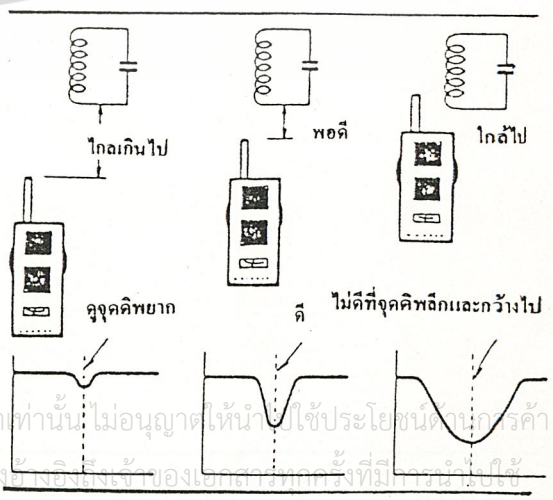


รูปแสดงการใช้ดิพมิเตอร์กับคอยล์ที่อยู่ในวงจร



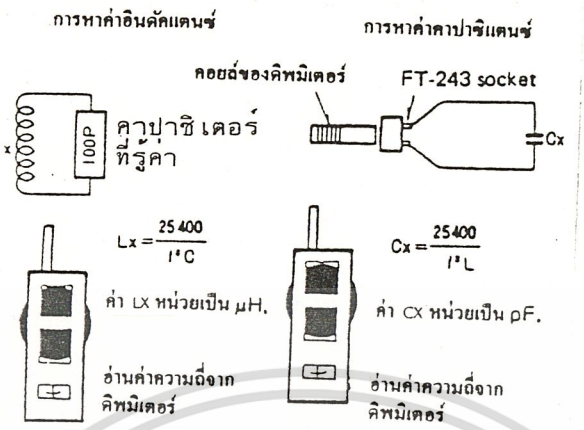
(ก) การวางขดลวดของดิพมิเตอร์ถูกวิธีจะทำให้สามารถเชื่อมโยงสนามแม่เหล็กซึ่งกันและกันได้ดี

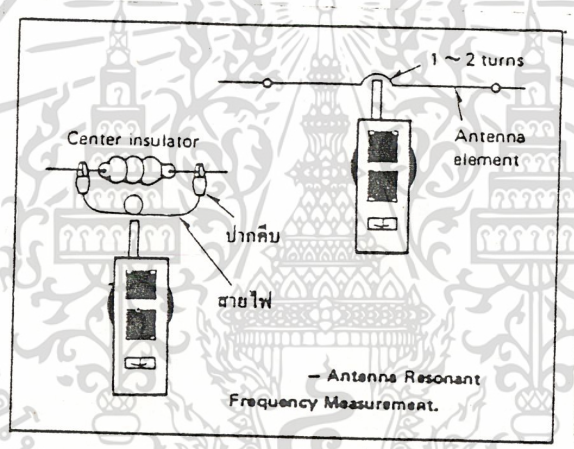
(ข) การวางขดลวดของดิพมิเตอร์ผิดวิธี ทำให้การเชื่อมโยงทางสนามแม่เหล็กเป็นไปได้ไม่ดี



แสดงการจัดระยะคอยล์ในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพแสดงการหาค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศ

ค่าขดลวด	ช่วงความถี่
L_1 = 171μH	1.6–3.4MHz
L_2 = 41.1μH	3.2–6.6MHz
L_3 = 10.2μH	6.3–13MHz
L_4 = 2.62μH	12.5–26MHz
L_5 = 0.72μH	25–51MHz
L_6 = 0.196μH	100–250MHz

แบนด์	ความถี่ใช้งาน
A	0.7-1.6 MHz
B	1.5-3.6 MHz
C	3.0-7.4 MHz
D	6.9-17.5 MHz
E	17-42 MHz
F	41-110 MHz
G	83-250 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ

3.1 วงจรจูนความถี่

ในยุคแรก การรับคลื่นวิทยุสามารถจะต่อวงจรได้ตามรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นวงจร LC ธรรมดา คุณภาพในการเลือกรับคลื่นวิทยุขึ้นอยู่กับค่า Q ของวงจร หรือ ก็คือ ค่าพลังงานที่สะสมอยู่ในวงจรจูนนั่นเอง คำนวณจากค่ารีแอกแตนซ์ หรือความต้านทานกระแสสลับหารด้วยค่ารีซิสแตนซ์ หรือความต้านทานกระแสตรงเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

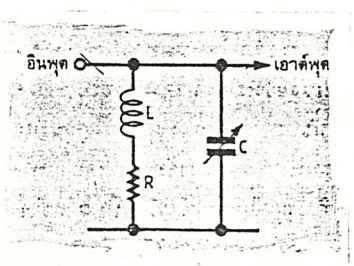
$$Q = \frac{1}{R}\frac{L}{C} = \frac{L}{RC} \qquad \text{.....สมการที่ 1}$$

เมื่อ Q คือ ค่าพลังงานที่สะสมอยู่ในวงจร

R คือ ค่าความต้านทานกระแสตรง หรือรีซิสแตนซ์ (โอห์ม)

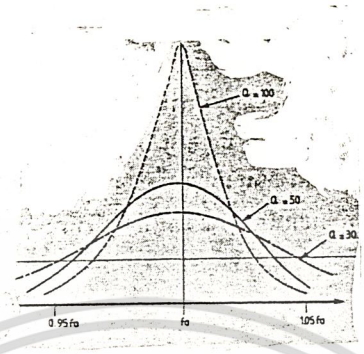
L คือ ค่าความต้านทานกระแสสลับ หรือรีแอกแตนซ์ (โอห์ม)

ตามที่กล่าวไปแล้วว่า คุณภาพในการรับคลื่นขึ้นอยู่กับค่า Q วงจรจูนที่มีค่า Q สูงจะมีคุณภาพในการรับคลื่นดีกว่าวงจรที่มีค่า Q ต่ำ Q ดังแสดงเปรียบเทียบในรูปที่ 3.2 ซึ่งมีเส้นโค้งแสดงค่า Q อยู่ในเส้นที่ 3 แสดงค่า เท่ากับ 100, 50และ 30 วงจรจูนที่มีคค่า Q สูงจะมีเส้นโค้งที่ลาดชันและมีแบนด์วิดธ์แคบ ซึ่งจะมีผลให้วงจรจูนมีประสิทธิภาพในการรับคลื่นวิทยุได้ดี



รูปที่ 3.1 วงจรในระยะแรก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เส้นโค้งแสดงค่า Q ที่ค่าต่าง ๆ กัน

ตามรูปที่ 3.3 ถ้าวงจรจูนมีค่า Q น้อย ความลาดชันของเส้นโค้งจะแสดงค่า Q จะต่ำลง และมีแบนด์วิดธ์ที่กว้าง เป็นผลให้วงจรจูนรับคลื่นวิทยุได้ไม่ดีเท่าที่ควร มีคลื่นวิทยุความถี่อื่น ๆ เข้ามารบกวนได้ง่าย ซึ่งจะเห็นว่านอกจากค่า Q ของวงจรจูนแล้ว ยังมีอีกสิ่งหนึ่งซึ่งต้องคำนึงถึงนั่นคือ แบนด์วิดธ์หรือแถบกว้างความถี่ของวงจร ซึ่งมีวิธีคำนวณได้จากสมการ

$$BW = \frac{f}{Q} \qquad \text{.....สมการที่ 2}$$

เมื่อ Bw คือ แบนด์วิดธ์ของวงจรจูน

f คือ ความถี่กึ่งกลางของคลื่นวิทยุที่รับเข้ามา

Q คือ ค่าพลังงานสะสมในวงจรจูน

3.2 ระบบซูเปอร์เฮ็ตเทอโรไดน์

จากหลักการเบื้องต้นของระบบซูเปอร์เฮ็ตเทอโรไดน์ ในรูปที่ 3.3 เมื่อคลื่นวิทยุผ่านสายอากาศเข้ามา จะถูกเลือกคลื่นวิทยุสถานีที่ต้องการโดยวงจรจูนอันประกอบด้วย ขดลวดและตัวเก็บประจุปรับค่าได้ คลื่นวิทยุที่ต้องการจะถูกนำไปขยายให้แรงขึ้น โดยภาคขยายคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

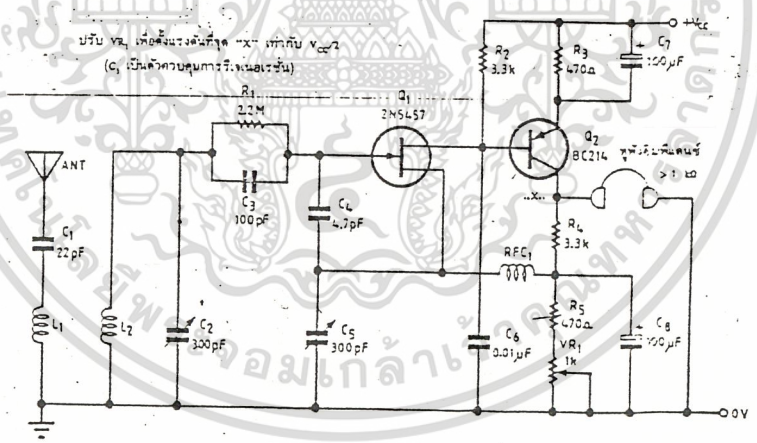
จะเป็นการเปลี่ยนค่าความถี่ของภาคกำเนิดความถี่ (ganged) ที่ต้องหมุนไปพร้อมกัน ถ้าคลื่นวิทยุที่เลือกรับเข้ามามีความถี่ 2445 kHz จะทำให้ภาคกำเนิดความถี่สร้างความถี่ขึ้นมาเท่ากับ 2900 kHz ความถี่ทั้งสองจะไปผสมกันที่ภาคมิกเซอร์ (mixer) ได้เป็นความถี่ใหม่ ที่ประกอบด้วยความถี่ 4 ความถี่ ดังที่กล่าวไปแล้ว คือ

1. ความถี่เดิมความถี่แรกเท่ากับ 2445 kHz

2. ความถี่ที่มาผสมมีค่าเท่ากับ 2900 kHz

3. ความถี่ที่เป็นผลรวมของความถี่ทั้งสอง เรียกว่า อัพ-คอนเวอร์ต (up-converted) มีค่าเท่ากับ 2445 + 2990 = 5435

4. ความถี่ผลต่างของความถี่ทั้งสอง เรียกว่าความถี่ปานกลาง(intermediate frequancy) ที่เรียกกันว่าสัญญาณ IF นั่นเอง มีค่าเท่ากับ2900 - 2445 = 455 kHz



รูปที่ 3.3 หลักการเบื้องต้นของระบบซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์

ความถี่ที่ออกจากภาคมิกเซอร์จะถูส่งต่อไปยังภาคขยายที่ถูกจูนไว้ ให้ขยายเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

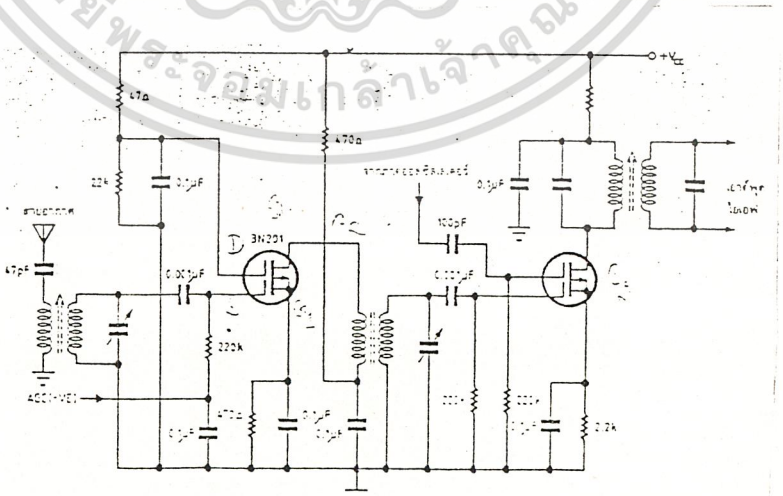
ความถี่ปานกลางอย่างเดียว ดังนั้น ความถี่อื่น ๆ คือ ความถี่ที่ภาคกำเนิดความถี่สร้างขึ้นและความถี่ที่เป็นผลรวมก็จะถูกกำจัดออกไปเหลือไว้แต่ความถี่ปานกลางที่ถูกขยายให้แรงขึ้น จึงให้ชื่อภาคขยายนี้ว่า ภาคขยายไอเอฟ (IF amplifer) ยิ่งเพิ่มจำนวนภาคขายไอเอฟหลายๆ ภาคจะยิ่งทำให้การเลือกรับและขยายสัญญาณดีมากยิ่งขึ้น

ความถี่ปานกลางที่ได้จากภาคขยายไอเอฟจะถูกแปลงเป็นสัญญาณเสียงโดยภาคดีมอดูเลเตอร์ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ภาคดีเท็กเตอร์ ในภาคดีมอดูเลเตอร์ อาจจะประกอบได้ด้วยไดโอดแบบเจอร์เมเนียม และตัวเก็บประจุทำงานร่วมกัน โดยสัญญาณเสียงที่ได้ส่งต่อไปขยายให้แรงขึ้นด้วยภาคขยายเสียง หรือสามารถที่จะต่อเข้าหูฟังเพื่อฟังเสียงที่ออกมาโดยตรงก็ได้

3.3 ภาคขยายความถี่วิทยุ และภาคมิกเซอร์

ภาคขยายความถี่วิทยุเป็นส่วนแรกที่คลื่นวิทยุเข้ามาให้แรงขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ขยายในภาคนี้เป็นพวกอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น JFET, MOSFET หรือแม้แต่หลอดสูญกาศก็สามารถนำมาใช้งานได้ดีเช่นกัน

สำหรับ MOSFET แบบเกตคู่ (dual-gate MOSFET) เป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่นิยมใช้งานในวงจรขยายความถี่วิทยุ โดยออกแบบมาเป็นพิเศษให้มีเกต 2 (G_2) วางอยู่ระหว่างเกต 1 (G) และ เดรน (D) ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นวงจรมิกเซอร์ที่ใช้ MOSFET แบบเกตคู่



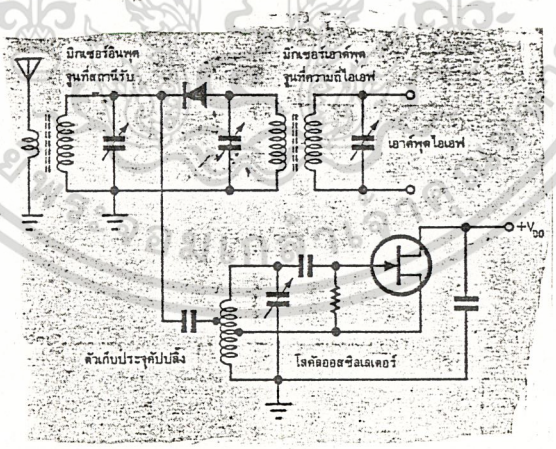
รูปที่ 3.4 วงจรขยายความถี่วิทยุแบบเกตคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.4 เฟต Q เป็นภาคขยายความถี่วิทยุ โดยในวงจรได้ต่อ G ดีดัปปลิ้งลงกราวน์ และให้ G เป็นอินพุตเกต ระหว่างขาของMOSFET จะมีค่าความจุป้อนกลับ (feed back capacitance)ประมาณ 0.2 -0.5 pFซึ่งน้อยมากจนไม่มีผลต่อการขยายสัญญาณ

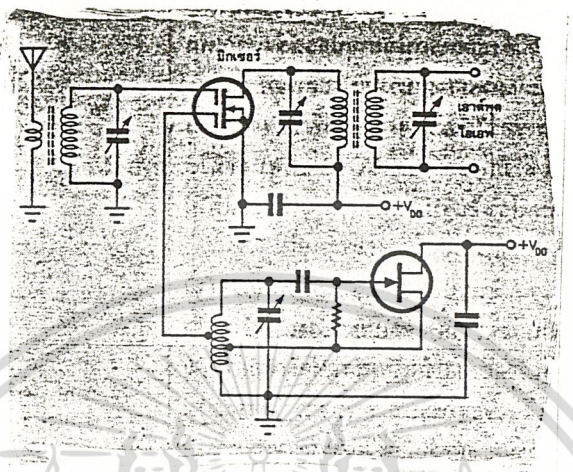
เฟต Q จะถูกควบคุมการทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าตรงจากวงจร AGC(Automatic Gain Control) ให้มีอัตราขยายที่เหมาะสม โดยถ้าคลื่นวิทยุที่รับเข้ามามีความแรงมาก วงจร AGC จะทำให้ Q ลดอัตราขยายลง และถ้าคลื่นวิทยุที่รับมีความแรงมาก วงจร AGC ก็สั่งให้ Q เพิ่มอัตราขยายขึ้นไป จึงทำให้ไม่ว่าคลื่นที่รับเข้ามาจะแรงมากแรงน้อย ก็ยังมีความดังเท่ากันตลอด

สำหรับภาคมิกเซอร์ จะใช้เฟต Q ในการผสมคลื่นวิทยุกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ได้ค่าความถี่ใหม่ ภาคมิกเซอร์สามารถเรียกเป็นชื่ออื่น ๆ ได้อีก เช่น คอนเวอร์เตอร์ (converter) หรือภาคดีเท็กเตอร์ที่ 1 (first-detector) ความถี่ใหม่ที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าคลื่นวิทยุที่รับเข้ามา แต่ก็ยังสูงกว่าความถี่เสียงที่จะสามารถรับฟัง



รูปที่ 3.5 วงจรมิกเซอร์แบบใช้ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรมิกเซอร์ที่ใช้ MOSFET แบบเกตคู่

วงจรมิกเซอร์อย่างง่าย ๆ จะอยู่ในรูปที่ 3.5 โดยใช้ไดโอดต่อในลักษณะของวงจรเรกติไฟเออร์ เมื่อคลื่นวิทยุและความถี่ออสซิลเลเตอร์ผ่านเข้ามาก็จะทำการผสมกันได้เป็นความถี่ไอเอฟ วงจรที่ใช้ไดโอดจะมีข้อเสีย คือ วงจรจะไม่สามารถขยายความถี่ไอเอฟที่ผสมออกมาได้ แต่ถ้าเปลี่ยนไดโอดเป็นอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น หลอดสูญญากาศ, ทรานซิสเตอร์หรือเฟตก็จะสามารถขยายความถี่ไอเอฟที่ผสมให้แรงขึ้นก่อนที่จะส่งไปยังภาคอื่น ๆ ต่อไป ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นวงจรมิกเซอร์ที่ใช้ MOSFET แบบเกตคู่

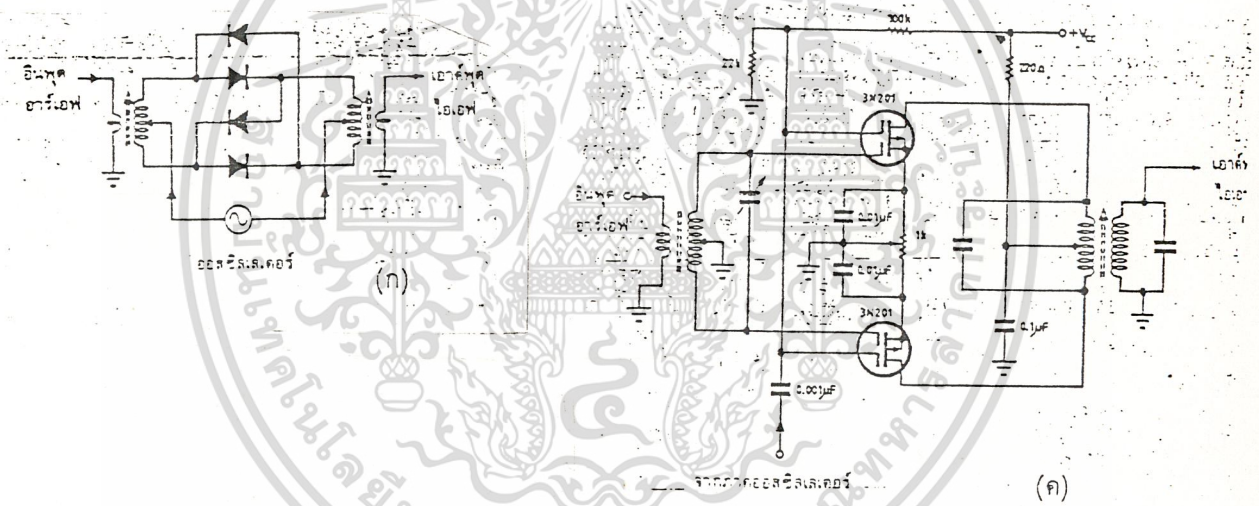
วงจรมิกเซอร์มีอยู่มากมายหลายแบบ ดังเช่นในรูปที่ 3.7 (ก) เป็นวงจรมิกเซอร์แบบดับเบิลบาลานซ์ริงมอดูเลเตอร์ (double-balanced ring modulator) สาเหตุที่เรียกว่า ดับเบิล-บาลานซ์ เพราะว่า การผสมความถี่ที่จะเกิดขึ้นภายในส่วนของวงจรที่จะวงจรอย่างสมดุลกัน อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย บาลานซ์-ทรานสฟอร์เมอร์ และไดโอดที่ต่อกันแบบบริดจ์

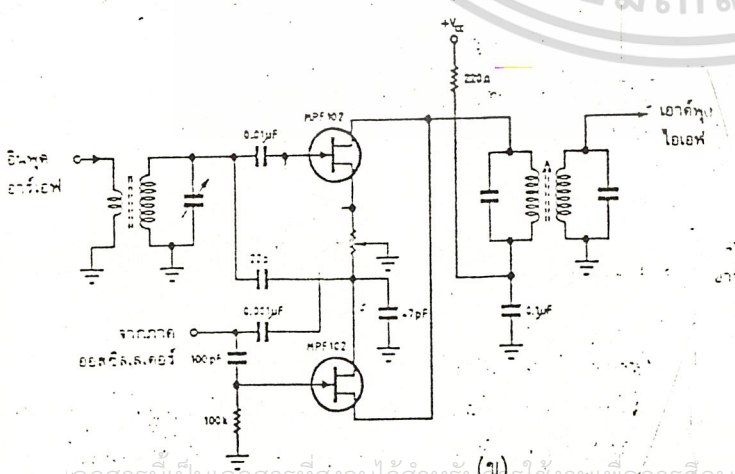
นอกจากใช้อุปกรณ์พวกไดโอดแล้ว ยังสามารถนำเอาอุปกรณ์จำพวกเฟต และ MOSFET มาต่อประกอบเป็นวงจรมิกเซอร์ได้เช่นกัน ในรูปที่ 3.7 (ข) เป็นวงจรมิกเซอร์แบบ

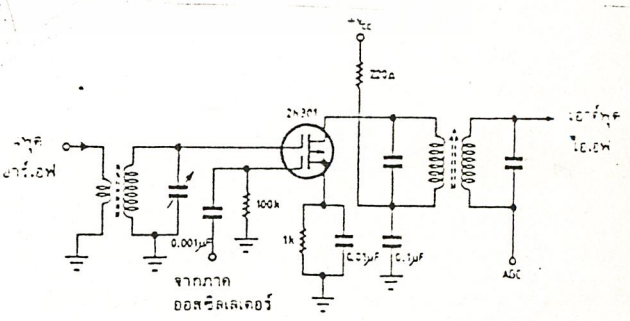
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิงเกิล-บาลานซ์ที่ใช้เฟต ส่วนในรูปที่ 3.7 (ค) เป็นแบบที่ใช้ MOSFET

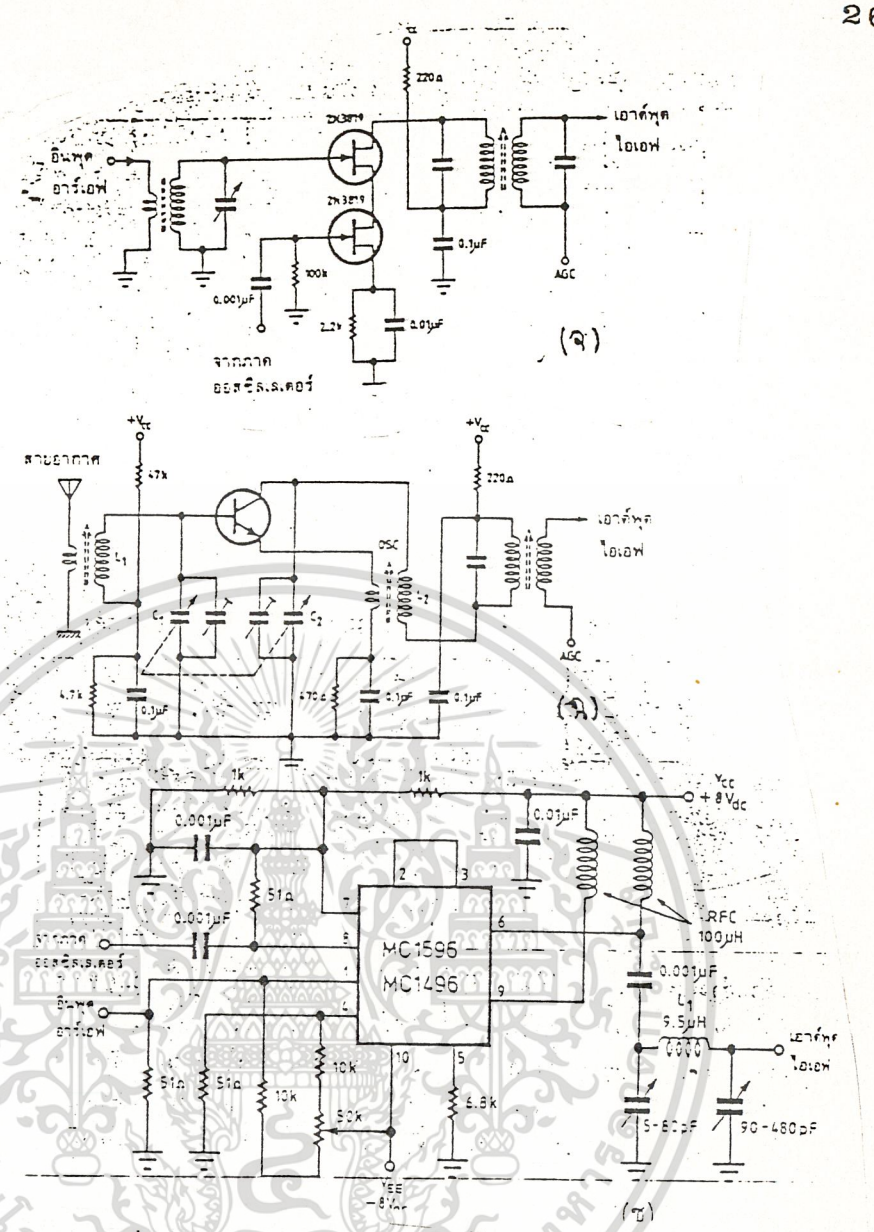
ในรูปที่ 3.7 (ง) และรูปที่ 3.7 (จ) เป็นวงจรมิกเซอร์แบบอันบาลานซ์ มีเฟต และ MOSFET เป็นส่วนประกอบสำคัญของวงจร ในรูปที่ 3.7 (ฉ) เป็นวงจรมิกเซอร์แบบเซลฟ์ออสซิลเลชั่นโดยใช้ทรานซิสเตอร์ วงจรประเภทนี้เป็นที่นิยมกันมาก เพราะง่ายและอุปกรณ์ก็ไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้ยังมีไอซีสำเร็จรูปที่ใช้สำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการมิกเซอร์โดยเฉพาะ เช่น เบอร์ MC1496 หรือ MC1596ซึ่งมีวิธีการต่อใช้งานอยู่ในรูปที่ 3.7 (ช)







