

เครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย

WIRELESS VIDEO SIGNAL TRANSMITTER



โดย  
นายชุมพล ยิ่งเลิศ  
นายนรุตม์ สุนทรานนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขทม.....

เลขทะเบียน..... 46417

วัน, เดือน, ปี..... 1 ส.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61120226

เครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย

WIRELESS VIDEO SIGNAL TRANSMITTER

โดย

นายชุมพล ยิ่งเลิศ 42015013

นายนรุตม์ สุนทรานนท์ 42015021

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สมเกียรติ ฤกษ์วัลญญู

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย

WIRELESS VIDEO SIGNAL TRANSMITTER

ผู้จัดทำ

1. นายชุมพล ยิ่งเลิศ 42015013

2. นายนรุศม์ สุนทรานนท์ 42015021

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อ. สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ)



เครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย

WIRELESS VIDEO SIGNAL TRANSMITTER

โดย นาย ชุมพล ยิ่งเลิศ 42015013

นาย นรุตม์ สุนทรานนท์ 42015021

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ

## บทคัดย่อ

โครงการเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย เป็นการออกแบบเพื่อใช้งานเฉพาะที่ ที่ต้องการความ  
สะดวกรวดเร็ว โดยนำสัญญาณจากกล้องวิดีโอ เป็นสัญญาณป้อนให้กับเครื่องส่ง ส่งที่ความถี่ช่อง 6 คือ  
181 – 188 MHz สัญญาณภาพจะถูกมอดูเลทแบบเอเอ็ม ที่สัญญาณคลื่นพาหภาพ 182.25 MHz และ  
สัญญาณเสียงจะถูกมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม ที่สัญญาณคลื่นพาหเสียง 187.25 MHz ส่งไปยังเครื่องรับ(โทร  
ทัศน์) เครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สายนี้จะควบคุมโดยรีโมตอินฟราเรดในการแพนกล้อง

## Abstract

Signal from camera is input signal for Wireless Video Signal Transmitter. The camera is  
controlled by infrared remote controller. The video signal is modulated with carrier about 182.25MHz  
by AM. The audio signal is modulated with carrier about 187.25 MHz by FM. This transmitter was  
designed to provide VHF TV signal in CH6 with frequency range between 181 – 188 MHz.

# สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 กล่าวนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 การส่งและรับ โทรทัศน์สี	2
2.2 การสะแกน ( Scanning )	6
2.3 สัญญาณภาพ หรือ สัญญาณวิดีโอ ( Video Signal )	7
2.4 ช่องสัญญาณโทรทัศน์	9
2.5 โครงสร้างของสัญญาณโทรทัศน์	10
2.6 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านภาพ	11
2.7 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียง	13
2.8 การส่งคลื่นโทรทัศน์ออกอากาศ	14
2.9 วงจรผลิตความถี่ ( Oscillator circuit )	17
2.10 การมอดูเลตแบบเอเอ็ม	21
2.10.1 แอมพลิจูดมอดูเลชัน แบบ DSB – SC	21
2.10.2 วงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชัน	22
2.11 การมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม	23
2.11.1 ทฤษฎีฟรีควเอนซีมอดูเลชัน	23
2.12 S – Parameter	26
2.13 วงจรส่งและรับอินฟราเรด	32
2.13.1 ภาคเครื่องส่ง	32
2.13.2 ภาคเครื่องรับ	36
บทที่ 3 วงจรและการทำงานของวงจร	
3.1 โครงสร้างของเครื่องส่งสัญญาณภาพ	37
3.2 ภาคส่งสัญญาณภาพ	37
3.2.1 วงจรรวมของภาคส่งสัญญาณภาพไร้สาย	37
3.2.2 วงจรกำเนิดความถี่	39
3.2.3 วงจรขยายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน	40
3.2.4 วงจรมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบเอฟ.เอ็มที่ความถี่ 5.5 MHz	40
3.2.5 วงจรแอมพลิจูดมอดูเลเตอร์	41

3.3 ภาคควบคุมกล้องโดยใช้อินฟราเรด	42
3.3.1 วงจรภาคส่ง	42
3.3.2 วงจรภาครับ	42
3.3.3 การทำงานของวงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์	44
บทที่ 4 การทดสอบ และ ผลการทดสอบ	
4.1 วงจรออสซิลเลเตอร์	45
4.2 วงจรขยายสัญญาณ	45
4.3 วงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์	46
4.4 ภาคเอเอ็มมอดูเลเตอร์	47
4.5 ภาคส่งอินฟราเรด	47
4.6 ภาครับอินฟราเรด	50
บทที่ 5 บทวิจารณ์ และ บทสรุป	
5.1 บทสรุป	53
5.2 ปัญหาที่พบ	53
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	



## สารบัญญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของภาพในรูปซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน	2
2.2 การส่งและรับภาพทางโทรทัศน์	3
2.3 การส่งโทรทัศน์ระบบแสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน โดยส่งทุกแสงสีพร้อมกัน จะสังเกตเห็นได้ว่า แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน ต่างก็จะเกิดขึ้นและส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ของแสงสีนั้น ๆ โดยตรง และเป็นอิสระแก่กัน อันเป็นวิธีการที่ยุ่งยาก และไม่สามารถนำมาใช้ได้ในทางปฏิบัติ	3
2.4 การส่งโทรทัศน์ระบบแสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน โดยส่งสัญญาณภาพทีละสีด้วยวิธีการสลับแสงสี ซึ่งจะทำได้สามารถส่งสัญญาณโทรทัศน์โดยอาศัยความกว้างของช่องโทรทัศน์ขาวดำที่ใช้อยู่แล้ว	4
2.5 ระบบการส่งและรับโทรทัศน์สี	5
2.6 หลักการส่งและรับภาพทางโทรทัศน์	6
2.7 สัญญาณคอมโพสิทีวีดีโอ 1 (1 เส้นสแกน)	8
2.8 แสดงสัญญาณ VER.SYNC. และช่วงแบล็กกัแนวคิง	8
2.9 แสดงมาตรฐานสัญญาณระบบ CCIR	10
2.10 แสดงสัญญาณภาพและสัญญาณแบล็กคิง	10
2.11 แสดงสัญญาณซิงค์	11
2.12 แสดงขอบเขตความถี่ของสัญญาณส่องสว่างและสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี	11
2.13 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ จะเห็นได้ว่าเครื่องส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (Upper Sideband) เต็มที่ แต่จะส่งไซด์แบนด์ด้านต่ำ (Lower Sideband) เพียงบางส่วนไม่เกิน 1.25 MHz	12
2.14 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ จะเห็นได้ว่า ระหว่าง -1.25 MHz ถึง +1.25 MHz จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงเริ่มจากศูนย์ไปหาค่าสูงสุดและหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่	12
2.15 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ต้องการ	12
2.16 แสดงลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพ สำหรับโทรทัศน์ระบบ PALซึ่งมีความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์ประมาณ 4.3 MHz.	13
2.17 แสดงรูปร่างของสัญญาณภาพที่อยู่ในลักษณะไซด์แบนด์ของสัญญาณภาพแบบเน็กเกทีฟแอมพลิจูดมอดูเลชัน โดยขนาดของสัญญาณที่มีค่าสูงจะทำให้เกิดภาพมืดและขนาดของสัญญาณที่มีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพสว่าง	13

2.18	แสดงการส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียงที่ใช้วงจรปริ-เอ็มฟาซิสทางการส่ง และวงจรดี-เอ็มฟาซิสทางการรับโทรทัศน์	14
2.19	คลื่นโทรทัศน์ในระนาบแนวตั้ง กับ คลื่นโทรทัศน์ในระนาบแนวนอน	15
2.20	การเดินทางของคลื่นโทรทัศน์	16
2.21	ความแตกต่างของคลื่นโทรทัศน์ในย่าน วี.เอช.เอฟ. กับคลื่นโทรทัศน์ในย่าน ยู.เอช.เอฟ	16
2.22	แสดงวงจรเบื้องต้นของคอลพิทท์ทรานซิสเตอร์	18
2.23	แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบคอลพิทท์แบบเบสร่วม	18
2.24	แสดงสัญญาณในลักษณะต่าง ๆ รวมทั้งสัญญาณเอเอ็ม แบบ DSB-LC	22
2.25	แสดงวงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชั่น	22
2.26	แสดงสัญญาณการมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม	23
2.27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของไซด์แบนด์กับค่าดัชนีการมอดูเลท	24
2.28	แสดงวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์	26
2.29	แสดงคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนกลับ ในสายส่ง	28
2.30	แสดงคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนในวงจร โครงข่าย 2 คู่สาย	28
2.31	บล็อกไดอะแกรม	32
2.32	MC 145026 ( Encoder )	33
2.33	Encoder Oscillator Information	34
2.34	Encoder Oscillator	34
2.35	แสดงลักษณะการเข้ารหัสของ Data Bit	35
2.36	Timing Diagram	35
2.37	Encoder Data Waveform	36
2.38	แสดงสัญญาณเอาต์พุทของภาคมอดูเลเตอร์	36
3.1	แสดงโครงสร้างของเครื่องส่งสัญญาณภาพ	37
3.2	วงจรรวมของเครื่องส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย	38
3.3	แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ย่าน วี. เอช. เอฟ	39
3.4	แสดงรูปวงจรถายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน	40
3.5	แสดงวงจรมอดูเลทสัญญาณเอฟ. เอ็ม. ที่ความถี่ 5.5 MHz	40
3.6	แสดงวงจรแอมพลิฟายเออร์	41
3.7	วงจรภาคส่งของอินฟราเรด	43
3.8	วงจรภาครับของอินฟราเรด	43
3.9	วงจรควบคุมสเตปมอเตอร์	44
4.1	แสดงสเปคตรัมของความถี่ที่ออสซิลเลทจากวงจรออสซิลเลเตอร์	45

## รูปที่

## หน้า

4.2	แสดงสเปคตรัมของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณ	46
4.3	แสดงสเปคตรัมของคลื่นพาห้ของเสียง	46
4.4	แสดงสเปคตรัมของสัญญาณที่ยังไม่ได้มอดูเลท	47
4.5	แสดงสเปคตรัมของสัญญาณที่ทำการมอดูเลทแบบเอ. เอ็ม	47
4.6	channel 1 xxxxx1000 (เมื่อกดสวิทช์ S1)	48
4.7	channel 2 xxxxx0100 (เมื่อกดสวิทช์ S2)	48
4.8	channel 3 xxxxx0010 (เมื่อกดสวิทช์ S3)	48
4.9	channel 4 xxxxx0001 (เมื่อกดสวิทช์ S4)	49
4.10	วงจรอะอสเตเบิลิต	49
4.11	เมื่อต่อวงจรเข้ารหัสร่วมกับวงจรอะอสเตเบิลิต	49
4.12	เอาต์พุตของโมดูลเมื่อกดสวิทช์ s1	50
4.13	เอาต์พุตของโมดูลเมื่อกดสวิทช์ s2	50
4.14	เอาต์พุตของโมดูลเมื่อกดสวิทช์ s3	50
4.15	เอาต์พุตของโมดูลเมื่อกดสวิทช์ s4	51
4.16	สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 (เมื่อกดสวิทช์ s1)	51
4.17	สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 (เมื่อกดสวิทช์ s2)	51
4.18	สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 (เมื่อกดสวิทช์ s3)	52
4.19	สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 (เมื่อกดสวิทช์ s4)	52

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันเครื่องรับโทรทัศน์ และกล้องถ่ายวิดีโอเป็นสิ่งที่สามารถพบได้โดยทั่วไป และสามารถหาซื้อได้โดยง่าย โครงการเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย ( Wireless Video Signal Transmitter ) นี้จะเป็นตัวที่ทำให้ 2 สิ่งนี้สามารถนำมาใช้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ได้มากมาย

ระบบการทำงานของกล้องวงจรปิด จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการต่อ สายนำสัญญาณ ระหว่างกล้องวงจรปิดกับเครื่องรับ เพื่อนำสัญญาณภาพที่ถ่ายมาได้ ส่งไปแสดงผลยังเครื่องรับ ถ้าระยะทางระหว่างเครื่องรับมีระยะทางมาก หรือเป็นการติดตั้งกล้องวงจรปิดตามอาคารตึกสูงหลาย ๆ จุด ก็จะทำให้เกิดความไม่สะดวกในการลากสายนำสัญญาณ อีกทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองสายนำสัญญาณที่นำมาใช้อีกด้วย หรือ ในการติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อบันทึกสัญญาณภาพสำหรับงานที่เป็นความลับการต่อสายนำสัญญาณก็จะเป็นพิษร้ายให้สามารถจับผิดได้ ด้วยเหตุผลต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เกิดแนวคิดที่จะสร้างโครงการเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สายนี้ขึ้น

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบวงจรภาคต่าง ๆ ที่ใช้ในเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย อาทิเช่น วงจรออสซิลเลเตอร์ ( Oscillator ) , วงจรขยายสัญญาณ , วงจรมอดูเลทสัญญาณแบบเอเอ็ม , วงจรมอดูเลทสัญญาณแบบเอฟเอ็ม และวงจรแมทซ์อิงพีแคนซ์ และส่วนชุดควบคุมกล้องจะใช้แสงอินฟราเรดในการส่งสัญญาณควบคุมสเตปมอเตอร์เพื่อบังคับให้กล้องขึ้น - ลงหรือหมุนซ้าย - ขวา

ข้อจำกัดของโครงการเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สาย

1. ตัวส่งสัญญาณภาพและชุดควบคุมกล้องใช้แรงดันไฟเลี้ยง +12 โวลต์
2. วงจรออสซิลเลเตอร์ จะให้กำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 182 MHz
3. สัญญาณภาพ และเสียงทางอินพุทจะได้อาจมาจากสัญญาณจากกล้องวิดีโอ
4. การมอดูเลทสัญญาณภาพใช้แบบเอเอ็ม และการมอดูเลทสัญญาณเสียงใช้แบบเอฟเอ็ม
5. สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะทางประมาณ 50 เมตร
6. ในการใช้งานติดตั้งเป็นกล้องวงจรปิดต้องการเพียงสัญญาณภาพเพียงอย่างเดียว
7. ชุดควบคุมกล้องเป็นการควบคุมโดยใช้อินฟราเรด

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 การส่งและรับโทรทัศน์สี

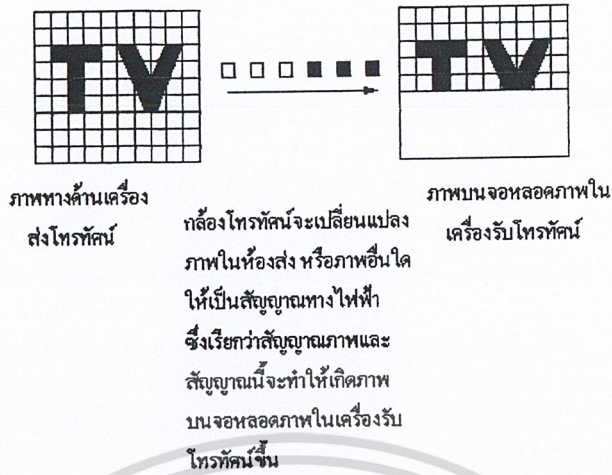
โทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ มีหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์คล้ายคลึงกับหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์ขาวดำ กล่าวคือแทนที่เครื่องส่งโทรทัศน์จะส่งสัญญาณภาพขาวดำไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องส่งโทรทัศน์สี ก็จะส่งสัญญาณภาพสีไปแทน ภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์สี ประกอบด้วยภาพจากสัญญาณของแสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์สีได้รับสัญญาณภาพสีนี้แล้ว ก็จะทำให้มีภาพสีปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับ โทรทัศน์สีขึ้นภาพที่มองเห็นนี้จะละเอียดหรือหยาบไม่น่าดูขึ้นอยู่กับสิ่งที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง สิ่งที่สำคัญก็คือ จำนวนจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของภาพ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า picture element ภาพเหล่านี้จะประกอบขึ้นด้วยจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งส่วนที่ดำสนิทและส่วนที่ดำจางหรือส่วนที่มีสีเข้มกับส่วนที่มีสีจางขนาดของจุดดำหรือจุดสีในภาพที่มีดสนิทหรือมีสีเข้ม จะมองเห็นใหญ่กว่าขนาดของจุดดำหรือจุดสีในส่วนของภาพสีจาง จำนวนของจุดดำหรือจุดสีที่มีมากหรือน้อยนี้จะมีผลทำให้ภาพมองดูละเอียดชัดเจนหรือหยาบไม่น่าดูแตกต่างกันด้วย ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ในกรณี ระยะทางที่มองดูภาพ ก็เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องอยู่ไม่น้อย ภาพที่หยาบ แต่ถ้ามองดูในระยะทาง ไกลเกินกว่าระยะทางที่ใช้มองดูภาพละเอียด ก็จะรู้สึกว่าจะมองเห็นได้เหมือนกัน จุดเล็ก ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของภาพนี้จะมีวิธีการทางไฟฟ้าทำให้เกิดเป็นสัญญาณภาพ ซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์จะนำออกอากาศและทำให้เกิดภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2



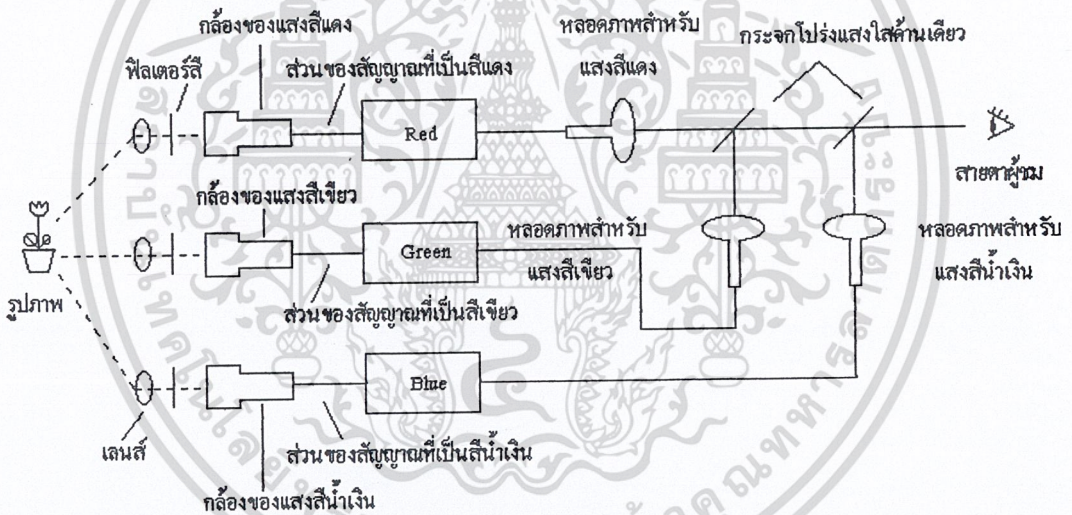
( ก ) หากมีจำนวนจุดดำมาก ภาพจะมองดูละเอียด

( ข ) หากมีจำนวนจุดดำน้อย ภาพจะมองดูหยาบ

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของภาพในรูปซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน



รูปที่ 2.2 การส่งและรับภาพทางโทรทัศน์



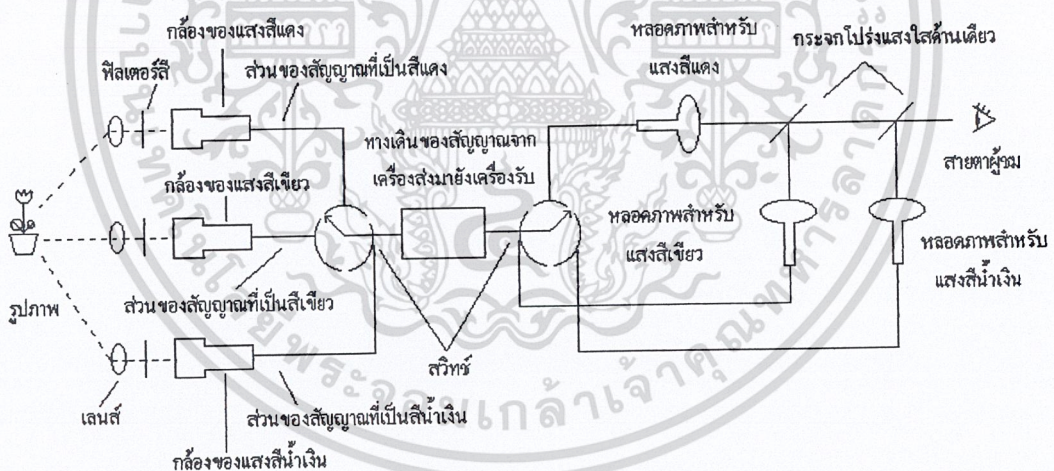
รูปที่ 2.3 การส่งโทรทัศน์ระบบแสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน โดยส่งทุกแสงสีพร้อมกัน จะสังเกตเห็นได้ว่า แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน ต่างก็เกิดขึ้นและส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ของแสงสีนั้นๆ โดยตรง และเป็นอิสระแก่กัน อันเป็นวิธีการที่ยุงยาก และไม่สามารถนำมาใช้ได้ ในทางปฏิบัติ

รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นหลักการเบื้องต้นของการส่งโทรทัศน์สีอย่างง่าย ๆ โดยอาศัยเลนซ์และฟิลเตอร์ช่วยแยกแสงจากวัตถุหรือภาพสีในห้องส่ง ให้แบ่งออกเป็นแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ผ่านกล่องโทรทัศน์กับอุปกรณ์ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่รับรู้แต่เฉพาะแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเงิน ตามลำดับเท่านั้น เครื่องรับโทรทัศน์สีก็ประกอบด้วยหลอดภาพและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่รับรู้แต่เฉพาะแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ตามลำดับ เมื่อสายตาคนเรามองดูภาพผ่านกระจกเงาครึ่งโปร่งแสง ก็จะมองเห็นเป็นภาพสีขึ้น วิธีการนี้ เป็นการส่งโทรทัศน์สีระบบแม่สีทั้งสาม คือ แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยอิสระซึ่งจะเป็นต้องใช้แบนด์วิดท์ (bandwidth) กว้างถึงประมาณสามเท่าของแบนด์วิดท์ปกติที่ใช้ในการส่งโทรทัศน์ขาวดำ วิธีการเช่นนี้ จึงไม่เป็นการเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการทางไฟฟ้าแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน แต่ละแสงสีได้ไปปรากฏขึ้นทางเครื่องรับโทรทัศน์ โดยวิธีการส่งสัญญาณแสงสีเหล่านี้ปะปนกันไป โดยจะต้องกำหนดให้มีแบนด์วิดท์ของการส่งโทรทัศน์สีประมาณ เท่ากันกับแบนด์วิดท์ของการส่งโทรทัศน์ขาวดำ วิธีการทางไฟฟ้านี้เรียกว่า sequential transmitting system ซึ่งมีอยู่สามวิธีด้วยกัน คือ

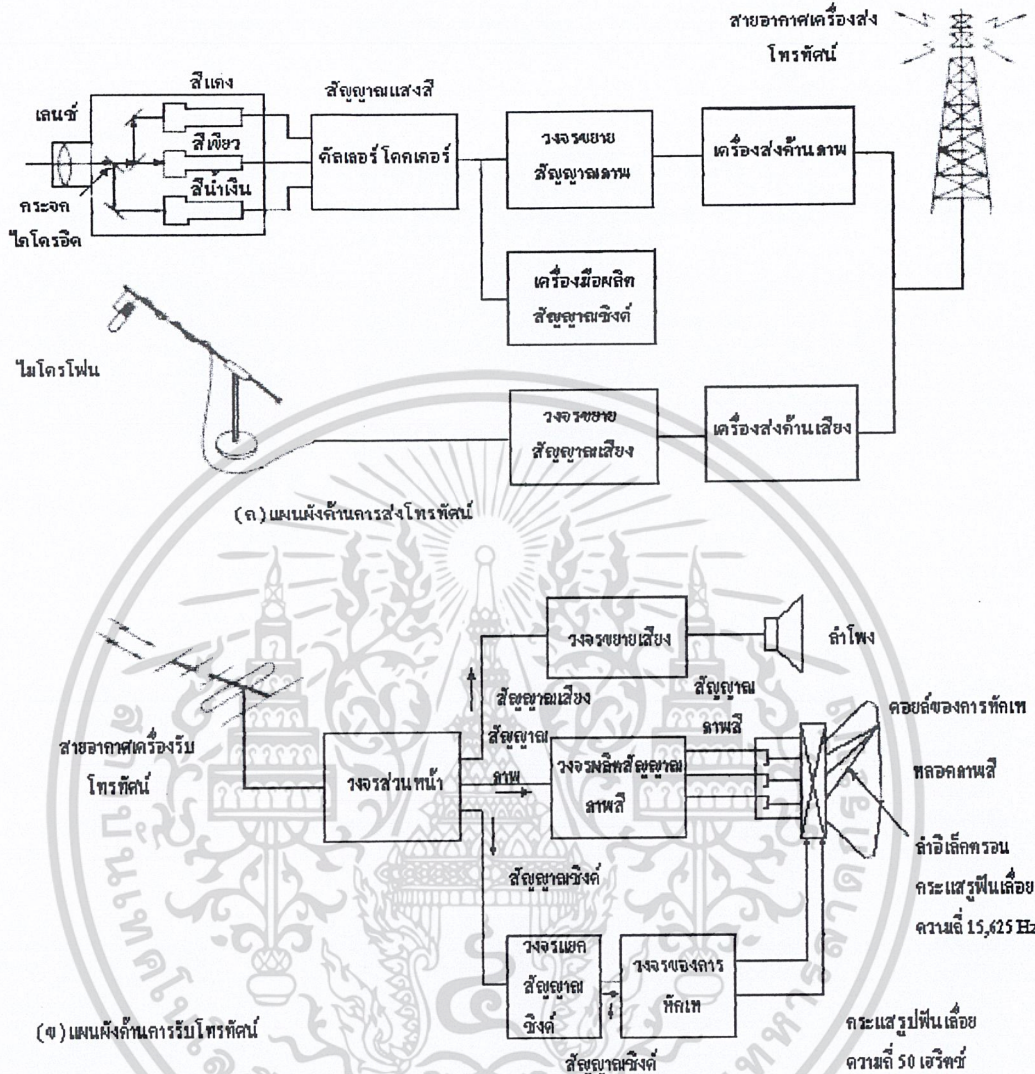
- (ก) โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปทีละแสงสี ในขณะที่มีการสลับเส้นสแกนในแต่ละภาพ หรือเรียกว่า field sequential
- (ข) โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปทีละแสงสี ในขณะที่มีการสลับเส้นสแกนในแต่ละภาพ หรือเรียกว่า line sequential transmitting system
- (ค) โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปทีละแสงสีในขณะที่มีการสลับจุดเล็ก ๆ อันเป็นส่วนประกอบ ของภาพ หรือเรียกว่า dot sequential transmitting system