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรมิกเซอร์หลายรูปแบบ

(ก) วงจรมิกเซอร์แบบดับเบิลบาลานซ์ริงมอดูเลเตอร์

(ข) วงจรมิกเซอร์แบบซิงเกิลบาลานซ์ที่ใช้ FET

(ค) วงจรมิกเซอร์แบบซิงเกิลบาลานซ์ที่ใช้ MOSFET

(ง) วงจรมิกเซอร์แบบอันบาลานซ์ที่ใช้ MOSFET

(จ) วงจรมิกเซอร์แบบอันบาลานซ์ที่ใช้ FET

(ฉ) วงจรมิกเซอร์แบบเซลฟ์-ออสซิเลชั่น FET

(ช) วงจรมิกเซอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์ MC 1496 หรือ MC 1596

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ภาคขยายความถี่ไอเอฟ

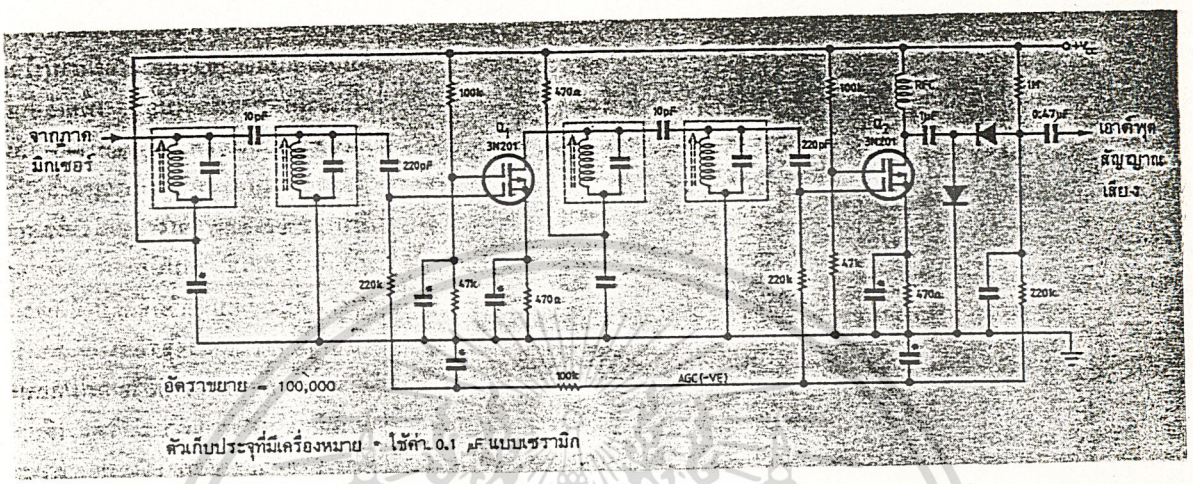
ในบรรดาเครื่องรับทั้งหลาย เครื่องรับระบบซุเปอร์เฮตเทอรโรไดน์ ถือได้ว่าเป็นเครื่องรับที่มีราคาไม่แพง เพราะไม่จำเป็นต้องใช้ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ที่มีแกนร่วมมากชุดเกินไป เหมือนเครื่องรับระบบ TR แต่จะมีส่วนจองภาคขยายความถี่ไอเอฟโดยใช้ไอเอฟทรานสฟอร์เมอร์มาต่อกับวงจรที่มีอัตราการขยายสูงๆอาจใช้ทรานซิสเตอร์หรือ MOSFET เป็นตัวขยาย แล้วทำการปรับจูนไอเอฟทรานสฟอร์เมอร์เพื่อเลือกเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการเข้ามาแล้วกำจัดความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการทิ้งไป

สำหรับตัวไอเอฟทรานสฟอร์เมอร์การใช้งานมักประกอบด้วย ขดลวด2 ขดพันอยู่บนฉนวนรูปทรงกระบอกที่มีสลักจูนแกนเฟอร์ไรต์อยู่ตรงกลาง ส่วนใหญ่แล้ว มักจะมีตัวเก็บประจุแกนเซรามิกต่อคร่อมขดลวดไว้ แต่ก็มีบางแบบที่สามารถปรับค่าของตังเก็บประจุได้ด้วยการปรับสลักจูนหรือแกนเฟอร์ไรต์ที่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าของความเหนี่ยวนำ ในตัวไอเอฟทรานสฟอร์เมอร์เพื่อเลือกเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการเข้ามา ถ้าวัสดุที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์มีค่าการสูญเสียต่ำ มีค่าpremeabitity สูง จะทำให้ขดลวดที่ใช้พันมีจำนวนรอบน้อยลง วงจรจะมีค่า Q ที่สูง มีแบนด์วิดธ์แคบ มีสัญญาณเอาต์พุตแรง และวงจรมีขนาดเล็กลง

ภาคขยายความถี่ไอเอฟ มีลักษณะเช่นเดียวกับภาคขยายความถี่วิทยุ เพียงแต่ว่าภาคขยายในความถี่ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าเท่านั้นเอง และภาคขยายความถี่ไอเอฟก็ยังควบคุมโดยวงจร AGC เช่นเดียวกัน

วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ชนิดต่าง ๆ ก็สามารถทำเป็นวงจรขยายความถี่ไอเอฟได้เช่นกัน ดังรูปที่ 3.8 เป็นวงจรจยายความถี่ไอเอฟที่ใช้แบนด์พาสฟิลเตอร์ พร้อมด้วยวงจรดีเท็กเตอร์และ AGC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



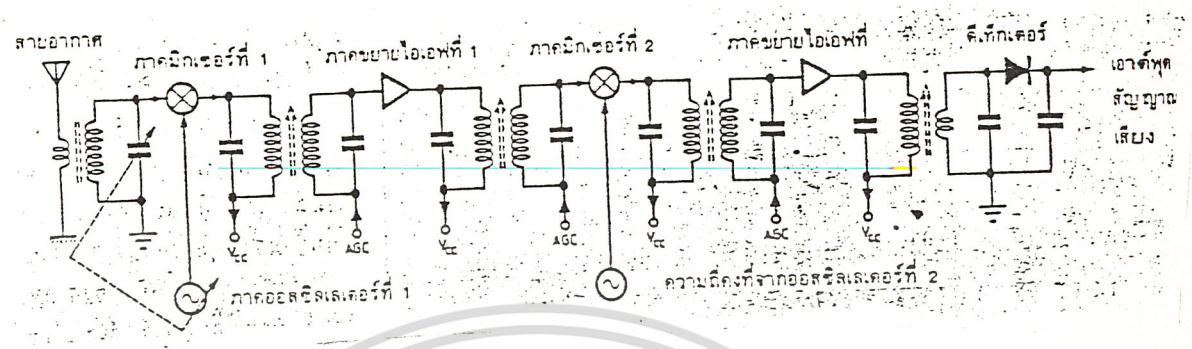
รูปที่ 3.8 วงจรภาคขยายความถี่ไอเอฟพร้อมด้วยวงจรดีเท็กเตอร์ และวงจร AGC

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของภาคขยายความถี่ไอเอฟ คือ การชีลด์ระหว่างภาคไอเอฟแต่ละภาค การชีลด์จะช่วยลดการรบกวนกัน ระหว่างไอเอฟทรานสฟอร์เมอร์ และการแพร่สัญญาณรบกวนความถี่สูง สำหรับในเครื่องรับวิทยุขนาดเล็กจะมีภาคขยายไอเอฟเพียงภาคเดียวก็เพียงพอแล้ว ในเครื่องรับดี ๆ ส่วนใหญ่จะมีภาคขยายไอเอฟ 2-3 ภาค แต่ก็ต้องระวังด้วยเช่นกัน เพราะการต่อภาคขยายไอเอฟที่มีอัตราขยายสูง ๆ จำนวนหลาย ๆ ภาค สามารถทำให้เกิดเซลฟ์ออสซิลเลชั่นได้เช่นกัน

3.5 ระบบดับเบิลซูเปอร์เฮต

จากปัญหาเรื่องความถี่เงาที่ ทำให้คุณภาพของเครื่องรับระบบซูเปอร์เฮตลดลงไป ก็มีการคิดค้นวิธีที่จะแก้ไขความถี่เงานี้ โดยกำหนดค่าความถี่ไอเอฟขึ้นมา 2 ค่าเป็นความถี่ไอเอฟค่าที่ 1และความถี่ไอเอฟค่าที่ 2 ให้ชื่อระบบนี้ว่าระบบดับเบิลซูเปอร์เฮต(double superhete) ซึ่งมีหลักการเบื้องต้นอยู่ในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 หลักการเบื้องต้นของระบบดับเบิลซูเปอร์เฮ็ต

จากรูปที่ 3.9 วิธีการของระบบดับเบิลซูเปอร์เฮ็ต มีดังนี้ เมื่อสายอากาศรับเอาคลื่นวิทยุเข้ามา วงจรจูนจะทำการเลือกคลื่นวิทยุสถานีที่ต้องการ ผ่านเข้าไปที่ภาคมิกเซอร์ที่ 1 ในขณะเดียวกัน ภาคออสซิลเลเตอร์ชุดที่ 1 จะสร้างความถี่ขึ้นมาผสมกับคลื่นวิทยุที่รับเข้ามาได้ ความถี่ไอเอฟค่าที่ 1 ความถี่ปานกลางค่าแรกจะมีค่าเท่าไรขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้งาน เช่น ระบบ AM จะมีความถี่ไอเอฟที่ 1ประมาณ 2.5 MHz ส่วนของระบบ SW จะมีค่าประมาณ 55 MHz

เมื่อได้ความถี่ไอเอฟค่าแรกมาแล้ว จะถูกขยายให้แรงขึ้นโดยภาคขยายไอเอฟที่ 1 สัญญาณที่ถูกขยายจะส่งต่อไปยังภาคมิกเซอร์ที่ 2 โดยนำไปผสมกับความถี่ ค่าคงที่จากภาคออสซิลเลเตอร์ที่ 2 ที่สร้างมาจากวงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตอล สัญญาณที่ออกจากภาคมิกเซอร์ที่ 2 จะเป็นความถี่ไอเอฟที่ 2 ความถี่ไอเอฟที่ได้นี้ในระบบ AM จะมีค่าอยู่ระหว่าง 50 kHz จนถึง 455 kHz จากนั้นก็นำเอาความถี่ไอเอฟไปทำการดีเท็กเตอร์เป็นคลื่นเสียงต่อไป

ระบบดับเบิลซูเปอร์เฮตจะช่วยกำจัดความถี่เงาให้หมดไป และยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการเลือกรับและความไวของเครื่องรับสูงมากขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 **วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้งาน**

ในภาคมิกเซอร์ที่ 2 ของระบบดับเบิลซูเปอร์เฮต จะมีส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ 2 เพื่อสร้างความถี่คงที่ขึ้นมาผสมกับคลื่นวิทยุ วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติสำคัญ 4 ประการคือ

1. มีเสถียรภาพของวงจรดี
2. ให้รูปคลื่นที่เป็นซายน์เวฟจริง ๆ
3. มีสัญญาณรบกวนต่ำ
4. เป็นอิสระไม่เกี่ยวข้องกับวงจรอื่น ๆ

วงจรออสซิลเลเตอร์มีอยู่มากมายหลายแบบ ดังรูปที่ 8(ก) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบอินดักทีฟคัปเปิล

รูปที่ 3.10 (ข) เป็นวงจรฮาร์ตเล่ย์ ออสซิลเลเตอร์(Hartley oscillator) เป็นวงจรที่ปรับปรุงมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์แลลอินดักทีฟคัปเปิล

รูปที่ 3.10 (ค) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบอิเล็กตรอน-คัปเปิล (eletron coupled oscillator : ECO)

รูปที่ 3.10 (ง) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตส์ (Colpittds oscillator) มีลักษณะวงจรคล้ายฮาร์ตเล่ย์ออสซิลเลเตอร์

รูปที่ 3.11 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคล็ปป์(Clapp oscillator) เป็นวงจรที่นำเอาส่วนดีของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิตส์ แบบอิเล็กตรอนคัปเปิล และแบบฮาร์ตเลย์มารวมกัน ในรูปที่ 3.18 (ก) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบแคล็ปป์

รูปที่ 3.11 (ข) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบแคล็ปป์กลูริต (Clapp - Gouriet oscillator) ระบบออสซิลเลเตอร์ที่ใช้คริสตอล

รูปที่ 3.11 (ค) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบกราวด์ - เบสคูลพิตส์ซึ่งมีความถี่ออสซิลเลเตอร์คงที่มาก นิยมใช้ในการผลิตคลื่นวิทยุ

รูปที่ 3.12 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์โดยใช้คริสตอล ถือได้ว่าเป็นวงจรที่มีความคงที่ของวงจรสูง, มีสัญญาณรบกวนต่ำ ในการทำงานของวงจร จะอาศัยการบิดตัวของแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

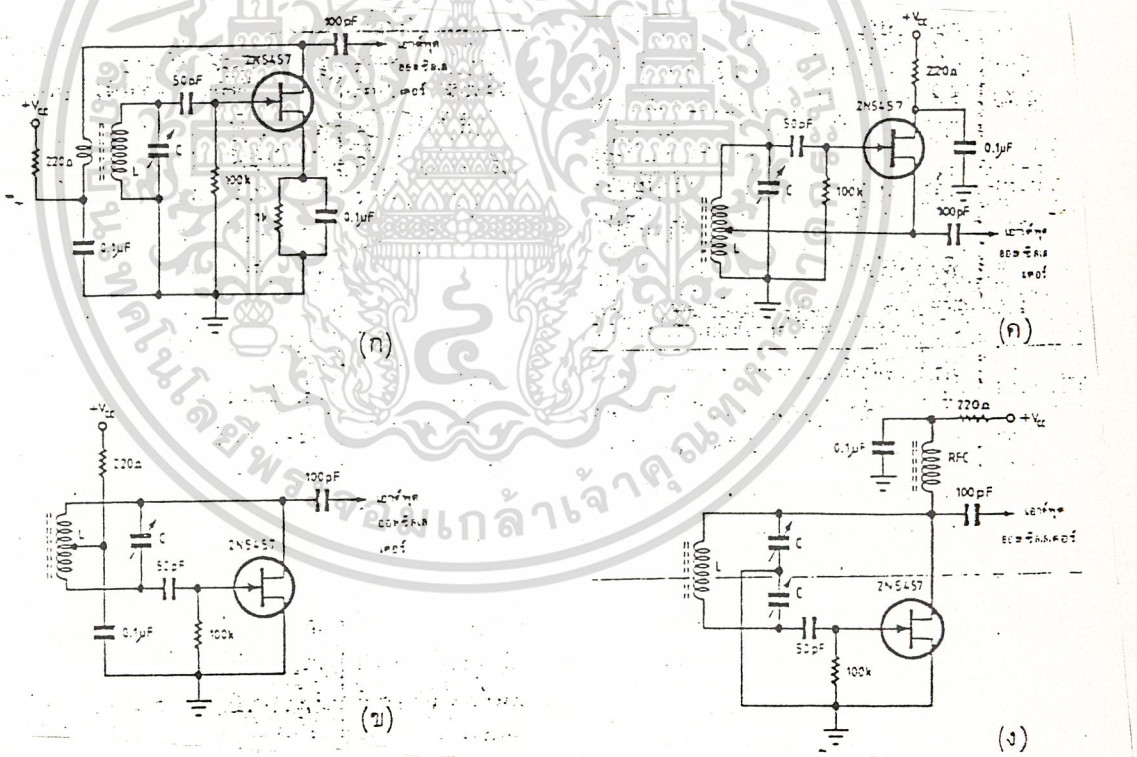
คริสตอลกำเนิดเป็นความถี่ออกมา ค่าของความถี่ที่กำเนิดออกมา ขึ้นอยู่กับรูปร่าง และความหนาของแผ่นคริสตอล

รูปที่ 3.12 (ก) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้คริสตอลอย่างง่ายๆที่นำมาต่อร่วมกับไอซีชนิด CMOS โดยอาศัยการเลื่อนเฟส ทำให้วงจรเกิดการออสซิลเลเตอร์ขึ้นมา

รูปที่ 3.12 (ข) เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ต่อร่วมกับคริสตอล เรียกวงจรนี้ว่า เพอร์ซออสซิลเลเตอร์ (Pierce oscillator)

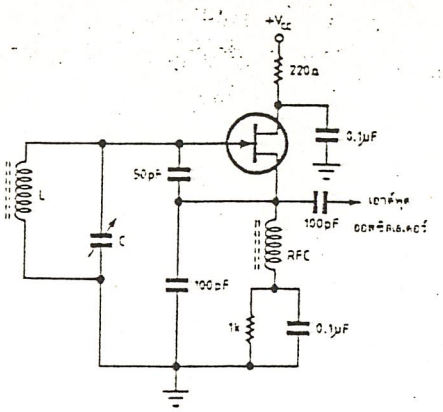
รูปที่ 3.12 (ค) เป็นวงจรที่อาศัยเค้าโครงของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคล - พิตส์ มาต่อร่วมกับคริสตอล

รูปที่ 3.12 (ง) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้คริสตอลที่สามารถกำเนิดความถี่ได้ถึง 120 MHz เรียกวงจรนี้ว่า บัตเลอร์ ออสซิลเลเตอร์ (Butler oscillator)

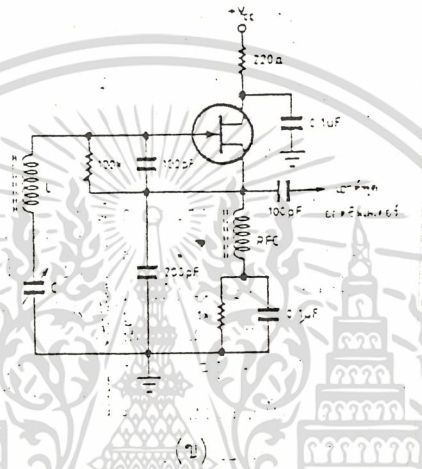


รูปที่ 3.10 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบต่าง ๆ

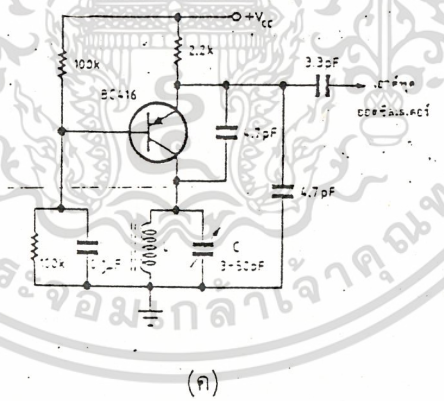
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



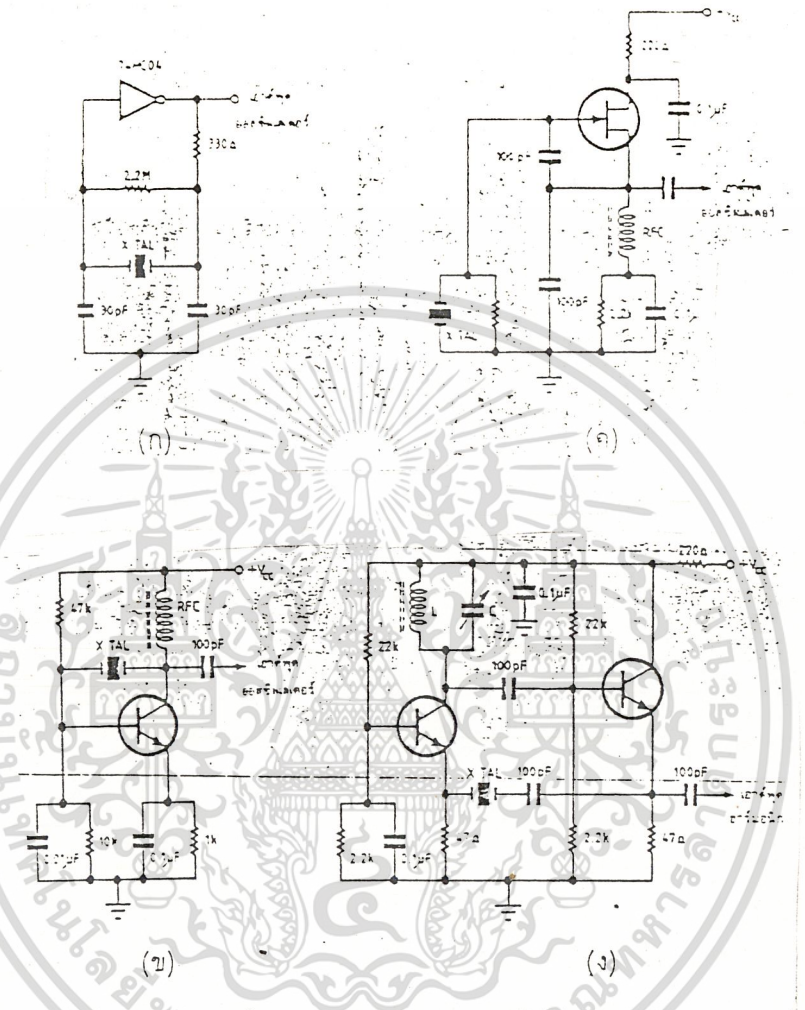
(ข)



(ค)

รูปที่ 3.11 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเคลปป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้คริสตอล

(ก) การใช้คริสตอลร่วมกับ CMOS

(ข) วงจรเพอร์ชออสซิลเลเตอร์

(ค) วงจรโคลพิตส์ออสซิลเลเตอร์แบบใช้คริสตอล

(ง) วงจรบัตเลอร์ออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ภาคดีมอดูเลเตอร์

คลื่นความถี่ไอเอฟที่ถูกขยายแล้ว จะส่งออกมาจากภาคขยายไอเอฟ เข้าสู่ภาคดีมอดูเลเตอร์ หรือภาคดีเท็กเตอร์นั่นเอง โดยที่ภาคดีมอดูเลเตอร์นี้จะทำหน้าที่แปลงคลื่นความถี่ไอเอฟให้กลายเป็นสัญญาณความถี่เสียงที่คนเราสามารถรับฟังได้ ซึ่งวิธีการของภาคดีมอดูเลเตอร์ก็จะแตกต่างกันไป ตามระบบที่นำไปใช้งานระบบ AM ก็มีวิธีการอย่างหนึ่ง ระบบ FM ก็มีวิธีการอีกอย่างหนึ่ง

3.8 ภาค FM ดีมอดูเลชั่น

เครื่องรับระบบ FM จะมีหลักการภายในคล้ายคลึงกับเครื่องรับระบบAMจะแตกต่างกันก็ในส่วนของภาคดีมอดูเลเตอร์เท่านั้น ในระบบ AM คลื่นวิทยุ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านความสูง ก็จะมีวงจรดีมอดูเลเตอร์ตามที่ได้อธิบายไปแล้วแต่สำหรับในระบบ FM คลื่นวิทยุที่ใช้งานจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านความถี่ ซึ่งแตกต่างไปจากระบบ AM วิธีการดีมอดูเลเตอร์ในระบบ FM จะมีอยู่หลายแบบ เช่น สโลปดีดีมอดูเลเตอร์ (slope demodulation) บาลานซ์สโลปดีดีมอดูเลเตอร์ (balanced slope demodulation), เรโช ดีเท็กเตอร์ (ratio detetor)และเฟสดีเท็กเตอร์ (phase detector) เป็นต้น

บาลานซ์สโลปดีมอดูเลเตอร์

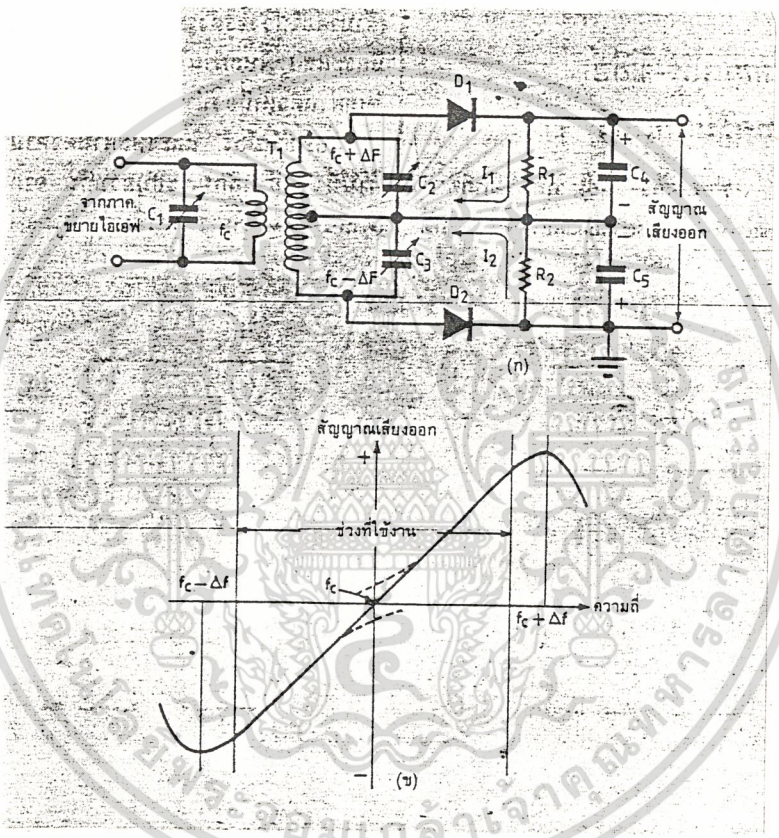
เพื่อเป็นการแก้ปัญหาอันสืบเนื่องมาจากวงจรสโลปดีมอดูเลเตอร์ ที่มีปัญหาในเรื่องของการตอบสนองความถี่ได้ไม่ดี โดยนำเอาสโลปดีมอดูเลเตอร์มาต่อรวมกัน 2 ชุด ดังรูปที่ 3.13 (ก) ใช้ทรานสฟอร์เมอร์แบบมีเซนเตอร์แท็ป(Center-trapped) ซึ่งแต่ละขดที่ต่อเข้าวงจรสโลปดีมอดูเลเตอร์ จะมีสัญญาณต่างกัน 180 องศา

ในการใช้งานบาลานซ์สโลปดีมอดูเลเตอร์ จะต้องปรับค่าเรโซแนนซ์ของวงจร L C และ L , C ให้ต่างกัน โดยในชุด L C จะปรับให้มีค่าเรโซแนนซ์ที่ค่าความถี่ไอเอฟบวกกับค่าแบนด์วิดธ์ ส่วนชุด L C จะปรับให้มีค่าความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับค่าความถี่ไอเอฟลบกับค่าแบนด์วิดธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรทั้ง 2 ชุด จะต่อเข้าไดโอด และอุปกรณ์ R-C โดยสัญญาณเสียงที่ได้จะเกิดจากสัญญาณจากวงจรสโลปดีมอดูเลเตอร์ทั้งสองชุดรวมกัน