รูปที่ 2.4 การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีน้ำเงิน โดยส่งสัญญาณภาพสีด้วยวิธีการสลับแสงสี ซึ่งจะทำให้สามารถส่งสัญญาณโทรทัศน์สีโดยอาศัยความกว้างของช่องโทรทัศน์ขาวดำที่ใช้อยู่แล้ว

รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นหลักการของการส่งโทรทัศน์สี โดยวิธี sequential transmitting system ซึ่งเป็นวิธีการในทางทฤษฎี สำหรับการส่งและการรับโทรทัศน์สีในทางปฏิบัติ เครื่องส่งโทรทัศน์สีและเครื่องรับโทรทัศน์สี จะต้องมียางพิเศษเพื่อทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง

(luminance signal) ประปนกันไปกับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.5

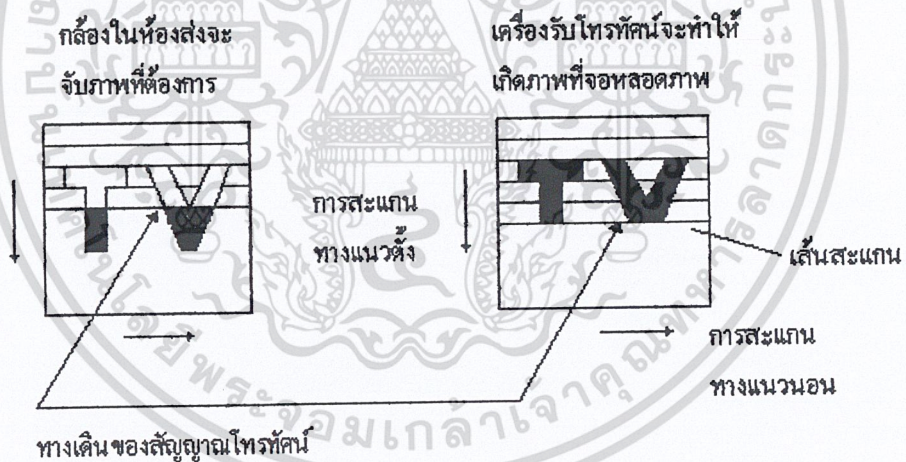


รูปที่ 2.5 ระบบการส่งและรับโทรทัศน์สี

แผนผังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 (ก) เป็นแผนผังในด้านของการส่งโทรทัศน์สี โดยกล้องโทรทัศน์สีที่ใช้ในห้องส่งโทรทัศน์ จะมีเลนซ์และกระจก dichroic ทำการแยกภาพสีให้ปรากฏออกมาในรูปแบบของสัญญาณแสงสีแดง- สีเขียว-แสงสีน้ำเงิน แสงสีทั้งสามนี้ จะส่งผ่าน color coder ซึ่งจะช่วยให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ประปนไปกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) เป็นสัญญาณภาพรวม ตามแต่ระบบของโทรทัศน์สีที่ใช้ เมื่อได้เต็มสัญญาณซิงค์เพื่อส่งสัญญาณภาพสีไปในจังหวะของสัญญาณที่เหมาะสมแล้ว สัญญาณภาพรวมก็จะส่งผ่านวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (video amplifier) และผ่านวงจรต่าง ๆ ในเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านภาพ ซึ่งเมื่อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมารวมกับสัญญาณเสียงที่ผ่านเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านเสียงแล้ว ก็จะกลายเป็นสัญญาณโทรทัศน์สีซึ่งพร้อมที่จะนำออกอากาศ สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์สีก็จะรับเอาสัญญาณโทรทัศน์สีที่ส่งมานี้มาทำให้เกิดเสียงและภาพสีทางเครื่องรับโทรทัศน์สีต่อไป แผนผังในรูปที่ 2.5 ( ข ) เป็นแผนผังในด้านของการรับโทรทัศน์สี สัญญาณโทรทัศน์สีที่สายอากาศโทรทัศน์สีรับได้ ก็จะผ่านวงจรส่วนหน้า (tuner or front end) ซึ่งจะแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณภาพรวม เพื่อทำให้เกิดเสียง ที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์สี สำหรับสัญญาณภาพรวม ก็จะแยกออกเป็นส่วนของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) สัญญาณโทรทัศน์ส่วนที่ให้ภาพสีจะผ่านวงจรผลิตสัญญาณภาพสี (color regenerating circuit) เพื่อแยกออกเป็นสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เพื่อส่งต่อไปให้แคโทดของหลอดภาพโทรทัศน์สี ส่วนสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่างนั้น ก็จะผ่านวงจรต่าง ๆ ตามที่เคยพบเห็นมาแล้วในเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรเครื่องรับโทรทัศน์สีเหล่านี้ จะช่วยทำให้เกิดเป็นภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีตามต้องการ การส่งภาพสีนั้นก็มีวิธีการเช่นเดียวกับการส่งภาพขาวดำ กล่าวคือ กล้องในห้องส่งโทรทัศน์จะต้องมีการสะแกนภาพที่ต้องการส่งไปที่ละเส้นทีละภาพ โดยจะต้องใช้สัญญาณซิงค์เพื่อทำให้การสะแกนทางกล้องโทรทัศน์ในห้องส่งกับการสะแกนทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีเป็นไปในจังหวะเดียวกัน ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หลักการส่งและรับภาพทางโทรทัศน์

## 2.2 การสะแกน (Scanning)

การที่จะส่งสัญญาณภาพ 2 มิติไปในสายส่งสัญญาณคู่เดียวหรือส่งไปทางคลื่นวิทยุ นั้น จำเป็นต้องแบ่งภาพออกเป็นจุดเล็ก ๆ จำนวนมากแล้วจึงทยอยส่งจุดเหล่านั้นไปที่ละจุด แล้วจึงค่อยไปรวมกันที่ปลายทาง เพื่อให้เป็นภาพ 2 มิติเหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง โดยความชัดเจนเหมือนจริงของภาพที่จะไปปรากฏที่ปลายทาง จะมีความเหมือนจริงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความละเอียดของจุดภาพที่ถูกแบ่งออกจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพจริงและถ้าต้องการสร้างภาพเคลื่อนไหวในจังหวะที่ต่อเนื่องกัน ไปคล้ายภาพยนตร์ ด้วยอัตราที่ไม่ต่ำกว่า 16 ภาพ ต่อวินาที แต่ถ้ายังสามารถทำให้มีจำนวนภาพมากเท่าไรเกิดขึ้นในเวลาเท่ากันแล้ว ก็จะทำให้ดูสบายตา มากขึ้นเท่านั้น เช่น ภาพยนตร์ใช้อัตรา 24 ภาพต่อวินาที ดังนั้น ถ้าต้องการส่งภาพเคลื่อนไหวไปในระยะทาง ไกล ๆ โดยใช้วิธีการส่ง ไปในรูปของสัญญาณ ไฟฟ้า นั้นจำเป็นต้องส่งจุดภาพ ไปด้วยอัตราเท่ากับ ( จำนวนจุดต่อ 1 ภาพ คูณ จำนวนภาพต่อวินาที ) จุดต่อวินาที

วิธีแบ่งภาพออกเป็นจุดเล็ก ๆ ทำโดยการแบ่งตามคู่ลำดับที่จุดแรกจะอยู่ที่มุมบนซ้ายของภาพ แล้วจึงไล่จุดต่อไปทางขวาในแนวระดับจนสุดของขวาของภาพ ถือว่าครบ 1 เส้น จึงจะกลับมาเริ่มนับจุดถัดไป ที่ตำแหน่งซ้ายสุดขีดด้านล่างของจุดแรก ซึ่งจุดนี้จะถือเป็นจุดแรกของเส้นที่สอง ทำดังนี้เรื่อยไปจนครบทุกเส้น ก็จะมารอบจุดสุดท้ายที่มุมล่างขวาพอดี การไล่จุดดังนี้เรียกว่า การกวาด หรือ การสแกน

เพื่อไม่ให้ภาพที่ปรากฏบนจอมีอาการกระพริบ จึงได้ใช้วิธีการสแกนสองรอบต่อการแสดงภาพบนจอ 1 ภาพ ซึ่งกระทำโดยการกวาดภาพในเส้นที่มาแสดงบนจอก่อน แล้วจึงกวาดภาพเส้นคู่ให้มาปรากฏสลับกับภาพเส้นคี่เดิมซึ่งการสแกนแบบนี้เรียกว่า การสแกนแบบ อินเทอเลซ ( Interlace )

โดยที่การสแกนจากบนลงล่าง 1 รอบนี้จะถูกเรียกว่า 1 ฟิลด์ ในขณะที่ 1 ภาพถูกเรียกว่า 1 เฟรม ( Frame ) ดังนั้น ในระบบนี้ 1 เฟรม จะประกอบด้วย 2 ฟิลด์

### 2.3 สัญญาณภาพ หรือ สัญญาณวิดีโอ ( Video Signal )

จุดภาพใดมีความสว่างมากจะทำให้สัญญาณภาพของจุดดังกล่าวมีระดับแรงดัน ( Voltage ) สูง ในขณะที่จุดภาพที่มีความสว่างน้อยก็จะมีระดับแรงดันต่ำ การส่งจุดภาพต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ นั้น จำเป็นที่ต้นทางจะต้องสื่อสารกับปลายทางเพื่อให้ปลายทางรับรู้ ว่า จุดภาพที่ส่ง ไปนั้นคือจุดภาพที่ควรจะไปปรากฏ ณ ตำแหน่งคู่ลำดับใด โดยใช้วิธีการที่เครื่องส่งและเครื่องรับจะต้องมีความเร็วในการส่ง-รับข้อมูลที่เท่ากันเสียก่อน โดยการนี้จึงมีการกำหนดความถี่มาตรฐานขึ้น

เพียงความถี่ของเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้น ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้การรับภาพออกมาเหมือนภาพที่ส่งได้เสมอไป และการทำให้แหล่งกำเนิดความถี่ที่อยู่ห่างไกลกันสองแหล่ง สร้างความถี่ที่เท่ากันจริง ๆ นั้นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถกระทำได้ จึงจำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณที่ไม่ใช่สัญญาณภาพ แต่เป็นสัญญาณ ที่ใช้บอกให้เครื่องรับทราบทุก ๆ ครั้งที่จะเริ่มต้นส่งภาพ และทุก ๆ ครั้งที่มีการขึ้นเส้นใหม่

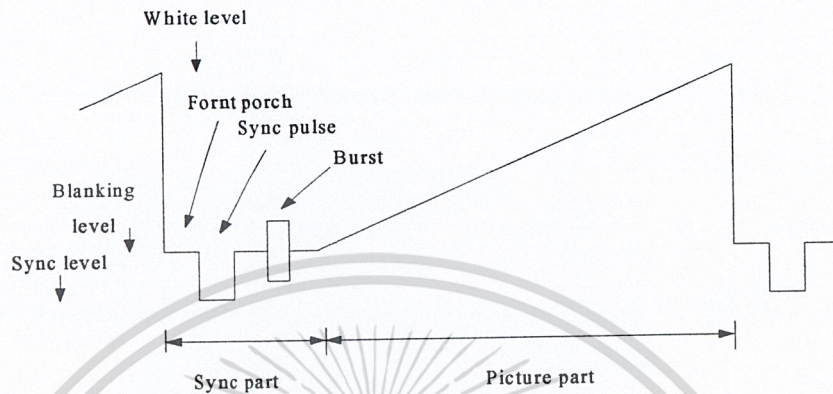
สัญญาณดังกล่าวเรียกว่าสัญญาณซิงโครไนซ์ ( Synchronizing ) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่าสัญญาณซิงค์ ถ้าเป็นสัญญาณซิงค์ที่เกิดขึ้นตอนต้นของภาพ หรือทุก ๆ รอบการวนในแนวตั้งจะถูกเรียกว่า Vertical Sync. หรือเรียกย่อว่า Ver Sync. ในขณะที่สัญญาณซิงค์ที่เกิดขึ้นทุก ๆ รอบการวนในแนวนอน จะถูกเรียกว่า Horizontal Sync. หรือ Hor Sync.

เนื่องจากการสแกนเพื่อสร้างภาพให้เกิดบนจอของเครื่องรับโทรทัศน์นั้น ใช้สนามแม่เหล็กในการบังคับการเบี่ยงเบนของลำอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่างตามลักษณะของการสแกนที่ได้กล่าวมาแล้ว เราไม่สามารถที่จะบังคับสนามแม่เหล็กให้เปลี่ยนขั้วทันทีทันใด ในขณะที่ต้องการขึ้นเส้นใหม่หลังจากที่จบเส้นเก่า หรือในขณะที่สแกนจนจบภาพที่มุมขวาล่างและจะมาตั้งต้นขึ้นภาพใหม่ที่มุมบนซ้ายดังนั้นจึงได้มีการกำหนดให้ไม่มีการแสดงผลในขณะที่กำลังเกิดการสะบัดกลับ (Retrace)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

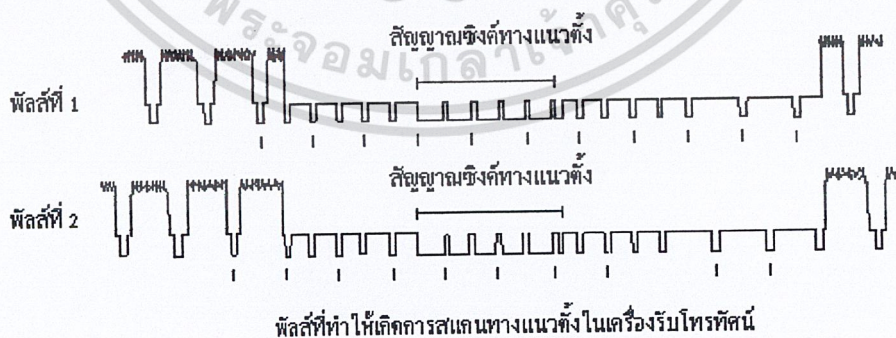
จากขามาซ้าย และ จากล่างขึ้นบน ซึ่งในจังหวะเวลาดังกล่าวทางเครื่องจะมีการส่งสัญญาณซิงค์มาแทนสัญญาณภาพ สัญญาณภาพอย่างเดียวจะถูกเรียกว่าสัญญาณวีดีโอ แต่เมื่อรวมสัญญาณภาพกับสัญญาณซิงค์เข้าด้วยกันจะถูกเรียกว่า สัญญาณคอมโพสิตวีดีโอ ( Composite Video )



รูปที่ 2.7 สัญญาณคอมโพสิตวีดีโอ 1 ( 1 เส้นสแกน )

มาตรฐานของสัญญาณคอมโพสิตวีดีโอกำหนดให้มีขนาดแรงดันขยดถึงขยด (Peak to Peak) เท่ากับ 1 โวลต์ โดยที่ระดับดำ ( Black level ) จะอยู่ที่ 0.3 โวลต์ ในขณะที่ระดับขาว ( White level ) จะมีค่า 1.0 โวลต์ ส่วนสัญญาณซิงค์จะเป็นพัลส์ลบ (Negative Pulse) ที่เปลี่ยนระดับจาก 0.3 โวลต์ ลงมาสู่ระดับ 0 โวลต์

ในความเป็นจริง สัญญาณวีดีโอจะเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องกันไปของเส้นสแกนนับร้อย ซึ่งแต่ละเส้นก็จะประกอบไปด้วย 1 HOR.SYNC. 1 ครั้ง ซึ่งก่อนและหลังสัญญาณ VER.SYNC. จะไม่มีสัญญาณภาพชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ช่วงแบลิ่งก์ในแนวตั้ง (Vertical Blanking Interval)



รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณ VER.SYNC. และช่วงแบลิ่งก์แนวตั้ง

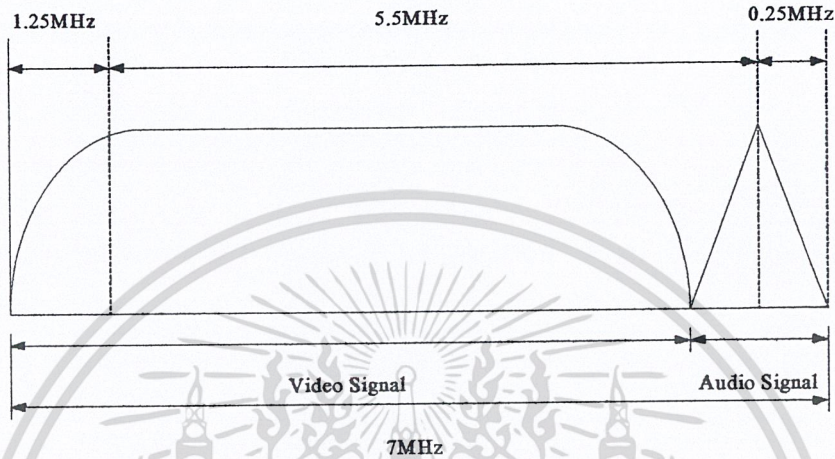
## 2.4 ช่องสัญญาณโทรทัศน์

สัญญาณโทรทัศน์ที่ถูกส่งออกอากาศ จะประกอบด้วยสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง สัญญาณภาพจะมีคลื่นพาห้ของภาพ (picture carrier) ในระบบ amplitude modulation และสัญญาณเสียงก็จะมีคลื่นพาห้ของเสียง (sound carrier) ในระบบ frequency modulation การส่งสัญญาณภาพออกอากาศ อาจเลือกส่งแบบ amplitude-modulated double sidebands หรือเลือกส่งแบบอื่นก็ได้ แต่เนื่องจากขอบเขตของความถี่ในสัญญาณภาพมีมาก หากส่งความถี่ที่เกี่ยวข้องไปทั้งหมด จะทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไป จึงนิยมใช้วิธีส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) เต็มที่ และส่งบางส่วนทางไซด์แบนด์ด้านต่ำ (lower sideband) วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่า vestigial sideband transmission คลื่นพาห้ของภาพกับคลื่นพาห้ของเสียงที่เหมาะสม อาจเลือกใช้ให้มีความถี่อยู่ในย่านความถี่ วี.เอช.เอฟ. (very high frequency) หรือในย่านความถี่ ยู.เอช.เอฟ. (ultra high frequency) ก็ได้ ตารางที่ 1 แสดงให้ทราบว่า โทรทัศน์ระบบอเมริกัน 525 เส้น และโทรทัศน์ระบบยุโรป 625 เส้น มีช่องอะไรบ้างในย่านความถี่ (VHF high-band) มีข้อสังเกตว่าโทรทัศน์ระบบอเมริกัน ซึ่งมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ช่องละ 6 เมกกะเฮิรตซ์ จะมีจำนวนช่องให้ใช้งานในย่านนี้ได้ถึง 12 ช่อง (ช่อง 2 ถึงช่อง 13) ส่วนโทรทัศน์ระบบยุโรป ซึ่งมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ช่องละ 7 เมกกะเฮิรตซ์ จะมีจำนวนช่องให้ใช้งานได้เพียง 10 ช่อง (ช่อง 2 ถึงช่อง 11) เท่านั้น

โทรทัศน์ช่องที่	โทรทัศน์ระบบยุโรป 625 เส้น			โทรทัศน์ระบบอเมริกัน 525 เส้น			
	ความกว้างของช่อง (MHz)	คลื่นพาห้ของภาพ (MHz)	คลื่นพาห้ของเสียง (MHz)	ความกว้างของช่อง (MHz)	คลื่นพาห้ของภาพ (MHz)	คลื่นพาห้ของเสียง (MHz)	
Low band VHF TV	2	47-57	48.25	53.75	54-60	55.25	59.75
	3	54-61	55.25	60.75	60-66	61.25	65.75
	4	61-68	62.25	67.75	66-72	67.25	71.75
High band VHF TV	5	174-181	175.25	180.75	76-82	77.25	81.75
	6	181-188	182.25	187.75	82-88	83.25	87.75
	7	188-195	189.25	194.75	174-180	175.25	179.75
	8	195-202	196.25	201.75	180-186	181.25	185.75
	9	202-209	203.25	208.75	186-192	187.25	191.75
	10	209-216	210.25	215.75	192-198	193.25	197.75
	11	216-223	217.25	222.75	198-204	199.25	203.75
	12	-	-	-	204-210	205.25	209.75
	13	-	-	-	210-216	211.25	215.75

### 2.5 โครงสร้างของสัญญาณโทรทัศน์

ตามมาตรฐานของ CCIR ซึ่งเป็นระบบโทรทัศน์ที่ใช้ในประเทศไทย (PAL) จะมี BAND WIDTH 7 MHz. ซึ่งประกอบด้วยคลื่นพาหภาพ (Picture Carrier) คลื่นพาหเสียง (Sound Carrier) และสัญญาณต่าง ๆ ลักษณะของ Response ของสัญญาณ โทรทัศน์ดังรูปแสดงมาตรฐานความถี่ของระบบ CCIR

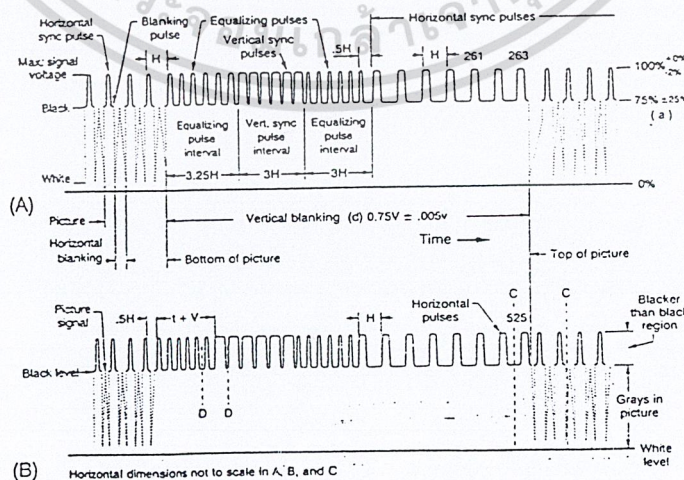


รูปที่ 2.9 แสดงมาตรฐานสัญญาณระบบ CCIR

#### หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ

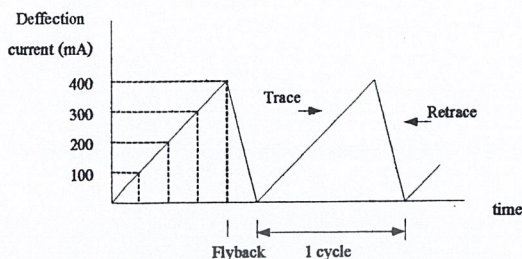
1. สัญญาณภาพ (Video Signal) และสัญญาณเสียง (Sound Signal) เป็นสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพตามความเป็นจริงที่หน้าจอ และสัญญาณเสียงให้มีเสียงออกที่ลำโพงตามความต้องการ
2. สัญญาณแบล็กคิง (Blanking Signal) เป็นสัญญาณเพื่อลบเส้นสเปคตรัม ทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง โดยที่จุดเริ่มต้นของ Sync ทางแนวนอนและแนวตั้งจะต้องเริ่มในช่วงที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่

#### 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงสัญญาณภาพและสัญญาณแบล็กคิง

3. สัญญาณซิงค์ (Synchronizing Signal : Sync.) เป็นสัญญาณที่ช่วยทำให้กระแสรูปฟันเลื่อย (Sawtooth) ใช้ในวงจรการหักเหทางแนวนอนกับวงจรการหักเหทางแนวตั้งของเครื่องส่งโทรทัศน์ตรงกับเครื่องรับโทรทัศน์ ดังรูปที่ 2.11

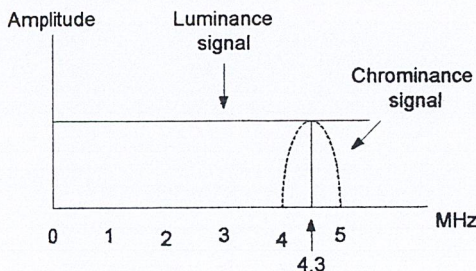


รูปที่ 2.11 แสดงสัญญาณซิงค์

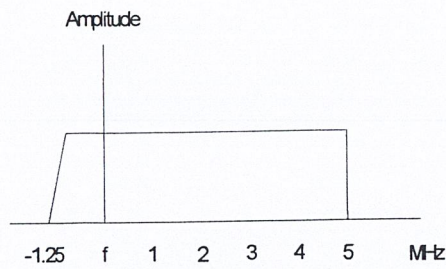
4. สัญญาณอีควอลไลซิง (Equalizing Signal) เพื่อช่วยให้ซิงค์ทางแนวตั้งยังคงมีรูปร่างเหมือนเดิม หลังจากแยกสัญญาณออกจากสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนในเครื่องรับ โดยเป็นสองเท่าของซิงค์ทางแนวนอน และจะทำให้ซิงค์ทางแนวนอนไม่ขาดหายไปในช่วงซิงค์ทางแนวตั้งอีกด้วย