ในรูปที่ 3.13 (ข) เป็นกราฟแสดงการตอบสนองความถี่ของวงจรบาลานซ์สโลปดีมอดูเลเตอร์ จะเห็นว่าที่ความถี่ไอเอฟสัญญาณจะผ่านไดโอดทั้งสองเข้าสู่วงจร R-C แต่เนื่องจากว่าสัญญาณที่ผ่านไดโอดทั้งสองตัวจะต่างเฟสกัน 180 องศา ผลรวมของสัญญาณที่ได้จึงมีค่าเท่ากับศูนย์



รูปที่ 3.13 วงจรบาลานซ์สโลปดีมอดูเลเตอร์

(ก) วงจรบาลานซ์สโลปดีมอดูเลเตอร์ที่ใช้งาน

(ข) กราฟการตอบสนองความถี่ของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าความถี่ไอเอฟเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ค่า เท่ากับ F - f จะทำให้ตรงกับค่าความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรจูนชุดที่ 1 ก็จะมีสัญญาณที่วงจรจูนชุดที่ 2 ผ่านดารดีเท็กต์ของ D จะผ่าน R ครบวงจรที่เซนเตอร์แท็ปเช่นกัน โดยมีทิศทางการไหลสวนทางกับกระแส Iจากวงจรจูนชุดที่ 1 ทิศทางการไหลของกระแส Iที่ผ่าน R จะทำให้เกิดลูกคลื่นทางด้านลบออกมา

ซึ่งลูกคลื่นบวกลูกคลื่นลบที่ได้ ก็คือ สัญญาณเสียงที่ดีม็อดออกมาแล้วนั่นเอง ถ้าหากคลื่นไอเอฟที่รับเข้ามาอยู่นอกช่วงแบนด์วิดธ์ที่กำหนด ก็จะไม่มีสัญญาณออกมาทางเอาต์พุตเลย

วงจรบาลานซ์สโลปดีมอดูเลเตอร์ จะมีการจูนความถี่ที่รับเข้ามาถึง 3ความถี่ คือ

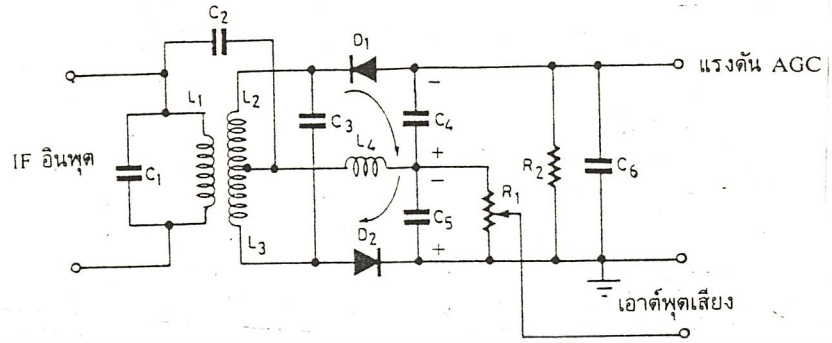
1. ความถี่ F
2. ความถี่ f + f
3. ความถี่ f - f

ดังนั้นการปรับค่า C จะต้องใช้ความละเอียดอย่างมาก ในวงจรที่ใช้งานจริง ๆ จะมีส่วนของวงจรลิมิตเตอร์กต่อด้านหน้าวงจรก่อน เพื่อทำการตัดยอดคลื่นให้เท่ากัน สำหรับประสิทธิภาพของวงจรนี้นั้น ดีกว่าวงจรสโลปดีมอดูเลเตอร์มาก

เรโชดีเท็กเตอร์

วงจรเรโชดีเท็กเตอร์ (ratio detector) เป็นวงจรดีเท็กเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน วงจรนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ภาคลิมิตเตอร์ ในการตัดยอดคลื่นให้เท่ากันลักษณะจะคล้ายกับวงจรฟอสเตอร์ซิลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ แตกต่างกันที่ไดโอด D จะต้องต่อสลับขั้ว และตำแหน่งสัญญาณเสียงออกจะต่างกัน ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรเรโชดีเท็กเตอร์

c จะถูกปรับให้เรโชแนนซ์ที่ความถี่ไอเอฟ เมื่อความถี่ไอเอฟผ่านเข้ามาจะมีแรงดันไฟตรงตกคร่อม C และ C เท่ากัน ถ้าความถี่ที่รับเข้ามาสูงกว่าความถี่ไอเอฟ ผลรวมของแรงดัน V กับ V จะสูงกว่าผลรวมของแรงดัน V กับ V ทำให้แรงดันตกคร่อม C สูงกว่าแรงดันที่ C

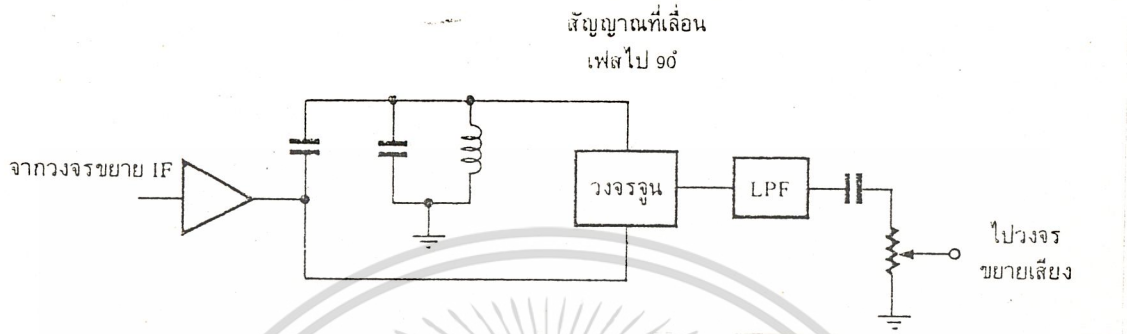
แต่ถ้าความถี่ที่รับเข้ามาต่ำกว่าความถี่ไอเอฟ ก็จะเกิดแรงดันตกคร่อมที่ C สูงกว่าที่ C จึงทำให้ได้ช่วงบวกช่วงลบเป็นสัญญาณเสียงออกมา สัญญาณเสียงที่ได้จากภาคดีมอดูเลเตอร์จะถูกนำไปขยายอีกครั้งหนึ่ง โดยภาคขยายเสียงแล้วจึงส่งออกลำโพงต่อไป จะดังมากดังน้อยก็อยู่ที่กำลังของภาคขยาย

ควอดราเจอร์ดีเท็กเตอร์

วงจรดีเท็กเตอร์ชนิดนี้ อาศัยหลักการคูณสัญญาณ FM กับสัญญาณ FMตัวเดิมแต่เลื่อนเฟสไป 90 องศา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นสัญญาณมอดูเลต (สัญญาณเสียง)ดูที่รูป 3.15 (ก) กระแสที่ไหลในคอยล์จะมีเฟสต่างจากแรงดันคร่อมคอยล์อยู่ 90องศากระแสนี้จะป้อนไปให้วงจรเรโชแนนซ์ขนาด Z ซึ่งจูนความถี่ไว้ที่ความถี่กลางของสัญญาณ FM แรงดันคร่อมวงจรเรโชแนนซ์จะมีเฟสเลื่อนไปตามความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไปสัญญาณ FM ที่ผ่านวงจรเรโชแนนซ์จะกลายเป็นสัญญาณPM หลังจากที่สัญญาณ FM และสัญญาณ FM คูณกัน (ทำงานในช่วงนอนลิเนียร์) ดูรูปที่ 3.15(ข) ผลลัพธ์จากการคูณจะเป็นสัญญาณความถี่สูงกับสัญญาณความถี่ต่ำ (คือสัญญาณมอดูเลต) สัญญาณแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกกรองทิ้งไปโดยฟิลเตอร์ชนิดโลพาส เอาต์พุตจึงเป็นสัญญานเสียงตามต้องการ



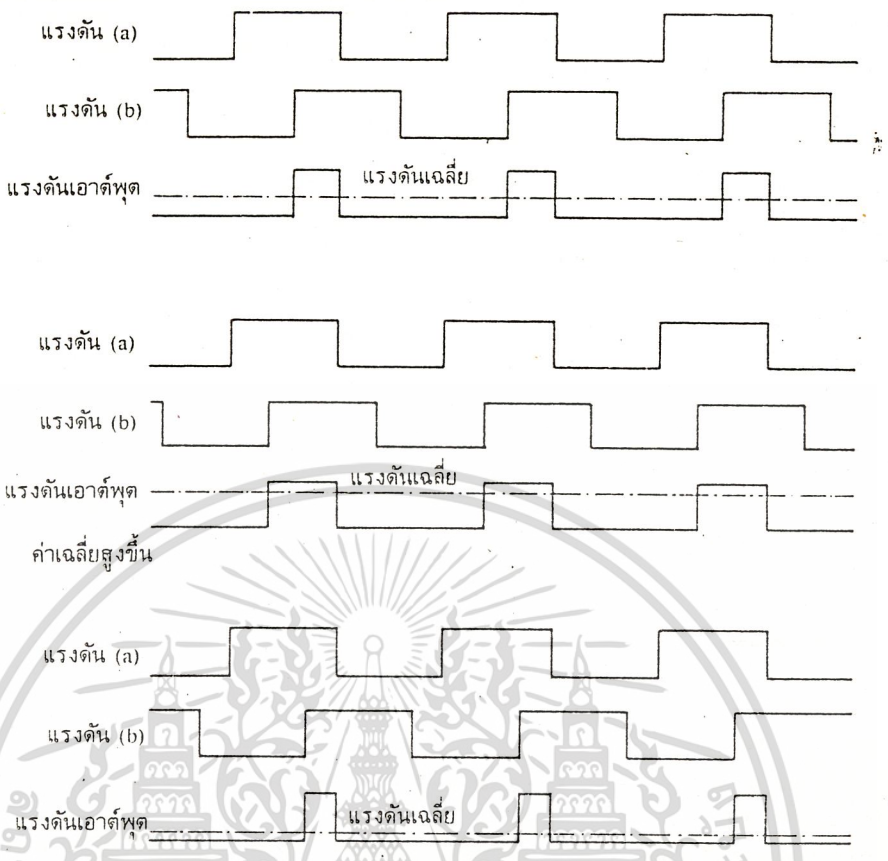
(ก) แสดงการเลื่อนเฟสที่คอยล์

รูปที่ 3.15 วงจรควอดราเจอร์ดีเท็กเตอร์

ความจริงแล้ววงจรควอดราเจอร์ดีเท็กเตอร์ทำหน้าที่ เสมือนวงจรเทียบเฟสของสัญญาณ FM สองสัญญาณ ซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา ดูรูปที่ 3.15 (ข)ในที่นี้ เราเขียนเป็นพัลส์เพื่อความสะดวก สัญญาณความถี่สูงจะถูกกรองทิ้งไป คงเหลือแต่สัญญาณความถี่ต่ำ (เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปคลื่น 1, 2 และ 3) ซึ่งเป็นสัญญาณเสียง สังเกตว่า ค่าเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่เบี่ยงเบนของพาหะ (เพราะเมื่อสัญญาณ FM มีความถี่ต่ำลง พัลส์เอาต์พุตจะแคบลง ค่าเฉลี่ยจะน้อยลง) นั่นคือ ค่าเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง

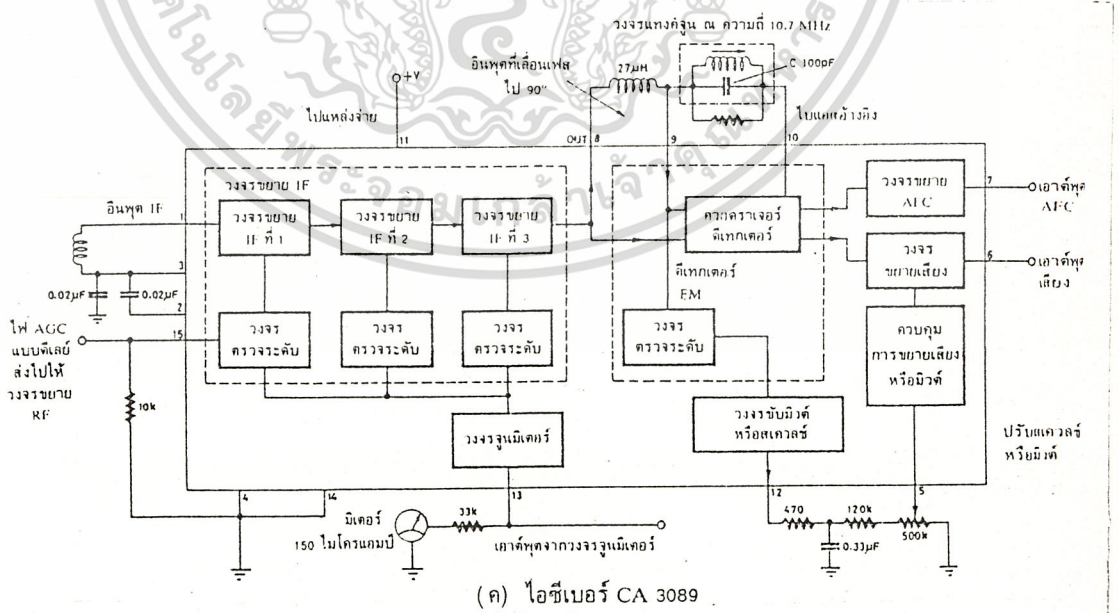
โดยทั่วไปวงจรควอดราเจอร์ดีเท็กเตอร์มักจะทำเป็นไอซี ซึ่งจะรวมวงจรขยาย IF วงจรขยาย/ลิมิตเตอร์ และอื่น ๆ ไว้ด้วยในไอซีตัวเดียว โดยต่อคอยล์ซึ่งเลื่อนเฟสไว้ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การเทียบเฟส

(ข) การเทียบเฟส



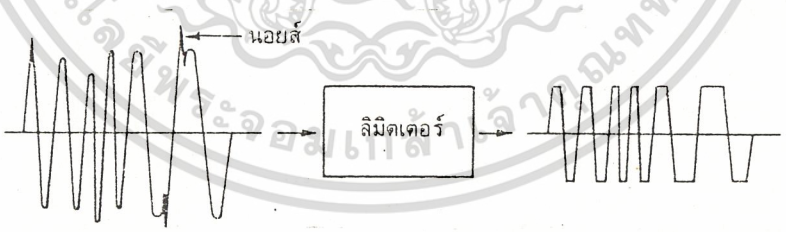
(ค) ไอซีเบอร์ CA 3089

รูปที่ 3.15 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ลิมิตเตอร์

สัญญาณ FM (มีความถี่เท่ากับ IF) อาจจะมีนอยส์ปะปนมาด้วย วงจรลิมิตเตอร์จะทำหน้าที่ขลิบสัญญาณทั้งด้านบวกและลบ รวมทั้งนอยส์ก็จะถูกกำจัดทิ้งไปด้วย (รูปที่ 3.16) สังเกตว่าความถี่ของสัญญาณ FM ก่อนและหลังลิมิตเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลง หลักการของวงจรลิมิตเตอร์นี้ ก็คือป้อนสัญญาณที่มีแอมพลิจูดเกินช่วงทำงานของวงจร (overdrive) จนกระทั่งวงจรขยายอิ่มตัว หรือคัตออฟ ถ้าสัญญาณ IF ที่ป้อนมา มีแอมพลิจูดน้อย เอาต์พุตจากลิมิตเตอร์จะมีนอยส์ปนออกมาทางออดิโอเอาต์พุต ถ้าป้อนแอมพลิจูดมาแรงๆ นอยส์จะเงียบไป ปรากฏการณ์นี้สัมพันธ์กับค่า quieting (หมายถึง การทำให้นอยส์เบาลง หรือเงียบลง) ของภาคออดิโอเอาต์พุต (ความดังเสียงและค่าความไวของเครื่องรับ FM ด้วย เช่น สเปกระบุว่าสัญญาณที่ไม่ได้มอดูเลต มีแต่พาหะเพียงอย่างเดียว) ป้อนเข้าอินพุตของเครื่องรับทำให้นอยส์จากวงจรขยายเสียงลดลงไป 20 เดซิเบล การที่จะลดนอยส์ให้ได้ก็คือขยายสัญญาณอินพุต (IF) ให้มาก ๆ พอที่จะขับให้วงจรลิมิตเตอร์ขลิบสัญญาณเพื่อกำจัดนอยส์ที่ขี่มาบนสัญญาณ FM ตามหลักการของวงจรลิมิตเตอร์



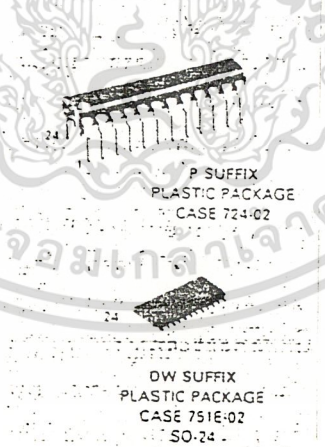
รูปที่ 3.16 วงจรลิมิตเตอร์จะขจัดนอยส์และการเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูดของสัญญาณ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3362

MC3362 เป็นภาครับระบบดูอัลคอนเวอร์ชั่น คือ ภาคไอเอฟมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ 2 ครั้ง จากความถี่ที่รับได้เป็น 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ แล้วค่อยลดลงเป็น 455 กิโลเฮิร์ตซ์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปกับวิทยุรับ/ส่งในปัจจุบัน

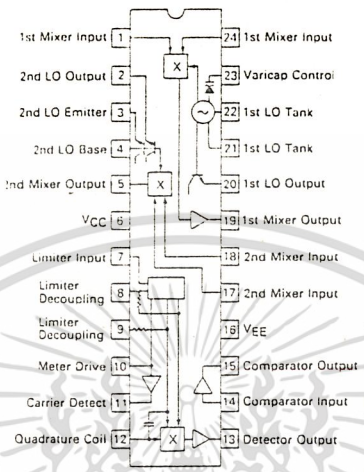
ภายในตัวของ MC3362 ยังมีภาคออสซิลเลเตอร์ ซึ่งใช้กับความถี่ได้ 200 เมกะเฮิร์ตซ์ แต่ถ้าใช้ภาคออสซิลเลเตอร์ภายนอก จะใช้ได้กับความถี่ 450เมกะเฮิร์ตซ์ มีภาคดีเทกเตอร์แบบควอดราเจอร์ และวงจรขับมิเตอร์ที่ใช้แสดงการรับสัญญาณให้ด้วย นอกจากนี้ ยังมีส่วนบัฟเฟอร์ให้แก่ออสซิลเลเตอร์ของไอเอฟทั้ง 2 ความถี่ เพื่อความเที่ยงตรงในการทำงาน รวมทั้งมีวงจรเปรียบเทียบ สำหรับใช้ดีเทกแบบ FSK เรียกว่า ใช้งานได้เอนกประสงค์ทีเดียว



รูปที่ 3.17 รูปร่างภายนอกของ MC3362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 2 — PIN CONNECTIONS AND FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

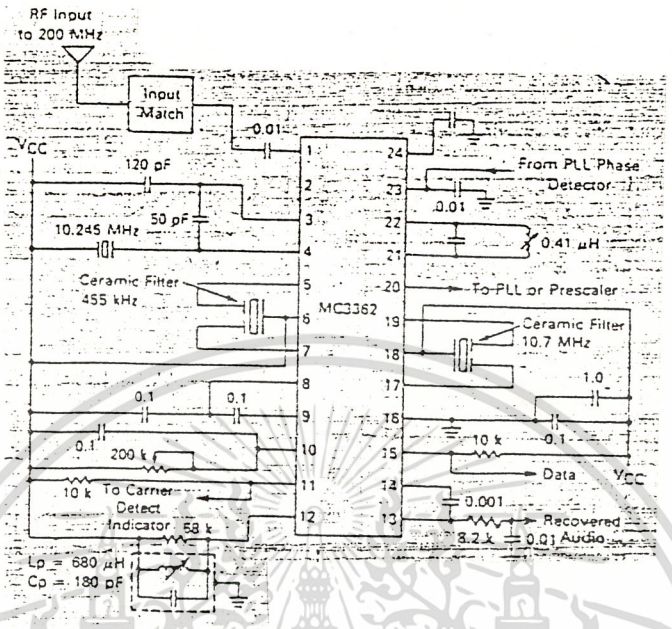


รูปที่ 3.18 โครงสร้างภายในและการจัดขา

แรงดันไฟเลี้ยงใช้ได้สูงสุด 8 โวลต์ ต่ำสุด 2 โวลต์ กินกระแส 3.6 มิลลิแอมป์ ที่ 3 โวลต์ ความไวอินพุต 0.7 V ที่ 12 dB SINAD รูปร่างภายนอกเป็นตัวถังดีนตะขาบ (DIP) ขนาด 24 ขา โครงสร้างภายในและการจัดขาแสดงในรูป โปรดสังเกตที่ขา 23 จะมีวาริแคปภายใน ซึ่งใช้ในวงจรจูนความถี่ภาครับ

วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MC3362 แสดงในรูป เป็นภาครับวิทยุ FM แบนด์แคบ (NARROWBAND FM) ระบบเฟสล็อกลูปแบบสังเคราะห์ความถี่ ใช้งานได้สูงถึง 200 เมกะเฮิร์ตซ์ การทำงานคร่าว ๆ เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MC3362

ภาคมิกเซอร์ตัวแรก จะทำการขยายสัญญาณ ที่รับมาได้จากสายอากาศแล้วแปลงเป็นความถี่ไอเอฟ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ ส่งออกมายังวงจรฟิลเตอร์ภายนอก แล้วป้อนกลับเข้าไปยังภาคมิกเซอร์ตัวที่ 2 ซึ่งจะทำการขยายสัญญาณ แล้วแปลงความถี่ไอเอฟนี้ให้ต่ำลงเป็น 455 เมกะเฮิร์ตซ์

สัญญาณความถี่ไอเอฟที่สอง 455 กิโลเฮิร์ตซ์ ถูกส่งออกมาฟิลเตอร์ภายนอกเช่นกัน แล้วป้อนกลับเข้าไปยังภาคขยายลิมิตเตอร์ และวงจรดีเทกเตอร์โดยใช้ควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ ได้เป็นสัญญาณความถี่เสียงที่ขาเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบใช้งาน

ภาคออสซิลเลเตอร์ตัวแรก อาจใช้วงจร LC แทงค์จูน ก็ได้ หรือใช้วิธีควบคุมความถี่ 0 ด้วยแรงดันในระบบ PLL หรือจะใช้ขับด้วยคริสตอลออสซิลเลเตอร์จากภายนอกก็ได้ ซึ่งรับความถี่ได้สูง 190 เมกะเฮิร์ตซ์(แต่ถ้าขับด้วยสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์จากภายนอกแรง 100 mV ภาคมิกเซอร์จะใช้ความถี่ได้ถึง 450 เมกะเฮิร์ตซ์) โดยมีบัฟเฟอร์ที่เอาต์พุตขา 20

ภาคออสซิลเลเตอร์ตัวที่ 2 เป็นวงจรแบบ Colpitts ทำงานที่ 10.245 เมกะเฮิร์ตซ์ ควบคุมด้วยคริสตอล มีบัฟเฟอร์เอาต์พุตที่ขา 2 เช่นกัน ขา2 และ ขา 3 ใช้งานสลับกันได้

ในส่วนของมิกเซอร์จะจัดวางจรแบบสมดุล เพื่อลดผลของสัญญาณแปลกปลอม มิกเซอร์กทั้ง 2 ตัว มีคอนเวอร์ชั่นแกน 18 dB และ 22 dB ตามลำดับโดยมีเสถียรภาพในการทำงานที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟเลี้ยง

เพื่อออกแบบให้ใช้งานได้ง่ายและมีราคาถูก ตำแหน่งของไอซีและวงจรภายในจึงแบบมาให้ใช้กับเซรามิกฟิลเตอร์ ในส่วนวงจรกรองความถี่ไอเอฟได้หลังจากผ่านวงจรฟิลเตอร์และขยายไอเอฟทั้ง 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 455 กิโลเฮิร์ตซ์แล้ว สัญญาณจะส่งกลับเข้าไปยังวงจรลิมิตเตอร์ ซึ่งมีความไว 10 V ที่-3.0 dB ลิมิตตั้ง ราบเรียบถึง 1.0 เมกะเฮิร์ตซ์

จากวงจรลิมิตเตอร์ สัญญาณถูกส่งมายังควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ ซึ่งต้องมีวงจรภายนอกเพิ่มเติมคือ LC แทงค์ ระหว่าง V กับขา 12 และตัวต้านทานขนาน 68 กิโลโอห์ม เป็นกำหนดค่า peak separation ของวงจรดีเทกเตอร์ถ้าค่าต่ำจะได้ความเป็นเชิงเส้นดี แต่ความไวของวงจรดีเทกเตอร์จะลดลง

เอาต์พุตจากขา 13 จะต้องมีวงจรจัดรูปคลื่น เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณเสียงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้อง ส่วนวงจรคอมพาราเตอร์ที่ขา 14, 15 ใช้สำหรับดีเทกจุดผ่านศูนย์ของสัญญาณ สำหรับใช้กับการรับส่งด้วย FSK (Frequency Shift Keying)ซึ่งมีอัตราเร็วข้อมูลสูงตั้งแต่ 2,000 ถึง 35,000 บิตต่อวินาที ถ้าต้องการให้ส่วนนี้มีฮีสเตอร์รีซิส ให้ต่อตัวต้านทานค่าต่างๆ ตั้งแต่ 12 กิโลโอห์มขึ้นไป ระหว่างขา 14และ 15

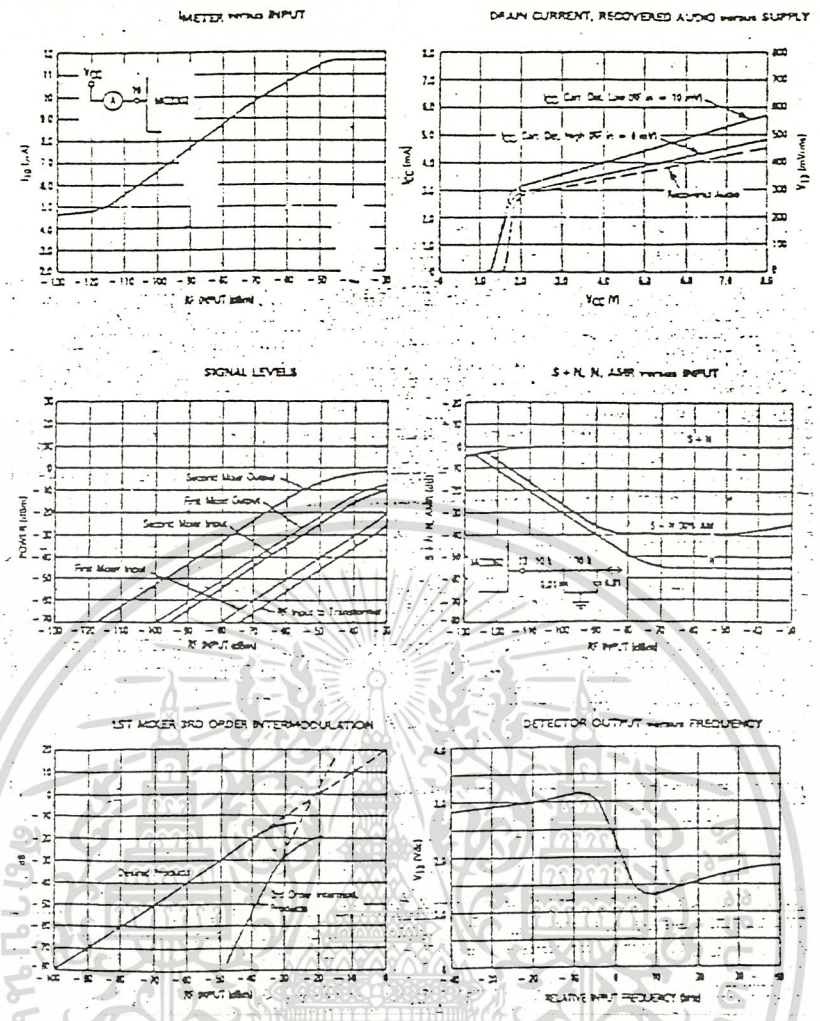
ในส่วนวงจรบัมิเตอร์ที่ขา 10 ทำงานแบบแอกทีฟโลว์ คือ ต่อรวมกับ V ใช้แสดงระดับความแรงสัญญาณที่รับได้ โดยสังเกตจากการทำงานของวงจรลิมิตเตอร์ สามารถนำส่วนนี้ไปใช้ในการกำหนดความแรงของสัญญาณที่จะรับได้ (RFtrip level) โดยต่อตัวต้านทานระหว่าง V กับขา 10 วิธีการก็คือ ตั้งความแรงของเครื่องกำเนิดความถี่ป้อนให้แก่วงจรภาครับที่ระดับความแรงที่ต้องการหน่วยเป็น dBm แล้วอ่านค่ากระแสจาก V มาขา 10 จะได้ค่าตัวต้านทานเท่ากับ

$$R = 0.6\ V_{dc} / I_{10}$$

และถ้าต้องการให้ทำงานเป็นฮีสเตอร์รีซิสด้วย ก็ให้ต่อตัวต้านทานค่าสูง ๆ R ระหว่างขา 10 และขา 11 โดยมีสูตรคิด คือ

$$Hyst = V_{cc} / (R_H \times 10^{-7})\ dB$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 กราฟคุณสมบัติต่าง ๆ สำหรับการออกแบบใช้งาน

Characteristic	Pin	Min	Typ	Max	Units
Drain Current (Carrier Detect Low — See Figure 5)	6	—	4.5	7.0	mA
Input for − 3.0 dB Limiting	—	—	0.7	2.0	μVrms
Recovered Audio (RF signal level = 10 mV)	13	—	350	—	mVrms
Noise Output (RF signal level = 0 mV)	13	—	250	—	mVrms
Carrier Detect Threshold (below V_{CC})	10	—	0.64	—	Vdc
Meter Drive Slope	10	—	100	—	nA/dB
Input for 20 dB (S + N/N (See Figure 7)	—	—	0.7	—	μVrms
First Mixer 3rd Order Intercept (Input)	—	—	− 22	—	dBm
First Mixer Input Resistance (Ro)	—	—	590	—	Ω
First Mixer Input Capacitance (Co)	—	—	7.2	—	pF
First Mixer Conversion Voltage Gain	—	—	18	—	dB
Second Mixer Conversion Voltage Gain	—	—	21	—	dB
Detector Output Resistance	13	—	1.4	—	kΩ

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดทางไฟฟ้าของ MC3362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ส่วนเชื่อมต่อ

RS 232-C และ
Physical-Layer Protocol

เนื่องจากความต้องการในการสื่อสารข้อมูลผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มีมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานที่เรียกว่า RS-232-C ขึ้น เพื่อใช้เป็นมาตรฐานแก่อุปกรณ์ที่ถูกผลิตจากบริษัทต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา Bell System operating telephone companies เป็นบริษัทหลักบริษัทแรกที่เป็นผู้ผลิตและติดตั้งระบบสื่อสารข้อมูล และเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการอินเทอร์เฟสอุปกรณ์ดิจิตอลกับเครือข่ายโทรศัพท์รายใหญ่ อุปกรณ์นั้นก็คือ Bell modem ซึ่งถูกพัฒนาโดย Bell Laboratories และถูกใช้เป็นมาตรฐานในงานอุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบันนี้ (บริษัทต่าง ๆ มักจะลอกข้อกำหนดต่าง ๆ ของ Bell ไปใช้งาน เพื่อให้สินค้าของบริษัทนั้น ๆ สามารถใช้กับอุปกรณ์ของ Bell ได้) ขณะที่อุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ โดยบริษัทต่าง ๆ เทอร์มินัลและอุปกรณ์อื่น ๆ มักถูกออกแบบให้สามารถ อินเทอร์เฟสกับ Bell modem ได้ ดังนั้นความต้องการข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดในการอินเทอร์เฟสกับโมเด็มจึงมีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการนี้ EIA, Bell System และผู้ผลิตโมเด็มรายอื่น ๆ จึงร่วมมือกันตั้งมาตรฐาน RS 232-C ขึ้น

ตามมาตรฐาน Rs-232-C ที่ถูกตีพิมพ์โดย EIA ได้กล่าวถึงการสื่อสารข้อมูลระหว่าง Data Terminal Equipment (DTE) และ Data Communication Equipment (DCE) (แต่ในปัจจุบันตัวย่อ DCE จะแทน data circuit terminating equipment)คำจำกัดความ ของ DCE และ DTE ซึ่งแสดงไว้ข้างล่าง ได้คัดมาจากคำแปลศัพท์ (glossary) ในหนังสือ "Technical Aspect of Data communication" ซึ่งเขียนโดย John McNamara (Digital Press, 1977) ดังนี้

DEC : อุปกรณ์ที่มีฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อ ทำให้การเชื่อมต่อยังดำรงต่อไปและยุติการเชื่อมต่อ นอกจากนี้ยังใช้เปลี่ยนลักษณะของสัญญาณและสร้างรหัสสัญญาณต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่าง DTE (data terminal equipment)และdata circuitโดย DCE อาจเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์หรือไม่ก็ได้

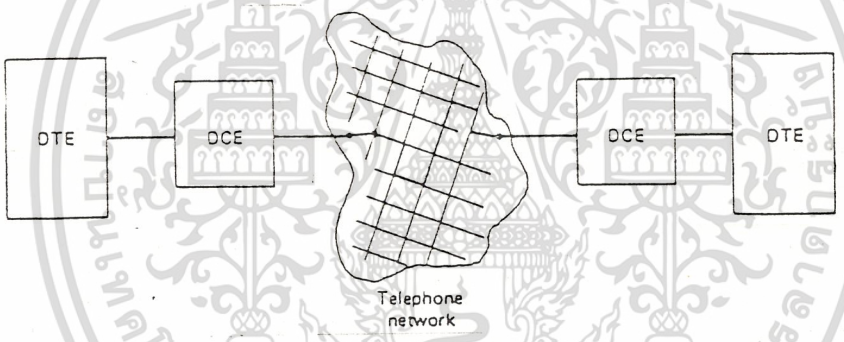
เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTE :

1. เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยตัวส่งข้อมูล (data source) หรือตัวรับข้อมูล (data sink) หรือเป็นทั้งตัวส่งและตัวรับข้อมูลก็ได้

2. เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย function unit ต่อไปนี้ control logic, buffer store และอุปกรณ์อินพุทหรือเอาท์พุทจำนวนหนึ่งตัวหรือมากกว่าก็ได้ หรือรวมเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าไปด้วยก็ได้ DTE อาจจะรวมส่วน error control, synchronizationและความสามารถในการบ่งหรือระบุว่าต้องการเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ตัวใด (station identification capability) เข้าไปด้วยก็ได้

ลักษณะของ DCE และ DTE ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลได้แสดงไว้ใน รูปที่ 4.1 ตามลักษณะการทำงานที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น



รูปที่ 4.1 ลักษณะของ DCE และ DTE ที่ใช้ในวงจรการสื่อสารข้อมูล

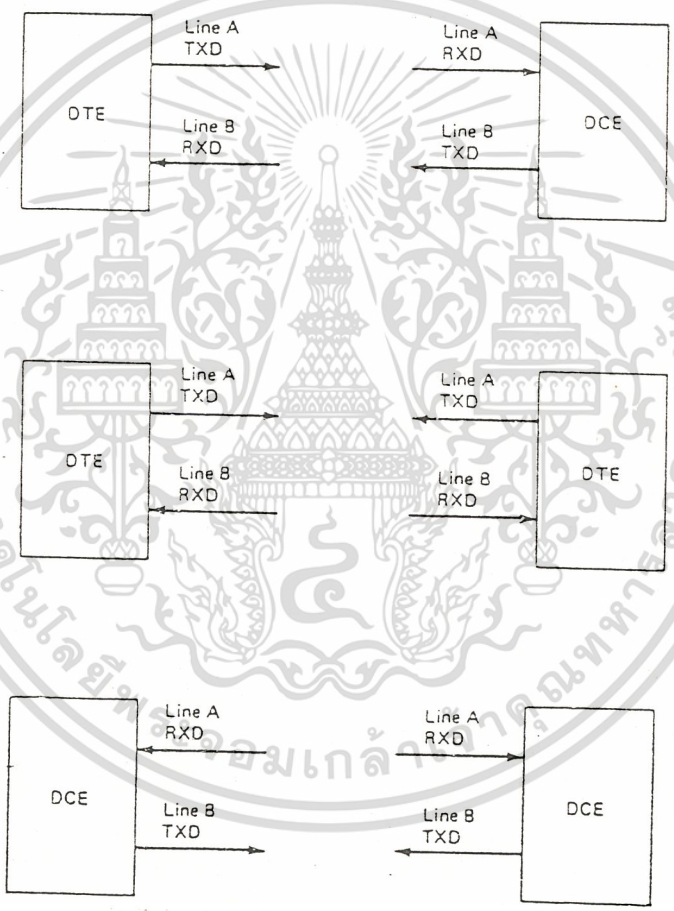
ในความเป็นจริงแล้ว DTE มักจะแทนแหล่งกำเนิดข้อมูลแหล่งแรก และ/หรืออุปกรณ์ที่เป็นแหล่งรับข้อมูลแหล่งสุดท้าย (ดังแสดงในรูปที่) เช่นเครื่องพิมพ์ (เป็นอุปกรณ์ที่รับข้อมูลได้เพียงอย่างเดียว)จะเป็นDTE เพราะเป็นอุปกรณ์ที่รับข้อมูลเป็นตัวสุดท้ายหรือ CRT / คีย์บอร์ดเป็นทั้งตัวรับข้อมูลและตัวกำเนิดข้อมูลส่วน DCE เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้การสื่อสารข้อมูลระหว่างแหล่งกำเนิดกับตัวรับข้อมูลที่ปลายทางทำได้สะดวกขึ้น

สำหรับลักษณะของสาย (line) ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลทาง DTE และ DCE เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สายที่ใช้ในการส่งและรับข้อมูลของ DTE และ DCE มีอยู่สองเส้นแต่ละเส้น จะมีทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อมูลกำหนดไว้ต่างทิศทางกัน (ดูรูปที่ 4.2)

2. DTE จะส่งข้อมูลทาง line A และ DCE จะรับข้อมูลทาง line A เช่นเดียวกัน DCE จะส่งข้อมูลทาง line B และ DTE รับข้อมูลทาง line B ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ลักษณะของการส่งและรับข้อมูลของ DCE และ DTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 ถ้า DTE 2 ตัว ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ข้อมูลจะถูกส่งออกทางline A และรับทาง line B ทั้งคู่ ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ สำหรับกรณีที่DCE 2 ตัว ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูล ก็เป็นเช่นเดียวกัน DCE ทั้งสองตัวจะรับข้อมูลทาง line A และส่งข้อมูลทาง line B จะต้านกันเอง ส่วนใน line A ไม่มีข้อมูลที่จะรับ ปัญหานี้แก้ได้โดยใช้ null modemเข้าช่วยnull-modem cable จะทำการไขว้line Aเข้ากับline B ดังนั้น DTE 1 สามารถรับข้อมูลที่ส่งจาก DTE 2 ได้และ DTE 2 ก็สามารถรับข้อมูลจาก DTE 1 ได้เช่นกัน

เราใช้มาตรฐาน RS 232-C ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่าง DCE กับ DTE โดยอัตราการส่งข้อมูลจะถูกกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 20,000 บิทต่อวินาที (bps) ในการประยุกต์ใช้งาน RS 232-C อัตราเร็วสูงสุดที่ใช้ควรจะมีค่าไม่เกิน 19.2 kbps

มาตรฐานนี้ได้กำหนดความยาวของสายเคเบิลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลไว้ไม่เกิน 50 ฟุต (ไม่ใช่ข้อกำหนดที่ตายตัว เนื่องจากระยะ 50 ฟุตนี้ได้มาจากประสบการณ์) เคเบิลอาจจะยาวกว่า 50 ฟุตก็ได้ ถ้าเรารู้สภาพแวดล้อมของสายเคเบิลและอยู่ในเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐาน

EIA ได้ระบุไว้ว่า เราไม่ควรใช้ RS 232-C ในกรณีที่ต้องการให้มีการแบ่งแยกทางไฟฟ้า (electrical isolation) ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองด้านของการอินเทอร์เฟสซึ่งคำเตือนนี้เป็นสิ่งสำคัญที่เราต้องจำไว้เสมอถ้าเราคิดจะใช้ RS 232-Cในการอินเทอร์เฟสเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราเข้ากับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเอง

วัตถุประสงค์ของการใช้ RS 232-C คือใช้ในการอินเทอร์เฟสระหว่าง DTE กับ DCE ในกรณีที่ต้องการสื่อสารข้อมูลในระยะทางไกลๆ โดยผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์ แต่อย่างไรก็ตาม RS 232-C ก็ยังถูกใช้ในการสื่อสารข้อมูลในระยะทางใกล้ ๆ เช่น ใช้ระหว่างคอมพิวเตอร์กับเทอร์มินัล คอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ และคอมพิวเตอร์กับดิสเก็ตไดรฟ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	เซอร์กิต	ความหมายของเซอร์กิต
1	AA	Protective Ground
2	BA	Transmitted Data
3	BB	Received Data
4	CA	Request to Send
5	CB	Clear to Send
6	CC	Data Set Ready
7	AB	Signal Ground
8	CF	Received Line Signal Detector
9/10	-	(Reserved for Data SEet Testing)
11	-	Unassigned
12	SCF	Secondary Received Line Signal Detector
13	SCB	Secondary Clear to Send
14	SBA	Secondary Transmitted Data
15	DB	Transmit Signal Element Timing (DCE Source)
16	SBB	Secondary Received Data
17	DD	Receive Signal Element Timing
18	-	Unassigned
19	SCA	Secondary Request to Send
20	CD	Data Terminal Ready

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	เซอร์กิต	ความหมายของเซอร์กิต
21	CG	Signal Quality Detector
22	CE	Ring Indicator
23	CH/CI	Data Signal Rate Select (DTE/DCE Source)
24	DA	Transmit Signal Element Timing (DTE Source)
25	-	Unassigned

ลักษณะการทำงานของเซอร์กิตต่าง ๆ

เซอร์กิตต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ ซึ่งสามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ 5 ประเภทคือ

1. กราวด์ หรือ Common Return (A)
2. เซอร์กิตข้อมูล(B)
3. เซอร์กิตควบคุม (C)
4. เซอร์กิตของสัญญาณฐานเวลา (Timing Circuits) (D)
5. เซอร์กิตของแชนแนลที่สอง (S)

จากตาราง จะเห็นได้ว่า ตัวอักษรในวงเล็บที่อยู่ท้ายเซอร์กิต ประเภทต่าง ๆ จะเป็นตัวอักษรตัวแรกของกลุ่มตัวอักษร (ประกอบด้วยตัวอักษรสองหรือสามตัว) ซึ่งใช้กันทั่ว ๆ ไปในการอธิบายสัญญาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน Rs-232-C จากตาราง 4.1 เซอร์กิตต่าง ๆ ของ RS 232-C ถูกแบ่งออกเป็นประเภท ๆ โดยใช้กลุ่มของตัวอักษร ดังอธิบายไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างต้น นอกจากนี้ในตารางยังแสดงทิศการเคลื่อนที่ของข้อมูล สัญญาณควบคุมและสัญญาณเวลาว่าส่งจาก DCE หรือส่งจาก DTE รวมทั้งการกำหนดขาสัญญาณที่ใช้กำกับเซอร์กิตต่าง ๆ สำหรับลักษณะการทำงานของเซอร์กิตต่าง ๆ มีดังนี้

ตารางที่ 4.1 Rs-232-C Interchange Circuits

Interchange Circuits	Connector pin assignment	Description	Gnd	Data		Control		Timing	
				From DCE	to DCE	From DCE	to DCE	From DCE	to DCE
AA	1	Protective Ground	*						
AB	7	Signal Ground/ Common Return	*						
BA	2	Transmitted Data			*				
BB	3	Received Data		*					
	4	Request to Send					*		
	5	Clear to Send				*			
	6	Data Set Ready				*			
	20	Data Terminal Ready					*		
	22	Ring Indicator				*			
	8	Received Line Signal Detector				*			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interchange Circuits	Connector pin assignment	Description	Gnd	Data	Control	Timing
				From to DCE DCE	From to DCE DCE	From to DCE DCE
	21	Signal Quality Detector			*	
	23	Data Signal Rate Selector (DTE)			*	
	23	Data Signal Rate Selector (DCE)			*	
DA	24	Transmitter Signal Element Timing (DTE)				*
DB	15	Transmitter Signal Element Timing (DCE)				*
DD	17	Receiver Signal Element Timing (DCE)				*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interchange Circuits	Connector pin assignment	Description	Gnd	Data		Control		Timing	
				From DCE	to DCE	From DCE	to DCE	From DCE	to DCE
SBA	14	Secondary Transmitted Data			*				
SBB	16	Secondary Received Data		*					
SCA	19	Secondary Request to Send					*		
SCB	13	Secondary Clear to Send				*			
SCF	12	Secondary Received line Signal Detector				*			

Circuits AA: Protective Ground

ลวดตัวนำของเซอร์กิตนี้จะถูกต่อเข้ากับตัวถังของอุปกรณ์เพื่อใช้เป็นสายดิน เมื่อเปรียบเทียบ Protective Ground กับ Signal Ground จะเห็นได้ว่า Signal Ground มีความสำคัญกว่ากันมาก ดังนั้น Protective Ground จึงมักไม่ถูกต่อ การกระทำเช่นนี้ไม่เป็นการทำผิดข้อกำหนดในมาตรฐาน RS 232-C เนื่องจากว่า RS 232-C ได้กำหนดให้กรณีนี้เป็นกรณีเลือกใช้งาน (option)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Circuits AB: Signal Ground หรือ Common Return

เซอร์กิตนี้ถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงของสัญญาณที่ใช้ในเซอร์กิตต่าง ๆ ยกเว้นเซอร์กิต AA (Pdrotective Ground) เซอร์กิตนี้เป็นเซอร์กิตเดียวที่ต้องถูกต่อไว้เสมอไม่ว่าเป็นการประยุกต์ใช้งานแบบใด

Circuits BA: Transmitted Data

สัญญาณของเซอร์กิตนี้จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE,DTE จะทำให้เซอร์กิต BA (Transmitted Data) มีสถานะลอจิกเป็น 1 (MARK) ตลอดเวลาที่ไม่มีการส่งข้อมูล

ในระบบทุกระบบที่ใช้มาตรฐาน Rs-232-C DTE จะไม่ทำการส่งข้อมูลนอกจากว่าเซอร์กิตต่อไปนี้มีสถานะลอจิกเป็น 0 (ON)

1. เซอร์กิต CA (Request to Send)
2. เซอร์กิต CB (clear to Send)
3. เซอร์กิต CC (Data Set Ready)
4. เซอร์กิต CD (Data Terminal Ready)

สำหรับการทำงานร่วมกันของเซอร์กิตเหล่านี้จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

ในบางกรณีเราอาจต้องใช้ null modem ร่วมกับเซอร์กิตนี้ ตัวอย่างเช่น ในระบบคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่ง เราทำการอินเทอร์เฟสคอมพิวเตอร์ของเราเข้ากับเทอร์มินัลผ่านทาง Rs-232-C ถ้าเทอร์มินัลเป็น DTE (ปกติมักจะเป็นเช่นนี้) และคอมพิวเตอร์ทำตัวเป็น DCE คอมพิวเตอร์จะคอยรับสัญญาณที่ส่งจากเทอร์มินัลผ่านทางสาย Transmitted Data(การส่งนี้เราใช้ DTE เป็นตัวอ้างอิง ไม่ใช่ DCE) แต่ถ้าคอมพิวเตอร์ทำตัวเป็น DTE และส่งข้อมูลผ่านทางเซอร์กิตนี้ก็จะเกิดปัญหาขึ้นคือ อุปกรณ์ทั้งสองตัวจะส่งข้อมูลลงบนสายเส้นเดียวกันทำให้ข้อมูลเกิดการต้านกันจึงต้องใช้ null modem ช่วยแก้ปัญหานี้

ปัญหาที่สำคัญอีกข้อหนึ่งก็คือ ในเซอร์กิตบางเซอร์กิตซึ่งจะต้องอยู่ในสภาวะ ON ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลแต่กลับไม่อยู่ในสภาวะON สาเหตุนี้อาจเกิดจากการทำงานที่ผิดพลาดของตัวเทอร์มินัล, พอร์ท I/O ของคอมพิวเตอร์ หรือเกิดจากตัวสายเคเบิลที่ต่อระหว่างเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์ ถ้ามีปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นในขณะที่เราส่งข้อมูลโดยใช้ Rs-232-C ปัญหาของเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเกิดจากสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งข้างต้นเป็น OFF หรือเทอร์มินัลของเราทำการส่งข้อมูลบนสายเส้นเดียวกับที่คอมพิวเตอร์ใช้ส่งข้อมูล

Circuits BB: Received Data

สัญญาณของเซอร์กิตนี้จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เซอร์กิตนี้จะอยู่ในสถานะ MARK (ลอจิก 1) ตลอดเวลาที่ไม่มีการส่งข้อมูล

ในการส่งข้อมูลแบบ half-duplex เมื่อ Request to Send (เซอร์กิต CA)อยู่ในสภาวะ ON(ลอจิก0)ReceicedData (เซอร์กิต BB) จะมีสภาวะเป็น OFF (ลอจิก 1) นอกจากนี้ Received Data จะคงอยู่ในสภาวะ OFF อีกช่างระยะเวลาสั้น ๆ ระยะเวลาหนึ่งหลังจากที่ Request to Send เปลี่ยนสภาวะจาก ON ไปเป็น OFF เมื่อการส่งข้อมูลเกิดขึ้นเรียบร้อยแล้ว

Circuit CA : Request to Send

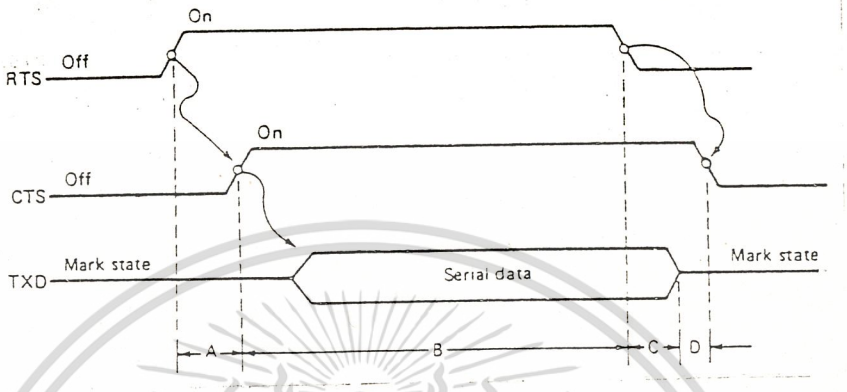
สัญญาณ Request to Send นี้ถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE ลักษณะการทำงานร่วมกันของสัญญาณ Request to Send (RTS) และสัญญาณ Clear to Send (CTS หรือเซอร์กิต CB) ซึ่งเกิดขึ้นในการส่งข้อมูลระหว่าง DTE และ DCE แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 และ 4.4

ในการส่งข้อมูลแบบ simplex และ full-duplex เมื่อ Request to Send มีสถานะของลอจิกเป็น 0 (ON) จะทำให้ DCE อยู่ในโหมดการส่งข้อมูล (Transmit mode)ในที่นี้การที่ DCE อยู่ในโหมดการส่งข้อมูลหมายความว่า DCE จะรับข้อมูลจาก DTE และส่งข้อมูลนี้ออกไปยังตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล (Communication link) ตัวอย่างเช่น ถ้า DTE ของเราเป็นโมเด็ม เมื่อ DCE อยู่ในโหมดการส่งข้อมูล โมเด็มจะส่งข้อมูลที่ได้รับมาจาก DTE ไปยังเครือข่ายโทรศัพท์ แต่ในกรณีของ simplex และ full-duplex ถ้า Request to Sendมีค่าเป็นลอจิก 1 (OFF) DCE จะไม่อยู่ในโหมดการส่งข้อมูล (คือ DCE จะไม่ส่งข้อมูลที่ได้รรับจาก DTE ออกไปยังตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล)

ในกรณี half-duplex เมื่อ Request to Sendอยู่ในสถานะ On,DCE จะอยู่ในโหมดการส่งข้อมูล แต่ถ้า Request to Send อยู่ในสภาวะ OFF,DCE จะอยู่ในโหมดการรับข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูล (คือ DCE จะรับข้อมูลจากเครือข่ายการสื่อสารและส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยัง DTE)



รูปที่ 4.3 การทำ handshake ของสัญญาณ RTS และ CTS ในช่วง A DTE จะป้อนสัญญาณ TTS แสดงให้ DCE ทราบว่า DTE ต้องการส่งข้อมูลซึ่งจะเกิดขึ้นตอนเหล่านี้คือ DCE จะจัดตั้งช่องทางการสื่อสารและป้อนสัญญาณ CTS (เป็น ON) ซึ่งแสดงให้ DTE ทราบว่า DTE สามารถเริ่มต้นส่งข้อมูลได้แล้ว แต่ TXD จะยังอยู่ในสภาวะ MARK อยู่ในช่วง B ข้อมูลจะถูกส่งผ่านทางเซอร์กิต transmitted data เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปจนหมดแล้ว DTE จะ OFF สัญญาณ RTS เพื่อบอกให้ DCE ทราบว่า DTE ไม่ต้องการส่งข้อมูลอีกต่อไป ในช่วง C เมื่อ DCE ส่งข้อมูลทั้งหมดออกไปยัง communication link เสร็จแล้ว เซอร์กิต TXD จะกลับเข้าสู่สภาวะMARK ใน

รูปที่ 4.3

ช่วง D DCE แจ้งให้ DTE ทราบว่า DCE พร้อมแล้วที่รับข้อมูลชุดใหม่เพื่อส่งออกไปโดยการ OFF สัญญาณ CTS