2.6 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านภาพ

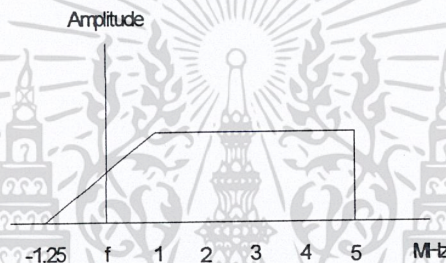
สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง ( Luminance Signal ) กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ( Chrominance Signal ) ที่เครื่องส่งโทรทัศน์สีนำออกอากาศ นิยมใช้ระบบ AM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ ขาวดำ และระบบ AM-PM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี โดยปกติการส่งโทรทัศน์ในระบบนี้สัญญาณ ที่ออกอากาศอาจเลือกให้อยู่ในลักษณะ ไซด์แบนด์เดียว ( Single Sideband ) หรือไซด์แบนด์สองข้าง ( Double Sideband ) แต่เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์มีขอบเขตความถี่ของสัญญาณภาพกว้างมากตามที่แสดงไว้ในรูป การส่งในลักษณะของไซด์แบนด์เดียวจึงไม่เหมาะ และการส่งในลักษณะไซด์แบนด์สองข้างก็จะต้องใช้ความถี่ มากและทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไป ในทางปฏิบัติจึงนิยมส่งกันในระบบการส่งแบบเวสติเจิลไซด์แบนด์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.12 ซึ่งได้อธิบายลักษณะวิธีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ไว้ในรูปด้วยแล้ว



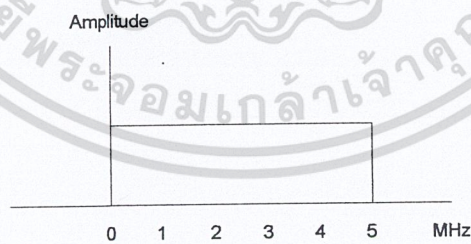
รูปที่ 2.12 แสดงขอบเขตความถี่ของสัญญาณส่องสว่างและสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ จะเห็นได้ว่าเครื่องส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (Upper Sideband) เต็มที่แต่จะส่งไซด์แบนด์ด้านต่ำ (Lower Sideband) เพียงบางส่วน ไม่เกิน 1.25 MHz

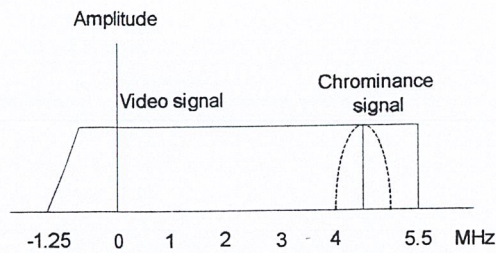


รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ จะเห็นได้ว่า ระหว่าง -1.25 MHz ถึง +1.25 MHz จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงเริ่มจากศูนย์ไปหาค่าสูงสุดและหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่

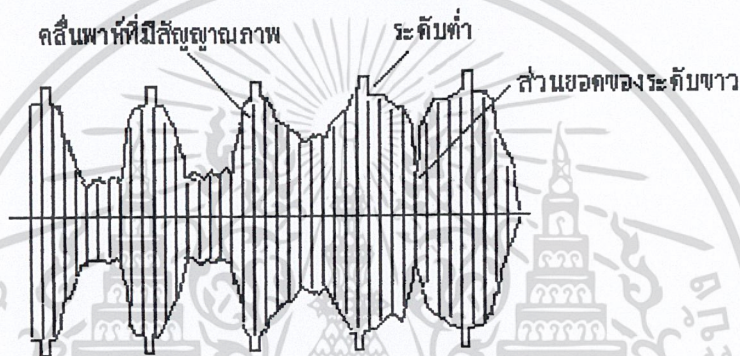


รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ต้องการ

สัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์ส่งออกไปนอกอากาศ จะอยู่ในลักษณะของเนกะทีฟแอมพลิจูดมอดูเลชัน ( Negative Amplitude Modulation ) กล่าวคือ ขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าสูง จะทำให้เกิดภาพสีเข้มหรือดำมืดที่จอหลอดภาพและขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพขาว ดังรูป



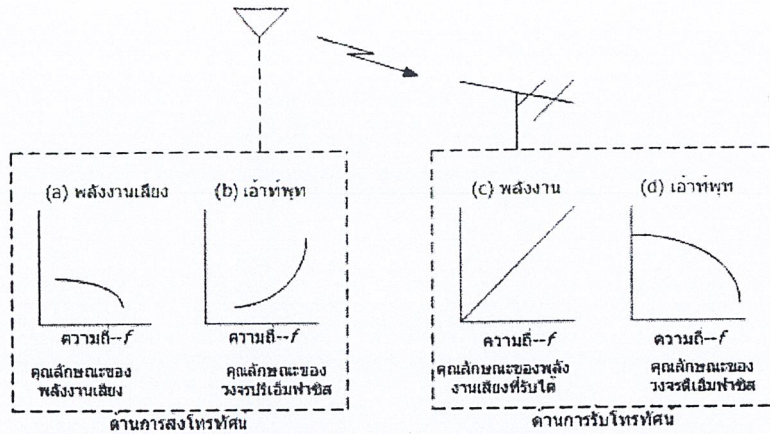
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพ สำหรับโทรทัศน์สีระบบ PAL ซึ่งมีความถี่คลื่นพาห้ของสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ประมาณ 4.3 MHz.



รูปที่ 2.17 แสดงรูปร่างของสัญญาณภาพที่อยู่ในลักษณะไซเคิลแบนด์ของสัญญาณภาพแบบเน็กกะทีฟแอมพลิจูดมอดูเลชั่น โดยขนาดของสัญญาณที่มีค่าสูงจะทำให้เกิดภาพมืดและขนาดของสัญญาณที่มีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพสว่าง

### 2.7 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ทางด้านเสียง

สัญญาณเสียงของโทรทัศน์สีที่นำออกอากาศ จะใช้ระบบฟรีควีนซีมมอดูเลชั่น โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้สูงสุด ( Maximum frequency deviation ) เพียง 50 กิโลเฮิรตซ์ และมีค่าคงตัวของเวลา (Time constant) ในวงจรปริ-เอมฟาสิส (Pre-emphasis) หรือวงจรดี-เอมฟาสิส (De emphasis) เพียง 50 ไมโครวินาที การใช้วงจรปริ-เอมฟาสิสทางการส่งโดยการยกระดับพลังงานเสียงที่มีความถี่สูง ๆ ซึ่ง ไม่มีความเป็นธรรมชาติ และวงจรดี-เอมฟาสิส ทางด้านการรับจะช่วยทำให้คุณลักษณะของเสียงที่เครื่องรับโทรทัศน์รับฟังได้ดี และช่วยลดการรบกวนจากสัญญาณเสียงจากนอกล ( Noise ) ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.18 แสดงการส่งสัญญาณ โทรทัศน์ด้านเสียงที่ใช้วงจรปริ-เอ็มฟาซิส ทางด้านการส่งและวงจรดี-เอ็มฟาซิสทางด้านการรับโทรทัศน์

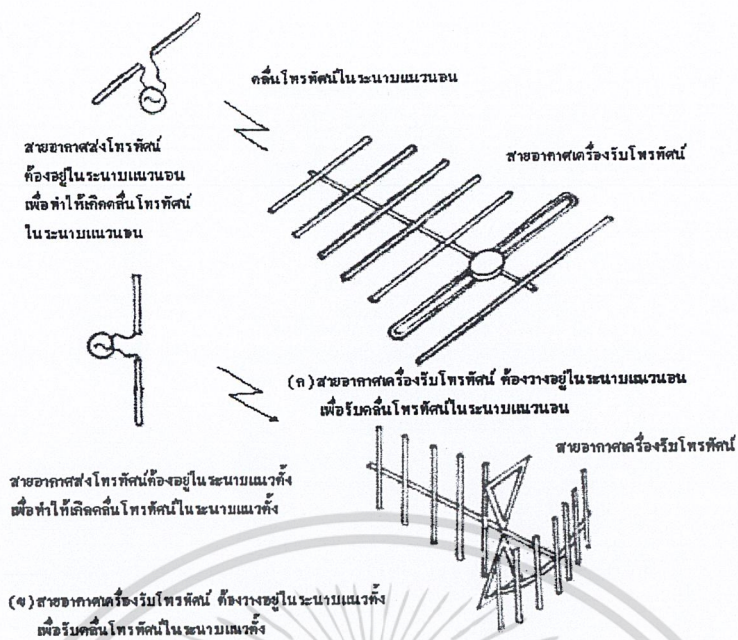
## 2.8 การส่งคลื่นโทรทัศน์ออกอากาศ

ในทางปฏิบัติ คลื่น โทรทัศน์ที่นิยมส่งออกอากาศโดยทั่วไปนั้น มีอยู่ 2 แบบ คือ

( ก ) คลื่นโทรทัศน์ในระนาบแนวนอน ( horizontally polarized plane wave ) ซึ่งมีแนวคลื่นในระนาบที่ขนานกับพื้นดิน โดยจะต้องตั้งแผงสายอากาศทั้ง ด้านการส่งโทรทัศน์ และ ด้านการรับโทรทัศน์ให้อยู่ในระนาบแนวนอน ( horizontal plane ) รูปที่ 2.19 ( ก ) แสดงให้เห็นวิธีการวางแผงสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ในระนาบแนวนอนเพื่อรับสัญญาณ โทรทัศน์ซึ่งส่งออกอากาศในลักษณะของคลื่นระนาบแนวนอน

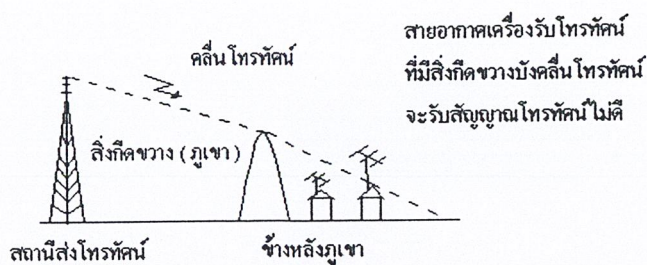
( ข ) คลื่นโทรทัศน์ในระนาบแนวตั้ง ( vertically polarized plane wave ) ซึ่งมีแนวคลื่นในระนาบที่ตั้งฉากกับพื้นดิน โดยจะต้องตั้งแผงสายอากาศทั้งใน ด้านการส่งโทรทัศน์ และ ด้านการรับโทรทัศน์ให้อยู่ในระนาบแนวตั้ง ( vertical plane ) รูปที่ 2.19 ( ข ) แสดงให้เห็นวิธีการวางแผงสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ในระนาบแนวตั้งเพื่อรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งออกอากาศในลักษณะของคลื่นในระนาบแนวตั้ง

เป็นที่น่าสังเกตว่า หากสายอากาศทางด้านการส่งโทรทัศน์ ได้ส่งคลื่นออกอากาศเป็นคลื่นในระนาบแนวนอน ( horizontally polarized plane wave ) แล้ว สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์จะตั้งวางอยู่ในระนาบแนวนอน ( horizontal plane ) ด้วยจึงจะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ดี หากสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์วางอยู่ในระนาบแนวตั้ง ( vertical plane ) แล้ว สายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์จะไม่สามารถทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ดีเพียงพอ และจะทำให้การรับสัญญาณโทรทัศน์ไม่ได้ผลดีเพียงพอในการทำงานเหมือนกัน หากสายอากาศทางด้านการส่งโทรทัศน์ได้ส่งคลื่นโทรทัศน์ออกอากาศเป็นคลื่นในระนาบแนวตั้ง ( vertically polarized plane wave ) แล้ว สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ก็จะต้องวางอยู่ในระนาบแนวตั้ง ( vertical plane ) ด้วย จึงจะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ดี หากสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์วางอยู่ในระนาบแนวนอนแล้ว สายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์จะไม่สามารถทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ดีเพียงพอและจะทำให้การรับสัญญาณโทรทัศน์ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร

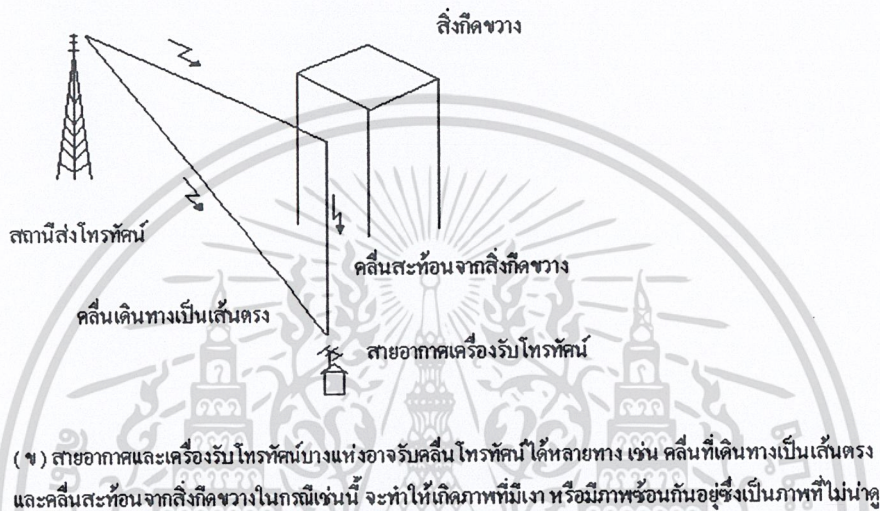


รูปที่ 2.19 คลื่น โทรทัศน์ในระนาบแนวตั้ง กับ คลื่น โทรทัศน์ในระนาบแนวนอน

คลื่น โทรทัศน์ที่ส่งออกอากาศจากสถานีส่งโทรทัศน์จะเดินทางไปในลักษณะแนวทางของเส้นตรงที่อยู่ระหว่างสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์ กับสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ กับสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ หากเส้นทางระหว่างจุดทั้งสองนี้ตลอดไปรังกี้ก็จะทำให้สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ดีแต่ถ้ามีสิ่งกีดขวาง เช่น มีตึกสูง ๆ หรือ มีภูเขาขวางกั้นเส้นทางระหว่างสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์กับสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ ก็จะทำให้สัญญาณโทรทัศน์เดินทางผ่านไปได้น้อยมากหรือไม่ได้เลย อันจะเป็นผลทำให้ไม่สามารถรับโทรทัศน์ได้ หรือหากสามารถรับโทรทัศน์ได้ ก็จะพบว่า สัญญาณโทรทัศน์อ่อนกำลังมากหรือมีภาพจางและมีการรบกวนจนภาพไม่น่าดู นอกจากนั้นคลื่นโทรทัศน์ยังสามารถสะท้อนได้จากสิ่งกีดขวาง เช่น ตึกสูง ๆ หรือภูเขา อีกด้วย ฉะนั้น การรับชมโทรทัศน์บางแห่งอาจพบว่าทั้งคลื่นโทรทัศน์ที่เดินทางเป็นเส้นตรงจากสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์กับคลื่น โทรทัศน์ที่สะท้อนมาจากสิ่งกีดขวางแห่งอื่นซึ่งจะต้องการในระยะเวลาในการเดินทางจากสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์ มายังสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์แตกต่างกัน จึงทำให้มองเห็นเป็นภาพที่มีเงาในจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์รูปที่ 2.20 แสดงให้เห็นลักษณะที่ได้อธิบายมานี้ โดยรูปที่ 2.20 ( ก )คลื่นโทรทัศน์จะเดินทางเป็นเส้นตรง เมื่อมีสิ่งกีดขวางคลื่นโทรทัศน์จะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของสิ่งกีดขวางรับชมโทรทัศน์ไม่ค่อยได้ ส่วนรูปที่ 2.20 ( ข ) แสดงให้เห็นว่า เครื่องรับโทรทัศน์บางแห่ง อาจสามารถรับคลื่นโทรทัศน์ได้หลายทาง เช่น สามารถรับคลื่นโทรทัศน์ที่เดินทางเป็นเส้นตรงจากสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์มายังสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ และสามารถรับคลื่นโทรทัศน์ที่สะท้อนจากสิ่งกีดขวางอื่นๆซึ่งใช้เวลาในการเดินทางจากสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์ มายังสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์แตกต่างกัน ซึ่งผลก็ปรากฏว่า ทำให้เกิดภาพที่มีเงาหรือมีสองภาพซ้อนกันอยู่ ซึ่งเป็นภาพที่ไม่น่าดู

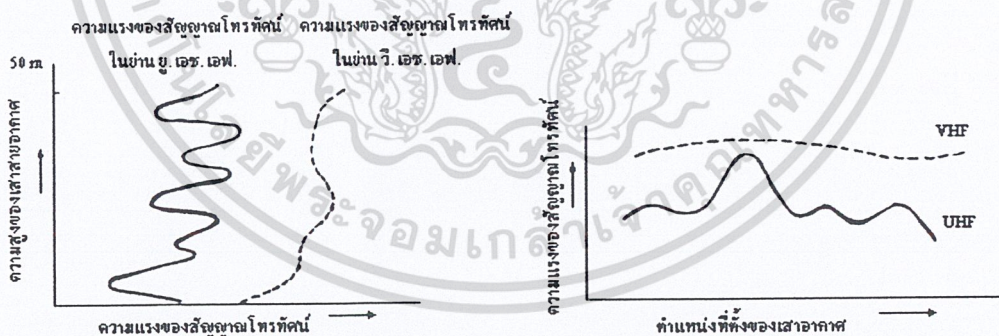


(ก) คลื่น โทรทัศน์เดินทางเป็นเส้นตรง สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีสิ่งอื่นมาบังก็ขวาง เช่น ภูเขาบังไว้ จึงรับสัญญาณโทรทัศน์ไม่ค่อยได้



(ข) สายอากาศและเครื่องรับโทรทัศน์บางแห่งอาจรับคลื่น โทรทัศน์ ได้หลายทาง เช่น คลื่นที่เดินทางเป็นเส้นตรง และคลื่นสะท้อนจากสิ่งกีดขวางในกรณีเช่นนี้ จะทำให้เกิดภาพที่มึนเงา หรือมีภาพซ้อนกันอยู่ซึ่งเป็นภาพที่ไม่น่าดู

รูปที่ 2.20 การเดินทางของคลื่น โทรทัศน์



(ก) สำหรับโทรทัศน์ในย่าน ยู. เอช. เอฟ. ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศ ส่วนโทรทัศน์ในย่าน วี.เอช. เอฟ. ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศเหมือนกัน แต่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก

(ข) ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ในย่าน ยู. เอช. เอฟ. จะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งที่ตั้งของเสาอากาศ ซึ่งเรื่องเช่นนี้จะเกิดขึ้นน้อยมากสำหรับความถี่ในย่าน วี. เอช. เอฟ.

รูปที่ 2.21 ความแตกต่างของคลื่นโทรทัศน์ในย่าน วี.เอช.เอฟ. กับคลื่นโทรทัศน์ในย่าน ยู.เอช.เอฟ.

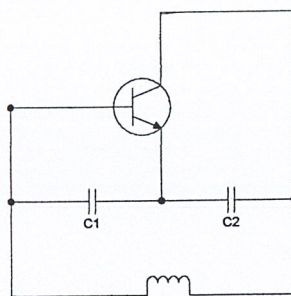
คลื่น โทรทัศน์ที่ส่งออกอากาศเหล่านี้ หากเลือกใช้ความถี่คลื่นพาห้ของภาพ ในย่าน วี.เอช.เอฟ. (very high frequency) ก็จะมีขอบเขตของความถี่ระหว่าง 47 เมกกะเฮิร์ตซ์ไปจนถึง 68 เมกกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเรียกว่า วี.เอช.เอฟ. ดันต่ำ (low-band V.H.F.) กับความถี่ 174 เมกกะเฮิร์ตซ์ ไปจนถึง 230 เมกกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเรียกว่า วี.เอช.เอฟ. ย่านสูง (high-band V.H.F.) หากคลื่นพาห้ของภาพมีความถี่ในย่านยู.เอช.เอฟ. (ultra high frequency) ย่านการส่ง โทรทัศน์ก็จะมีขอบเขตของความถี่ระหว่าง 590 เมกกะเฮิร์ตซ์จนถึงประมาณ 770 เมกกะเฮิร์ตซ์ ความสูงของเสาอากาศและจุดที่ตั้งของเครื่องรับ โทรทัศน์ที่ใช้รับคลื่นโทรทัศน์ ซึ่งมีคลื่นพาห้ของภาพอยู่ในย่าน ยู.เอช.เอฟ. จะมีความสำคัญมากรูปที่ 2.21 แสดงให้เห็นความแตกต่างของการรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้คลื่นพาห้ของภาพ ในความถี่ย่าน ยู.เอช.เอฟ. กับคลื่นพาห้ของภาพในความถี่ย่านวี.เอช.เอฟ. โดยรูปที่ 2.21 (ก) เป็นรูปที่แสดงให้เห็นว่าสัญญาณโทรทัศน์ที่เครื่องรับโทรทัศน์จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศเครื่องรับโดยตรง หากคลื่นโทรทัศน์นั้นมีคลื่นพาห้ของภาพอยู่ในย่านความถี่ยู.เอช.เอฟ. หากคลื่นพาห้ของภาพมีความถี่อยู่ในย่าน วี.เอช.เอฟ. ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ก็จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์เหมือนกัน แต่จะไม่มีเปลี่ยนแปลงมากเกินไป หากเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์มีความสูงเกินความสูงขนาดหนึ่งรูปที่ 2.21 (ข) แสดงให้เห็นว่าความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ในความถี่ย่าน ยู.เอช.เอฟ. จะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งที่ตั้งของเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งหากเป็นโทรทัศน์ที่คลื่นพาห้ของภาพอยู่ในความถี่ย่าน วี.เอช.เอฟ. แล้ว เรื่องเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้น

## 2.9 วงจรผลิตความถี่ (Oscillator circuit)

วงจรรอสซิลเลเตอร์เป็นวงจรชนิดหนึ่งที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในการกำเนิดสัญญาณไฟสลับขั้วที่เอาท์พุท จริง ๆ และวงจรรอสซิลเลเตอร์เป็นวงจรรายยั้งนั่นเอง แต่ต่างกันที่วงจรรอสซิลเลเตอร์ประกอบด้วยวงจรป้อนกลับ สัญญาณจากเอาท์พุทไปยังอินพุท ซึ่งสามารถกำเนิดสัญญาณเอาท์พุทออกมาได้โดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณป้อนเข้ามาที่อินพุท วงจรรอสซิลเลเตอร์ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ วงจรอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยอินดักเตอร์ (L) และ คาปาซิเตอร์ (C) ในการผลิตสัญญาณรูปซายน์ที่ความถี่เรโซแนนท์ ออกที่เอาท์พุท วงจรรอสซิลเลเตอร์ จะให้กำเนิดสัญญาณต่อเนื่องแบบเดียวกันซ้ำ ๆ กัน เช่น คลื่นรูปซายน์ ที่มีการแปรผันของแอมพลิจูด ซึ่งจะใช้ วงจรแอลซีเมื่อมีการป้อนกระแสไฟเข้าไปในวงจร

### วงจรรอสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อกันสามจุดของทรานซิสเตอร์

ในส่วนของวงจรรอสซิลเลเตอร์ที่วงจรป้อนกลับประกอบด้วยอุปกรณ์สามตัว โดยทั่วไปจะเรียกว่า วงจรรอสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อกันสามจุด ยกตัวอย่างเช่น วงจรแบบคอลพิทท์ (Colpitts)



รูปที่ 2.22 แสดงวงจรเบื้องต้นของคอลพิทท์ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.23 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบคอลพิทท์แบบเบสรวม

ตัวอย่างการออกแบบวงจรคอลพิทท์ออสซิลเลเตอร์และการคำนวณ

วิเคราะห์ลูป  $I_1$  และ  $I_2$

$$(h_{ie} + Z_1)i_1 - Z_1i_2 = 0$$

$$-Z_1i_1 + (Z_1 + Z_2 + Z_3)i_2 + Z_2i_3 = 0$$

แต่  $i_1 = i_b$  และ  $i_3 = i_c = h_{fe}i_b$

$$\therefore (h_{ie} + Z_1)i_1 - Z_1i_2 = 0$$

$$(h_{fe}Z_2 - Z_1)i_b + (Z_1 + Z_2 + Z_3)i_2 = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการจะหาคำตอบได้เมื่อ  $i_b \neq 0$  และ  $i_2 \neq 0$  ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ดีเทอร์มิแนนต์ ( $\Delta=0$ )

$$\begin{aligned}\Delta &= (h_{ie} + Z_1)(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1(h_{fe}Z_b - Z_1) \\ &= h_{ie}(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1\{Z_2(1 + h_{fe}) + Z_3\} = 0\end{aligned}$$

เมื่อ  $Z_1, Z_2, Z_3$  เป็นรีแอกแตนซ์ แล้ว  $jX_1, jX_2, jX_3$  จะมีค่าเป็น

$$j h_{ie}(X_1 + X_2 + X_3) - X_1 X_2(1 + h_{fe}) - X_1 X_3 = 0$$

และจากจำนวนจินตภาพได้ว่า  $X_1 + X_2 + X_3 = 0$

สมการที่ 1

$$\text{จากจำนวนจริง } X_2(1 + h_{fe}) + X_3 = 0$$

สมการที่ 2

$$X_2 = \frac{-X_3}{(1 + h_{fe})}$$

สมการที่ 3

จากสมการนี้จะเห็นว่า  $X_2, X_3$  เป็นรีแอกแตนซ์ต่างชนิดกัน แทนสมการที่ 3 ลงในสมการที่ 1 ได้ว่า

$$X_1 = \frac{-h_{fe} X_3}{(1 + h_{fe})}$$

$\therefore X_1$  เป็นรีแอกแตนซ์ต่างชนิดกับ  $X_3$

จากสมการที่ 2 และ 3 ได้ว่า

$$h_{fe} = \frac{X_1}{X_2}$$

สรุป

- 1  $X_1, X_2$  เป็นรีแอกแตนซ์คนละชนิดกับ  $X_3$
- 2 ค่ารีแอกแตนซ์ต่างๆ ควรจะ  $|X_2| < |X_3|$  ,  $|X_1| < |X_3|$
- 3  $h_{fe} = \frac{X_1}{X_2}$