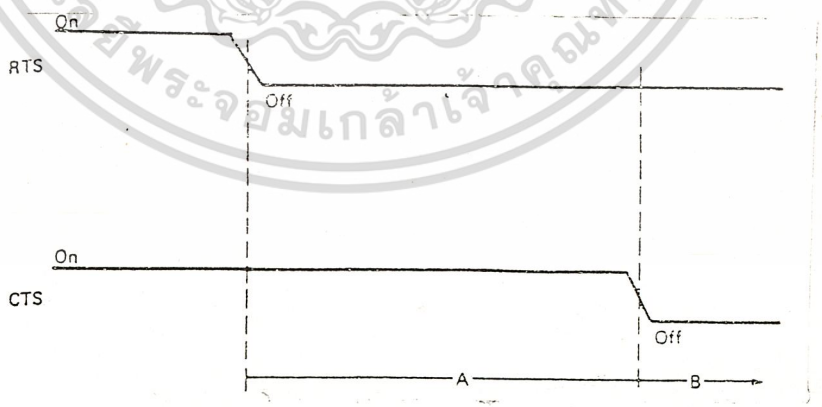
จากรูปที่ 4.3 ขอให้ดูที่สภาวะการเปลี่ยนแปลงจาก ON ไปเป็น OFF และ OFF ไปเป็น ON ของสัญญาณ Request to Send การเปลี่ยนสภาวะของสัญญาณ Request to Send จาก OFF ไปเป็น ON จะทริกก์ (trigger) DCE ให้อยู่ในโหมดการส่งข้อมูล และทำขั้นตอนต่างๆ ที่ทำให้การสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นได้ เช่น การต่อโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์หลัก

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา

(host computer) (ถ้า DCE ตัวนั้นสามารถต่อโทรศัพท์โดยอัตโนมัติได้) ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป สาย Request to Send จะถูกต่อกับสาย Clear to Send โดยตรง ดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่ DTE ป้อนสัญญาณ Request to Send ,DTE ก็จะได้รับสัญญาณตัวนี้กลับมาโดยส่งมาทางสาย Clear to Send (รายละเอียดเพิ่มเติมของเรื่องนี้จะกล่าวในการทดลอง) เมื่อการทำขั้นตอนต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลได้เกิดขึ้นเรียบร้อยแล้ว DCE จะทำให้ Clear to Send (เซอร์กิต CB) มีค่าลอจิกเป็น 0 (ON) ซึ่งเป็นการบอกให้ DTE ทราบว่าสามารถส่งข้อมูลทางเซอร์กิต Transmitted Data ข้ามจุดเชื่อมต่อ (interface point) ได้แล้ว

การเปลี่ยนสถานะจาก ON ไปเป็น OFF ของสาย RTS เป็นการสั่งให้ DCE ส่งข้อมูลที่ยังเหลืออยู่ที่จุดเชื่อมต่อ (interface point) เซอร์กิต Transmitted Data ออกไปยังช่องทางการสื่อสาร และออกจากโหมดการส่งข้อมูล (ในกรณีของ full-duplex หรือ simplex) หรือเข้าสู่โหมดการรับข้อมูล (ในกรณีของ half-duplex)DCE จะตอบสนองสัญญาณนี้โดยทำให้สัญญาณ Clear to Send มีลอจิกเป็น 1 (OFF)

จากรูปที่ 4.3 เมื่อใดก็ตามที่ Request to Send เปลี่ยนสถานะจาก ON เป็น OFF Request to Send จะ ON ใหม่ได้อีกครั้งหนึ่งก็ต่อเมื่อ DCE สั่งให้ Clear to Send เปลี่ยนสถานะจาก ON เป็น OFF แล้ว การทำเช่นนี้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิด overrun error ขึ้น ซึ่งก็คือ DTE ทำการส่งข้อมูลชุดใหม่มาอีก ในขณะที่ DCE ยังส่งข้อมูลชุดเก่าไม่เรียบร้อย



รูปที่ 4.4 ในช่วง (A)DTE ไม่สามารถ ON สัญญาณ RTS ใหม่อีกครั้งหนึ่งได้ DTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องรอจนกระทั่ง DCE ส่งข้อมูลที่เหลืออออกไปจนหมด โดย DCE จะ OFF สัญญาณ CTS เพื่อแสดงให้ DTE ทราบว่ามันพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดใหม่แล้วในช่วง (B) DTE สามารถ ON สัญญาณ RTS ใหม่เมื่อใดก็ได้เนื่องจาก CTS มีสภาวะเป็น OFF

การทำ handshake โดยใช้ Request to Send กับ Clear to Send ที่อธิบายไปนั้นใช้ได้ทั้งในการส่งข้อมูลที่ละคาร์แรกเตอร์ หรือทีละ block (เราใช้โปรโตคอลที่มีระดับสูงกว่า Physical-level protocol ในการกำหนดลักษณะของคาร์แรกเตอร์หรือบล็อก) ตัวอย่างเช่น สมมุติให้หนึ่งคาร์แรกเตอร์ประกอบด้วยบิทต่างๆ 10 บิท เมื่อทำการส่งข้อมูลจะต้องทำ handshake ระหว่างข้อมูลแต่ละคาร์แรกเตอร์ดังนี้ เมื่อส่งข้อมูลครบ 10 บิท DTE จะป้อนสัญญาณลงในสาย Request to Send และคอยรับสัญญาณจาก DCE ทางสายClear to Send สำหรับการทำ handshake ในการส่งข้อมูลทีละบล็อกนั้น DTE จะส่งคาร์แรกเตอร์พิเศษที่บอกจุดสิ้นสุดของบล็อก (end of transmission character) เพิ่มเข้าไปด้วย และเมื่อถึงจุดสิ้นสุดของบล็อกข้อมูล DTE จะ OFF สัญญาณ Request to Send ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์เหล่านี้ DCE จะ OFF สัญญาณ Clear to Send เมื่อคาร์แรกเตอร์พิเศษที่บอกจุดสิ้นสุดของข้อมูลได้ถูกส่งจาก DCE ออกไปยังเครือข่ายการสื่อสาร (communication network) เรียบร้อยแล้ว

จากที่อธิบายไว้ในเซอร์กิต BA,DTE จะส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อ Request to Send, Clear to Send,Data Set Ready และ Data Terminal Ready เหล่านี้ ON หมดทุกตัวก่อน (ในกรณีที่ระบบของเราต้องใช้สัญญาณนี้ทุกตัว) เมื่อสัญญาณ Data Terminal Ready และ Data Set Ready ON เรียบร้อยแล้ว สัญญาณ Request to Send จะ ON ตามมา และ DCE จะตอบสนองต่อสัญญาณนี้ โดยการส่งสัญญาณ Clear to Send เป็น ON กลับมายัง DTE, DTE จะส่งข้อมูลออกทางเซอร์กิต Transmitted Data ได้ (เราสามารถ ON สัญญาณ Request to Send เมื่อไรก็ตามที่ Clear to Send เป็น OFF โดยไม่ต้องสนใจสภาวะของเซอร์กิตอื่น ๆ)

สิ่งที่น่าสนใจอีกข้อหนึ่งคือ สัญญาณ Request to Send เป็นสัญญาณที่ใช้ระหว่าง DTE กับ DCE เท่านั้น เนื่องจากว่าการเชื่อมโยงโดยใช้สายโทรศัพท์, ไมโครเวฟ หรือดาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียม จะแยก DCE ทางด้านผู้ส่ง (local) และผู้รับออกจากกัน (remote) ดังนั้นสัญญาณนี้จะไม่ถูกส่งไปยังอุปกรณ์ใด ๆ ที่อยู่ทางด้านที่เราจะติดต่อด้วย (remote) และสัญญาณนี้ก็ไม่ได้บอกสภาวะ (Status) ของเครื่องทางด้านผู้รับด้วยเช่นกัน

การใช้งานเซอร์กิต Request to Send ยังเป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาในการอินเทอร์เฟสขึ้นอีกด้วย โดยเฉพาะในการใช้งานร่วมกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้อุปกรณ์พวก USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receive/Transmit) เป็นพอร์ท I/O แบบอนุกรม

Circuits CB: Clear to Send

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมซึ่งถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อบอกให้ DTEทราบว่า DCE พร้อมที่จะรับข้อมูลที่จะส่งมาจาก DTE บนสาย Transmitted Data แล้ว เมื่อสัญญาณ Clear to Send อยู่ในสภาวะ ON รวมทั้งสัญญาณ Request to Send, Data Set Ready หรือ Data Terminal Ready มีสภาวะเป็น ON ด้วย การ ON ของสัญญาณเหล่านี้จะบอกให้ DTE ทราบว่าข้อมูลที่ส่งไปยัง DCE จะถูก DCE รับไว้และส่งต่อไปยัง Communication Channel เมื่อสัญญาณ Clear to Send อยู่ในสภาวะ OFF จะบอกให้ DTE ทราบว่า DCE ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล ดังนั้น DTE จะยังไม่ส่งข้อมูลออกมา (ต้องป้อนสัญญาณ RTS ใหม่)

Clear to Send จะอยู่ในสภาวะ ON ก็ต่อเมื่อสัญญาณ Request to Send (เซอร์กิต CA) และ Data Set Ready (เซอร์กิต CC) จะอยู่ในสภาวะ ON ทั้งคู่ ถ้าไม่ใช้ฮา Request to Send ให้ถือว่าสัญญาณ Request to Send เป็น ON ตลอดเวลา ดังนั้นสภาพสัญญาณของ Clear to Send จะเป็นอย่างไรจึงขึ้นอยู่กับสถานะของสัญญาณ Data Set Ready ว่าเป็น ON หรือ OFF

ในการอินเทอร์เฟสตามมาตรฐานของ Rs-232-C ซึ่งทำการอินเทอร์เฟสระหว่าง DTE และ DCE ในกรณีที่มีเครือข่ายสวิชชิ่งโทรศัพท์เข้าไปเกี่ยวพันด้วย เราจะต้องใช้เซอร์กิตต่อไปนี้เพิ่มเข้าไปด้วย

1. เซอร์กิต CC: Data Set Ready
2. เซอร์กิต CD: Data Terminal Ready

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซอร์กิต CE: Ring Indicator

4. เซอร์กิต CF: Received Line Signal Detector

เนื่องจากการทำงานของเซอร์กิตต่อไปนี้เกี่ยวพันกับเครือข่ายโทรศัพท์ ดังนั้นถ้าเราทำการติดต่อในระยะสั้น ๆ (ไม่ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์) โดยใช้ Rs-232-C เพียงอย่างเดียว เราสามารถตัดเซอร์กิตเหล่านี้ออกไปได้ การประยุกต์ใช้งานที่น่าสนใจมากที่สุดของเซอร์กิตเหล่านี้คือ การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ที่สามารถต่อโทรศัพท์ได้โดยอัตโนมัติ (auto dial) และอุปกรณ์ที่สามารถตอบรับต่อการเรียกโดยอัตโนมัติ (auto answer)

หน้าที่สำคัญของสัญญาณ Data Set Ready และ Data Terminal REady คือมันเป็นตัวแสดงให้เราทราบว่าอุปกรณ์ของเราพร้อมที่จะทำการสื่อสารข้อมูล (Eqiupment Readiness) หรือไม่ สำหรับรายละเอียดของเรื่องนี้จะอธิบายในหัวข้อ "การส่งข้อมูลแบบ full-duplex" ถ้า Data Set Ready อยู่ในสภาวะ ON จะบอกให้ DTE ทราบว่า DCEพร้อมที่จะส่งข้อมูลที่รับจาก DTE ออกไปยังเครือข่ายการสื่อสารแล้ว (เช่น เครือข่ายโทรศัพท์, ไมโครเวฟ) ในลักษณะเดียวกัน ถ้า Data terminal Ready อยู่ในสภาวะ ON แสดงว่า DTE พร้อมที่จะส่งข้อมูลไปให้ DCE โดยส่งข้อมูลออกทางเซอร์กิต Transmitted Data ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วใน "Circuit BA: Transmitted Data" ทั้ง Data Set Ready และ Data Terminal Ready จะต้องอยู่ในสภาวะ ON ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลเกิดขึ้น แต่เนื่องจากสัญญาณเหล่านี้ไม่ค่อยถูกใช้ในกรณีทำการอินเทอร์เฟสกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ดังนั้นข้อมูลจะถูกส่งเมื่อใดจึงขึ้นอยู่กับสภาวะของสัญญาณ Request to Send และ Clear to Send

Circuits CC: Data Set Ready

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมที่ส่งจาก DCE ไปยัง DTE ในกรณีที่ Data Set Ready อยู่ในสภาวะ ON แสดงว่า DCE ได้ถูกต่อกับ Communication Channel เรียบร้อยแล้วในกรณีที่ DCE ของเรา (local) ได้ต่อโทรศัพท์ (เรียก) DCE ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เราต้องการติดต่อด้วย (remote) ได้ตอบรับต่อการเรียกทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันของ communication Channel ขึ้นระหว่าง DCE ทั้งสองด้าน ทำให้สามารถทำการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันได้ เมื่อ Communication Channel ถูกเชื่อมต่อแล้ว ระบบเข้าสู่โหมดการส่งข้อมูล (ไม่ใช่โหมดการส่งสัญญาณเสียง คือเราพูดสายไม่ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Circuits CD: Data Terminal Ready

สัญญาณควบคุมตัวนี้จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE สัญญาณ Data Terminal Ready ต้องอยู่ในสภาวะ ON ก่อนที่ DCE จะ ON สัญญาณ Data Set Ready (ซึ่งบอกให้รู้ว่า DCE ถูกเชื่อมต่อเข้ากับช่องทางการสื่อสาร (Communication Channel) แล้ว และสามารถส่งข้อมูลได้) ขณะใดก็ตามที่ DCE ต่อกับช่องทางการสื่อสารแล้ว Data Terminal Ready เปลี่ยนสภาวะ ON เป็น OFF,DCE จะตัดการเชื่อมต่อระหว่าง DCE กับ Communication Channel ทิ้งในทันที

Circuits CE: Ring Indicator

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมที่ถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เมื่อสัญญาณนี้มีสภาวะเป็น ON แสดงว่า DCE กำลังได้รับสัญญาณเสียงกริ่ง (ringing signal) ที่มีเข้ามา สำหรับช่วงเงียบระหว่างเสียงกริ่ง (เงียบและดังเป็นช่วงๆ) และในกรณีที่ DCE ไม่ได้รับสัญญาณเสียงกริ่ง สัญญาณ Ring Indicator จะมีสภาพเป็น OFF เราใช้สัญญาณควบคุมตัวนี้ในกรณีที่ใช้โมเด็มที่สามารถตอบรับต่อการเรียกได้โดยอัตโนมัติ (auto answer)

Circuits CF: Received Line Signal Detector

สัญญาณนี้ส่งจาก DCE ไปยัง DTE เมื่อ DCE ได้รับสัญญาณ carrier (ซึ่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิต DCE ด้วย) ที่ส่งมาจาก DCE อีกด้านหนึ่ง (remote side) สัญญาณ Received Line Signal Detector จะมีสภาวะ เป็น ON แสดงว่า DCE จับสัญญาณใน Communication Channel ซึ่งจะถูกนำไป demodulate ได้แล้ว ในโมเด็มแบบต่าง ๆ สายเส้นนี้จะถูกต่อกับ LED เพื่อแสดงให้รู้ว่าขณะนี้มีสัญญาณ carrier เข้ามาหรือไม่

หมายเหตุ : สัญญาณนี้มีชื่ออีกชื่อหนึ่งว่า Data Carrier Detectpr (DCD)

ในการใช้งานเทอร์มินัลที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนมากเราต้องให้สัญญาณนี้มีสภาวะเป็น high ตลอดเวลาก่อนที่ระรับหรือส่งข้อมูล ตัวอย่างของเทอร์มินัลที่เราต้องทำเช่นนี้ได้แก่ Texas Instrument TI Silent 700 series ซึ่งมี acoustic-coupled modem ติดตั้งไว้ภายในและมีพอร์ท Rs-232-C ให้ใช้ในการต่อกับโมเด็มภายนอก Received Line Signal Detector จะมีสภาวะเป็น ON เมื่อโมเด็มภายในตรวจจับ Carrier ที่ส่งมาจากโมเด็มอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านหนึ่ง (remote) ได้ (โมเด็มตัวนี้ต้องสามารถตอบรับต่อการเรียกได้โดยอัตโนมัติ) ในอีกกรณีหนึ่งถ้าเราต้องการอินเทอร์เฟส Silet 700 เข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์โดยตรง (ไม่ผ่านโมเด็ม) เรายังต้องทำให้สาย Received Line Signal Detector มีสภาวะเป็น ON เสมอ โดยทั่ว ๆ ไปมักจะต่อขาสัญญานี้เข้ากับขาสัญญาณตัวอื่นที่มีอยู่บนคอนเน็คเตอร์ เช่นขา Data Terminal Ready เทคนิคนี้เรียกว่า "jumping" สำหรับเซอร์กิตที่เหลือคือ

Circuits CG Signal Quality Detector

Circuits CH Data Signal Rate Selector (DTE Source)

Circuits CI Data Signal Rate Selector (DCE Source)

Circuits DA Transmit Signal Timing (DTE Source)

Circuits DB Transmit Signal Timing (DCE Source)

Circuits DD Receiver Signal Timing (DCE Source)

Circuits SBA Secondary Transmitted Data

Circuits SBB Secondary Received Data

Circuits SCA Secondary Request to Send

Circuits SCB Secondary Clear to Send

Circuits SCF Secondary Receive SignalDetector

จะไม่ขอกล่าวถึงเพราะในการใช้งาน Rs-232-C ร่วมกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์เราไม่จำเป็นต้องใช้เซอร์กิตเหล่านี้

โครงสร้างทั่วๆไปของมาตรฐาน RS 232-C

ดังที่กล่าวไว้ในตอนต้น มาตรฐาน RS 232-C ไม่ได้กำหนดลักษณะโครงสร้างของคอนเน็คเตอร์ไว้เลย ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้คอมเน็คเตอร์แบบใดก็ได้ อย่างไรก็ตาม EIA ได้ระบุไว้ว่าคอนเน็คเตอร์ที่เข้ามาตรฐานของทหารแบบ MIL-C-24308(MS-18275) สามารถใช้ในการอินเทอร์เฟสตามมาตรฐาน RS 232-C ได้เป็นอย่างดี (แต่ EIA ได้กล่าวย้ำไว้ด้วยว่ามาตรฐาน MIL นี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐาน RS 232-C) การขาดมาตรฐานของคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เน็คเตอร์นี้ได้ก่อให้เกิดปัญหาบางประการขึ้น

จากมาตรฐาน RS 232-C เราจะเห็นว่ามีการใช้สัญญาณต่าง ๆ อยู่เป็นจำนวนมากดังนั้นในการใช้งานเราอาจสงสัยว่า ควรจะใช้สัญญาณเส้นใดบ้างจึงเหมาะกับระบบของเรา (จากทั้งหมด 21 เซอร์กิต) ข้อสงสัยข้อนี้ตอบได้ยากมาก เนื่องจากรูปแบบของกลุ่มสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล มีแตกต่างกันออกไปมากมาย ขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบที่ต้องการใช้ โครงสร้างของระบบอาจเป็นได้หลายแบบตั้งแต่การต่อเทอร์มินัลเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการอินเทอร์เฟสแบบง่าย ๆ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ของเราร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นโดยอาศัยการมัลติเพลกซ์ (multiplexed) ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบซิงโครนัส (synchronous) หรือใช้กับสาย dedicated line (สายที่ใช้ในการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว ใช้ส่งสัญญาณเสียงไม่ได้) ซึ่งเป็นการใช้ร่วมกับเทอร์มินัลปลายทางเครื่องอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม EIA ได้แบ่งมาตรฐานของการใช้สายสัญญาณออกเป็นกลุ่มตาม สภาพของระบบต่าง ๆ กลุ่มของสัญญาณที่ใช้ร่วมกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มดังนี้

- ใช้ในการส่งข้อมูลอย่างเดียว (Transmit only)
- ใช้ในการส่งข้อมูลอย่างเดียวแต่ใช้สัญญาณ RTS ด้วย
- ใช้ในการรับข้อมูลอย่างเดียว (Receive only)
- ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็ก (Half Duplex)
- ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบฟูลดูเพล็ก (Full Duplex)
- ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบฟูลดูเพล็ก แต่ใช้สัญญาณ RTS ด้วย
- แบบพิเศษ (Special)

การอินเทอร์เฟสแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 ซึ่งได้ระบุสายสัญญาณใดบ้างที่ต้องต่อในการอินเทอร์เฟสแต่ละแบบ (เราได้ตัดสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสทิ้งไปเนื่องจากว่าในระบบไมโครคอมพิวเตอร์มักจะไม่ใช้การส่งข้อมูลแบบนี้)

ตารางที่ 4.2 Rs-232-C Standard Configurations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rs-232-C interchange Circuits	Transmit only	Transmit only with RTS	Receive only	Half duplex	Full duplex	Full duplex with RTS	Special
1 Protective Ground	-	-	-	-	-	-	0
7 Signal Ground	*	*	*	*	*	*	*
2 Transmited Data	*	*		*	*	*	0
3 Received Data			*	*	*	*	0
4 Request to Send		*		*		*	0
5 Clear to Send	*	*		*	*	*	0
6 Data Set Ready	*	*	*	*	*	*	0
20 Data Terminal Ready	s	s	s	s	s	s	0
22 Ring Indicator	s	s	s	s	s	s	0
8 Received Line Signal Detector			*	*	*	*	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* = ใช้งานในทุกกรณี

s = ใช้ในกรณีที่ระบบของเราเกี่ยวพันกับเครือข่ายโทรศัพท์ด้วย

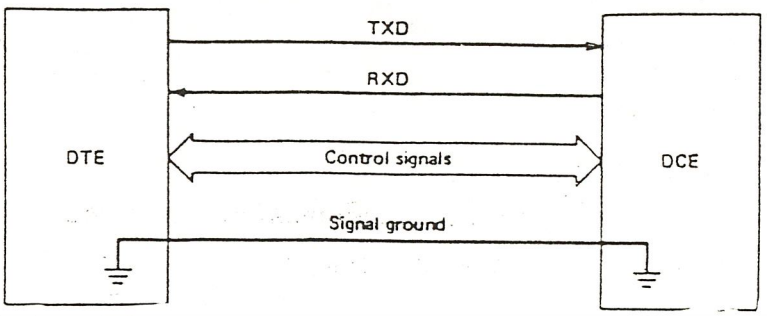
0 = เลือกใช้ตามลักษณะของระบบของเรา

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่ามีเซอร์กิตอยู่เซอร์กิตหนึ่งที่ต้องต่ออยู่เสมอคือเซอร์กิต Signal Ground (ขา 7) ส่วนเซอร์กิตอื่นจะต่อหรือไม่ขึ้นกับการประยุกต์ใช้งานของเรา ให้เลือกจากวิธีการส่งข้อมูลของเราว่าเป็นแบบใดและต้องดูด้วยว่าเข้ากับระบบของเราได้หรือไม่

ในการส่งข้อมูลแบบ full-duplex นั้น ระบบไมโครคอมพิวเตอร์บางระบบอาจใช้เซอร์กิตต่างออกไปจากที่แสดงไว้ในตารางที่ ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่มักใช้อุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลได้ทิศทางเดียว เช่น ใช้รับข้อมูลอย่างเดียวซึ่งก็คือเครื่องพิมพ์ หรือส่งข้อมูลอย่างเดียวเช่น จอยสติกค์ (joystick) แต่เนื่องจากระบบเคเบิลแบบ full-duplex ตามมาตรฐาน RS 232-C ถูกออกแบบให้ใช้ส่งข้อมูลได้ในสองทิศทาง ดังนั้นเราสามารถใช้สายเคเบิลกับอุปกรณ์ที่ใช้รับข้อมูลอย่างเดียวเช่น เครื่องพิมพ์ หรือจะนำไปใช้กับอุปกรณ์ตัวอื่นได้ในทันที โดยไม่ต้องแก้ไขเพิ่มเติมอะไรอีก

การประยุกต์ใช้งานของการส่งข้อมูลแบบ full-duplex ที่ใช้กันมากในระบบไมโครคอมพิวเตอร์คือ ใช้กับเทอร์มินัลที่ทำหน้าที่ส่งและรับข้อมูลดังนี้ คาร์แรคเตอร์จะถูกส่งจากคีย์บอร์ดไปยังไมโครคอมพิวเตอร์และถูกสะท้อน (echo) ไปแสดงบนจอภาพ หรือพิมพ์ออกที่เครื่องพิมพ์ ในกรณีเช่นนี้ ข้อมูลจะเคลื่อนที่ในสองทิศทางพร้อม ๆ กัน โดยถูกส่งและรับจาก DTE (คีย์บอร์ดและจอภาพ) กับ DCE (พอร์อินพุท/เอาท์พุท แบบอนุกรมของไมโครคอมพิวเตอร์) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ในตารางที่ 4.2 ได้แสดงการอินเทอร์เฟสแบบ full-duplex ไว้สองแบบด้วยกันคือ แบบที่ใช้และไม่ใช้สาย Request to Send ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดไว้โดย EIA การใช้สายสัญญาณ Request to Send นั้นสามารถเลือกใช้ได้ แต่ถ้าพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทของไมโครคอมพิวเตอร์ของเราเป็นแบบ USART เราต้องใช้สัญญาณ RTS เสมอ ดังนั้นในการประกอบสายเคเบิล เราควรต่อสาย RTS เผื่อไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ลักษณะพื้นฐานของการส่งข้อมูลแบบ full-duplex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็ม

โมดูเลท

คือขบวนการอย่างหนึ่งที่นำเอาคลื่นความถี่สูงค่าหนึ่งที่เรียกว่า สัญญาณพาหะ (Carier Signal) เข้าไปรวมกับคลื่นความถี่เสียง ซึ่งจะทำให้เกิดความถี่ใหม่ขึ้นอีกสองค่า เช่น สมมติให้สัญญาณพาหะมีความถี่เป็น F_1 และความถี่เสียงเป็น F_2 เมื่อผ่านขบวนการโมดูเลเตอร์แล้ว ความถี่ที่เกิดขึ้นจะเป็น F_1+F_2, F_1-F_2 และ F_1 อีกค่าหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดแถบความถี่ที่เรียกว่า UPPer Side Band และ Lower side band ขึ้นมา

โดยทั่วไปขบวนการโมดูเลทของสัญญาณอนาล็อกจะมีเทคนิคอยู่ 3 แบบคือ

1. แอมปลิจูดโมดูเลชั่น (Amplitude Modulation) หรือแบบ AM.
2. ฟรีเควนซี่โมดูเลชั่น (Frequency Modulation) หรือแบบ FM.
3. เฟสโมดูเลชั่น (Phase Modulation) หรือแบบ PM.