พิจารณาจาก  $X_1 + X_2 + X_3 = 0$  เทียบกับวงจรข้างต้น

$$\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega L_3 = 0$$

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \omega^2 L_3 = 0$$

$$(2\pi f)^2 = \frac{C_1 + C_2}{L_3 C_1 C_2}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{[C_1 + C_2]^{1/2}}{[L_3 C_1 C_2]^{1/2}}$$

แต่เมื่อรวม ทริสมเมอร์ C ที่ปรับค่าได้มาพิจารณาแล้วได้ว่า

$$\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} + (j\omega L_3 // \frac{1}{j\omega C}) = 0$$

$$\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} + \frac{\frac{L_3}{C}}{j\omega L_3 + 1} = 0$$

$$\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} + \frac{j\omega L_3}{-\omega^2 L_3 C + 1} = 0$$

เอา  $j\omega$  คูณตลอด

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{-\omega^2 L_3}{-\omega^2 L_3 C + 1} = 0$$

$$\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} = \frac{-\omega^2 L_3}{-\omega^2 L_3 C + 1}$$

$$\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{-\omega^2 L_3 C + 1}{-\omega^2 L_3}$$

$$\frac{C_1 C_2 + C}{C_1 + C_2} = \frac{1}{\omega^2 L_3}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_3 \left[ \frac{C_1 C_2 + C}{C_1 + C_2} \right]}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_3 \left[ \frac{C_1 C_2 + C}{C_1 + C_2} \right]}} \text{ Hz.}$$

## 2.10 การมอดูเลตแบบเอเอ็ม

เราทราบแล้วว่าสัญญาณเอเอ็ม คือ คลื่นพาหะที่เปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดหรือมีแอมพลิจูดคงที่พร้อมกับความถี่ข้างเคียงด้านบนและด้านล่าง เมื่อแอมพลิจูดของความถี่ข้างเคียงรวมเข้ากับคลื่นพาหะด้วยขั้วเดียวกันแล้วส่งผลทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะสูงขึ้น แต่ถ้าความถี่ข้างเคียงที่เกิดมีการหักล้างกับแอมพลิจูดของคลื่นพาหะ เนื่องจากขั้วแตกต่างกันแล้วแอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะลดลง ซึ่งคลื่นพาหะที่คงที่พร้อมกับความถี่ข้างเคียง จะคิดรวมเป็นกลุ่มเดียวได้ซึ่งจะทำให้เทียบเท่ากับรูปคลื่นเอเอ็ม

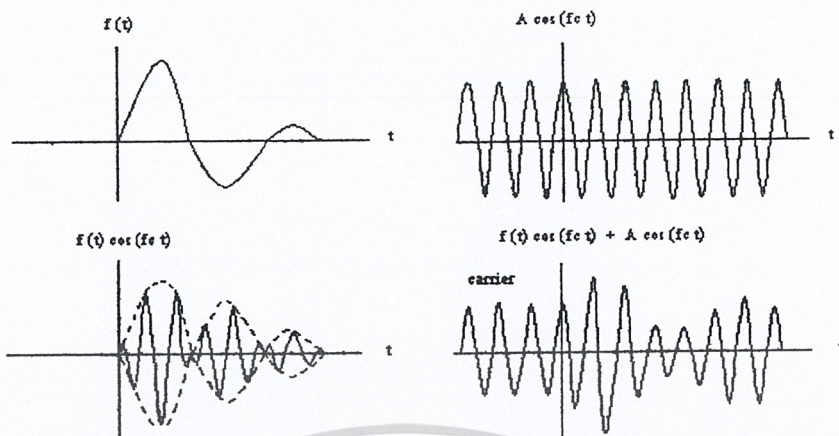
### 2.10.1 แอมพลิจูดมอดูเลชัน แบบ DSB-LC

ให้  $A \cos \omega_c t$  เป็นคลื่นพาหะที่มีความถี่  $\omega_c$  แอมพลิจูดมีขนาด  $A$

$f(t) \cos \omega_c t$  เป็นสัญญาณ เอ เอ็ม DSB - SC

สัญญาณเอ.เอ็ม. แบบ DSB - SC ( $\phi_{AM}(t)$ ) ก็คือการบวกค่า 2 สัญญาณที่กำหนดข้างต้นซึ่งได้ดังนี้

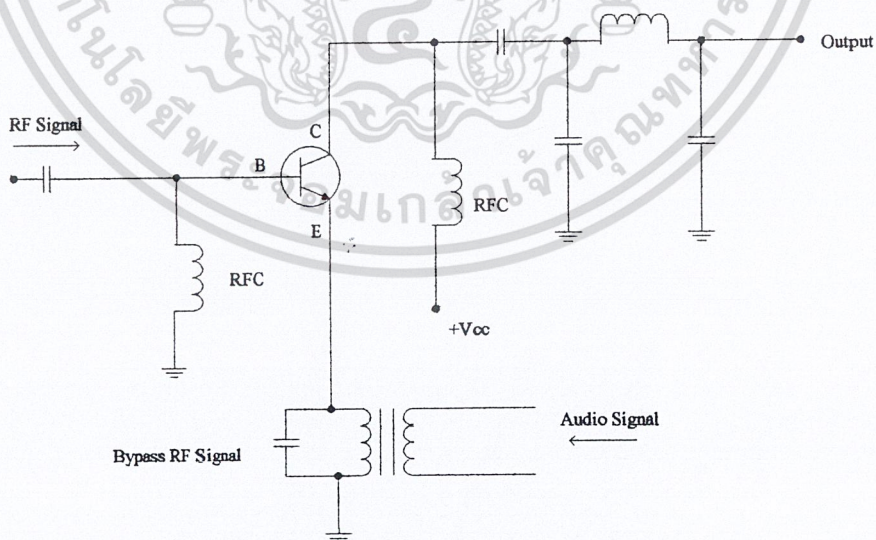
$$\begin{aligned} \phi_{AM}(t) &= A \cos \omega_c t + f(t) \cos \omega_c t \\ &= [A + f(t)] \cos \omega_c t \end{aligned}$$



รูปที่ 2.24 แสดงสัญญาณในลักษณะต่าง ๆ รวมทั้งสัญญาณเอเอ็ม แบบ DSB-LC

2.10.2 วงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชั่น

การมอดูเลตสัญญาณจะเกิดขึ้นที่อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังวงจรรูปที่ 2.25 จากรูปจะเห็นว่า สัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณความถี่วิทยุจะป้อนเข้ามาที่ขาเบส ดังนั้น กระแสอิมิตเตอร์จึงเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ แต่เมื่อเราทำการป้อนสัญญาณความถี่เสียงเข้าทางค่านอิมิตเตอร์ส่วนของสัญญาณเสียงที่อิมิตเตอร์จะเป็นตัวจำกัดค่าสูงสุดของกระแสอิมิตเตอร์



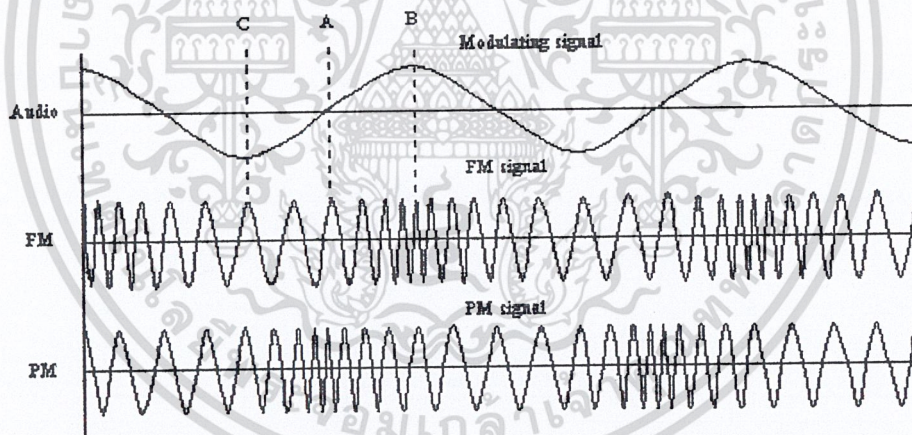
รูปที่ 2.25 แสดงวงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชั่น

## 2.11 การมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม

ในการมอดูเลตสัญญาณเสียงนั้น นิยมใช้การมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม (Frequency Modulation) โดยคุณภาพของเสียงในระบบเอฟเอ็มดีกว่าคุณภาพของเสียงในระบบเอเอ็ม เนื่องจากเอฟเอ็มมีการปรับปรุงคุณลักษณะ ในการกำจัดนอยส์ได้ดีกว่า เนื่องจากนอยส์ต่าง ๆ ที่สอดแทรกเข้ามา จะมีผลต่อสัญญาณอาร์เอฟทางแอมพลิฟิเคชัน จึงทำให้นอยส์เหล่านี้เข้าไปรวมกับสัญญาณอาร์เอฟในระบบเอเอ็มได้ง่ายกว่า แต่ในระบบเอฟเอ็มนั้น สัญญาณอาร์เอฟมีการเปลี่ยนแปลงทางความถี่นอยส์จึงมีผลต่อสัญญาณน้อยกว่า และที่เครื่องรับของระบบเอฟเอ็มมีวงจรมิตเตอร์ ( Limiter ) เพื่อทำหน้าที่ตัดแอมพลิฟิเคชันที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอันเป็นผลมาจากนอยส์

### 2.11.1 ทฤษฎีฟริควเอนซีมอดูเลชัน

FM (Frequency Modulation) เป็นรูปแบบการมอดูเลตสัญญาณแบบหนึ่งของ Angular Modulation ในระบบ angular modulation บางระบบ ทั้งความถี่และเฟสของ carrier จะแปรเปลี่ยนไปตามสัญญาณ modulation signal ( หรือสัญญาณที่เข้ามา mod. ) แต่ในระบบ FM ความถี่ของ carrier จะเบี่ยงไปตาม amplitude ของ modulating signal ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แสดงสัญญาณการมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนทางความถี่ ( frequency deviation ) กับความถี่ของ modulating signal ถูกกำหนดให้เป็นค่าดัชนีการมอดูเลต ( modulation index ( m ) ) โดย

$$m = \frac{\text{frequency deviation (Hertz)}}{\text{modulating frequency (Hertz)}}$$

ดังนั้น 
$$A = \sum_{-n}^n J_n^2(m)$$

สมมติว่า  $n$  มีค่าเท่ากับ  $m$  แล้วแทนค่าลงในสมการข้างบน จะได้

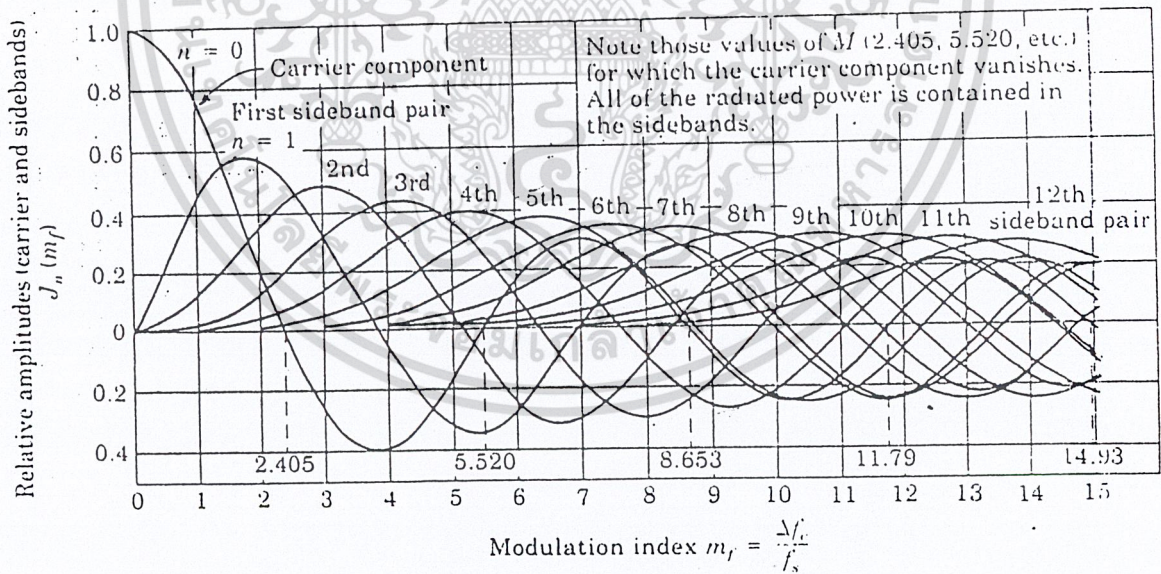
$$A = 2(J_1 - J_2 + J_3 + J_4 + \dots + J_m)$$

จากการคำนวณจะได้  $A = 0.95$  ซึ่งก็คือ ภายในไซด์แบนด์ที่กว้างเท่ากับ 2 เท่าของค่าเบี่ยงเบนทางความถี่นี้ 95% ของพลังงานทั้งหมดจะถูกส่งออกไป

ในกรณีที่ modulating signal เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม และยังคงใช้แถบความถี่กว้างเท่าเดิม พลังงานที่ถูกส่งออกไปจะลดลงเหลือเพียง 80% เท่านั้น แต่ถ้าพิจารณาเพิ่มไซด์แบนด์เข้าไปอีกหนึ่งคู่ คือ ให้ส่งออกไปถึงคู่ที่  $m+1$  พลังงานจะเพิ่มขึ้นเป็น 93% ฉะนั้นในการหาความกว้างของแถบความถี่ จึงมักพิจารณาถึงคู่ที่  $m+1$  หรือให้  $n = m+1$  ดังนั้น bandwidth ของระบบจึงมีค่า

$$BW = 2(m + 1) f_m$$

โดย  $f_m$  คือ ความถี่ของ modulating signal



รูปที่ 2.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของไซด์แบนด์กับค่าดัชนีการมอดูเลต

แอมพลิจูด และเฟสของแครี่เรียร์ ( $J_0$ ) รวมทั้งไซด์แบนด์ ( $J_1 - J_n$ ) สามารถแสดงให้เห็นในรูปของสมการคณิตศาสตร์ Bessel Function ดังนี้

สมการ Bessel Function แสดงได้ดังนี้

$$E(t) = A [J_0(m) \sin \omega_c(t)] + [J_1(m) \sin (\omega_c + \omega_m)t] - [J_1(m) \sin (\omega_c - \omega_m)t] \\ + [J_2(m) \sin (\omega_c + 2\omega_m)t] + [J_2(m) \sin (\omega_c - 2\omega_m)t] \\ + [J_3(m) \sin (\omega_c + 3\omega_m)t] - [J_3(m) \sin (\omega_c - 3\omega_m)t] \dots$$

เมื่อ  $A$  = The unmodulate carrier amplitude constant

$J_0$  = The modulate carrier amplitude

$J_1, J_2, J_3, \dots, J_n$  are the amplitudes of the  $n^{\text{th}}$  order sidebands

$\omega_m$  =  $2\pi f_m$  (The modulating frequency)

$\omega_c$  =  $2\pi f_c$  (The modulating frequency)

$m$  = The modulation index

สมการ Bessel Function จะแสดงให้เห็นแอมพลิจูด ( $J_0 - J_n$ ) ในรูปของความถี่ในรูปแบบที่ 2.27 แสดงให้เห็นกราฟของสมการ Bessel Function ของแครี่เรียร์ และ 8 คู่แรกของไซด์แบนด์ ซึ่งแปรผันตามค่า modulation index

ในการพิจารณาเลือกจำนวนไซด์แบนด์ว่าควรจะใช้คู่ลำดับที่เท่าไรจึงจะเหมาะสมนั้น มีวิธีการดังนี้ สมมติให้ modulating signal เป็นคลื่นรูป Sine ที่ความถี่หนึ่ง เมื่อทำการมอดูเลทกับแครี่เรียร์แบบ FM แล้วได้ไซด์แบนด์จำนวนหนึ่งที่มีพลังงานสูงถึงลำดับที่  $n$  และเมื่อนำพลังงานรวมของส่วนนี้ไปเปรียบเทียบกับพลังงานรวมทั้งหมดเป็นอัตราส่วน  $A$  จะได้ว่า

$$A = \frac{\sum_{-\infty}^{\infty} J_n^2(m)}{\sum_{-\infty}^{\infty} J_n^2(m)}$$

แต่สมการของ Bessel Function ได้ว่า

$$\sum_{-\infty}^{\infty} J_n^2(m) = 1$$

ซึ่งหมายความว่าพลังงานรวมทั้งหมดเป็น 100%

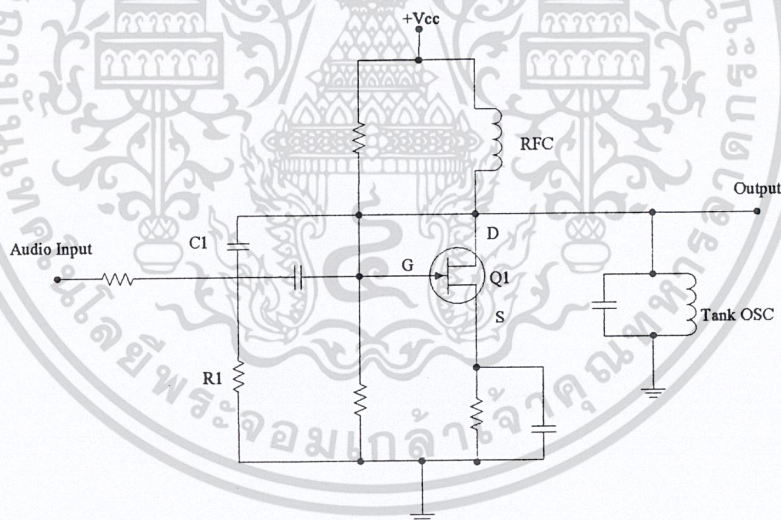
### รีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

หน้าที่ของวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ ก็คือ ไบแอส FET หรือทรานซิสเตอร์ เป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ ในวงจรแท่งค้ำของออสซิลเลเตอร์ ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณเสียงมามอดูเลท คาร์เรอแอกแตนซ์จะแปรเปลี่ยนไป ทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลง

วงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ในรูปที่ 2.28 ใช้ C1 และ R1 ต่อคร่อมวงจรแท่งค้ำของออสซิลเลเตอร์ คาร์เรอแอกแตนซ์ของ C1 มีค่าประมาณ 6 เท่า ของ R1 ฉะนั้น เมื่อมองการต่อ R1 กับ C1 จึงเสมือนเป็นความจุล้วน ๆ ฉะนั้นสัญญาณที่ป้อนแก่เกตของ Q1 จะมีเฟสหน้า 90 องศา เทียบกับแรงดันออสซิลเลเตอร์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นวงจรโดยรวมจึงปรากฏเป็นความจุต่อขานวงจรแท่งค้ำของออสซิลเลเตอร์

เนื่องจากวงจร FET ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ จึงสามารถควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้ ถ้าสัญญาณเสียงเป็นศูนย์ ค่าความจุจะอยู่ความถี่กลาง ถ้าสัญญาณเสียงเป็นบวก กระแสตรงจะเพิ่มและค่าความจุเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ต่ำลง ในทำนองเดียวกันเมื่อสัญญาณเสียงเป็นลบกระแส FET จะลดและความจุจะลดลงตามด้วย ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จึงเพิ่มขึ้น

เราสามารถใส่ทรานซิสเตอร์หรือหลอดสูญญากาศแทน FET เป็นวงจรรีแอกแตนซ์ได้ นอกจากนี้เราสามารถไบแอสให้วงจรโดยรวมเสมือนเป็นความเหนี่ยวนำได้โดยการสลับตำแหน่ง R1 , C1



รูปที่ 2.28 แสดงวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

### 2.12 S - Parameter

Scattering หรือ S Parameter เป็น Parameter ตัวสำคัญที่มักจะถูกกำหนดมากับ Transistor ที่ทำงานในย่านความถี่สูงเสมอเพื่อใช้ในการออกแบบวงจร S Parameter ถูกใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากง่ายต่อการวัดค่าและใช้งานมากกว่า Y Parameter นอกจากนี้ S Parameter ยังง่ายกว่าในการทำความเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

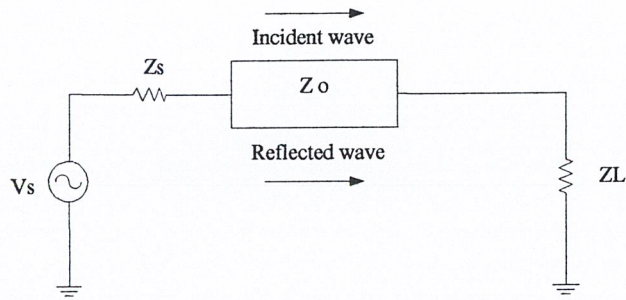
ในขณะที่ Y Parameter ใช้กระแสและโวลต์เตจทางอินพุท และ เอาท์พุท ในการกำหนดคุณลักษณะในการทำงานของวงจร โครงร่าง Network แบบ 2 ขั้ว แต่ S Parameter กลับใช้ค่า Normalized ของคลื่นตกกระทบ ( Incident wave ) และคลื่นสะท้อนกลับ ( Reflected wave )

เพื่อที่จะทำความเข้าใจหลักการของ S Parameter จำเป็นต้องทำความเข้าใจทฤษฎีของสายส่ง บางประการ พิจารณาตามรูปที่ 2.29 Voltage กระแสและกำลังงานซึ่งจะถูกส่งผ่านจาก Source Impedance ( $Z_s$ ) ไป Load ( $Z_L$ ) ซึ่งจะถูกพิจารณาในรูปของคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อน กับที่เคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามภายในสายส่งที่มี Characteristic Impedance ( $Z_0$ ) ถ้าหาก Load Impedance ( $Z_L$ ) เท่ากับ  $Z_s$  ภายในสายส่งจะไม่มีคลื่นสะท้อนกลับ ทั้งนี้เพราะคลื่นตกกระทบทั้งหมดจะถูกดูดซับด้วย Load หหมด แต่ถ้า  $Z_L$  ไม่เท่ากับ  $Z_0$  แล้วคลื่นตกกระทบจะไม่ถูก Load ดูดซับทั้งหมด ดังนั้น บางส่วนของคลื่นตกกระทบจะย้อนกลับ มาต้นกำเนิด ( Source ) ใหม่เกิดเป็นคลื่นสะท้อนกลับของคลื่นระหว่าง Load และ Source จนกว่าคลื่นจะ Loss งามหายไปในสายส่งความมากน้อยของความ Mismatch ระหว่างคลื่นสะท้อนและคลื่นตกกระทบเรียกว่า Reflection Coefficient ซึ่งเป็นค่าที่จัดวางเท่ากันได้ ( Match ) ของสายส่งและ Terminating Impedance Reflection Coefficient (  $\Gamma$  ) อยู่ในรูป Complex

$$\begin{aligned} \Gamma &= \text{Reflection Coefficient} \\ &= V_{\text{ref}} / V_{\text{inc}} \\ &= \rho / \theta \end{aligned} \quad (2.1)$$

$V_{\text{ref}}$  = Reflected Voltage  
 $V_{\text{inc}}$  = Incident Voltage

Reflection Coefficient จะมีค่าลดลง ค่าความแตกต่างระหว่าง Terminating Impedances และ Impedance ของสายส่งมีค่าลดลงถ้า Terminating Impedances และ Impedance ของสายส่งเท่ากับ Reflection Coefficient เท่ากับ 0 ถ้าหากปลายทางของ Load เกิดไม่ได้ต่อ Load แล้วทำให้เกิดกรณี Short หรือ Open circuit ก็ดี กำลังไฟฟ้าจะส่งจากแหล่งกำเนิดจะไม่ถูกดูดซับโดยโหลดเลย ดังนั้น คลื่นตกกระทบทั้งหมดจะเกิดการสะท้อนกลับหมด ค่า Reflection Coefficient เท่ากับ 1 เกิดกรณีที่เข้ากันไม่ได้อย่างสมบูรณ์ ( Perfect Mismatch ) ค่า Reflection Coefficient จะแปรผันระหว่าง 0 และ 1 Reflection Coefficient ที่มีค่ามากกว่า 1 นั้น แสดงว่า สัญญาณจากแหล่งกำเนิดไปถึงโหลดมีค่าน้อยกว่าสัญญาณที่ออกจากโหลดเพื่อมายังแหล่งกำเนิด นั่นแสดงว่ามีแหล่งต้นกำเนิดพลังงานอยู่ด้วย ซึ่งเป็นไปได้ในกรณีออสซิลเลเตอร์และแอมพลิฟายเออร์ที่เกิดการออสซิลเลท



รูปที่ 2.29 แสดงคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนกลับในสายส่ง

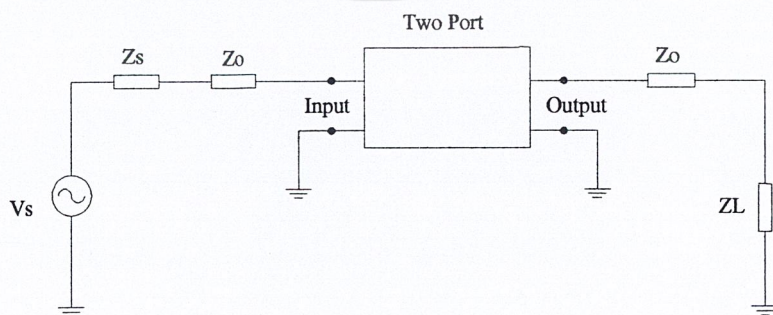
ค่า Reflection Coefficient ของวงจร ดังรูปที่ 2.29 แสดงได้ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3

$$T = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \tag{2.2}$$

$$= \frac{Z_A - 1}{Z_A + 1} \tag{2.3}$$

$$Z_A = \frac{Z_L}{Z_0} = \text{Normalized Load Impedance}$$

ตามสมการ 2.3 เป็นสมการในการสร้าง Smith Chart ดังนั้น ค่า T จึงสามารถเขียนค่าลงใน Smith Chart ได้โดยตรง และทำให้สามารถอ่านค่าโวลตจิมพีแดนซ์จาก Chart ได้โดยตรง โดยไม่ต้องคำนวณค่าจากสมการที่ 2.2 ในทำนองเดียวกับค่า T สามารถอ่านจาก Chart โดยตรงเมื่อกำหนดค่า  $Z_0$  S-Parameter ในวงจรโครงข่าย 2 คู่สาย



รูป 2.30 แสดงคลื่นตกกระทบและคลื่นสะท้อนในวงจร โครงข่าย 2 คู่สาย

การพิจารณาต่อไปนี้เป็นคลื่นตกกระทบ คือ คลื่นที่เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด

- 1.) คลื่นตกกระทบที่เคลื่อนออกจากแหล่งกำเนิดจะตกกระทบอุปกรณ์ในวงจร 2 คู่สาย เป็นค่า  $a_1$  โดยมีบางส่วนที่สะท้อนกลับเป็นค่า  $b_1$  และมีบางส่วนที่ผ่านเข้าไปในอุปกรณ์ของวงจร 2 คู่สาย
- 2.) คลื่นที่เคลื่อนผ่านเข้าไปในอุปกรณ์ของวงจร 2 คู่สาย จะเคลื่อนที่ไปจนถึงโหลดที่อยู่ทางเอาต์พุตของวงจร 2 คู่สาย และบางส่วนของคลื่นนี้จะสะท้อนที่โหลดกลับไปเป็นคลื่นตกกระทบวงจร 2 คู่สาย ทางด้านเอาต์พุตเป็นค่า  $a_2$
- 3.) คลื่นตกกระทบทางด้านเอาต์พุตของวงจร 2 คู่สาย บางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่โหลดอีกเป็นค่า  $b_2$  ในขณะที่มีบางส่วนเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในวงจร 2 คู่สาย ไปที่แหล่งกำเนิด

จากบทสรุปทั้ง 3 ข้อ ข้างต้นจะพบว่า คลื่นที่เคลื่อนที่ในวงจรจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. คลื่นที่เคลื่อนที่ออกจากขั้วเอาต์พุตของวงจร 2 คู่สาย ประกอบด้วย บางส่วนของคลื่น  $a_2$  ซึ่งสะท้อนกลับที่ขั้วเอาต์พุตของวงจร 2 คู่สายบวกกับบางส่วนของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในวงจร 2 คู่สาย
2. คลื่นที่เคลื่อนออกจากขั้วอินพุตของวงจร 2 คู่สาย ประกอบด้วยบางส่วนของคลื่น  $a_1$  ซึ่งสะท้อนกลับที่ขั้วอินพุตของวงจร 2 คู่สายบวกกับบางส่วนของคลื่น  $a_2$  ที่เคลื่อนผ่านเข้าไปในวงจร 2 คู่สาย

จากบทสรุปของคลื่นที่เคลื่อนที่ออกจากอินพุตและเอาต์พุตของวงจร 2 คู่สายนี้ สามารถเขียนค่า  $b_1$  อยู่ในรูป  $a_1, a_2$  ดังสมการที่ 2.4 และ 2.5

$$b_1 = S_{11} a_1 + S_{12} a_2 \quad (2.4)$$

$$b_2 = S_{21} a_1 + S_{22} a_2 \quad (2.5)$$

$S_{11}$  = The Input Reflection coefficient

$S_{12}$  = The Reverse Transmission coefficient

$S_{21}$  = The Forward Transmission coefficient

$S_{22}$  = The Output Reflection coefficient

จากสมการ 2.4 ถ้า  $a_2 = 0$

$$S_{11} = b_1 / a_1 ; a_2 = 0 \quad (2.6)$$

$S_{11}$  = ผลหารระหว่างคลื่นสะท้อนกลับและคลื่นตกกระทบ ดังนั้น ถ้าพิจารณาตามคำจำกัดความ ก็คือค่า Reflection Coefficient ที่อินพุต  $S_{11}$  สามารถเขียนลงบน Smith Chart และสามารถอ่านค่าอินพุต อิมพีแดนซ์ Chart โดยตรง

$$S_{22} = b_2 / a_2 ; a_1 = 0 \quad (2.7)$$

$S_{22}$  = Reflection Coefficient ที่เอาที่พู่ทซึ่งเมื่อวาดลงบน Smith Chart ก็จะสามารถอ่านค่าเอาที่พู่ทอิมพีแดนซ์ออกมาจาก Chart โดยตรง

$$S_{21} = b_2 / a_1 ; a_2 = 0 \quad (2.8)$$

$$S_{12} = b_1 / a_2 ; a_1 = 0 \quad (2.9)$$

จากสมการที่ 2.6 ถึง 2.9 พบว่า ค่า S Parameter หาได้เมื่อ  $a_1$  หรือ  $a_2$  เท่ากับศูนย์ นั่นคือ หากเราใช้ค่า  $Z_S$  และ  $Z_L$  เท่ากับ Characteristic Impedance ของระบบที่ต้องการจัดแล้วคลื่นที่ตกกระทบ  $Z_S$  และ  $Z_L$  จะไม่ทำให้ปรากฏคลื่นสะท้อนกลับเข้าสู่วงจร 2 คู่สาย และสายสัญญาณสะท้อนกลับซึ่งเกิดจากสัญญาณอินพุทจากแหล่งกำเนิดโดยตรงเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติจะมีคลื่นที่เกิดจากสัญญาณ  $a_2$  บางส่วน ที่เคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในวงจร 2 คู่สาย และมารวมกับสัญญาณสะท้อนกลับซึ่งเกิดจากสัญญาณจากแหล่งกำเนิด โดยตรง ดังนั้น จะได้ค่า  $b_1$  ที่ไม่ถูกต้อง ถ้าเราใช้  $Z_L$  ที่เท่ากับ  $Z_S$  แล้วจะไม่เกิด  $a_2$  ขึ้นสัญญาณสะท้อนกลับที่ อินพุทจะจัดได้อย่างถูกต้อง การหาค่า  $S_{22}$  ก็เช่นกัน

#### การออกแบบ Rf Amplifier โดยใช้ S Parameter

Transistor ที่ทำงานในความถี่ RF มีการกำหนดคุณลักษณะโดยการใช้ S Parameter โดยที่ค่า S Parameter นี้เราสามารถจะหาความไม่เสถียรภาพของระบบ (Potential Instability) , ค่าของ Gain สูงสุด (Maximum Available Gain) อินพุทและเอาที่พู่ท อิมพีแดนซ์ รวมทั้ง Transducer Gain นอกจากนี้ ยังใช้ประโยชน์ในการคำนวณค่า SOURCE และ Load Impedance สำหรับ Transducer Gain S Parameter เป็นค่าที่แปรตามความถี่และระดับ ไบอัส ดังนั้น ในการออกแบบจะต้องเลือกทรานซิสเตอร์ก่อน แล้วจึงเลือกจุดทำงาน เสถียรภาพที่ต้องการ จากนั้นจึงกำหนดค่า S Parameter ณ ที่จุดทำงาน (จาก Data Sheet) จากนั้นจึงคำนวณ ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบ

#### เสถียรภาพ (Stability)

เราสามารถใช้ค่า S Parameter ในการคำนวณความเสถียรภาพของทรานซิสเตอร์ ในการใช้งานที่ความถี่ใดๆ เพื่อตรวจสอบดูสถานะความเป็นไปได้ที่ทรานซิสเตอร์จะเกิดการออสซิลเลท อันเป็นสภาวะที่ควร หลีกเลี่ยงอย่างยิ่งในการออกแบบแอมพลิฟายเออร์

#### ขั้นแรก คำนวณค่า Intermediate Quantity D

$$D_S = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21} \quad (2.10)$$

#### ขั้นสอง คำนวณค่า Rollet Stability Factor (K)

$$K = \frac{1 + |D_S|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2 |S_{21}| |S_{12}|} \quad (2.11)$$

ถ้าค่า  $K$  มากกว่า 1 อุปกรณ์จะอยู่ในสถานะ Unconditionally Stable สำหรับ Source และ Load Impedance ใด ๆ ถ้า  $K$  มีค่าน้อยกว่า 1 อุปกรณ์อยู่ในสถานะ Potentially Unstable จะเกิดการออสซิลเลชันอยู่เสมอในการเลือก Load Impedance และ source Impedance แต่ก็มิใช่เราจะไม่สามารถใช้ทรานซิสเตอร์ นั้นนึ่งเพียงแต่ต้องมีการใช้อย่างระมัดระวังและยากต่อการใช้เท่านั้น ในกรณี  $K$  น้อยกว่า 1 ยังคงสามารถใช้งานได้โดย

1. เปลี่ยนจุดไบอัสทรานซิสเตอร์ใหม่
2. เลือกทรานซิสเตอร์ใหม่
3. ใช้วิธี stability Circuits

#### ค่าเกนสูงสุดที่สามารถทำได้ (Maximum Available Gain)

เป็นค่าเกน สูงสุดที่ทรานซิสเตอร์สามารถทำได้ในสถานะ Matched เรียกว่า Maximum Available Gain (MAG) โดยการคำนวณต้องเริ่มคำนวณหาค่า  $B_1$  ก่อน

$$B = \frac{1}{1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |D_s|^2} \quad (2.12)$$

โดยที่ค่า  $D_s$  หาได้จากสมการ 2.10

$$MAG = \frac{10 \log |S_{21}| + 10 \log K + \sqrt{K^2 - 1}}{S_{12}} \quad (2.13)$$

$K$  เป็น Stability factor ที่คำนวณตามสมการที่ 2.11

เหตุที่ต้องมีการคำนวณ  $B$  ก่อนการคำนวณค่า MAG เพราะค่า  $B$  เป็นตัวกำหนดเครื่องหมาย ( $\pm$ ) ในสมการที่ 2.13 ถ้า  $B$  มีค่าเป็นลบ ในสมการที่ 2.13 และยังพบอีกว่า  $K$  จะต้องมีค่ามากกว่า 1 MAG จึงมีค่าได้หากน้อยกว่าหนึ่ง ค่า  $K^2 - 1$  ในเครื่องหมายรากที่สองจะมีค่าลบ ซึ่งทำให้ MAG ไม่มีค่าไป

การทำ conjugate Match ( ในกรณีที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะ Unconditionally stable ) เมื่อทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในความถี่ที่เลือกใช้งาน ( $K > 1$ ) ค่า Gain ก็สามารถหาค่าได้ แล้วขั้นตอนต่อไปต้องทำให้วงจรอยู่ในสภาพ Match ให้ได้และสิ่งที่จะต้องทำคือ การคำนวณหาค่า Load และ Source

Reflection Coefficient ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่า Conjugate Match ของอินพุตและเอาต์พุต อิมพีแดนซ์ของระบบขึ้นอยู่กับโหลด และ Source อิมพีแดนซ์ที่ทรานซิสเตอร์มองเห็นด้วย ทั้งนี้เพราะค่า Reverse Gain ( $S$ ) ของทรานซิสเตอร์นั้นคือ ถ้า  $S = 0$  แล้วค่า Load และ Source อิมพีแดนซ์ของภายนอก จะไม่มีผลต่อ อินพุตและเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ของทรานซิสเตอร์

ในการหา Reflection สำหรับ Conjugate Match ทำตามขั้นตอนดังนี้

$$C_2 = S_{22} - (D_s S_{11}) \quad (2.14)$$

$S_{11}^*$  = Complex Conjugate ของ  $S_{11}$

$$B = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |D_s|^2 \quad (2.15)$$

ขนาดของ Reflection Coefficient จะเป็นไปตามสมการที่ 2.16

$$|T_L| = B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4(C_2) |2| C_2} \quad (2.16)$$

สมการที่ 2.16 จะใช้เครื่องหมายบวกหรือลบขึ้นอยู่กับเครื่องหมายของ  $B$  ส่วนมุมของ  $T$  จะมีมุมเป็นมุมลบของ  $C^2$

ในสมการที่ 2.14 เมื่อได้ค่า  $T_L$  แล้วใช้ Smith Chart ในการคำนวณ conjugate Matching หรือใช้วิธีการคำนวณ Impedance Matching แบบแทนค่าสูตรได้ ค่าที่ได้จะเป็น Conjugate Matching ทางอินพุตค่าของ Source Reflection Coefficient จะเป็นไปตามสมการที่ 2.17

$$|T_L| = B_2 + \sqrt{B_2^2 - 4(C_2) |2| C_2} \quad (2.17)$$

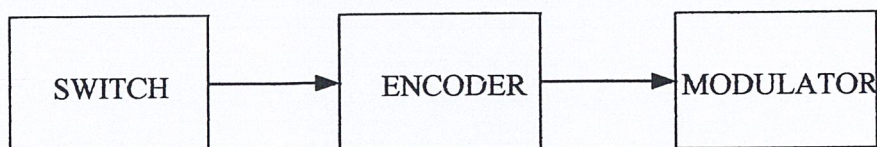
การคำนวณ Conjugate Matching ทางด้านเอาต์พุตก็เช่นเดียวกับของอินพุต สำหรับเมื่อ  $K > 1$  ก็ยังคงหาค่า  $T_L$  และ  $T_s$  เพื่อทำการ Conjugate Matching

## 2.13 วงจรส่งและรับอินฟราเรด

### 2.13.1 ภาคเครื่องส่ง

ภาคเครื่องส่งของรีโมทคอนโทรล จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

- เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)
- โมดูเลเตอร์ (Modulator)

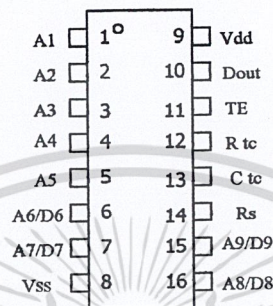


รูปที่ 2.31 บล็อกไดอะแกรม

### การทำงานของภาคส่ง

อินพุทของภาคส่งนั้นจะรับเข้ามาที่ขา A1 / D1 – A9 / D9 ของไอซี ซึ่งมีการรับข้อมูลเข้าแบบขนานแล้วจะทำการเข้ารหัสข้อมูลแบบ 9 บิตของข้อมูล และจะส่งข้อมูลนี้ไปเป็นแบบอนุกรมโดยข้อมูลจะสามารถส่งออกไปได้ทันทีที่ขา Transmit – Enable ได้รับเป็นสถานะเป็น LOW ซึ่งมันจะทำหน้าที่สถานะ LOW เท่านั้น

MC 145026  
ENCODER



รูปที่ 2.32 MC 145026 ( Encoder )

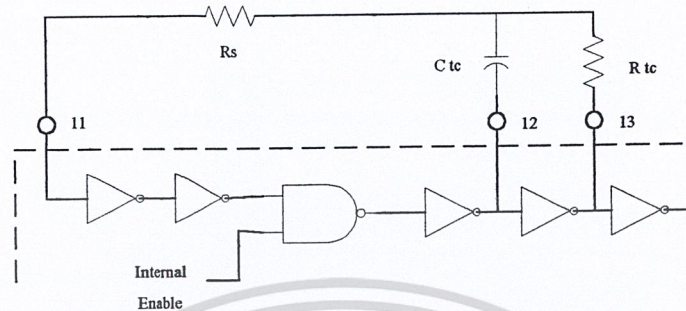
ข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากขา 15 ของ จะถูกส่งต่อเข้าไปยังส่วนมอดูเลเตอร์ (Modulator) เพื่อทำการมอดูเลทข้อมูล (Modulate Data) เข้ากับสัญญาณคลื่นพาห์ แล้วสัญญาณจะถูกส่งออกไปยังเครื่องรับ

### คุณสมบัติของ MC145026

- แอดเดรส (Address) สามารถเป็น ได้ทั้ง ไบนารี (Binary) หรือ ไตรนารี (Trinary)
- โค้ดของแอดเดรสที่สูงที่สุด คือ ไตรนารี
- ใช้ในการอินเตอร์เฟส (Interface) กับ อาร์เอฟ , อัลตราโซนิก
- จะส่ง 2 ข้อมูล เพื่อสำหรับ Error checking
- ใช้ไฟตั้งแต่ 4.5 – 18 โวลท์
- ในชิปนั้นจะมี R/C Oscillator
- อินพุท และ เอาท์พุทเป็นแบบอนุกรมมาตรฐาน

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเข้ารหัส หรือเรียกว่า เอนโคเดอ์ (Encoder) อาศัยการทำงานของ ไอซีเบอร์ MC 145026 ซึ่งมีการรับข้อมูลเข้าแบบขนาน และส่งข้อมูลออกแบบอนุกรม รหัสทางอินพุทของ MC 145026 นี้จะสามารถเข้ารหัสได้ถึง 3 สถานะ คือ เป็นได้ทั้งระดับลอจิก 0 ระดับลอจิก 1 และสถานะอิมพีแดนซ์สูง คือปล่อยไว้ จากคุณสมบัตินี้เราจึงสามารถเข้ารหัสได้ถึง 3<sup>9</sup> เท่ากับ 19,663 ที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งถ้าคิดในการส่งนั้นจะเริ่มตั้งแต่ Low level ของขาอินพุท TE และ V<sub>dd</sub> ส่วนมากจะใช้เป็น Positive Supply (GND) แล้วภาคเอนโคเดอ์นี้ยังมี R<sub>s</sub> , R<sub>TC</sub> , C<sub>TC</sub> ขาเหล่านี้จะเป็นส่วนออสซิลเลเตอร์ ของการ

เข้ารหัส สำหรับกำหนดคาบเวลาหรือความถี่ภายใน ถ้าแหล่งจ่ายสัญญาณจากภายนอกใช้แทนออสซิลเลเตอร์ ภายในมันจะไปต่อขา  $R_S$ ,  $R_{TC}$ ,  $C_{TC}$  จะ ซึ่งจะเห็นว่าออสซิลเลเตอร์นี้ทำงานที่ความถี่กำหนดโดยภายนอก



รูปที่ 2.33 Encoder Oscillator Information

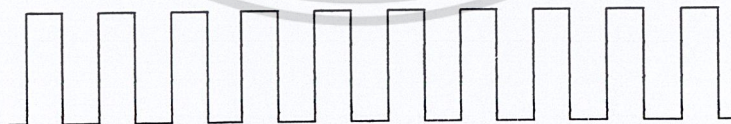
RC Network สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f = 1 / (2.3 * R_{TC} * C_{TC})$$

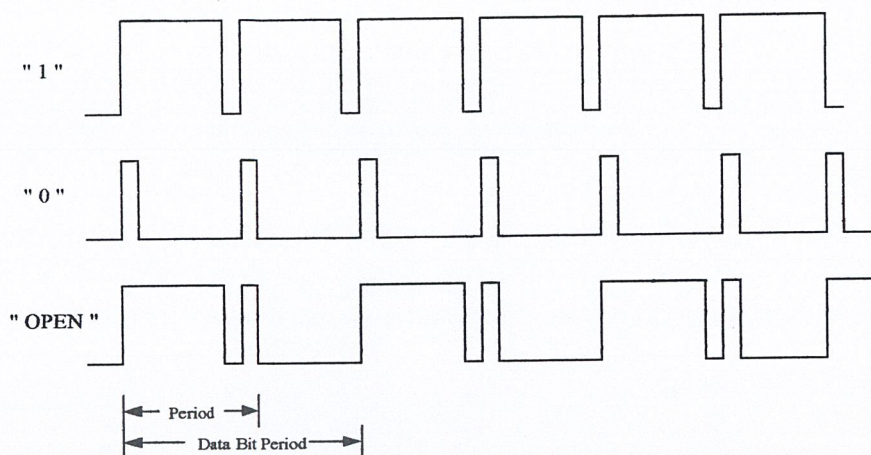
ดังนั้นข้อมูลเอาท์พุทที่ขา 15 ของ MC 145026 ที่ส่งออกไปจะส่งไปในลักษณะอนุกรมต่อกันไปขนาด 9 บิตซึ่งในแต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีสถานะเป็น 0, 1 หรือ Open สถานะใดก็ได้ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะพัลส์ (Pulse) ที่เข้ารหัสเป็นแบบอนุกรมแล้วดังรูปข้างล่างนี้ และส่งไปยังภาคมอดูเลเตอร์

ENCODER DATA WAVEFORMS (MC 145026)

Continuous transmission



รูปที่ 2.34 Encoder Oscillator

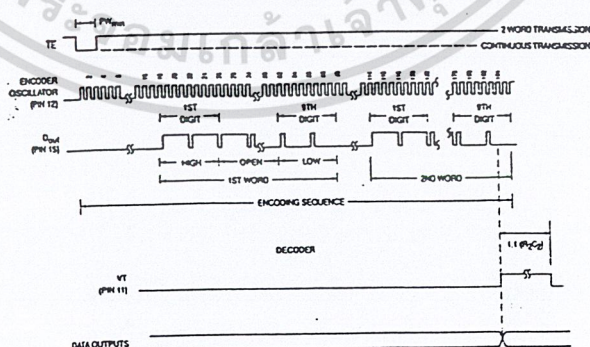


รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะการเข้ารหัสของ Data Bit

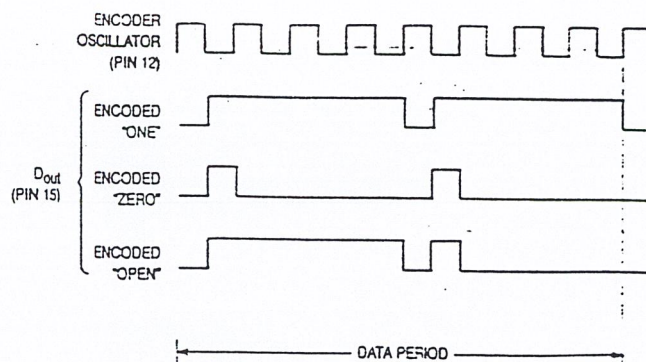
ข้อมูลต่าง ๆ จะเริ่มมีการส่งอนุกรมต่อเนื่องกันไป ก็ต่อเมื่อทันทีที่สวิทช์ TE ถูกกด (ขา TE ได้ รับ Active low) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งออกไปมีลักษณะเป็น Word โดยจะถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 2 Data Words ทั้งสองนี้เหมือนกันแสดงว่า การส่งและการรับข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด ทำให้ทางภาครับผลิตสัญญาณ VT (Valid Transmission) ออกมาทุกครั้ง

ในการส่งแต่ละครั้ง Data Bit จะถูกเข้ารหัสแบบ 2 Data Pulse โดยที่ลอจิก 0 จะมีลักษณะเป็นพัลส์สั้น ๆ 2 พัลส์ต่อเนื่องกันไป และ ลอจิก 1 จะมีลักษณะเป็นพัลส์ยาว ๆ 2 พัลส์ต่อเนื่องกัน ส่วนสำหรับสถานะ Open จะมีลักษณะการเข้ารหัส เป็นแบบพัลส์ยาว 1 ครั้ง แล้วตามด้วยพัลส์สั้น ๆ อีก 1 พัลส์ซึ่งแสดงการเข้ารหัสของสถานะต่าง ๆ ดังกล่าว (0, 1, Open)

ดังนั้นข้อมูลที่ขา 15 ของ MC15026 ที่ส่งออกไปนั้นจะส่งไปในลักษณะอนุกรมต่อกันไปขนาด 9 บิต ซึ่งในแต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีสถานะเป็น 0, 1 หรือ Open สถานะใดก็ได้ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะพัลส์ ที่เข้ารหัสเป็นแบบอนุกรมดังรูปข้างล่างนี้ และส่งไปยังภาคมอดูเลเตอร์



รูปที่ 2.36 Timing Diagram



รูปที่ 2.37 Encoder Data Waveform

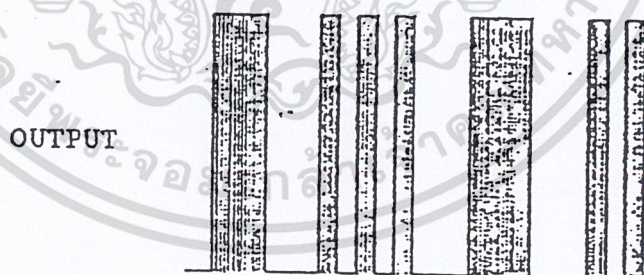
### การคำนวณและการทำงานของภาคมอดูเลเตอร์

หน้าที่ของภาคมอดูเลเตอร์ คือการมอดูเลตสัญญาณที่ได้จากภาคเอ็นโค้ดเดอร์ กับสัญญาณคลื่นพาห์ โดยใช้วงจรแทงก์ (Tank) เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ

#### การทำงาน

ภาคมอดูเลเตอร์ทำการผลิตสัญญาณพาห์ออกมาทันทีเมื่อขาเบสของทรานซิสเตอร์มีสถานะเป็น High และในขณะเดียวกันนั้นหากระดับที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์มีสถานะเป็น Low จะทำให้ภาคมอดูเลเตอร์หยุดผลิตสัญญาณพาห์ จึงทำให้ไม่มีสัญญาณใดๆ ปรากฏออกมา

ดังนั้นเมื่อนำสัญญาณข้อมูลที่ได้จากภาคเอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็น Square Wave แบบ Pulse Width Modulation นำมาป้อนแก่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ จะทำให้มีเอาต์พุต ปรากฏออกมา เป็นลักษณะเหมือนสัญญาณข้อมูลที่ป้อนเข้ามา แต่มีการมอดูเลตสัญญาณคลื่นพาห์เข้าไปด้วย



รูปที่ 2.38 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของภาคมอดูเลเตอร์

### 2.13.2 ภาคเครื่องรับ

ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณข้อมูลอนุกรมจากตัวเข้ารหัส จากนั้นจะทำการตรวจสอบข้อมูล ถ้าแมตช์ (match) กันข้อมูลจะถูกส่งออกมา