ดีโมดูเลท (Demodulate)

เป็นขบวนการที่ทำงานตรงข้ามกับขบวนการโมดูเลทคือ ทำการแยกเอาสัญญาณพาหะออก ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณของข้อมูลอย่างแท้จริงเพียงอย่างเดียว

จุดประสงค์สำคัญที่จำเป็นต้องมีการโมดูเลทสัญญาณความถี่เสียงนี้ก็เพื่อทำให้สามารถส่งไปได้ในระยะทางไกล ๆ โดยเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณน้อยที่สุด

ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึงการโมดูเลทสัญญาณดิจิตอลซึ่งมีเพียง 2 ระดับเท่านั้นคือ 0 กับ 1 โดยทั่วไปเทคนิคที่ใช้มีอยู่หลายแบบด้วยกันคือ

1. ฟรีเควนซี่ชิฟคีย์อิ้ง (Frequency Shift Keying : FSK)
2. เฟสชิฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK)
3. แอมปลิจูดชิฟคีย์อิ้ง (Amplitude Shift Keying)

โมเด็ม เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ร่วมระหว่างขบวนการโมดูเลท และดีโมดูเลท (Modulate/DEModulate) นั่นเอง ซึ่งบางทีก็อาจจะเรียกว่าเป็น "ตัวแปลงสัญญาณ" (Signal Converter) ก็ได้ โดยเป็นอุปกรณ์ที่ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ส่งออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณเสียง (Voice Signal) เพื่อส่งผ่านไปในสายโทรศัพท์ได้ โดยต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านขบวนการโมดูเลทก่อน

ส่วนทางคอมพิวเตอร์ด้านรับก็จะมีการต่ออุปกรณ์โมเด็มคั่นไว้ เมื่อโมเด็มด้านรับ ๆ สัญญาณเสียงเข้ามา ก็จะทำการแปลงสัญญาณเสียงให้กลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอล(โดยใช้ขบวนการดีโมดูเลท) ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ในการส่งผ่านสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบข้าง เช่นเครื่องพิมพ์ที่ตั้งอยู่ในระยะไกลออกไปก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องส่งสัญญาณผ่านเข้าไปในสายรอบข้าง เช่น เครื่องพิมพ์ที่ตั้งอยู่ในระยะไกลออกไปก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องส่งสัญญาณผ่านเข้าไปในสายโทรศัพท์ในรูปของสัญญาณอนาล็อก และเมื่อส่งถึงด้านรับก็จะแปลงกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตลอดเหมือนเดิม

ในระบบที่นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสื่อสารข้อมูลนั้น เราทราบแล้วว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะมีพอร์ท (Port) หรือช่องทางการรับ/ส่งข้อมูล ดังนั้นคอมพิวเตอร์ต้นทางก็จะส่งข้อมูลผ่านพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบอนุกรม (Serial I/O Port)ออกไป ซึ่งพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบอนุกรมนี้จะต่อเข้ากับจุดเชื่อมต่อตามมาตรฐาน Rs-232-C ต่อเข้ากับสายเคเบิลผ่านไปยังโมเด็มเมื่อสัญญาณในแบบอนุกรมเข้ามายังโมเด็ม ก็จะถูกโมดูเลทให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งผ่านเข้าไปในสายโทรศัพท์ที่เรียกกันว่า Public Telephone Network หรือเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะนั่นเอง เมื่อถึงด้านรับโมเด็มทางด้านรับก็จะทำการดีโมดูเลทสัญญาณอนาล็อกแล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลพร้อมที่จะส่งเข้าไปยังเทอร์มินัลต่างๆ ต่อไปได้ ในลักษณะองค์ประกอบที่จะทำให้ระบบทั้งหมดปฏิบัติงานได้ถูกต้อง พร้อมเพรียงกัน ก็จะต้องมีซอฟท์แวร์ควบคุมระบบ (System) ที่สอดคล้องกันทั้งทางด้านส่งและรับ แต่ก็มีข้อยกเว้นในกรณีที่บางระบบมีการใช้โมเด็มประเภทมัลติฟังก์ชั่น (Multifunction), ออโตไดแอล (Autodial) หรือโมเด็มชนิดมัลติไลน์ (Multiline) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้สามารถที่จะโปรแกรมหรือป้อนข้อมูลสั่งให้อุปกรณ์เหล่านี้ปฏิบัติงานในลักษณะที่เราต้องการได้

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามลักษณะการทำงาน

ในกรณีนี้จะยึดเอาความเร็วของการส่งข้อมูลและเทคนิคของการโมดูเลทเป็นหลักถ้าพูดถึงความเร็วของข้อมูลที่ส่งเรามักจะต้องเข้าใจถึงอัตราการส่งข้อมูลในลักษณะบิทต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(bPS: bit per second) และอัตราบอด (Baud Rate) โดยที่

อัตราบอด หมายถึง หน่วยของอัตราการส่งสัญญาณดิจิตอลที่แทนข่าวสารข้อมูล คิดต่อ 1 วินาที

บิทต่อวินาที หมายถึง จำนวนของเลขไบนารี (ประกอบด้วย 0 กับ 1) ที่แทนข้อมูลซึ่งถูกส่งออกไปใน 1 วินาที

เช่น ในกรณีที่ส่งข้อมูลออกไปโดยให้ 1 เวิร์ด มีขนาดเป็น 1 บิท และส่งข้อมูลออกไป 1 บิท/วินาที (bPS) ในลักษณะเช่นนี้ก็คือได้ว่าอัตราโบดมีค่าเท่ากับ 16 โบด แต่ถ้าหากว่ามีการใช้เทคนิคที่เพิ่มจำนวนบิทที่ส่งต่อวินาที เช่น อาจจะมีการรวมเอา 2 บิท มาไว้เข้าเป็นบิท ๆ เดียวในลักษณะนี้จำนวนบิทข้อมูลที่ส่งออกไปจะเป็น 2 บิท/วินาที คือมีความเร็วสูงขึ้น ดังนั้นอัตราบอดจึงมีค่าเป็น 8 บอดเท่านั้น

ดังนั้นจึงควรจะทำความเข้าใจความหมายของคำทั้งสองคำนี้ให้ถูกต้อง

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามวิธีการส่งผ่านข้อมูล

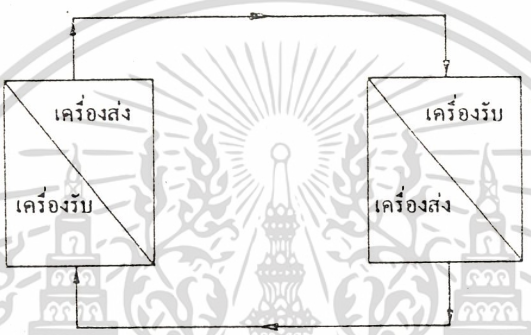
ในกรณีที่เราจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบที่จะนำเอาโมเด็มไปต่อเข้าดังตัวกลางการส่งผ่านข้อมูล (Comonunication Lines) ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) : เป็นการส่งแบบที่เทอร์มินัลแต่ละด้านจะเป็นเฉพาะตัวส่งหรือตัวรับอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น เช่น ระบบสื่อสารวิทยุและทีวี เป็นต้น

รูปที่ 4.6 แสดงการส่งข้อมูลแบบซิมเพล็กซ์

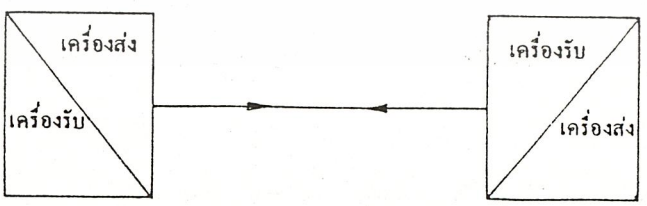
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Halfduplex) : วิธีนี้จะมีวิธีสลับทิศทางการไหลของข้อมูลให้กลับทิศทางกันได้ โดยใช้อุปกรณ์ปลายสายที่พัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถทั้งรับและส่งได้ แต่มีข้อแม้ว่าตัวส่ง/ตัวรับจะทำงานพร้อมกันไม่ได้ในเครื่องเดียวกัน นั่นคือถ้าด้านหนึ่งเป็นเครื่องส่งอีกด้านหนึ่งจะต้องเป็นเครื่องรับ ดังรูป



รูปที่ 4.7 การส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์

3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Fullduplex) : วิธีนี้เป็นวิธีที่สมบูรณ์ที่สุดคือ ทั้งทางด้านส่งสามารถจะทำการส่งและรับข้อมูลพร้อม ๆ กันได้ในเวลาเดียวกัน เช่น ระบบโทรศัพท์ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามอัตราส่งข้อมูล

1. อัตราการส่งข้อมูลต่ำ (Low-speed)

   มีอัตราการส่งข้อมูลไม่เกิน 600 bps

2. อัตราการส่งข้อมูลปานกลาง (Medium-speed)

   มีอัตราการส่งข้อมูลระหว่าง 1200 ถึง 9600 bps

3. อัตราการส่งข้อมูลสูง (High-speed)

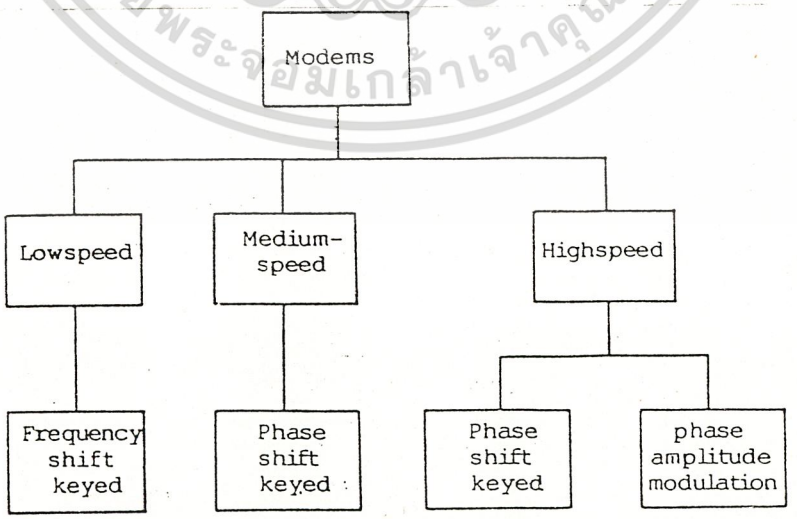
   มีอัตราการส่งข้อมูลมากกว่า 9600 bps

ซึ่งในปัจจุบันโมเด็มที่มีจำหน่ายในตลาดอุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ จะอยู่ใน 3 ชนิดนี้ แต่ในอนาคตอันใกล้นี้เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมีแนวโน้มที่ จะต้องมีโมเด็มประกอบมาในเครื่องอย่างเรียบร้อยแล้ว ซึ่งเรียกว่าเป็น Built In.Modem นั่นเองและในการพัฒนาขั้นต่อไปก็คือ โมเด็มที่ประกอบมากับเครื่องคอมพิวเตอร์จะสามารถปรับอัตราเร็วการส่งข้อมูลได้อีกด้วย ซึ่งเรียกว่า Speed Select built in Modem ในการพัฒนารูปแบบดังกล่าวนี้คงจะมีใช้ในอนาคตอันใกล้นี้

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามเทคนิคการโมดูเลท

1. เฟสชิฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK)
2. ฟรีเควนซี่ชิฟคีย์อิ้ง(Frequency Shift Keying : FSK)
3. เฟสแอมปลิจูดโมดูเลชั่น (Phase Amplitude Modulation: PAM)

สำหรับวิธีการโมดูเลทยังมีเทคนิคอื่น ๆ อีกหลายแบบ แต่ก็ค่อนข้างจะใช้กันน้อย ตามการแบ่งโดยลักษณะต่าง ๆ อาจจะสรุปเป็นไดอะแกรมได้ดังรูป



รูปที่ 4.9 การแบ่งชนิดของโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เข้าใจวิธีการใช้งานและการประยุกต์ใช้งานของโมเด็มแต่ละแบบจึงขอยกตัวอย่างเป็นเรื่อง ๆ ไปดังต่อไปนี้

โมเด็มชนิดอัตราการส่งข้อมูลต่ำ

The Bell 103 Modem:

เป็นโมเด็มชนิดที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Bell-Laboratory สหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ก็มีผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่ทำเลียนแบบคือมีความสามารถเหมือนกับโมเด็ม Bell 103 หรือที่เรียกว่า Bell 103 compatible ซึ่งโมเด็มชนิดนี้จะพบว่ามีการติดตั้งใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรมทั่ว ๆ ไป และอาจจะมีใช้บ้างในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์บางยี่ห้อ สำหรับใน Bell 103 compatible Modem นั้นคุณสมบัติบางอย่างอาจจะขาดหายไป คือไม่คอมแพทกับ Bell 103 ทุกประการ สำหรับความสามารถของ Bell 103 อาจจะสรุปได้ว่าประกอบด้วย

1. สามารถทำงานได้ทั้งเป็นออริจิเนติ้ง (Originating) หรือแอนเซอร์ริ่ง (Answering) หรือ CY lead-Controlled ก็ได้ สำหรับ

Originating หรือ ในระบบโทรศัพท์เรียกว่า เป็นผู้เรียก นั่นเอง

Answering หรือ ในระบบโทรศัพท์เรียกว่า เป็นผู้ตอบรับ

CY lead-Controlledหมายถึงเป็นการทำงานของโมเด็มที่สามารถเปลี่ยนแปลงโหมดของการทำงานเป็นผู้เรียก หรือผู้ตอบรับก็ได้ โดยใช้ซอฟท์แวร์ควบคุมการทำงานผ่าน Rs-232 ขา 11

2. จะยกเลิกการเชื่อมต่อ (ตัดสายโทรศัพท์) ทันทีถ้าสัญญาณ incoming carrier หายไป

3. สามารถที่จะสร้างสัญญาณเอาท์พุทให้มีระดับตามที่ต้องการได้ และสามารถปรับให้มีอัตราส่วนของสัญญาณข้อมูลต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-noise ratio) และคุณลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าตามที่ต้องการได้

4. สามารถสร้างระดับเสียง (tone) หรือสัญญาณพัลส์ที่ถูกต้องเพื่อใช้ในการเรียก/ต่อโทรศัพท์ไปยังสถานที่ไกล ๆ ได้ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวนี้จะต้องสอดคล้องกับสัญญาณที่ใช้ในเครือข่ายโทรศัพท์ หรือ PSTN (Package Switch Telephone Network) การทำงานในลักษณะนี้เรียกว่าเป็นการทำงานแบบเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติ (Auto dial)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มีความสามารถที่จะใช้ซอฟท์แวร์ควบคุมการบ่งบอกสถานะขณะนั้น ๆ เพื่อตอบรับต่อการเรียกที่เรียกเข้ามาว่า ขณะนี้โทรศัพท์ไม่ว่าง

นอกจากคุณลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว Bell 103 โมเด็มยังสามารถใช้งานร่วมกับการทำงานที่เป็นข้อยกเว้นพิเศษของสัญญาณควบคุมตามมาตรฐาน Rs-232-C ได้อีกด้วย

เทคนิคโมดูเลชั่น

การกำหนดความถี่ของด้านผู้เรียกกับผู้ตอบรับ

จากข้างต้นเราได้กล่าวถึงแล้วว่า สัญญาณดิจิตอลประกอบด้วยสัญญาณ 2 สถานะคือ ϕ กับ 1 ดังนั้นระดับโวลเตจหนึ่งแทน ϕ อีกระดับโวลเตจหนึ่งก็จะแทนด้วย 1 เช่นกัน จึงได้มีการกำหนดความถี่ของสัญญาณเพื่อใช้แทนระดับโวลเตจของทางด้านผู้เรียกกับผู้ตอบรับ ซึ่งต้องใช้ต่าง ๆ กัน 4 ความถี่เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ(ในกรณีที่มีการสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์) โดยทางด้านส่ง จะต้องใช้ความถี่ของสัญญาณ 2 ค่า เพื่อแทนโวลเตจระดับ 1 กับระดับ ϕ และทางด้านรับก็เช่นเดียวกัน แต่ความถี่อีก 2 ค่าที่ใช้จะต่างกัน ในกรณีของ Bell-103 ได้มีการกำหนดความถี่ของสัญญาณที่ใช้ไว้ดังนี้คือ

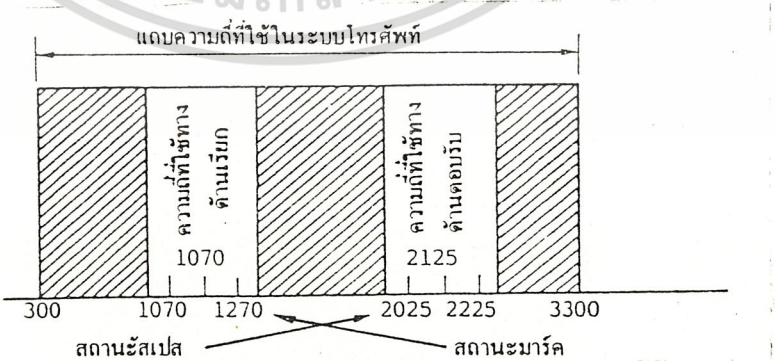
ความถี่ 1070 Hz สำหรับทางด้านส่ง แทนลอจิก ϕ

ความถี่ 1270 Hz สำหรับทางด้านส่ง แทนลอจิก 1

ความถี่ 2025 Hz สำหรับทางด้านรับ แทนลอจิก ϕ

ความถี่ 2225 Hz สำหรับทางด้านรับ แทนลอจิก 1

โดยแสดงเป็นแถบความถี่ได้ดังรูป



รูปที่ 4.10 แสดงแบนด์วิดท์ของความถี่ที่กำหนดให้ใช้ในโมเด็มชนิด Bell-103 โดยใช้งานร่วมกับ PSTN ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าในโมเด็มจะประกอบไปด้วยออสซิลเลเตอร์ที่ กำเนิดสัญญาณพาหะ (Carrier) ด้วยความถี่ 1270 Hz และ 1070 Hz โดยที่ออสวิลเลเตอร์ตัวบนจะทำงานเมื่อสัญญาณที่เข้ามามีระดับโวลเตจเกิน 5 โวลต์ ส่วนออสซิลเลเตอร์ตัวล่างจะทำงาน และตัวบนจะหยุดทำงานเมื่อระดับโวลเตจของสัญญาณที่เข้ามาเกินกว่า +5 โวลต์ เมื่อรับเอาท์พุทที่ออกจากพอร์ท RS 232-C เข้ามายังอินพุทของออสซิลเลเตอร์ ก็จะสามารถทำให้ออสซิลเตอร์ทั้งสองตัวทำงานได้ดังนี้

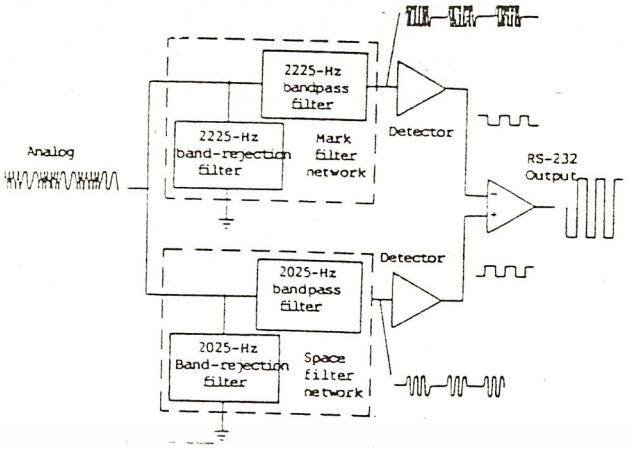
เมื่อสัญญาณที่ผ่านพอร์ท Rs-232-C เข้ามามีระดับโวลเตจเท่ากับ -12 โวลต์ ออสซิลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1270 Hz ก็จะทำงานต่อออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1070 Hz หยุดทำงาน เราทราบแล้วว่าระดับโวลเตจ -12 V จะแทนลอจิก 1 นั่นเอง ดังนั้นจากรูป จะแสดงถึงการแปลงสัญญาณจากพอร์ท RS 232-C ที่แทนลอจิก 1 ไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่แทนลอจิก 1 เช่นกัน

สำหรับในกรณีที่สัญญาณข้อมูลที่จะส่งมีระดับโวลเตจเป็น +12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิต ความถี่ 1070 Hz ก็จะทำงานแทน และทำการผลิตสัญญาณที่แทนลอจิก ϕ ออกมา หลังจากนั้นจึงทำการรวมสัญญาณเอาท์พุทจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองตัวเข้าด้วยกัน โดยทำนเข้าไปยังอินพุทของอ็อปแอม (Operational Amplifier) ก็จะทำให้ได้สัญญาณที่เอาท์พุทเป็นสัญญาณโมดูเลททันที จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณข้อมูลก็ยังมีลอจิกเป็น 1 ก็จะมีความถี่ของสัญญาณเป็น 1270 Hz และถ้าเป็นลอจิก ϕ จะมีความถี่เป็น 1070 Hz

โมเด็มรีซีฟเวอร์ (Modem Receiver)

เมื่อสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมเด็มทางด้านส่งผ่านขบวนการโมดูเลทแล้ว เมื่อมาถึงโมเด็มทางด้านรับ สัญญาณเหล่านี้ก็จะผ่านขบวนการดีโมดูเลทแยกเอาสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณข้อมูลแล้วผ่านสัญญาณข้อมูลไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 โครงสร้างการทำงานของโมเด็มรีซีฟเวอร์

จากรูปจะแสดงถึงวิธีการในการแปลงสัญญาณอนาล็อก(ที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์เข้ามา) กลับไปเป็นสัญญาณที่จะส่งต่อผ่านเข้าไปยังพอร์ท RS-232-C ต่อไป เราทราบแล้วว่าโมเด็มทางด้านรับจะแทนสัญญาณลอจิก 1 ด้วยความถี่ 2225 Hz และแทนสัญญาณลอกจิก ϕ ด้วยความถี่ 2025 Hz ดังนั้นในรูปที่ 5010 ข้างต้น จึงได้แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในโมเด็มทางด้านรับ จะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์แล้วต่อเข้าที่อินพุทของโมเด็มนั้นเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่สองความถี่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการแยกความถี่ของสัญญาณนี้ออกจากกันก่อน โดยผ่านวงจรฟิลเตอร์ ประกอบด้วยความถี่หลาย ๆ ค่าออกจากกัน แล้วส่งต่อไปยังส่วนของวงจรที่ทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่นั้นเพียงค่าเดียวต่อไป

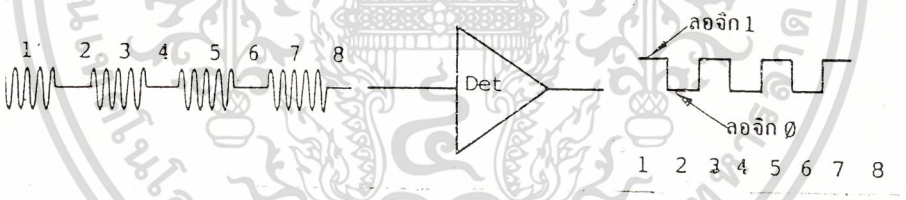
จากรูป วงจรส่วนบนประกอบด้วย วงจรฟิลเตอร์สองวงจรแยกกัน โดยทำการกรองเอาความถี่ค่าอื่น ๆ ออกไป ยกเว้นสัญญาณความถี่ 2225Hz และแถบความถี่แคบ ๆที่ใกล้เคียงกับ 2225 Hz ซึ่งหมายความว่าสัญญาณที่รับเข้ามานั้น ถ้ามีความถี่เป็นค่าอื่น ๆ นอกจาก 2225 Hz แล้ว ก็จะผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้แล้วไหลลงจุดกราวด์ไป (เอาท์พุทของแบนด์รีเจคชั่นฟิลเตอร์ จะต่อลงจุดกราวด์ บางทีจึงเรียกว่า Notch Filter) ส่วนสัญญาณความถี่ 2225 Hz ซึ่งผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้ไม่ได้ก็จะผ่านเข้าไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์(Bandpass Filter) ต่อไป ซึ่งการทำงานของแบนด์พาสฟิลเตอร์นี้ก็คือ จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ 2225 Hzเท่านั้นที่ผ่านไปได้ส่วนสัญญาณความถี่อื่นก็จะถูกกรองเอาไว้ ดังนั้นวงจรฟิลเตอร์ส่วนบนก็มีการทำงานเพื่อต้อง การกรองเอาสัญญาณความถี่ 2225 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์นั่นเอง

ส่วนในกลุ่มวงจรฟิลเตอร์ส่วนล่างนั้นก็มีการทำงานในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีการทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่เป็น 2025 Hz คือการทำงานผลสุดท้ายก็เพื่อต้องการกรองเอาความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ใช้ 2025 Hz ไว้ แล้วปล่อยให้สัญญาณความถี่ 2025 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์

เมื่อได้กรองเอาความถี่ที่ต้องการคือ ความถี่ 2225 Hz (ซึ่งแทนลอจิก 1) และความถี่ 2005 Hz (แทนลอจิก ϕ) ได้แล้ว ก็จะต่อเอาท์พุทของฟิลเตอร์แบนด์พาสแต่ละตัวเข้ากับวงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่า "ดีเทคเตอร์" (Detector) หน้าที่ของวงจรดีเทคเตอร์ก็คือการทำดีโมดูเลทสัญญาณ (หลักการดีโมดูเลทได้กล่าวถึงแล้วตอนต้นบท) เพื่อแยกเอาสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน แล้วจึงผ่านเอาสัญญาณข้อมูลไปใช้ จากในวงจรรูปที่ เมื่อมีสัญญาณรูปไซน์ (Sine wave) ผ่านเข้าไปยังวงจรดีเทคเตอร์ ก็จะสร้างระดับแรงดันเอาท์พุทเป็นบวกออกมา แต่ในขณะที่ไม่มีสัญญาณไซน์ป้อนเข้ามา ระดับแรงดันเอาท์พุทของดีเทคเตอร์ก็จะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือการทำงานดังรูป



รูปที่ 4.12 การทำงานของดีเทคเตอร์

ซึ่งจะหมายความว่าที่ช่วงสัญญาณ 1,3,5 และ 7 ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณไซน์เป็น 2225 Hz เมื่อผ่านวงจรดีเทคเตอร์ออกมาก็จะมีระดับลอจิก 1 ส่วนในช่วงสัญญาณ 2,4,6 และ 8 เมื่อผ่านดีเทคเตอร์ออกมาจะมีระดับลอจิกเป็น ϕ จากรูป เราจะสังเกตเห็นว่าดีเทค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

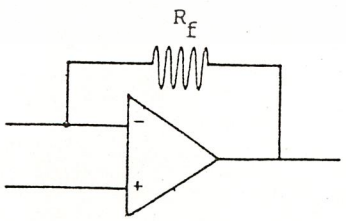
เตอร์แต่ละตัวมีการทำงานเพื่อสร้างสัญญาณดิจิตอลโดยมีเฟสของสัญญาณต่างกันคือ วงดีดีเทคเตอร์ตัวบนจะสร้างสัญญาณลอจิก 1 อกมาก็เมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ MARK หรือลอจิก 1 หรือมีความถี่ 2225 Hz แต่วงจีดีเทคเตอร์ตัวล่างจะสร้างสัญญาณลอจิก 1 ออกมาก็ต่อเมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Space หรือ ลอจิก ϕ หรือความถี่ 2025 Hz เป็นต้น

ในส่วนของวงจรภาคต่อไปก็จะเป็นการรวมเอาสัญญาณดิจิตอลจากเอาท์พุทของดีเทคเตอร์เข้าด้วยกันโดยใช้ออฟแอมป์ (Operational Amplifier) ซึ่งทำหน้าที่ของออฟแอมป์หรือ op-Amp นี้ก็คือทำการรวมสัญญาณดิจิตอลจากสองแหล่งเข้าด้วยกัน แล้วเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานที่สามารถส่งผ่านพอร์ท Rs-232-C (+12 โวลต์) ซึ่งวิธีการในการเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวนี้ก็โดยการต่อเอาท์พุทของสเปส (Space) ดีเทคเตอร์ (หรือดีเทคเตอร์ตัวล่าง) เข้ากับขา + หรือขานอนอินเวิทติ้ง (Non inverting) ของ op-Amp และต่อเอาท์พุทของมาร์ค (MARK) ดีเทคเตอร์ (ดีเทคเตอร์ตัวบน) เข้ากับขาอินเวอร์ติ้ง หรือขาลบของ op-Amp ซึ่ง op-Amp จะสร้างสัญญาณเอาท์พุทขึ้นมาโดย