รายละเอียดของขาต่าง ๆ สามารถศึกษาได้จากภาคผนวก

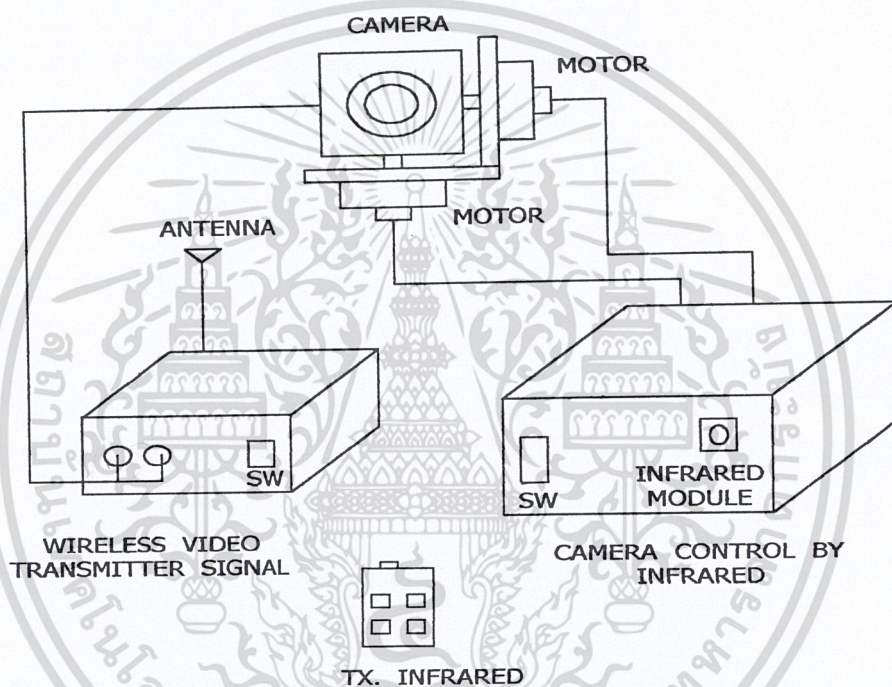
## บทที่ 3

### วงจรและการทำงานของวงจร

#### 3.1 โครงสร้างของเครื่องส่งสัญญาณภาพ

เครื่องส่งสัญญาณภาพจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

- ภาคส่งสัญญาณภาพ
- ภาคควบคุมกล้องโดยใช้แสงอินฟราเรด

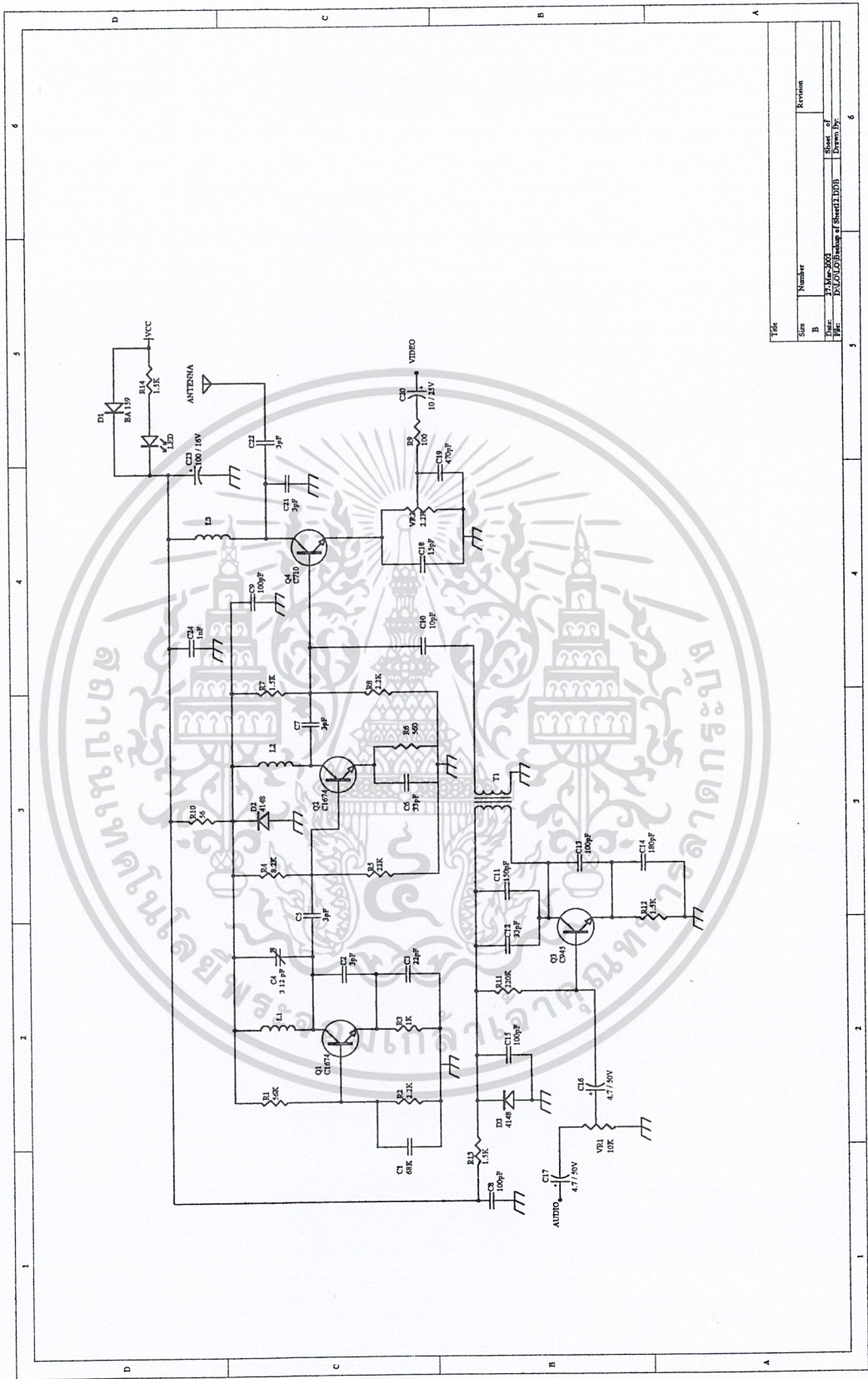


รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องส่งสัญญาณภาพ

#### 3.2 ภาคส่งสัญญาณภาพ

##### 3.2.1 วงจรรวมของภาคส่งสัญญาณภาพไร้สาย

การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ วงจรออสซิลเลเตอร์จะสร้างคลื่นพาห้ที่ความถี่ 182.25 MHz จากนั้นจะผ่านไปยังวงจรถยายสัญญาณเพื่อให้สัญญาณมีความแรงเพียงพอแล้วนำไปรวมกับสัญญาณเสียง (Audio signal) ซึ่งมีการมอดูเลทแบบ เอฟ.เอ็ม. กับ สัญญาณคลื่นพาห้ 5.5 MHz. โดยมีการเบี่ยงเบนความถี่ของคลื่นพาห้ประมาณ 50 KHz. จากนั้นนำสัญญาณที่ได้มามอดูเลท



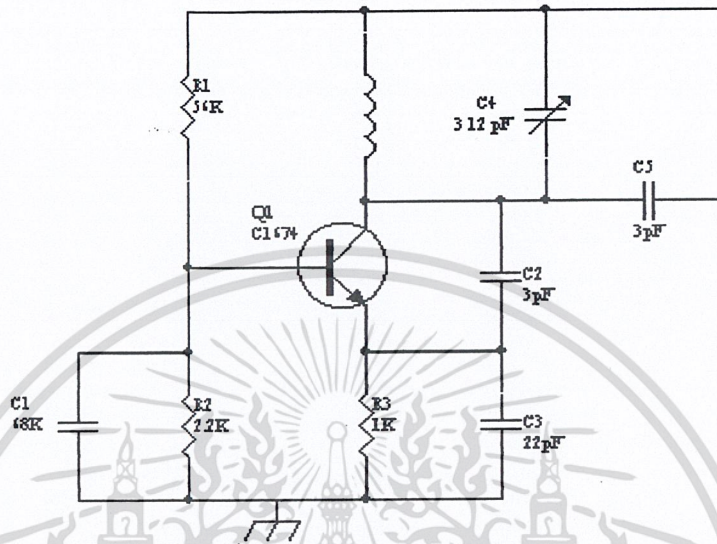
Title	Size	Number	Revision
	B		
Date	24 Mar 2003	Sheet of	6
Proj.	DESIGN COURSEWORK of SHARED.DDBS	Drawn By	

รูปที่ 3.2 วงจรรวมของเครื่องส่งสัญญาณวีดีโอไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ เอ.เอ็ม. กับ สัญญาณภาพ ( Video signal ) แล้วส่งผ่านเสาอากาศที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม ซึ่งสามารถส่งออกอากาศในระยะทางประมาณ 50 เมตร

### 3.2.2 วงจรกำเนิดความถี่



รูปที่ 3.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ย่าน วี.เอช.เอฟ

วงจรออสซิลเลเตอร์ทำหน้าที่ผลิตความถี่ที่ใช้เป็นความถี่คลื่นพาห้ของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่ถูกมอดูเลทแบบ เอฟ. เอ็ม. มาแล้ว ถือว่าเป็นความถี่หลัก (Main carrier) ของภาคส่งสัญญาณภาพ

การทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตความถี่ในย่าน วี.เอช.เอฟ มีขดลวด  $L_1$  กับทรินเมอร์  $C_4$  ประกอบกันเป็นวงจรอนุทางด้านเอาต์พุท เพื่อสร้างความถี่ของคลื่นพาห้ โดยมี  $R_1, R_2, R_3$  เป็นวงจรไบอัสให้กับ  $Q_1$  และ  $C_1$  ทำหน้าที่บายพาสความถี่สูงที่ขาเบส และ  $C_1$  กับ  $C_3$  เป็นตัวแบ่งแรงดันกำหนดอัตราส่วนของสัญญาณที่จะทำการป้อนกลับจากคอลเลคเตอร์มายังอิมิตเตอร์ ดังนั้น  $C_3$  จึงไม่ใช่เป็นตัวเก็บประจุบายพาสเหมือนของวงจรทั่วไป

ความถี่ที่ออสซิลเลทได้สามารถคำนวณได้จากสมการ

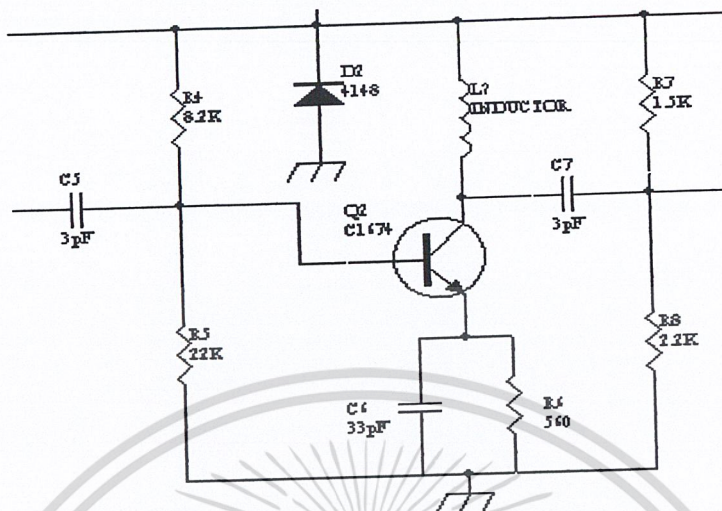
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_3 \left( \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} + C \right)}} \text{ Hz}$$

เมื่อแทนค่า  $C_2 = 3 \text{ pF}$ ,  $C_3 = 22 \text{ pF}$ ,  $C = 3-12 \text{ pF}$ ,  $L = 100 \text{ nH}$  แล้วทำการคำนวณตามสม

การ ได้ความถี่ที่ผลิตออกมาประมาณ 131 MHz – 211 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

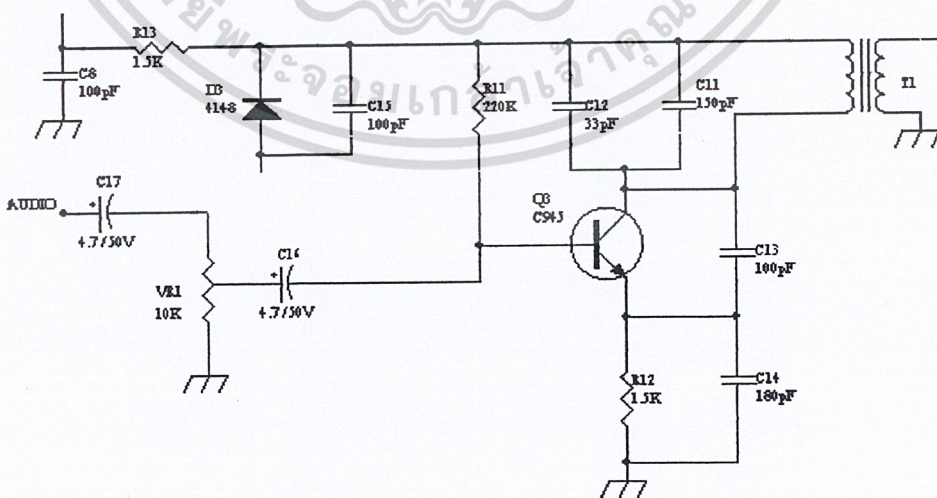
### 3.2.3 วงจรขยายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน



รูปที่ 3.4 วงจรขยายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน

วงจรขยายสัญญาณจะขยายสัญญาณที่มาจากวงจรกำเนิดความถี่ให้มีความแรงขึ้นมาเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้งานได้ โดยการทำงานของวงจรเริ่มจาก R<sub>4</sub> และ R<sub>5</sub> ทำหน้าที่เป็นความต้านทานไบอัสที่ขาอิมิตเตอร์ โดยมี C<sub>6</sub> ทำหน้าที่เป็นตัวบายพาสความถี่ลงกราวด์ ส่วน L<sub>2</sub> จะเป็นอาร์เอฟไค้ค ซึ่งเป็นตัวป้องกันสัญญาณจากเอาท์พุทที่ขาคอลเลคเตอร์ไม่ให้เข้าไปปนกับไฟเลี้ยงของวงจร

### 3.2.4 ภาควงจรมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบเอฟ.เอ็ม. ที่ความถี่ 5.5 MHz.

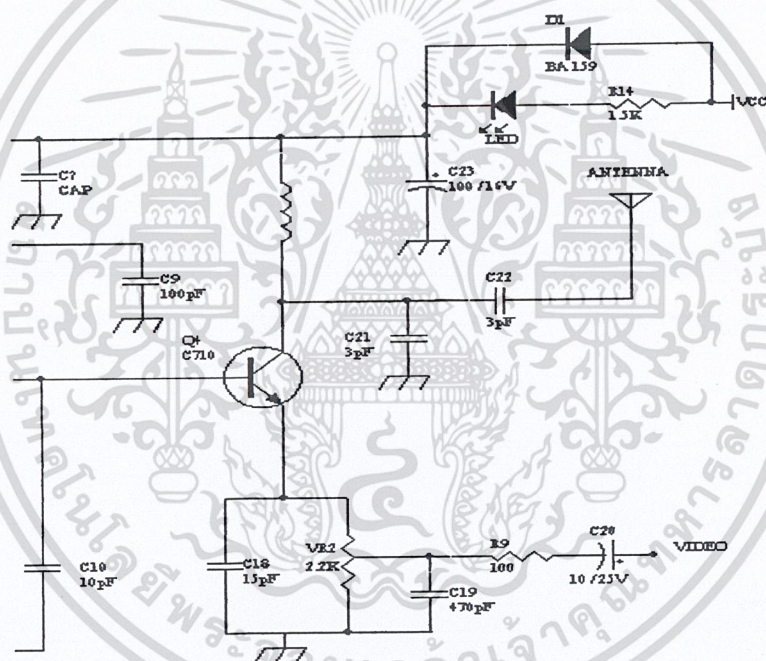


รูปที่ 3.5 วงจรมอดูเลตสัญญาณ เสียงแบบ เอฟ.เอ็ม. ที่ความถี่ 5.5 MHz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลทสัญญาณเสียงที่ความถี่ 5.5 MHz. ใช้หลักการของคุณสมบัติทรานซิสเตอร์ โดยระหว่างขาเบสกับขาอิมิตเตอร์จะมีตัวเก็บประจุที่เปลี่ยนค่าได้ตามระดับแรงดันที่เข้ามาทางขาเบส เมื่อสัญญาณเสียงมีระดับแรงดันไฟฟ้าสูงค่า C ดังกล่าวจะมีค่าลดลงทำให้เกิดการออสซิลเลทความถี่ได้สูงขึ้น แต่ในกรณีที่สัญญาณเสียงมีระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำค่า C จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการออสซิลเลทความถี่ได้ต่ำลง จึงเป็นผลให้สัญญาณออดิโอเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณเอฟเอ็มและในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นวงจรรออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดความถี่ ที่ 5.5 MHz. ซึ่งจะทำให้การเลื่อนความถี่เอฟเอ็ม. ของเสียงให้ห่างจากคลื่นพาห้ของสัญญาณภาพ 5.5 MHz. ซึ่งที่ความถี่ 5.5 MHz. นี้จะถึงกำหนดโดย  $T_1, C_{11}$  และ  $C_{12}$

### 3.2.5 วงจรแอมพลิฟิเคชันมอดูเลเตอร์



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรแอมพลิฟิเคชันมอดูเลเตอร์

สัญญาณคลื่นพาห้ภาพซึ่งมีค่าประมาณ 182.25 MHz. จะรวมกับสัญญาณเสียงที่ถูกมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม 5.5 MHz. ที่เอาท์พุทของภาคขยายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน เสร็จแล้วจึงทำการมอดูเลททางแอมพลิฟิเคชันกับสัญญาณภาพที่มีระดับแรงดันที่เหมาะสม จะอาศัยคุณสมบัติอินทิเกรตของทรานซิสเตอร์โดยพิจารณาได้จากแรงดันที่ขาอิมิตเตอร์และขาเบส เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขาอิมิตเตอร์ก็จะทำให้สัญญาณคลื่นพาห้ ที่ขาเบสเปลี่ยนไปด้วย ทำให้เกิดการมอดูเลทสัญญาณขึ้นที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ส่งสัญญาณที่ได้ไปยังสายอากาศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ภาคควบคุมกล้องโดยใช้อินฟราเรด

#### 3.3.1 วงจรภาคส่ง

วงจรภาคส่งประกอบด้วย

- สวิตช์ 4 ช่อง ทำหน้าที่สร้างสัญญาณอินพุทให้กับตัวเข้ารหัส
- MC 145026 เป็นตัวเข้ารหัส โดยกำหนดค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ไว้ที่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร  

$$f = 1 / (2.3 R_{ic} C_{ic})$$

โดยในวงจรนี้เลือกใช้  $R_{ic} 50 K$  ,  $C_{ic} 4.7 nF$

- วงจรสร้างความถี่คลื่นพาห์ โดยเลือกใช้คลื่นพาห์ที่มีความถี่ประมาณ 40 KHz ซึ่งสามารถปรับค่าได้จากตัวต้านทานปรับค่า ( VR 1 ) โดยทรานซิสเตอร์ TR 2 และ TR 3 เป็นตัวกำเนิดความถี่ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวนี้ต่อกันในรูปแบบของวงจรออสซิลเลต ( Astable ) ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะทำงานไม่พร้อมกัน จึงสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความถี่คลื่นพาห์ได้ โดยค่าความถี่ในวงจรสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f = 1 / (1.44RC)$$

จากวงจร R มีค่า 56 K และ C มีค่า 330 pF แทนค่าในสูตรจะได้

$$f = 37.578 \text{ KHz}$$

- ทรานซิสเตอร์ ซึ่งใช้เบอร์ 9012 สามารถขยายสัญญาณที่ส่งมาจากขา 15 ของ MC 145026 ให้มีกำลังส่งเพียงพอที่จะส่งผ่านไดโอดอินฟราเรดได้

#### 3.3.2 วงจรภาครับ

วงจรภาครับประกอบด้วย

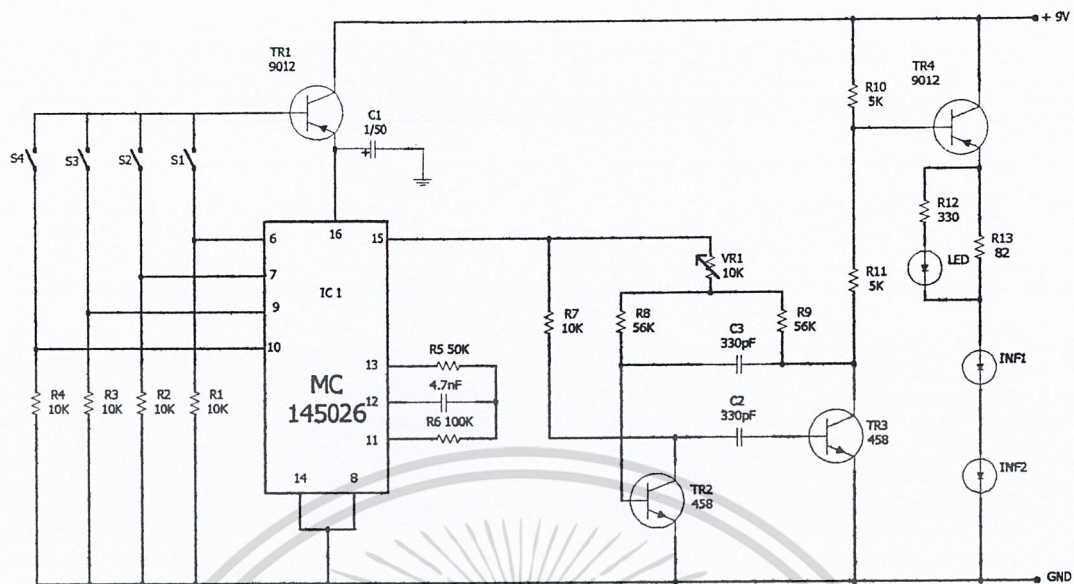
- โมดูลรับคลื่นอินฟราเรด ซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรไอซี CX 20106 A ภายในไอซีตัวนี้จะประกอบด้วยออปแอมป์ ( Op – Amp ) และวงจรแยกคลื่นพาห์ออกจากรหัสที่ส่งมาจากวงจรส่ง
- วงจรขยายสัญญาณซึ่งเลือกใช้ทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็นมาต่อในแบบของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม
- MC 145027 เป็นตัวถอดรหัสซึ่งค่า R16 และ C5 และ คำนวณได้จากสูตร

$$R1 * C1 = 3.95 R_{ic} C_{ic} \quad \text{และ} \quad R2 * C2 = 77 R_{ic} C_{ic}$$

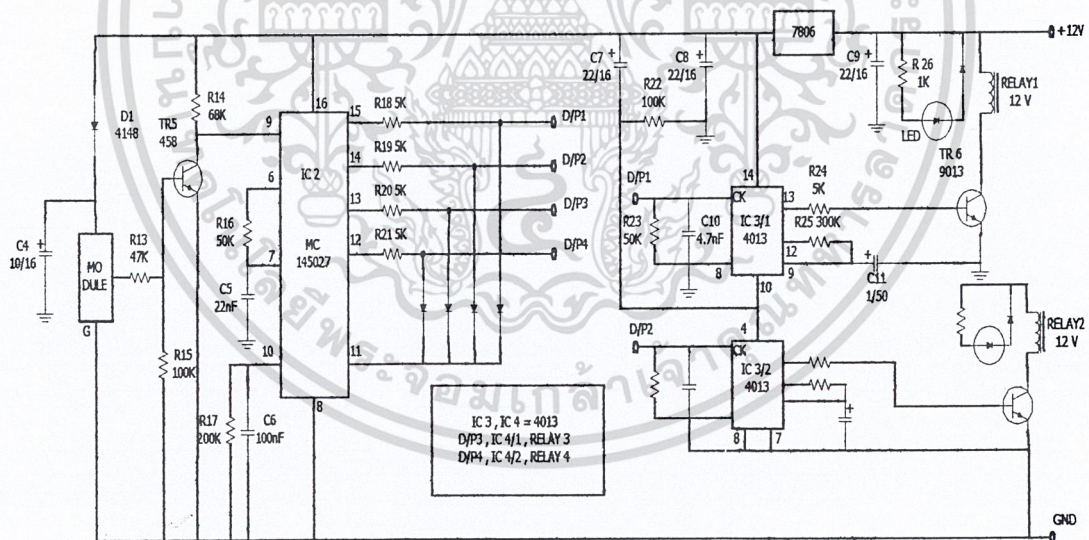
โดยค่า  $R_{ic}$  ของวงจรส่งมีค่า 50 K $\Omega$  และ  $C_{ic}$  ของวงจรส่งมีค่าประมาณ 5 nF

เลือกใช้ค่า  $R1 = 50K$   $C1 = 0.02\mu F$

$R2 = 200K$   $C2 = 0.01\mu F$



รูปที่ 3.7 วงจรภาคส่งของอินฟราเรด



รูปที่ 3.8 วงจรภาครับของอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การทำงานของวงจรขับสเตปเปอร์มอเตอร์

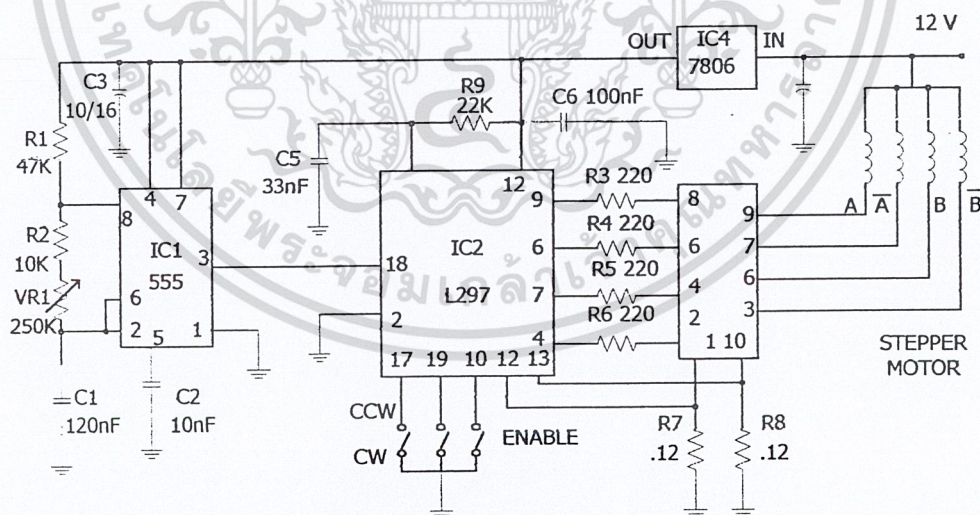
ไอซี 1 LM 555 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณคล็อก ความถี่ของวงจรถูกกำหนดโดยค่า C1 , R2 และ VR1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวปรับเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณคล็อก ซึ่งจะได้เอาท์พุทออกไปจากขา 3 ของไอซี 1 ป้อนให้กับอินพุทขา 18 ของไอซี 2 L297