- เมื่อเอาท์พุทของสเปสดีเทคเตอร์ แอคทีฟ,op Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า + ขึ้นที่เอาท์พุท

- เมื่อเอาท์พุทของมาร์กดีเทคเตอร์ แอคทีฟ,op Amp จะสร้างระดับแรงดันค่าขึ้นที่เอาท์พุท

นอกจากนี้อาจจะมีการใช้เทคนิคการฟีดแบ็ค (Feedback)โดยต่อตัวต้านทานฟีดแบ็คเข้าขานอนอินเวอร์ทติ้งของ op Amp เพื่อทำให้การปรับเกน (Gain) ของระบบดีขึ้น สามารถสร้างสัญญาณระดับแรงดันจากยอดถึงยอด (peak to peak) เท่ากับ 24 โวลต์ (จาก -12 ถึง +12 โวลต์) ได้ดังรูป



รูปที่ 4.13 การต่อตัวต้านทานฟีดแบ็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีผลถึงการต่อสัญญาณข้อมูลไปใช้ส่งผ่านพอร์ท Rs-232-C ได้ดีขึ้น โมเด็มชนิด Bell 103 ได้ดีพอควร และในหัวข้อต่อไปจะได้กล่าวถึงหลักการทำงานของโมเด็มชนิดความเร็วปานกลางและความเร็วสูงต่อไป

โมเด็มชนิดความเร็วปานกลางและความเร็วสูง

การประยุกต์ใช้งาน

ในหัวข้อก่อน เราได้ทราบแล้วว่า โมเด็มชนิดความเร็วต่ำนั้น ส่วนใหญ่จะใช้ในการเชื่อมต่อหรืออินเตอร์เฟส (Interface) ระหว่างอุปกรณ์ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ เช่น เครื่องพิมพ์เข้ากับคอมพิวเตอร์ หรือระหว่างคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน แต่ในการทำงานของโมเด็มชนิดนี้ต้องเสียเวลามาก เช่น ถ้าใช้ส่งข้อมูลในไฟล์หนึ่ง ๆ ขนาดหน่วยความจำ 56 kbytes โดยมีอัตราส่งข้อมูล 600 บิทต่อวินาที จะต้องใช้เวลานานถึง 15 นาที แต่ในการส่งด้วยอัตราเร็วขนาดนี้จะไม่เกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลขึ้นหรือไม่มีความจำเป็นในการส่งซ้ำ (retransmission) แต่ในการใช้งานแล้วการใช้เวลาการทำงานของโมเด็มน้อยที่สุดย่อมก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการประยุกต์ใช้งานในระบบต่าง ๆ มีการส่งผ่าน,แลกเปลี่ยนข้อมูลกันตลอดเวลา โมเด็มชนิดความเร็วต่ำย่อมจะไม่เหมาะในการใช้งาน และสำหรับระบบใหญ่ ๆ ที่มีการอินเตอร์เฟสผ่านระบบโทรศัพท์สาธารณะและเครือข่าย (network) ย่อมจำเป็นอย่างมากที่ต้องการความเร็วของการส่งผ่านข้อมูลสูง ดังนั้นในหัวข้อต่อ ๆ ไปจะใช้กล่าวถึงระบบของโมเด็มชนิดความเร็วปานกลางและสูง เป็นลำดับ ๆ ไป

เทคนิคการโมดูเลท

เทคนิคต่าง ๆ ที่มีการนำมาใช้งานในอุปกรณ์โมเด็มก็เพื่อทำให้โมเด็มสามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราการส่ง (บิทต่อวินาที)ที่สูงขึ้น สำหรับโมเด็มที่ใช้เทคนิคการโมดูเลทแบบ FSK นั้นจะมีอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดเพียง 600 บิทต่อวินาทีเท่านั้น

เทคนิคการโมดูเลทที่ใช้ในโมเด็มชนิดอัตราการส่งข้อมูลปานกลาง และสูงนั้นจะมีข้อยุ่งยากขึ้นมาอีกขั้นหนึ่งคือ การโมดูเลทแบบ AM หรือแอมปลิจูดโมดูเลชั่น (Amplitude Modulation) และแบบ FM หรือฟรีเควนซี่ โมดูเลชั่น (Frequency Modulation) ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคการโมดูเลทที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไปในการส่งกระจายคลื่นของสถานีวิทยุกระจายเสียงต่าง ๆ แต่การนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์โมเด็มนั้น จะต้องใช้ร่วมกับเทคนิคการโมดูเลทแบบอื่น ๆ เช่น เฟสโมดูเลชั่น (Phase Modulation) หรือ PM. แต่ก่อนอื่นเราจะมาทำความเข้าใจกับวิธีการของ AM และ FM เสียก่อน ก่อนที่จะกล่าวละเอียดไปถึง PM

แอมปลิจูดโมดูเลชั่น (AM)

เป็นเทคนิคการโมดูเลทสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณพาหะ (Carrier Signal) ซึ่งเป็นสัญญาณรูปไซน์ (Sine Wave) ที่มีความถี่สูง ทำให้สัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทแล้วมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพาหะตามแอมปลิจูด (ความสูงของสัญญาณ) ของสัญญาณเสียงแต่ความถี่ของสัญญาณพาหะยังคงที่ ดังรูป

รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะของสัญญาณตามวิธีแอมปลิจูดโมดูเลชั่น

(a) สัญญาณพาหะ (Carrier)

(b) สัญญาณเสียงที่จะนำเข้าไปโมดูเลท

(c) สัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งถ้าลองนึกเทียบกับสัญญาณเสียงที่กระจายคลื่นของสถานีวิทยุก็จะทำให้เข้าใจหลักการได้ดียิ่งขึ้นคือ ตามธรรมชาติเสียงพูดของมนุษย์จะมีย่านความถี่ต่ำในช่วง 300 Hz ถึง 3400 Hz (กิโลเฮริตซ์) เท่านั้น ถ้าเราสัญญาณเสียงพูดนี้ส่งออกกระจายเสียงไปเลย ก็จะพบว่าการส่งกระจายคลื่นจะอยู่ในพื้นที่แคบ ๆ เท่านั้นไม่สามารถส่งออกไปไกล ๆ ได้ดังนั้นจึงได้เกิดเทคนิคขึ้นมาว่า ถ้าเราสามารถนำเอาสัญญาณอีกชุดหนึ่ง ซึ่งมีความถี่สูง ๆ มาผสมเข้ากับสัญญาณเสียงจะทำให้ดูเหมือนว่าสัญญาณเสียงซ้อนไปบนสัญญาณที่นำเข้ามารวมโดยเราทราบแล้วว่าสัญญาณที่มีความถี่สูงสามารถเดินทางไปได้ระยะทางไกลกว่า ดังนั้นเมื่อเราเอาสัญญาณเสียงผสมเข้ากับสัญญาณความถี่สูงนั้น ก็จะทำให้สามารถพาสัญญาณเสียงเดินทางไปได้ระยะทางไกลมากขึ้น

จุดสำคัญของการโมดูเลทชนิดนี้ก็อยู่ที่ "แอมปลิจูดเปลี่ยนแปลง แต่ความถี่คงที่" ในกรณีนี้จะขอไม่กล่าวถึงสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอาจจะทำให้เกิดความสับสนได้ง่าย

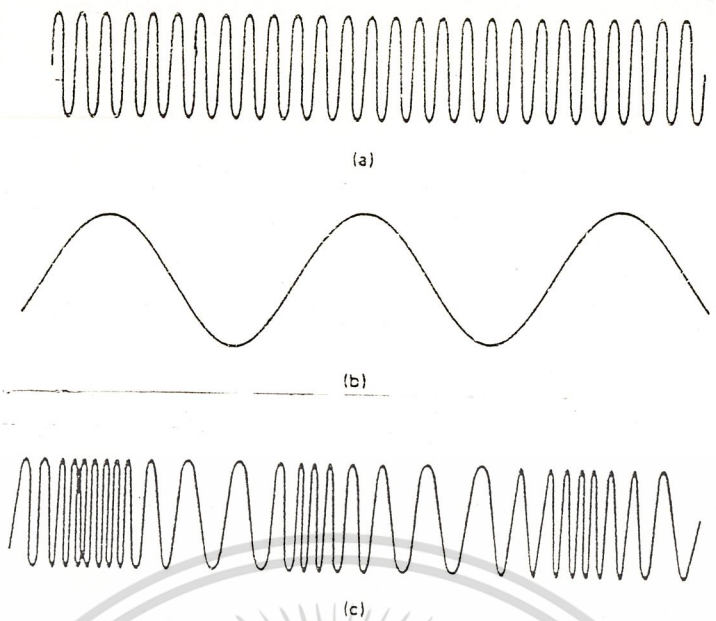
นอกจากนี้รายละเอียดอื่น ๆ ของแอมปลิจูดโมดูเลชั่น ยังมีอีกมากมายซึ่งไม่อาจจะกล่าวได้หมดในที่นี้ เช่น การใช้เทคนิคของการตัดสัญญาณพาหะออกไปซึ่งเรียกว่า Suppress Carrier เช่น ในระบบการส่งกระจายคลื่นแบบ Double Sideband Suppress Carrier (DSB-SC) และ Single Sideband Suppress Carrier (SSB-SC)ซึ่งเป็นเทคนิคอื่น ๆ ที่ไม่อาจจะกล่าวละเอียดให้หมดในที่นี้ได้

สำหรับหลักการทำงานของโมเด็มที่ใช้เทคนิคการโมดูเลทแบบ AM นั้น ในส่วนของวงจรทางด้านส่งจะต้องทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อกก่อน โดยใช้ D/A converter (Digital convert to Analog) แล้วผ่านขบวนการโมดูเลทส่งออกไปส่วนในโมเด็มทางด้านรับ Converter (Analog to Digital Converter) เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งเข้าเทอร์มินัลใช้งานต่อไป

ฟรีเควนซีโมดูเลชั่น (Frequency Modulation : FM)

หลักการของการโมดูเลทางความถี่นี้จุดสำคัญอยู่ที่ "แอมปลิจูดของสัญญาณจะคงที่แต่ความถี่ของสัญญาณพาหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมปลิจูดของสัญญาณที่นำเข้าโมดูเลท (Modulating Signal)" ดังรูป

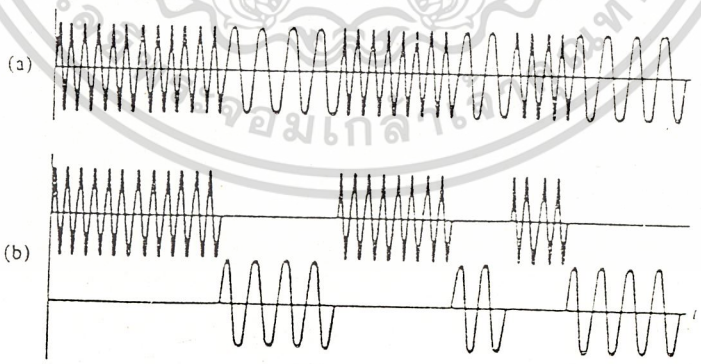
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ฟรีเควนซีโมดูเลชัน

Frequency-Shift Keying (FSK)

หลักการ : ความถี่ของสัญญาณพาหะจะแปรเปลี่ยนตามสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามาคือ ค่าสัญญาณมีระดับลอจิกเป็น 1 ความถี่ของสัญญาณพาหะจะสูงขึ้น แต่ค่าสัญญาณมีระดับลอจิกเป็น 0 ความถี่ของสัญญาณพาหะจะลดลง ดังรูปโดยเราสามารถแยกข้อแตกต่างของ FSK จาก FM ได้ว่า ในขบวน FSK คลื่นพาหะอาจจะมีความถี่ของคลื่นได้มากกว่า 2 ความถี่ แต่ใน FM จะมีความถี่ของคลื่นพาหะได้เพียง 1 ความถี่ เท่านั้น



รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณที่ได้จากเทคนิค FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าเราสามารถจะแยกสัญญาณ FSK ออกเป็นสัญญาณ Amplitude Shift keying (ASK) ได้สองสัญญาณ ซึ่งรายละเอียดอื่น ๆ ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

Phase Shift Keying (PSK)

หลักการ : เฟสของสัญญาณพาหะจะเปลี่ยนไปตามสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามาคือ ถ้าระดับลอจิกของสัญญาณเปลี่ยนจาก ϕ ไปเป็น 1 เฟสของสัญญาณพาหะก็จะเปลี่ยนไป 90 องศา

จากรูปที่ จะเห็นว่าเฟสของสัญญาณหลังจาก 180 องศา แล้วควรจะเป็น 270 องศา แต่สัญญาณจะกลับเฟสไปเป็น 90 องศา แทน เช่นที่เวลา Ts(1) และที่เวลา Ts(2) เฟสของสัญญาณในช่วงต่อไปควรจะเป็น 180 องศา แต่ปรากฏว่าเฟสของสัญญาณกลับมีค่าเป็น ϕ องศา เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่าการเลื่อนเฟสจะมีค่าเป็น 90 องศานั่นเอง

ในลักษณะเช่นนี้ ถ้าเราสามารถเลื่อนเฟสของสัญญาณไซน์ออกไปเป็นค่าต่าง ๆ เช่น อาจจะต่าง ๆ กันสี่ค่า ประสิทธิภาพของโมเด็มย่อมจะสูงขึ้น ซึ่งในโมเด็มชนิดที่ใช้เทคนิค PSK ก็ใช้หลักการนี้เช่นกัน เช่นในโมเด็ม Bell 201 B มีการเลื่อนสัญญาณไปเป็น 45,135,225 และ 315 องศา ซึ่งค่าของเฟสที่เลื่อนไปจะสัมพันธ์กับการรวนรอบของเฟสอื่น ๆ ด้วย มุมเฟสต่าง ๆ กันทั้ง 4 ค่านี้จะใช้แทนบิทข้อมูลได้ 2 บิท (แทนที่จะเป็น 1 บิทเช่นใน FSK) คือเป็นค่า 00,01,10 และ 11 ตามลำดับ ซึ่งการเรียงบิทในลักษณะนี้เรียกว่า dibits ซึ่งมีผลดีคือเป็นเทคนิคที่ทำให้สามารถเพิ่มอัตราโบดได้สูงยิ่งขึ้น เช่น ถ้าโมเด็มสามารถส่งข้อมูลในอัตรา 600 dibits/ วินาที (600 โบด) ก็จะมีค่าเท่ากับโมเด็มส่งข้อมูลด้วยอัตรา 1200 บิท/วินาที ในปัจจุบันขีดความสามารถของโมเด็มได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมาก เช่น โมเด็มรุ่น Bell 201C มีความสามารถในการเลื่อนมุมเฟสได้ต่าง ๆ กันถึง 8 ค่า ซึ่งในมุมเฟสค่าหนึ่งใช้แทนบิทข้อมูลได้ 3 บิท ในกรณีนี้อัตราการส่งข้อมูลยิ่งสูงขึ้นอย่างมาก สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 4800 บิท/วินาที เช่นในกรณีที่มีอัตราของสัญญาณในสายส่ง (Line Signaling rate) มีค่าเป็น 1600 โบด โมเด็มจะมีอัตราการส่งข้อมูลได้ถึง 4800 บิท/วินาที ซึ่งผู้อ่านจะสับสนระหว่างอัตราบิทต่อวินาที, อัตราโบด และอัตราสัญญาณในสายส่ง ดังนั้นจึงได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

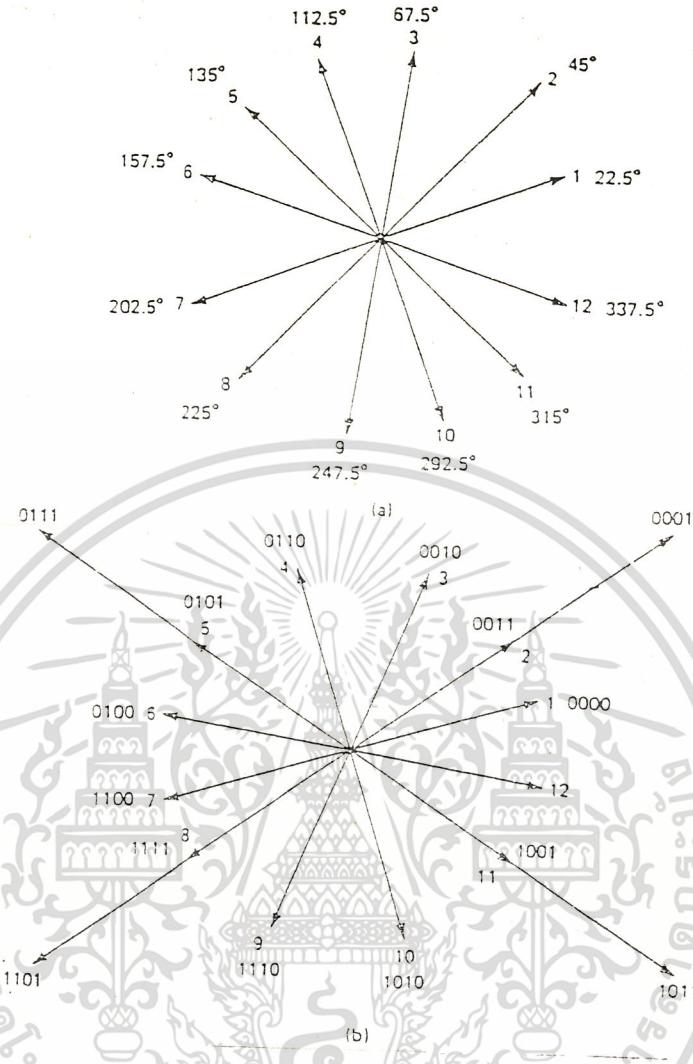
ตารางที่ 4.3

Modulation technique	Line Signaling rate, bauds	Bit rate, bps
FSK	n(300)	n(300)
Dibits	n(1200)	2n(2400)
Tribits	n(1200)	8n(9600)
Quadbits	n(1200)	16n(19,200)

Phase Amplitued Modulation (PAM)

เป็นเทคนิคที่เกิดจากการรวมเอาสัญญาณโมดูเลทที่เกิดจากเทคนิค PSK และ AM เข้าด้วยกัน ทำให้ได้อัตราการส่งสูงขึ้นคือสามารถส่งบิทข้อมูลได้ถึง 16 แบบต่าง ๆ กันดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



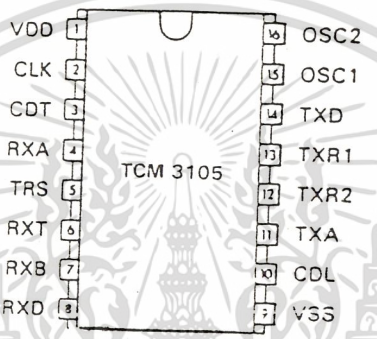
รูปที่ 4.17 PAM a) มุมเฟสต่าง ๆ กัน 12 มุม
b) การเข้ารหัสขนาด 4 บิท

ในรูปที่ 4.17 จะเห็นว่ามีการแบ่งมุมเฟสออกเป็น 12 มุม สำหรับใช้ในการโมดูเลทแบบ PAM และถ้าเราเพิ่มขนาดของแอมปลิจูดให้แก่มุมเฟส 4 มุม จากทั้งหมดทำให้มุมเฟส 4 มุมที่เราเพิ่มแอมปลิจูดเข้าไปนั้น มีแอมปลิจูดถึง 2 ค่า ดังนั้นเกิดมุมเฟสขึ้นอีก 4 ค่า รวมเป็น 16 ค่า ดังรูป ซึ่งมุมเฟสแต่ละค่าก็ถูกใช้ในการแทนข้อมูลกลุ่มหนึ่ง เพราะฉะนั้นจึงสามารถแทนกลุ่มข้อมูลได้ทั้งหมด 16 แบบต่าง ๆ กัน ดังนั้นเทคนิควิธีนี้จึงทำให้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้นถึง 9600 บิทต่อวินาที ส่วนใหญ่โมเด็มประเภทนี้จะใช้กับการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM 3105

TCM 3105 เป็น IC ที่ทำหน้าที่เป็นโมเด็มแบบ Frequency shift keying สามารถใช้งานโดยเซ็ตให้เป็นไปตามมาตรฐาน CCITT V 23 หรือ BELL 202 ได้ สามารถส่งข้อมูลได้โดยใช้ความเร็วสูงถึง 1200 bauds ลักษณะโครงสร้างเป็นชิพแบบ CMOS โดยมี 16 ขา โครงสร้างภายนอกมีลักษณะดังรูป



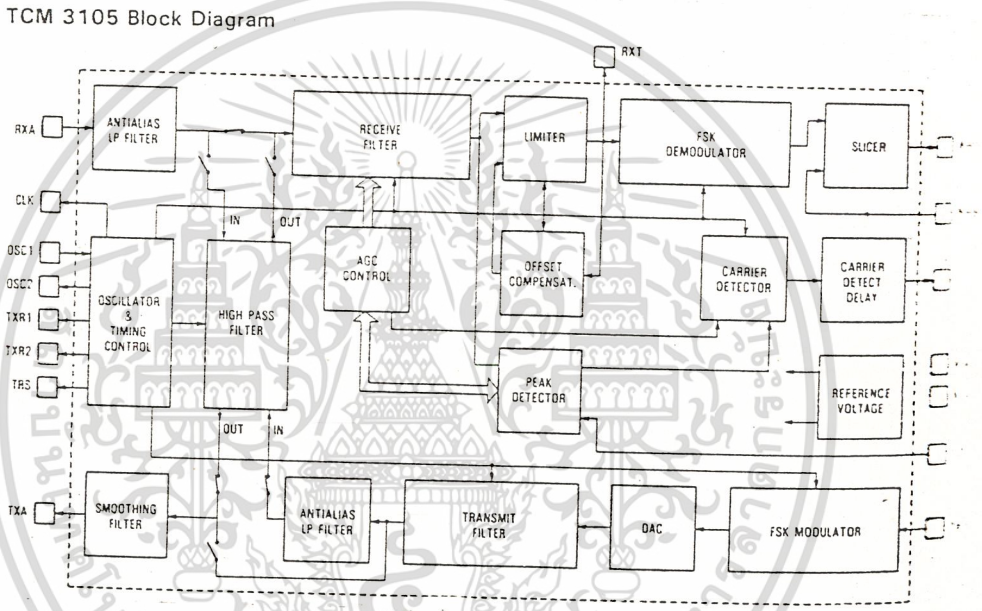
รูปที่ 4.18 ลักษณะภายนอกของ TCM 3105

ขาที่สำคัญได้แก่

ขา 1	VDO	สัญญาณไฟบวก
ขา 9	VSS	สัญญาณไฟลบ
ขา 5	TRS	ใช้เซ็ตบิทเรทและความถี่ของสัญญาณมาร์คและสเปส
ขา 12	TXR2	
ขา 13	TXR1	
ขา 4	RXA	รับสัญญาณอนาล็อกเข้ามาดีโมดูเลท
ขา 8	RXD	ส่งสัญญาณดิจิตอลที่ดีโมดูเลทแล้วออกไป
ขา 11	TXA	ส่งสัญญาณอนาล็อกที่โมดูเลทแล้วออกไป
ขา 14	TXD	รับสัญญาณดิจิตอลมาโมดูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะบล็อกไดอะแกรมภายในของ TCM 3105 มีลักษณะดังนี้



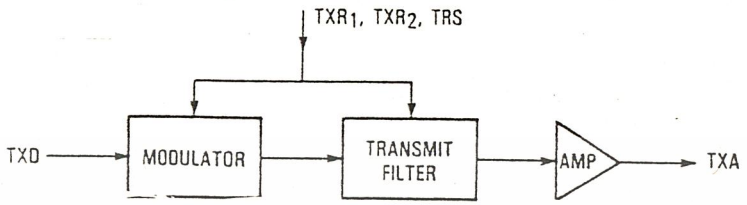
รูปที่ 4.19 บล็อกไดอะแกรม

การทำงานของ TCM 3105

ภาคส่ง

หมายถึง ภาคที่คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลมาให้โมเด็ม เมื่อโมเด็มทำการโมดูเลทแล้วก็จะส่งต่อไปยังเครื่องส่งวิทยุ ส่วนประกอบของเครื่องส่งนี้ประกอบไปด้วย มอดูเลเตอร์ ฟิลเตอร์ และแอมปลิไฟเออร์ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



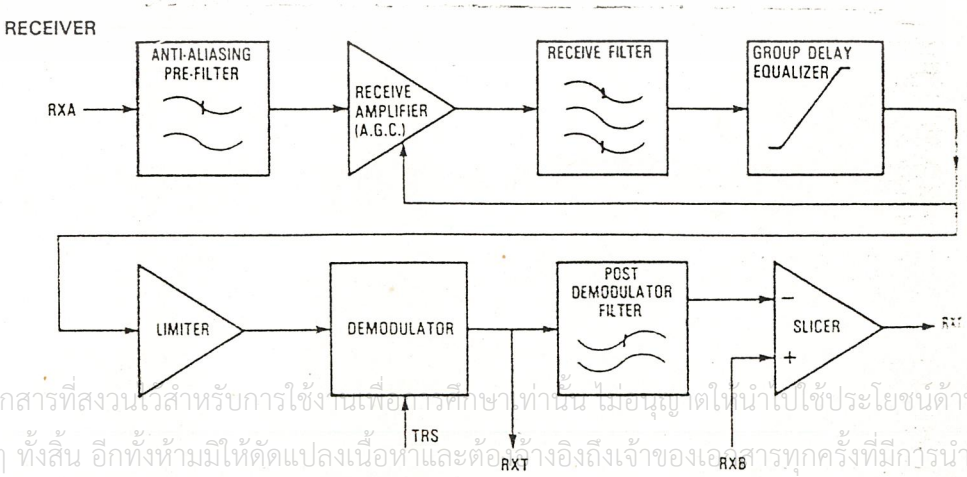
รูปที่ 4.20 ส่วนประกอบของภาคส่ง

ตัวมอดูเลเตอร์เป็นมอดูเลเตอร์ ที่กำหนดความถี่ของเอาท์พุทได้โดยทำการนำค่าที่แตกต่างกันมาหารจากค่า 4.4336 MHz ของมาสเตอร์คล็อก ตัวหารสามารถกำหนดได้โดยเซ็ต ค่าสัญญาณที่ขา TRS TXR1 TXR2 และ TXD

ฟิลเตอร์เป็นฟิลเตอร์ที่กำหนดค่าได้จากขา TRS TXR1 และ TXR2 ใช้สำหรับกำจัดสัญญาณฮาร์โมนิคที่จะออกมาที่เอาท์พุท แล้วสัญญาณจะถูกส่งไปขยายที่แอมปลิไฟเออร์ออกที่ขา TXA