ไอซี L297 ได้ถูกออกแบบจากโรงงาน เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรถบคุมการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์ได้โดยตรง

ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ สามารถควบคุมได้โดยการใช้สวิทช์ควบคุมดังนี้

- สวิทช์ S1 ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการหมุนแบบตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา
- สวิทช์ S2 ทำหน้าที่ในการเลือกโหมดการหมุนให้เป็นแบบฟูลสเตป ( Full Step ) หรือแบบฮาล์ฟสเตป ( Half Step )
- สวิทช์ S3 เป็นเอนเอเบิล ( Enable ) สวิทช์หากเราต่อลงกราวด์ วงจรจะหยุดทำงานมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

เอาท์พุทที่ได้ทั้ง 4 เฟส จะป้อนให้กับไอซี 3 UPA 1556 ซึ่งมีความสามารถในการขับโหลดได้สูงสุดถึงเฟสละ 5 แอมป์ จึงนับว่าพอเพียงสำหรับการใช้ขับสเตปปีงมอเตอร์ทั่วไป สำหรับสเตปปีงมอเตอร์ที่เราเลือกใช้ในวงจรนี้เป็นแบบยูนิโพลาร์ มีสเตปในการหมุนสเตปละ 7 องศา ใช้กับไฟตรง 12 โวลต์ เพื่อให้การใช้งานในวงจรได้อย่างกว้างขวางตามชนิดของมอเตอร์ที่ใช้ เราจึงใช้ไอซี 4 เร็กกูเลเตอร์ 5 โวลต์ เป็นตัวรักษาระดับแรงดันไฟให้กับวงจร ควบคุม L297 โดยที่มอเตอร์ที่นำมาใช้สามารถใช้ได้ตั้งแต่ชนิด 5 โวลต์ ไปจนถึง 48 โวลต์



รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมสเตปปีงมอเตอร์

## บทที่ 4

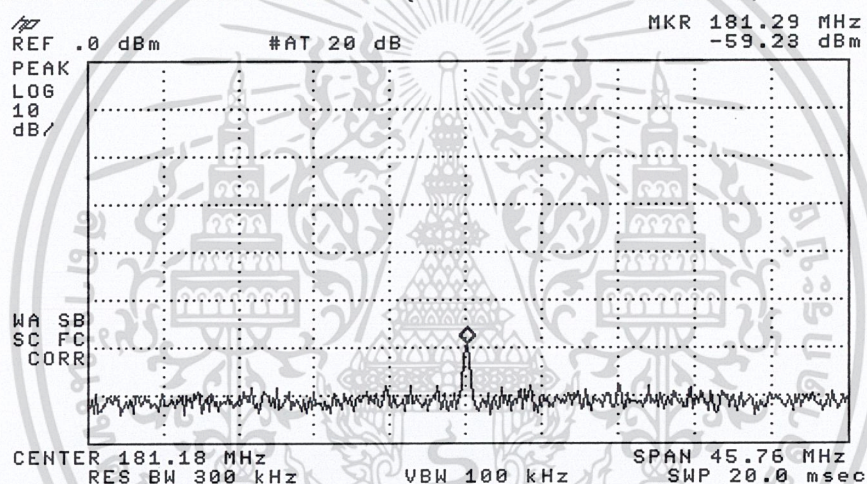
### การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบวงจรสามารถทำได้โดยแบ่งวงจรออกเป็นแต่ละส่วนดังนี้

#### ภาคส่งสัญญาณภาพ

##### 4.1 วงจรออสซิลเลเตอร์

ทำการจ่ายแรงดัน 11 โวลต์ แล้ววัดค่าความถี่ที่ออสซิลเลทของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 (C1674) โดยใช้สเปกตรัมอานาไลเซอร์ จากนั้นลองจูน (tune) ที่ทริมเมอร์จนกระทั่งได้ค่าความถี่ประมาณ 182.25 MHz (ความถี่คลื่นพาห์ของภาพช่อง 6)

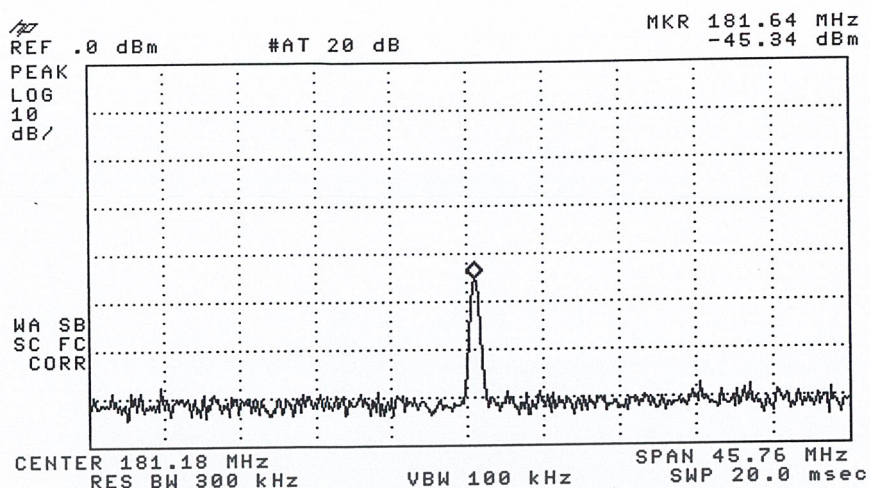


รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมของความถี่ที่ออสซิลเลทจากวงจรออสซิลเลเตอร์

ผลการทดสอบได้สเปกตรัมของความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ 181.29 MHz มีค่าระดับของสัญญาณ  $-59.23 + 20$  เท่ากับ  $-39.23$  dBm (บวกด้วย 20 dB เนื่องจากต่อ attenuator 20 dB ไว้)

##### 4.2 วงจรขยายสัญญาณ

เพื่อทำการเปรียบเทียบระดับของสัญญาณระหว่างอินพุตกับระดับของสัญญาณเอาต์พุต ทำการต่อวงจรออสซิลเลเตอร์เข้ากับวงจรขยายสัญญาณแล้ววัดสัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q2 (C1674)

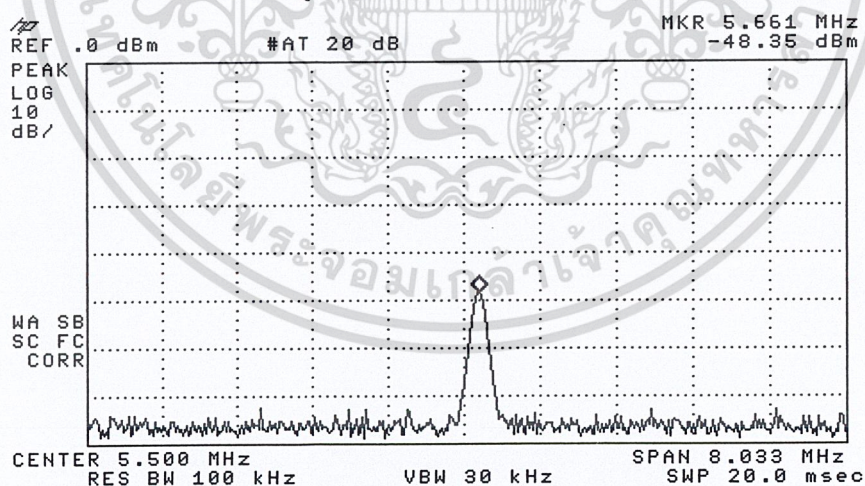


รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณ

ผลการทดสอบได้เอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.2 มีระดับของสัญญาณเท่ากับ  $-45.34$  dBm ทำการเปรียบเทียบกับระดับอินพุตของสัญญาณ  $-45.34 + 59.23$  เท่ากับ  $13.89$  dB ซึ่งค่านี้คืออัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณ

#### 4.3 วงจรเอฟ. เอ็ม. มอดูเลเตอร์

ทรานซิสเตอร์ Q3 ( C945 ) ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งวงจรถอดสวิตเตอร์กำเนิดความถี่เป็นคลื่นพาห้ของเสียง และเป็นวงจรเอฟ. เอ็ม. มอดูเลเตอร์ ทำการทดสอบโดยวัดสัญญาณด้านเอาต์พุตของ T1

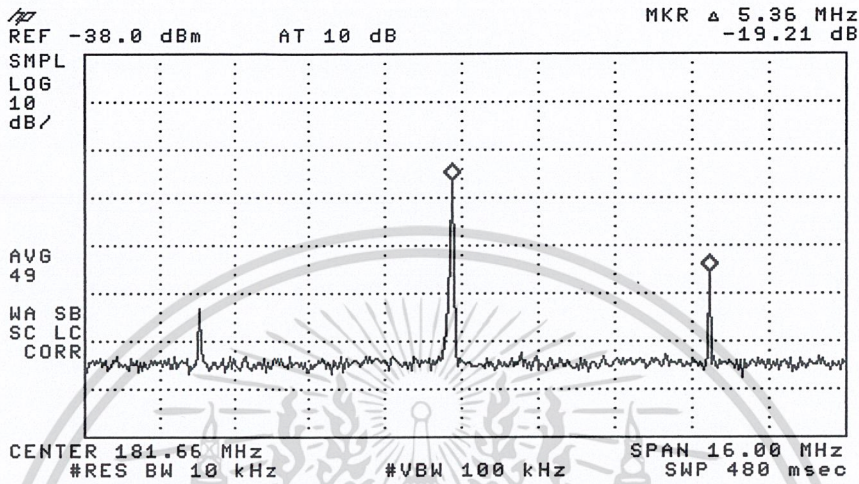


รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัมของคลื่นพาห้ของเสียง

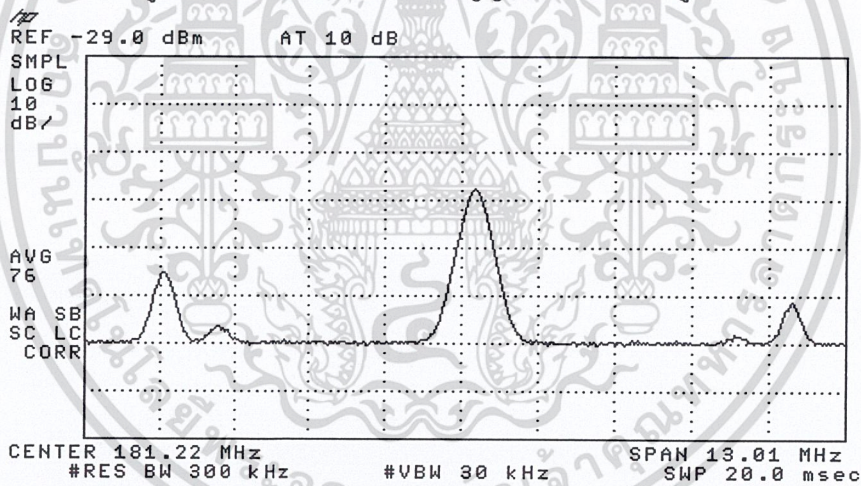
ผลการทดสอบได้ค่าความถี่คลื่นพาห้ของเสียงเท่ากับ  $5.661$  MHz

4.4 ภาคเอ. เอ็ม. มอดูเลเตอร์

วัดสัญญาณที่เอาต์พุทของวงจรก่อนส่งสัญญาณ ไปยังสายอากาศ ซึ่งเป็นเอาต์พุทที่ได้จากสัญญาณที่ยังไม่ได้มอดูเลท (รูปที่ 4.4) และสัญญาณที่มีมอดูเลทสัญญาณภาพและเสียง (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณที่ยังไม่ได้มอดูเลท

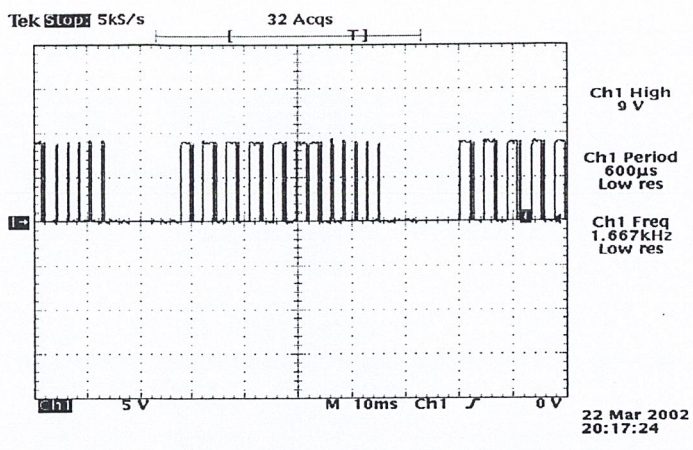


รูปที่ 4.5 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณที่ทำการมอดูเลทแบบเอ. เอ็ม.

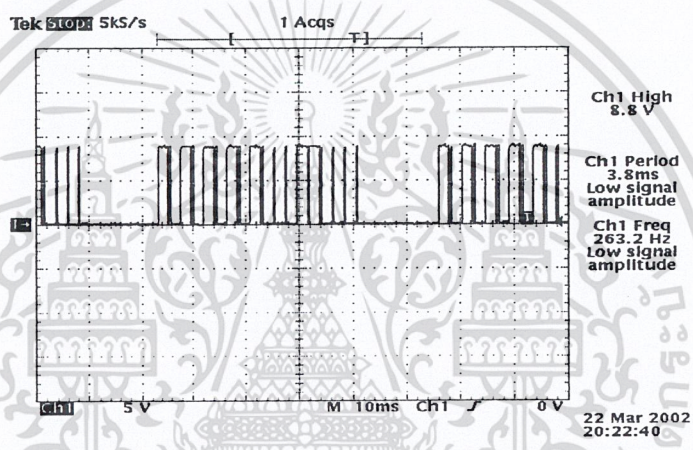
ภาคควบคุมกล้องโดยใช้แสงอินฟราเรด

4.5 ภาคส่งอินฟราเรด

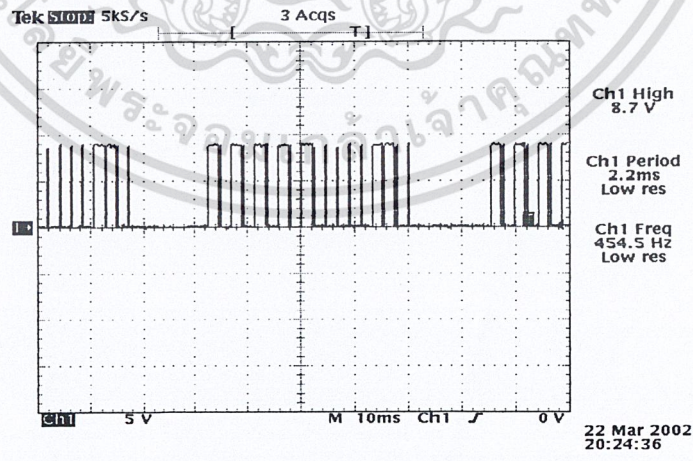
ต่อวงจรเข้ารหัสโดยใช้ MC 145026 , R1 – R 6 , S1 – S4 , TR1 ( 9012 ) , C1 และ C 4.7 nF จ่ายแรงดันไฟเลี้ยง 9 โวลท์ ทำการกดสวิตช์ S1 – S4 วัดสัญญาณเอาต์พุทที่ขา 15 ของไอซี จะได้เอาต์พุทเป็นรหัสต่างๆ กันดังรูปที่ 4.6 – 4.10



รูปที่ 4.6 channel 1 xxxxx1000 ( เมื่อกดสวิตช์ S1)

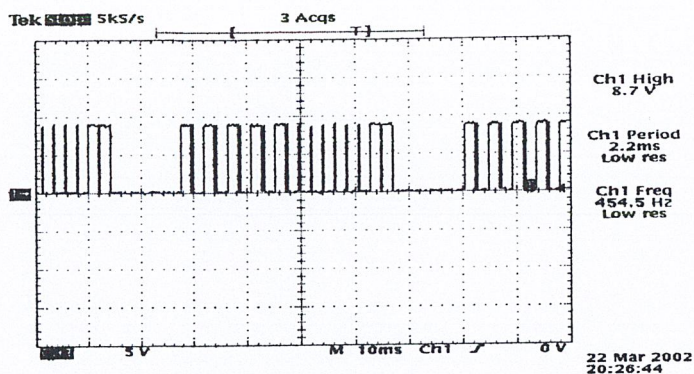


รูปที่ 4.7 channel 2 xxxxx0100 ( เมื่อกดสวิตช์ S2)



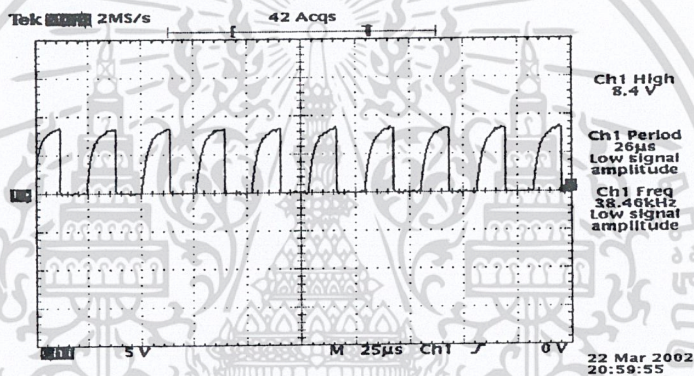
รูปที่ 4.8 channel 3 xxxxx0010 ( เมื่อกดสวิตช์ S3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 channel 4 xxxxx0001 ( เมื่อกดสวิทช์ S4 )

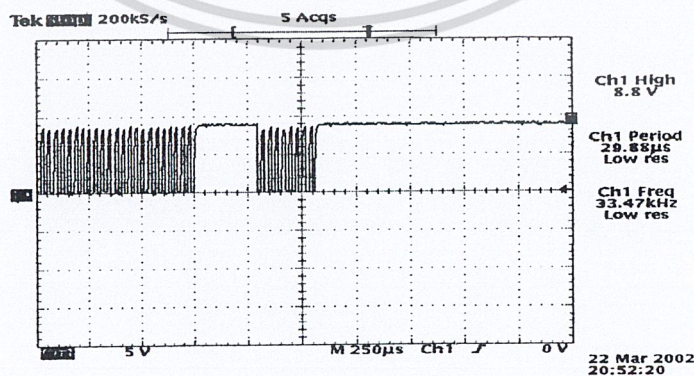
ต่อวงจรอะอสเตเบิลโดยใช้ TR2 , TR3 , C2 , C3 , R7 , R8 , R9 และ VR1 จ่ายแรงดันไฟเลี้ยงที่ R7 9 โวลท์ วัดเอาต์พุตที่ขาคอลเลคเตอร์ของ TR3 จะได้เอาต์พุตดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 วงจรอะอสเตเบิล

เมื่อนำเอาต์พุตที่ขา 15 ของตัวเข้ารหัสรวมกับความถี่พาหะ 40 KHz จะได้สัญญาณเป็นดังรูปที่

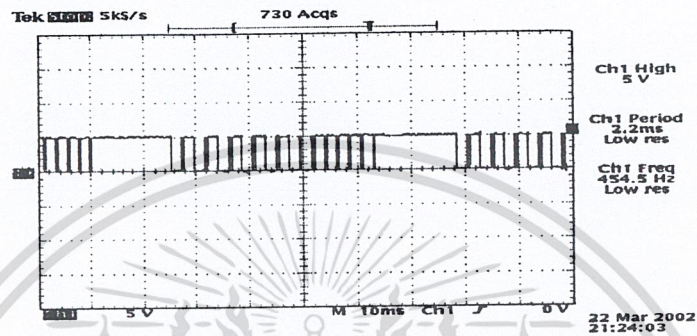
4.11



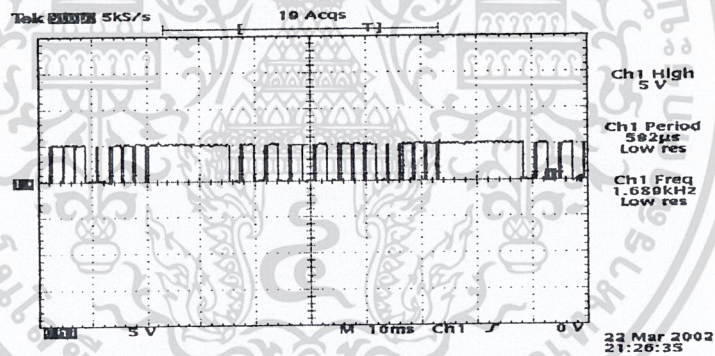
รูปที่ 4.11 เมื่อต่อวงจรเข้ารหัสรวมกับวงจระอสเตเบิล

#### 4.6 ภาครับอินฟราเรด

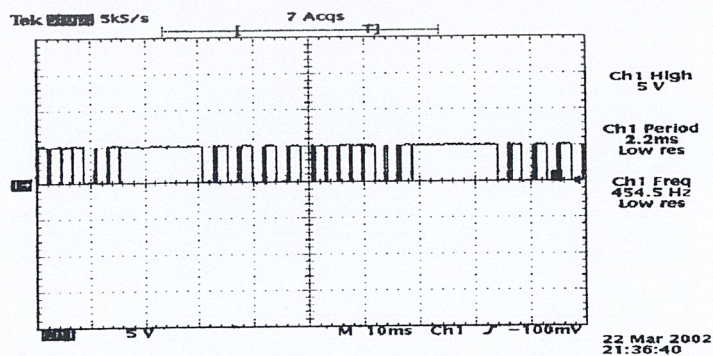
ต่อวงจรในส่วนรับโดยใช้ C4 , D1 ทำการวัดสัญญาณที่ขา Output ของไมโคร จะพบว่าสัญญาณคลื่นพาห้ได้ถูกตีเทคออกไป คงเหลือเพียงรหัสที่ถูกส่งมาจาก MC 145026 เท่านั้น แต่จะพบว่าสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะอินเวอร์สกับสัญญาณที่ส่งมา และมีขนาดของแรงดันลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.12 – 4.15



รูปที่ 4.12 เอาท์พุทของ ไมโครเมื่อกดสวิทซ์ S1

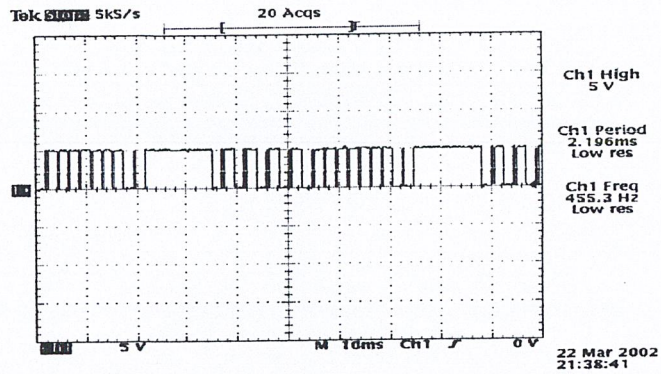


รูปที่ 4.13 เอาท์พุทของ ไมโครเมื่อกดสวิทซ์ S2



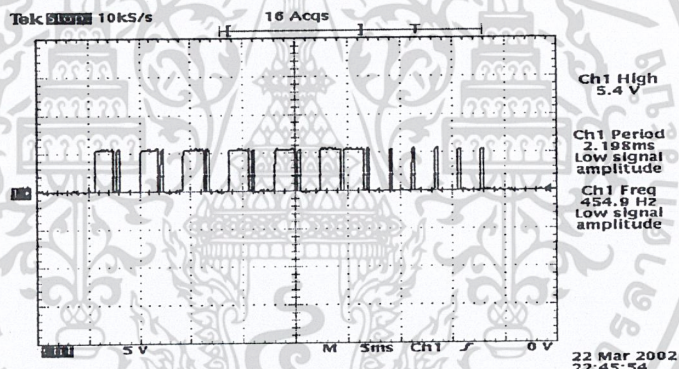
รูปที่ 4.14 เอาท์พุทของ ไมโครเมื่อกดสวิทซ์ S3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

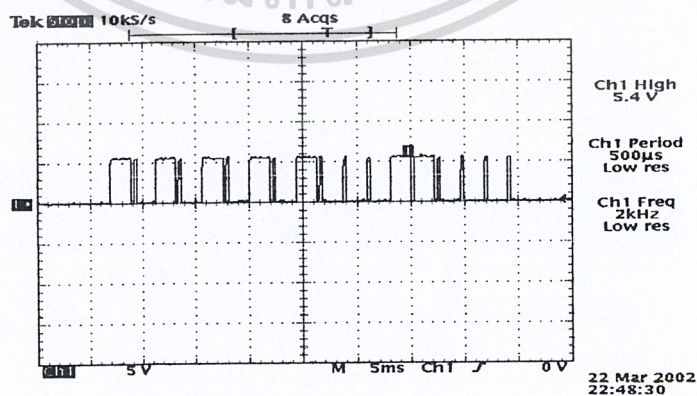


รูปที่ 4.15 เอาท์พุทของ โมดูลเมื่อกดสวิทช์ S4

นำสัญญาณที่ได้จากเอาท์พุทของ โมดูลต่อเข้ากับ R13 , R14 , R15 และ TR3 วัดสัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ TR3 ซึ่งก็คือ อินพุทของ MC145027 จะ ได้สัญญาณดังแสดงตามรูป 4.16 – 4.19

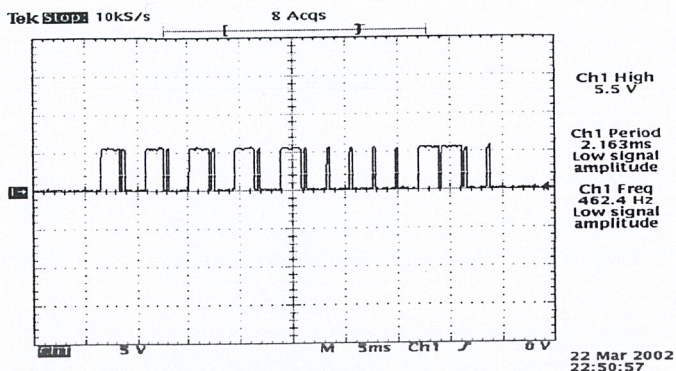


รูปที่ 4.16 สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 ( เมื่อกดสวิทช์ S1 )