ภาครับ

หมายถึง ภาคที่รับสัญญาณอนาล็อกวิทยุแล้วเปลี่ยนให้เป็นดิจิตอลส่งไปยังคอมพิวเตอร์การดีโมดูเลทสัญญาณ ใช้หลักการเปลี่ยนความถี่เป็นโวลต์เตจ ภาครับนี้ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.21 ส่วนประกอบของภาครับ

anti-aliasing pre-filter เป็น low pass filter ที่ใช้ป้องกันการ aliasing จากส่วนประกอบความถี่สูงในสัญญาณอินพุท

receive amplifier เป็นแอมปลิไฟเออร์ที่สามารถปรับ gain ได้ เพื่อให้ได้ขนาดของสัญญาณที่เหมาะสม เพื่อส่งให้ receive filter

receive filter ใช้ปรับขนาดแบนด์วิดของสัญญาณให้เหมาะสม

group delay equalizer ใช้ทำให้สัญญาณมีเฟสและการลดทอนต่าง ๆ ถูกต้องส่งไปยังlimiter

demodulator เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วิธีเปลี่ยนความถี่ให้เป็นโวลต์เตจ ซึ่งจะถูกส่งไปผ่านฟิลเตอร์ตัวสุดท้ายคือ post demodulator filter สัญญาณที่เป็นโวลต์เตจนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณ threshold ที่ตัว silicer ซึ่งเป็น compareter สัญญาณ threshold ได้มาจากขา RXB ซึ่งสามารถปรับค่าได้ เอาท์พุทของ silicer เป็นสัญญาณไบนารี่ส่งออกไปยังขา RXD

ความถี่ของสัญญาณมาร์คและสเปสขึ้นกับมาตรฐานและบิทเรทที่เซ็ทไว้ ดังตารางต่อไปนี้

Frequency assignments

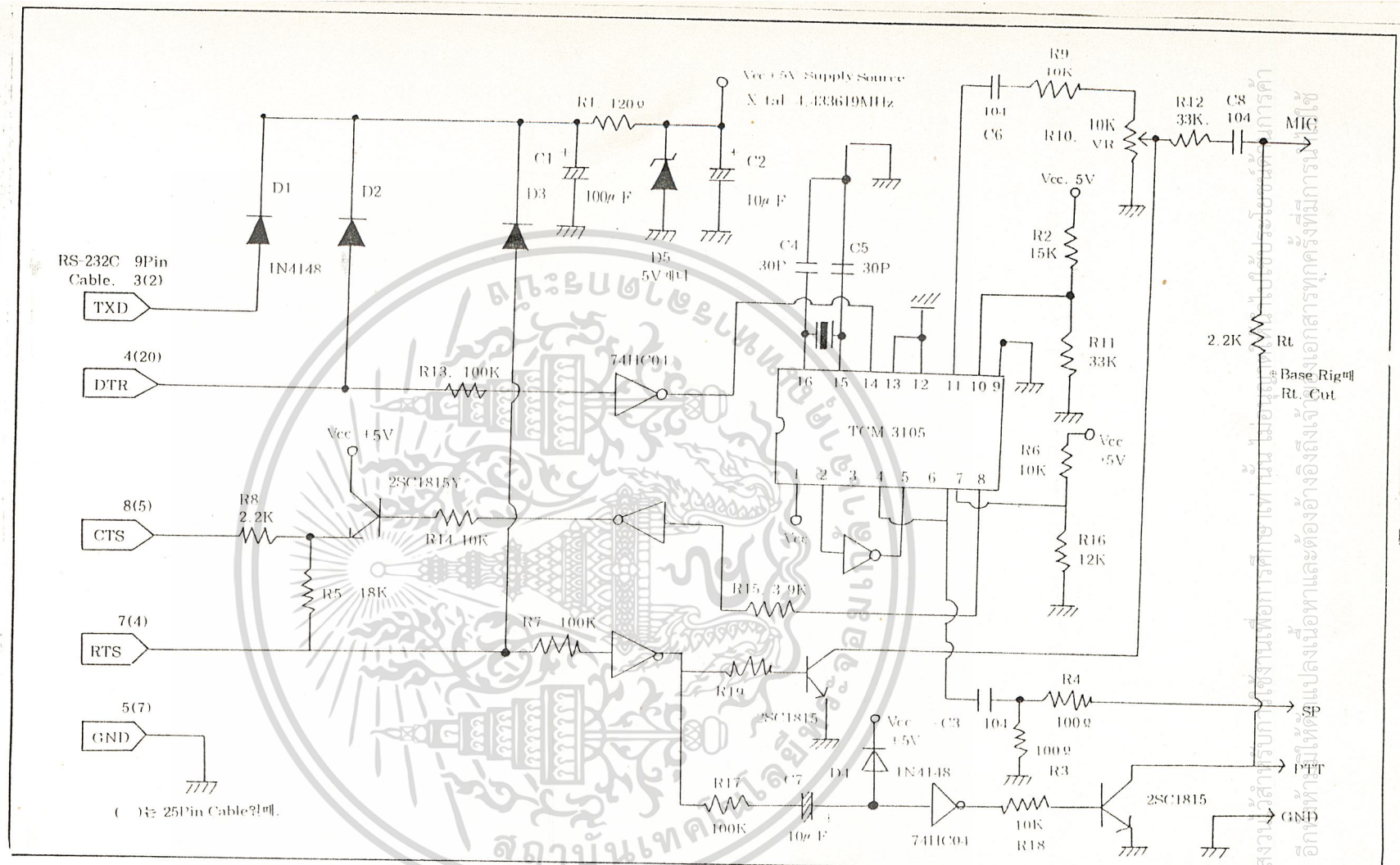
STANDARD	TRANSMITTED BIT RATE (b/s)	TXD	TRANSMITTED FREQUENCY (Hz)	
CCITT V23	75	1	M	390
		0	S	450
	600	1	M	1300
		0	S	1700
	1200	1	M	1300
		0	S	2100
BELL 202	150	1	M	387
		0	S	487
	1200	1	M	1200
		0	S	2200
	5	See note 1	M	387
			S	0

NOTE 1 : In this mode the modulation is controlled by the TRS and TXR2 inputs
i.e. TRS = CLK & TXR2 = 0 TXD = 1 TXA =387 Hz
TRS = 1 & TXR2 = 1 TXD = 1 or 0, TXA = 0 Hz

ตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ใช้งานจริงของโปรแกรมสถานีวิทยุสมัครเล่น



<표 1> 부품명세서

D1 ~ D4: IN4148	X tal: 4.433619 MHz	C3: 104	C8: 104	R4: 100Ω	R9: 10K	R14: 10K	R19: 22K	
D5: 5.1V 제너 다이오드	PCB(기판) or IC만능기판	C4: 30P	R1: 120Ω	R5: 18K	R10: 10KVR	R15: 3.9K	R20: 2.2K	
Q1 ~ Q3 : 2SC 1815	RS-232C Connector.	C5: 30P	R2: 15K	R6: 10K	R11: 33K	R16: 12K		
IC1: TCM 3105	C1: 100μF 16V	C6: 104	R3: 100Ω	R7: 100K	R12: 33K	R17: 100K		
IC2: 74 HC04	C2: 10μF 16V	C7: 10μF 16V		R8: 2.2K	R13: 100K	R18: 10K		

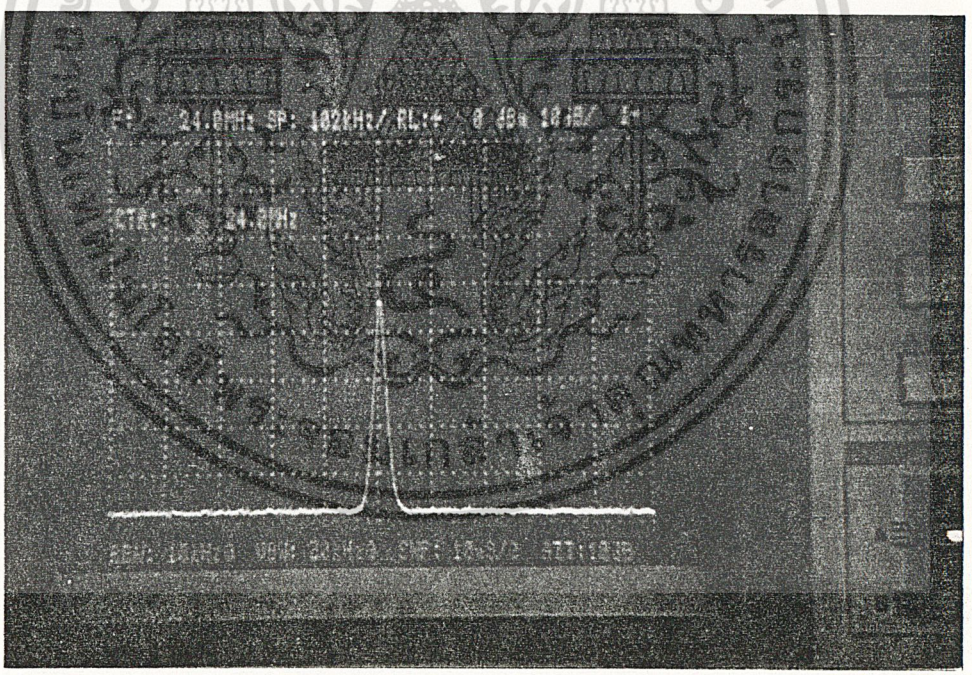
รูปที่ 4.22

บทที่ 5
การทดลองและผลการทดลอง

ภาคส่งสัญญาณวิทยุ

จากการทดลองส่งสัญญาณออกอากาศโดยใช้ ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณออดิโอ วิเคราะห์ความถี่ RF จากวงจร LC ที่จูนได้ไว้เพื่อทำหน้าที่เป็น frequency multiplierได้ลักษณะสัญญาณที่วิเคราะห์จาก spectum analyzer ณ จุดต่างๆ ดังนี้

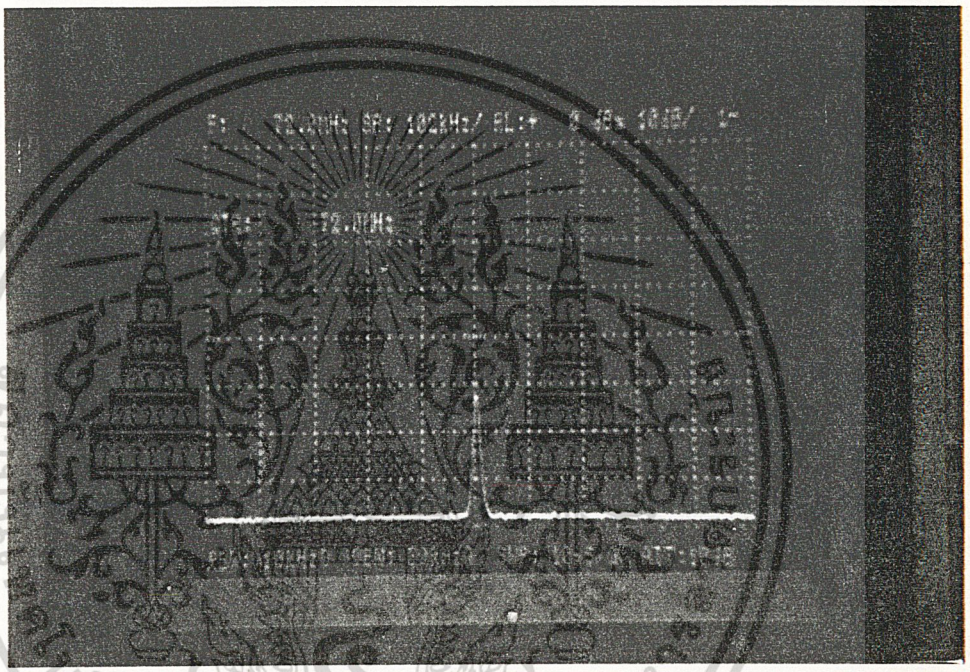
1.ที่ขา 13 ของ MC 2833 (สัญญาณหลังจากผ่านวงจรคูณ 2)



รูปที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

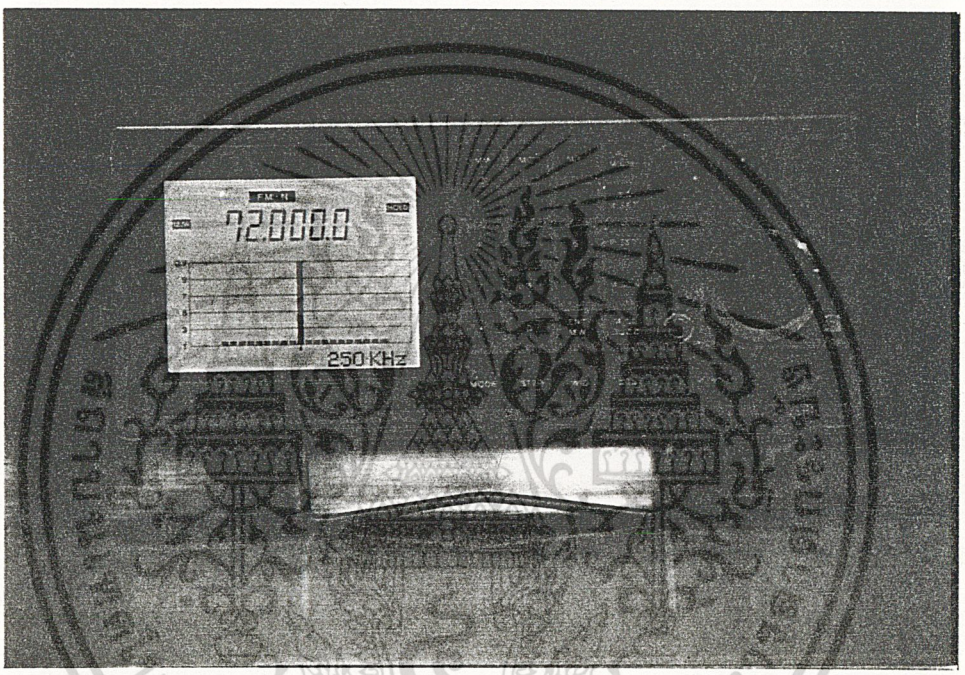
2.ระหว่าง capaciter คู่สุดท้ายก่อนออกสายอากาศ (สัญญาณหลังจากผ่านวงจรคูณ 3)



รูปที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำการใช้เครื่องระบวิทยุมาตรฐานรับสัญญาณ ณ จุดห่างจากเครื่องส่ง ประมาณ 20 เมตร ได้สัญญาณดังรูป



รูปที่ 5.3

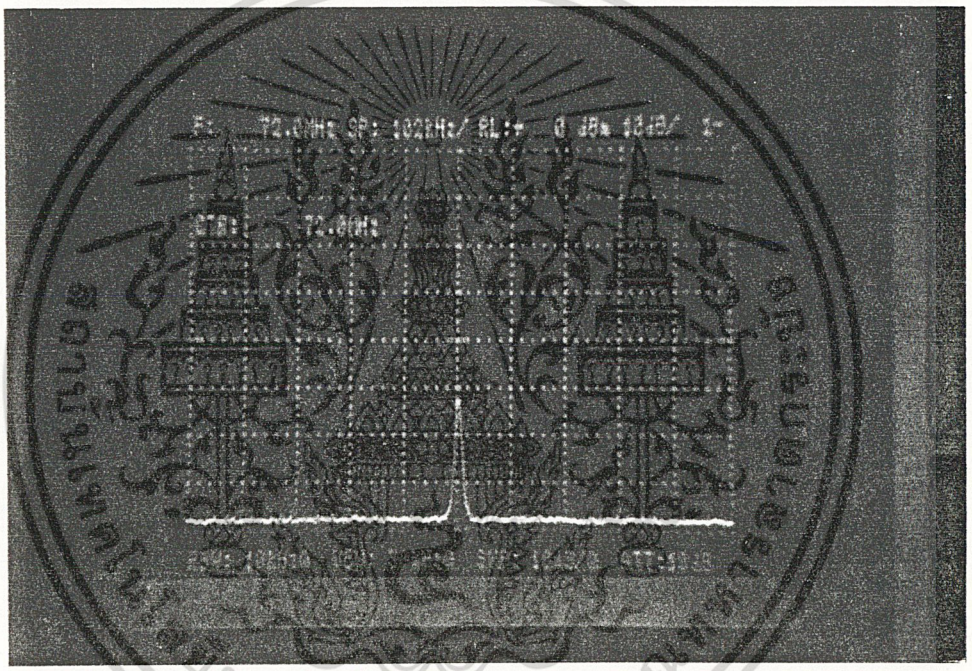
สัญญาณที่ส่งออกอากาศนั้นมี power 39 dBm bandwidth 50 kHz และพบว่าสัญญาณออดิโออินพุทที่เป็นเสียง โดยส่งผ่านไดนามิคไมโครโฟน สามารถรับฟังเข้าใจได้ ในระยะสูงสุดประมาณ 35 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาครับสัญญาณวิทยุ

การทดลองในภาคการรับส่งสัญญาณวิทยุนั้น ใช้สัญญาณที่ส่งออกอากาศ จากภาคส่งสัญญาณข้างต้น จากการวิเคราะห์สัญญาณ RF ในวงจรภาครับโดยใช้ spectum analyzer ณ จุดต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

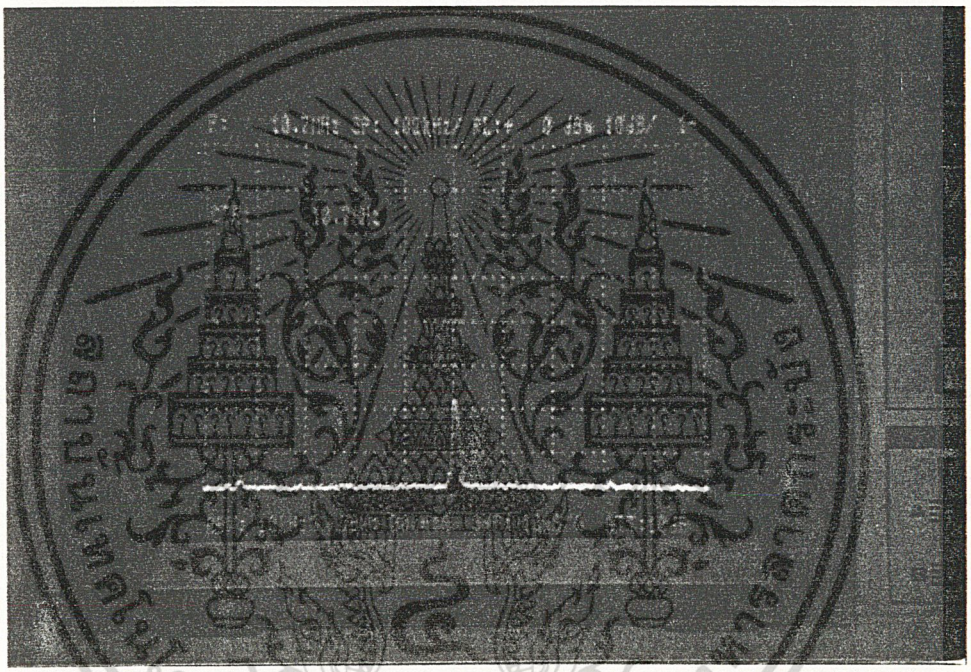
1.ที่ขา 1 ของ MC 2833 (จุดที่ input เข้าใน IC)



รูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

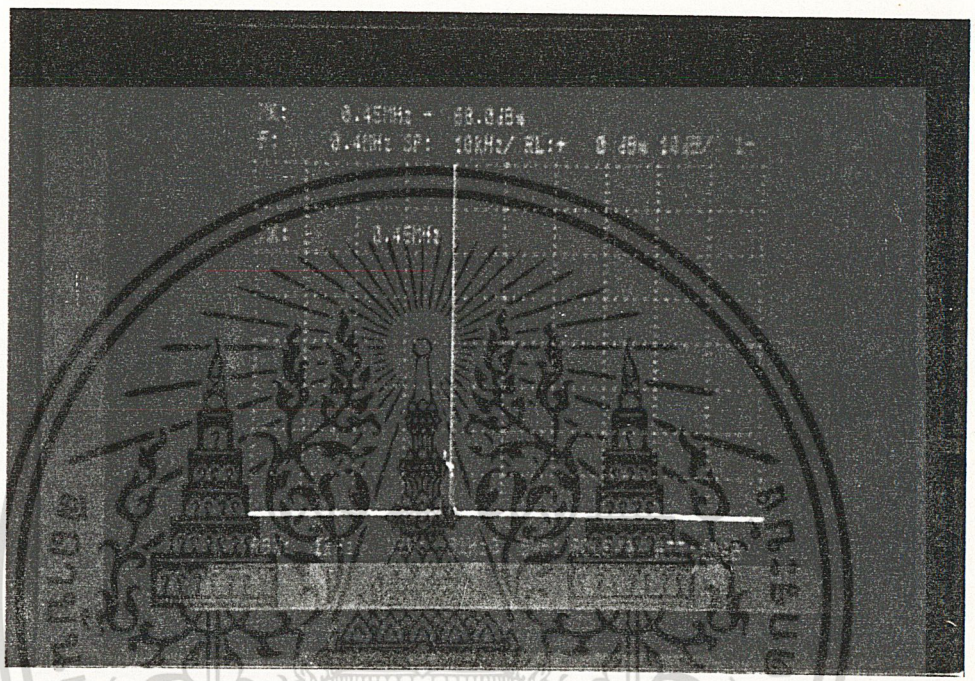
2.ที่ขา 17 ของ MC 2833 (สัญญาณ input ผ่านแทงค์วงจรและฟิลเตอร์ 10.7 MHz)



รูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ที่ขา 7 ของ MC 2833 (สัญญาณ 10.7 MHz. ผ่าน มิกเซอร์ตัวที่ 2และฟิลเตอร์ 455 kHz)



รูปที่ 5.6

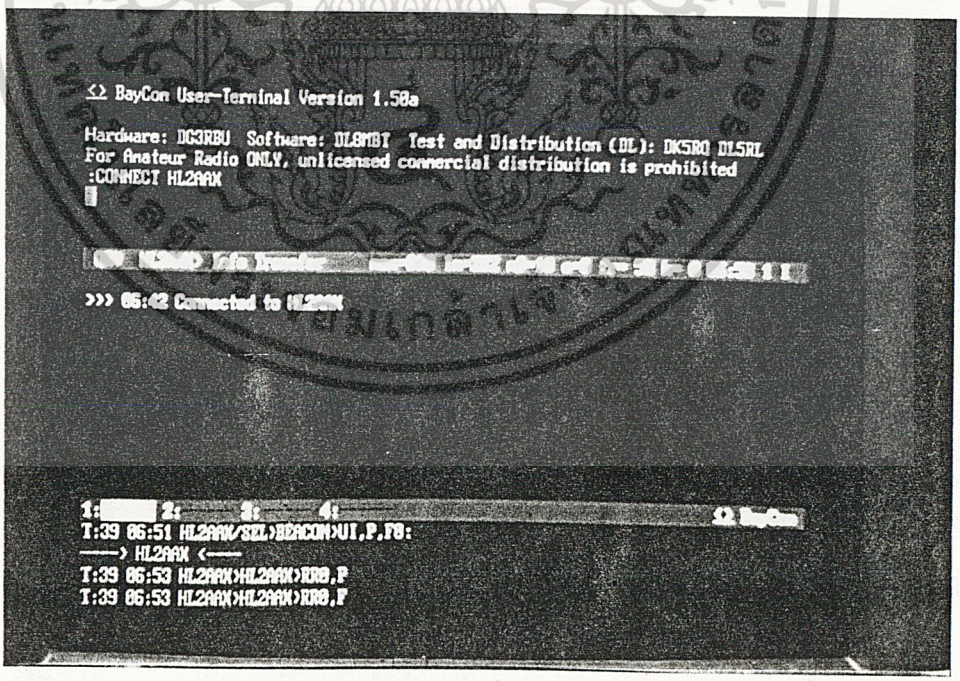
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองส่งสัญญาณออดิโออินพุทที่เป็น สแควร์ เวฟ พบว่าการผิดเพี้ยนของบิตมีมากพอสมควร ส่วนของสัญญาณออดิโออินพุทที่เป็นเสียงพบว่า คมชัดพอสมควร โดยในส่วนของวงจรแทงค์จูน ของมิกเซอร์แรก มีความเสถียรภาพน้อย ทำให้ต้องปรับ variable capacitor บ่อย

สัญญาณเสียงที่เข้าใจ ได้รับฟังได้ในระยะที่เครื่องส่งอยู่ห่างจากเครื่องรับสูงสุดประมาณ 18 เมตร

ส่วนของโมเด็ม

ในการทดลองโดยใช้โมเด็มที่มี IC TCM 3105 เป็น IC หลักนั้น software ที่ใช้คู่กับ hardware นี้คือ โปรแกรมสำเร็จรูปมีฟังก์ชันในการใช้งานต่าง ๆ ขณะใช้งานจะมีรูปแบบที่แสดงทางหน้าของเทอร์มินัลดังนี้



รูปที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองส่งข้อมูลโดยใช้โมเด็มที่สร้างขึ้นและวิทยุรับส่งมือถือได้ผลดีมาก คือในการทดลองส่งไม่พบความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

แต่จากการทดลองส่งข้อมูลโดยใช้เครื่องรับส่งวิทยุที่สร้างขึ้นเองนั้นมีความเป็นไปได้สูงมากที่ข้อมูลที่ส่งไป ไม่สามารถระบุได้ที่เครื่องรับ ซึ่งสาเหตุประการสำคัญมาจากความไม่เสถียรภาพของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาเรื่อง การส่งข้อมูลผ่านระบบวิทยุนี้ พบว่าในส่วนของการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อคเป็นดิจิตอลหรือเปลี่ยนดิจิตอลเป็นอนาล็อค โดยใช้วิธีโมดูเลชั่นแบบ Frequency Frequency Division Multiplex นั้น ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถมอดูเลตและดีมอดูเลตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งไม่มีปัญหาในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ปัญหาส่วนใหญ่ในระบบนั้น มาจากการทำงานของระบบวิทยุหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานในย่านความถี่ RFการสร้าง Lโดยการใช้ดิฟมิเตอร์วัดค่ารีโซแนนซ์นั้นมีความผิดพลาดสูง ความผิดพลาดในการสร้างแผ่นปรินท์ทำให้เกิดการรบกวนและผิดเพี้ยนสูงความไม่แน่นอนของการกำหนดค่าและสร้างส่วน Front Endและประการสำคัญที่สุด คือ การไม่เสถียรของวงจร Tank Tune ในมิกเซอร์ ตัวที่ 1

ดังนั้นในการพัฒนานั้น ควรเน้นประสิทธิภาพของระบบวิทยุ ซึ่งจะทำให้วงจรมีความเสถียรมากขึ้นลด noise ลงทั้ง เพิ่มประสิทธิภาพอย่างอื่น เช่น เพิ่ม powerในการสั่งเพิ่มระบบสายอากาศที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น และนอกจากนั้น ควรพิจารณาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของโมเด็ม เช่น การเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูล และลด bit error rate เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. GEORGE KENNEDY , " ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEM " , McGRAW HILL , INC , 1970.
2. KRAUSS , BOSTON , RAAB ," SOLID STATE RADIO ENGINEERING ", JOHN WILEY & SONS ,1980.
3. THE ARRL HANDBOOK FOR THE RADIO AMATEUR , SIXTY-FIFTH EDITION ,1988.
4. PRACTICAL WIRELESS , APRIL 1993.
5. DENNIS RODDY ,JOHN COOLEN ," ELECTRONICS COMMUNICATIONS ", RESYON , 1981.
6. TELECOM CIRCUITS DATA BOOK , FIRST EUROPEAN EDITION , TEXUS INSTRUMENT , 1985.
7. CQ KOREA , MAY 1993.
8. สุชัย ธนสารสังเจริญ , ทินกร คุ้ก " การสื่อสารข้อมูล ",ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้