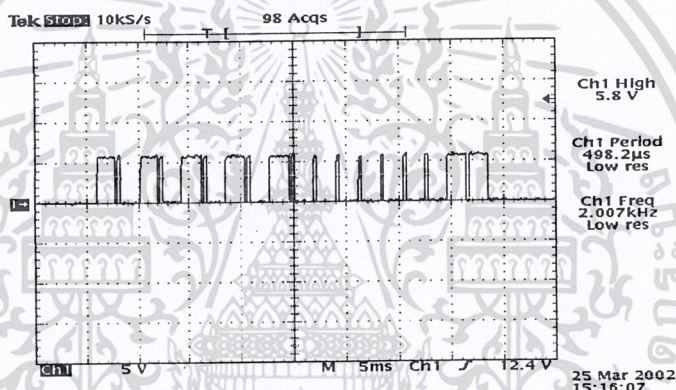


รูปที่ 4.17 สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 ( เมื่อกดสวิทช์ S2 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 (เมื่อกดสวิทช์ S3)



รูปที่ 4.19 สัญญาณที่ขา 9 ของ MC145027 (เมื่อกดสวิทช์ S4)

ทำการวัดเอาต์พุตที่ได้จากการถอดรหัสของ MC 145027 โดยวัดที่ขา 12 , 13 , 14 และ 15 ได้ผลการทดลองดังนี้

	เอาต์พุตขา 12	เอาต์พุตขา 13	เอาต์พุตขา 14	เอาต์พุตขา 15
กดสวิทช์ S1	0.02 V	0.02 V	0.02 V	5.77 V
กดสวิทช์ S2	0.02 V	0.02 V	5.77 V	0.02 V
กดสวิทช์ S3	0.02 V	5.77 V	0.02 V	0.02 V
กดสวิทช์ S4	5.77 V	0.02 V	0.02 V	0.02 V

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และบทสรุป

#### 5.1 บทสรุป

การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณภาพไร้สายนี้ จะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ภาคส่งสัญญาณภาพไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ วงจรออสซิลเลเตอร์ ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณคลื่นพาห้ที่มีความถี่ 181.18 MHz , วงจรแอมพลิฟายเออร์ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่นพาห้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ , วงจรมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบเอฟ.เอ็ม. ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณออกดิโอไปเป็นสัญญาณเอฟ.เอ็ม. และในส่วนนี้จะสร้างคลื่นพาห้ของเสียงให้ห่างจากคลื่นพาห้ของภาพไป 5.36 MHz , วงจรมอดูเลตสัญญาณภาพแบบเอ.เอ็ม. จะทำการมอดูเลตสัญญาณภาพแบบเอ.เอ็ม.กับความถี่คลื่นพาห้ 181.18 MHz รวมกับสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วส่งไปยังสายอากาศ และ ภาคควบคุมกล้องโดยใช้แสงอินฟราเรด เพื่อควบคุมการบังคับกล้องขึ้น - ลง หรือ ซ้าย - ขวา

#### 5.2 ปัญหาที่พบ

1. การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณภาพนี้ จะต้องทำการมอดูเลตด้วยสัญญาณความถี่ วี. เอช. เอฟ ซึ่งเป็นความถี่สูง จึงไม่สามารถทำการทดลองบนโปรโตบอร์ดได้ (เนื่องจากมีปัญหาของค่า C) ต้องนำวงจรที่จะทดลองมาลงปริ้นท์เอนกประสงค์ก่อน จึงจะสามารถทดลองวัดสัญญาณต่าง ๆ ได้
2. การทดลองวัดสัญญาณที่ความถี่สูง ( ย่าน วี. เอช. เอฟ. ) ไม่สามารถทำการวัดที่ออสซิลโลสโคปได้ ต้องทำการวัดที่สเปคตรัมอนาไลเซอร์
3. การหาค่า L ที่ใช้ในวงจร ซึ่งค่า L ที่คำนวณได้ มักจะไม่ตรงกับค่า L ที่มีขายตามท้องตลาด และเมื่อทำการสร้างเองก็ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายเนื่องจากจำนวนรอบของค่า L มีจำนวนน้อย
4. วงจรควบคุมสเตปปีงมอเตอร์ต้องเลือกค่า VR1 ให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้มอเตอร์เกิดการสั้นขณะที่แพนกล้อง



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Encoder and Decoder Pairs CMOS

These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

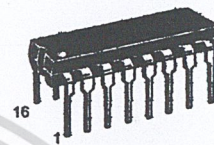
The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable (TE) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission (VT) output goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4 bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the Data output pins has been updated.

The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- Operating Temperature Range: - 40 to + 85°C
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use ± 5% Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- Operating Voltage Range: MC145026 = 2.5 to 18 V\*  
MC145027, MC145028 = 4.5 to 18 V
- Low-Voltage Versions Available:  
SC41343 = 2.8 to 10 V Version of the MC145027  
SC41344 = 2.8 to 10 V Version of the MC145028
- For Infrared Applications, See Application Note AN1018/D

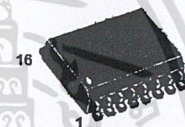
**MC145026**  
**MC145027**  
**MC145028**  
**SC41343**  
**SC41344**



**P SUFFIX**  
PLASTIC DIP  
CASE 648



**D SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751B



**DW SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751G

### ORDERING INFORMATION

MC145026P	Plastic DIP
MC145026D	SOG Package
MC145027P, SC41343P	Plastic DIP
MC145027DW, SC41343DW	SOG Package
MC145028P, SC41344P	Plastic DIP
MC145028DW, SC41344DW	SOG Package

### PIN ASSIGNMENTS

MC145026 ENCODER	MC145027/SC41343 DECODERS	MC145028/SC41344 DECODERS
A1 [ 1 ● 16 ] V <sub>DD</sub>	A1 [ 1 ● 16 ] V <sub>DD</sub>	A1 [ 1 ● 16 ] V <sub>DD</sub>
A2 [ 2 15 ] D <sub>out</sub>	A2 [ 2 15 ] D <sub>6</sub>	A2 [ 2 15 ] A <sub>6</sub>
A3 [ 3 14 ] $\overline{TE}$	A3 [ 3 14 ] D <sub>7</sub>	A3 [ 3 14 ] A <sub>7</sub>
A4 [ 4 13 ] R <sub>TC</sub>	A4 [ 4 13 ] D <sub>8</sub>	A4 [ 4 13 ] A <sub>8</sub>
A5 [ 5 12 ] C <sub>TC</sub>	A5 [ 5 12 ] D <sub>9</sub>	A5 [ 5 12 ] A <sub>9</sub>
A6/D6 [ 6 11 ] R <sub>S</sub>	R <sub>1</sub> [ 6 11 ] VT	R <sub>1</sub> [ 6 11 ] VT
A7/D7 [ 7 10 ] A <sub>9</sub> /D <sub>9</sub>	C <sub>1</sub> [ 7 10 ] R <sub>2</sub> /C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> [ 7 10 ] R <sub>2</sub> /C <sub>2</sub>
V <sub>SS</sub> [ 8 9 ] A <sub>8</sub> /D <sub>8</sub>	V <sub>SS</sub> [ 8 9 ] D <sub>in</sub>	V <sub>SS</sub> [ 8 9 ] D <sub>in</sub>

\* All MC145026 devices manufactured after date code 9314 or 314 are guaranteed over this wider voltage range. All previous designs using the low-voltage SC41342 should convert to the MC145026, which is a drop-in replacement. The SC41342 part number has been discontinued.

REV 2  
1/98



© Motorola, Inc. 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

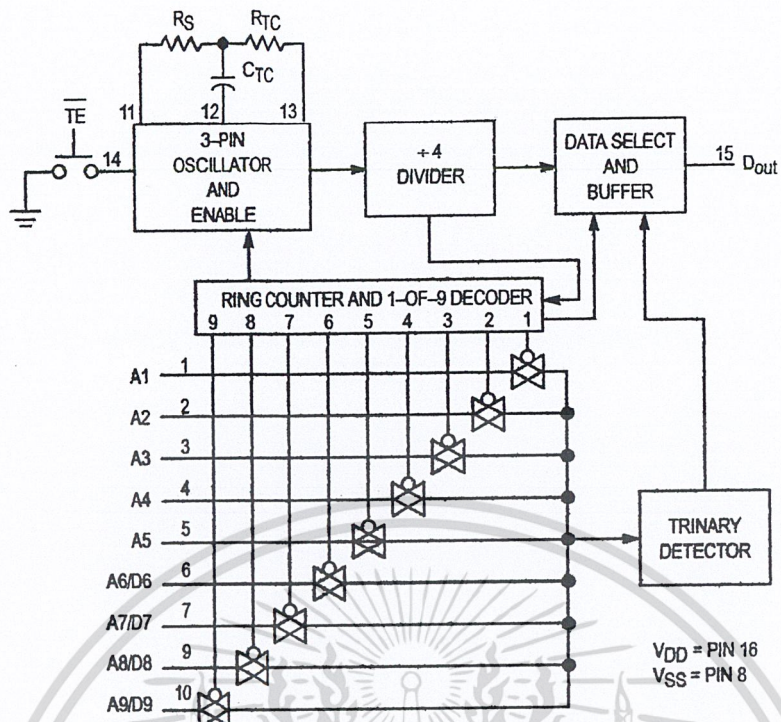


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

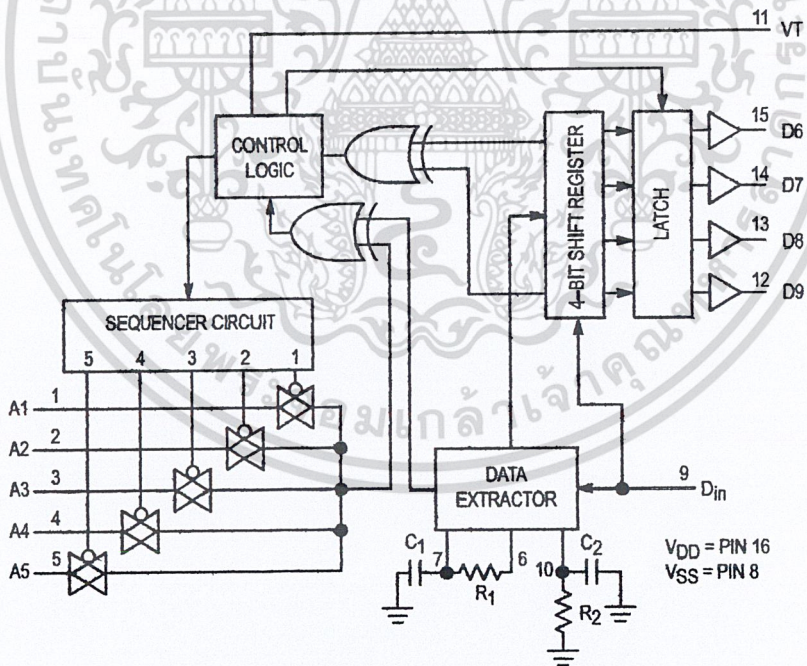


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

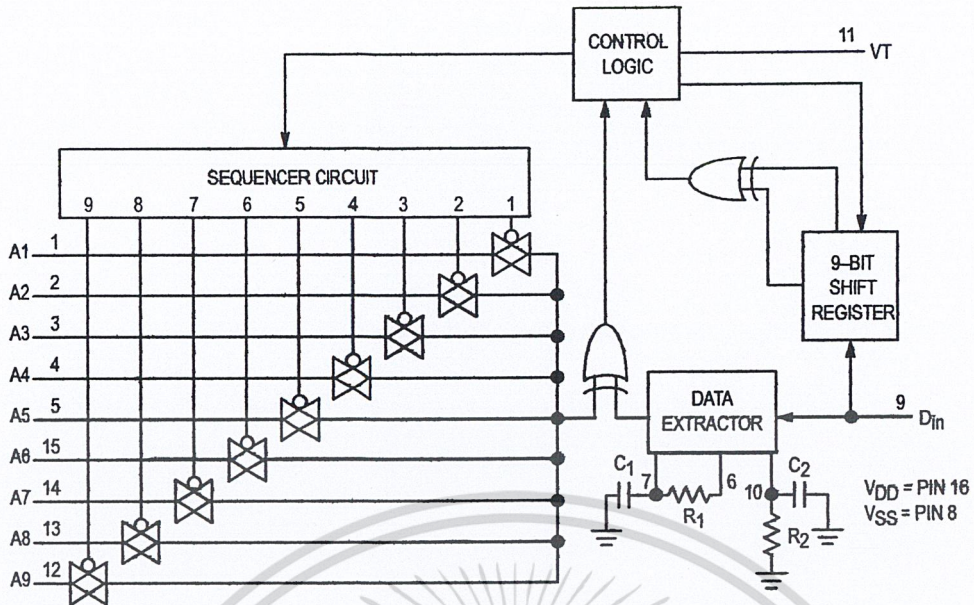


Figure 3. MC145028 Decoder Block Diagram

**MAXIMUM RATINGS\*** (Voltages Referenced to  $V_{SS}$ )

Rating	Symbol	Value	Unit
$V_{DD}$	DC Supply Voltage (except SC41343, SC41344)	-0.5 to +18	V
$V_{DD}$	DC Supply Voltage (SC41343, SC41344 only)	-0.5 to +10	V
$V_{in}$	DC Input Voltage	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
$V_{out}$	DC Output Voltage	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
$I_{in}$	DC Input Current, per Pin	$\pm 10$	mA
$I_{out}$	DC Output Current, per Pin	$\pm 10$	mA
$P_D$	Power Dissipation, per Package	500	mW
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to +150	$^{\circ}C$
$T_L$	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds	260	$^{\circ}C$

\* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation,  $V_{in}$  and  $V_{out}$  should be constrained to the range  $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$ .

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028 (Voltage Referenced to V<sub>SS</sub>)**

Symbol	Characteristic	V <sub>DD</sub> V	Guaranteed Limit						Unit
			– 40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V <sub>OL</sub>	Low-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = V <sub>DD</sub> or 0)	5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
V <sub>OH</sub>	High-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = 0 or V <sub>DD</sub> )	5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	V
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	—	14.95	—	
V <sub>IL</sub>	Low-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 4.5 or 0.5 V) (V <sub>out</sub> = 9.0 or 1.0 V) (V <sub>out</sub> = 13.5 or 1.5 V)	5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	V
		10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	4.0	—	4.0	
V <sub>IH</sub>	High-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 or 4.5 V) (V <sub>out</sub> = 1.0 or 9.0 V) (V <sub>out</sub> = 1.5 or 13.5 V)	5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	V
		10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
		15	11	—	11	—	11	—	
I <sub>OH</sub>	High-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 2.5 V) (V <sub>out</sub> = 4.6 V) (V <sub>out</sub> = 9.5 V) (V <sub>out</sub> = 13.5 V)	5.0	–2.5	—	–2.1	—	–1.7	—	mA
		5.0	–0.52	—	–0.44	—	–0.36	—	
		10	–1.3	—	–1.1	—	–0.9	—	
		15	–3.6	—	–3.0	—	–2.4	—	
I <sub>OL</sub>	Low-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 0.4 V) (V <sub>out</sub> = 0.5 V) (V <sub>out</sub> = 1.5 V)	5.0	0.52	—	0.44	—	0.36	—	mA
		10	1.3	—	1.1	—	0.9	—	
		15	3.6	—	3.0	—	2.4	—	
I <sub>in</sub>	Input Current — TE (MC145026, Pull-Up Device)	5.0	—	—	3.0	11	—	—	μA
		10	—	—	16	60	—	—	
		15	—	—	35	120	—	—	
I <sub>in</sub>	Input Current R <sub>S</sub> (MC145026), D <sub>in</sub> (MC145027, MC145028)	15	—	± 0.3	—	± 0.3	—	± 1.0	μA
I <sub>in</sub>	Input Current A1 – A5, A6/D6 – A9/D9 (MC145026), A1 – A5 (MC145027), A1 – A9 (MC145028)	5.0	—	—	—	± 110	—	—	μA
		10	—	—	—	± 500	—	—	
		15	—	—	—	± 1000	—	—	
C <sub>in</sub>	Input Capacitance (V <sub>in</sub> = 0)	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current — MC145026	5.0	—	—	—	0.1	—	—	μA
		10	—	—	—	0.2	—	—	
		15	—	—	—	0.3	—	—	
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current — MC145027, MC145028	5.0	—	—	—	50	—	—	μA
		10	—	—	—	100	—	—	
		15	—	—	—	150	—	—	
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current — MC145026 (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	5.0	—	—	—	200	—	—	μA
		10	—	—	—	400	—	—	
		15	—	—	—	600	—	—	
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current — MC145027, MC145028 (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	5.0	—	—	—	400	—	—	μA
		10	—	—	—	800	—	—	
		15	—	—	—	1200	—	—	

\* Also see next Electrical Characteristics table for 2.5 V specifications.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026** (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			-40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OL}$	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.5	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
$V_{OH}$	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.5	2.45	—	2.45	—	2.45	—	V
$V_{IL}$	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.0 V)	2.5	—	0.3	—	0.3	—	0.3	V
$V_{IH}$	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.0 V)	2.5	2.2	—	2.2	—	2.2	—	V
$I_{OH}$	High-Level Output Current ( $V_{out} = 1.25$ V)	2.5	0.28	—	0.25	—	0.2	—	mA
$I_{OL}$	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V)	2.5	0.22	—	0.2	—	0.16	—	mA
$I_{in}$	Input Current (TE — Pull-Up Device)	2.5	—	—	0.09	1.8	—	—	$\mu$ A
$I_{in}$	Input Current (A1–A5, A6/D6–A9/D9)	2.5	—	—	—	$\pm 25$	—	—	$\mu$ A
$I_{DD}$	Quiescent Current	2.5	—	—	—	0.05	—	—	$\mu$ A
$I_{dd}$	Dynamic Supply Current ( $f_c = 20$ kHz)	2.5	—	—	—	40	—	—	$\mu$ A

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS — SC41343 and SC41344** (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			-40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OL}$	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.8	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
$V_{OH}$	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.8	2.75	—	2.75	—	2.75	—	V
		5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
$V_{IL}$	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 2.3$ V or 0.5 V) ( $V_{out} = 4.5$ V or 0.5 V) ( $V_{out} = 9.0$ V or 1.0 V)	2.8	—	0.84	—	0.84	—	0.84	V
		5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	
		10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
$V_{IH}$	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.3 V) ( $V_{out} = 0.5$ V or 4.5 V) ( $V_{out} = 1.0$ V or 9.0 V)	2.8	1.96	—	1.96	—	1.96	—	V
		5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	
		10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
$I_{OH}$	High-Level Output Current ( $V_{out} = 1.4$ V) ( $V_{out} = 4.5$ V) ( $V_{out} = 9.0$ V)	2.8	-0.73	—	-0.7	—	-0.55	—	mA
		5.0	-0.59	—	-0.5	—	-0.41	—	
		10	-1.3	—	-1.1	—	-0.9	—	
$I_{OL}$	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V) ( $V_{out} = 0.5$ V) ( $V_{out} = 1.0$ V)	2.8	0.35	—	0.3	—	0.24	—	mA
		5.0	0.8	—	0.6	—	0.4	—	
		10	3.5	—	2.9	—	2.3	—	
$I_{in}$	Input Current — $D_{in}$	10	—	$\pm 0.3$	—	$\pm 0.3$	—	$\pm 1.0$	$\mu$ A
$I_{in}$	Input Current A1 – A5 (SC41343) A1 – A9 (SC41344)	2.8	—	—	—	$\pm 30$	—	—	$\mu$ A
		5.0	—	—	—	$\pm 140$	—	—	
		10	—	—	—	$\pm 600$	—	—	
$C_{in}$	Input Capacitance ( $V_{in} = 0$ )	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
$I_{DD}$	Quiescent Current	2.8	—	—	—	60	—	—	$\mu$ A
		5.0	—	—	—	75	—	—	
		10	—	—	—	150	—	—	
$I_{dd}$	Dynamic Supply Current ( $f_c = 20$ kHz)	2.8	—	—	—	300	—	—	$\mu$ A
		5.0	—	—	—	500	—	—	
		10	—	—	—	1000	—	—	

**SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028** ( $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	Figure No.	V <sub>DD</sub>	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	Output Transition Time	4, 8	5.0	—	200	ns
			10	—	100	
			15	—	80	
t <sub>r</sub>	D <sub>in</sub> Rise Time — Decoders	5	5.0	—	15	μs
			10	—	15	
			15	—	15	
t <sub>f</sub>	D <sub>in</sub> Fall Time — Decoders	5	5.0	—	15	μs
			10	—	5.0	
			15	—	4.0	
f <sub>osc</sub>	Encoder Clock Frequency	6	5.0	0.001	2.0	MHz
			10	0.001	5.0	
			15	0.001	10	
f	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	5.0	1.0	240	kHz
			10	1.0	410	
			15	1.0	450	
t <sub>w</sub>	TE Pulse Width — Encoders	7	5.0	65	—	ns
			10	30	—	
			15	20	—	

\* Also see next Switching Characteristics table for 2.5 V specifications.

**SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026** ( $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	Figure No.	V <sub>DD</sub>	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	Output Transition Time	4, 8	2.5	—	450	ns
f <sub>osc</sub>	Encoder Clock Frequency	6	2.5	1.0	250	kHz
t <sub>w</sub>	TE Pulse Width	7	2.5	1.5	—	μs

**SWITCHING CHARACTERISTICS — SC41343 and SC41344** ( $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	Figure No.	V <sub>DD</sub>	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	Output Transition Time	4, 8	2.8	—	320	ns
			5.0	—	200	
			10	—	100	
t <sub>r</sub>	D <sub>in</sub> Rise Time	5	2.8	—	15	μs
			5.0	—	15	
			10	—	15	
t <sub>f</sub>	D <sub>in</sub> Fall Time	5	2.8	—	15	μs
			5.0	—	15	
			10	—	5.0	
f	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	2.8	1.0	100	kHz
			5.0	1.0	240	
			10	1.0	410	

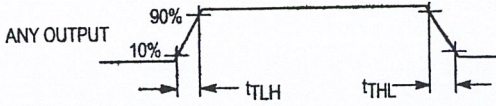


Figure 4.

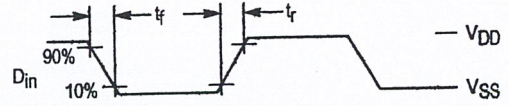


Figure 5.

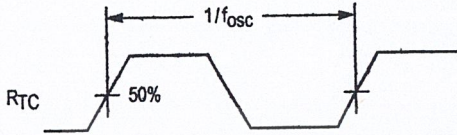


Figure 6.

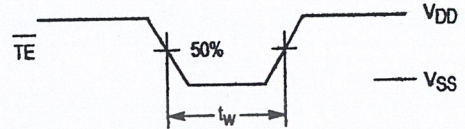
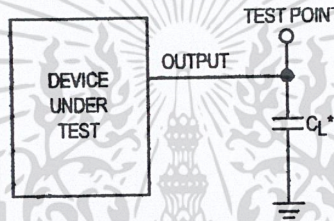


Figure 7.



\* Includes all probe and fixture capacitance.

Figure 8. Test Circuit

## OPERATING CHARACTERISTICS

### MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 – A5 and A6/D6 – A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the TE input pin. Upon power-up, the MC145026 can continuously transmit as long as TE remains low (also the device can transmit two-word sequences by pulsing TE low). However, no MC145026 application should be designed to rely upon the first data word transmitted immediately after power-up because this word may be invalid. Between the two data words, no signal is sent for three data periods (see Figure 10).

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (see Figure 11). A logic 0 (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic 1 (high) as two consecutive long pulses, and an open (high impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input high then low. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to V<sub>DD</sub>. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to V<sub>SS</sub>. If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics table. The weak "output" device sinks/sources up to 110  $\mu$ A at a 5 V supply level, 500  $\mu$ A at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The TE input has an internal pull-up device so that a simple switch may be used to force the input low. While TE is high and the second-word transmission has timed out, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When TE is brought low, the oscillator is started and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the D<sub>out</sub> pin.

### MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, the next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods (see Figure 10).

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a 1 or 0. A trinary (open) data line is decoded as a logic 1.

### MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no

data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a VT output signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

## PIN DESCRIPTIONS

### MC145026 ENCODER

#### A1 – A5, A6/D6 – A9/D9

#### Address, Address/Data Inputs (Pins 1 – 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the D<sub>out</sub> pin.

#### RS, CTC, RTC

#### (Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder (see Figure 9).

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the RS input and the RTC and CTC pins should be left open.

#### TE

#### Transmit Enable (Pin 14)

This active-low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pull-up device keeps this input normally high. The pull-up current is specified in the Electrical Characteristics table.

#### Dout

#### Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

#### VSS

#### Negative Power Supply (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

#### VDD

#### Positive Power Supply (Pin 16)

The most-positive power supply pin.

### MC145027 AND MC145028 DECODERS

#### A1 – A5, A1 – A9

#### Address Inputs (Pins 1 – 5) — MC145027,

#### Address Inputs (Pins 1 – 5, 15, 14, 13, 12) — MC145028

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

#### D6 – D9

#### Data Outputs (Pins 15, 14, 13, 12) — MC145027 Only

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

#### Din

#### Data In (Pin 9)

This pin is the serial data input to the decoder. The input voltage must be at CMOS logic levels. The signal source driving this pin must be dc coupled.

**R<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>**  
**Resistor 1, Capacitor 1 (Pins 6, 7)**

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant  $R_1 \times C_1$  should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 R_{TC} C_{TC}$$

**R<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>**  
**Resistor 2/Capacitor 2 (Pin 10)**

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant  $R_2 \times C_2$  should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11):  $R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}$ . This time constant is used to determine whether the  $D_{in}$  pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on-chip comparator looks at the voltage-equivalent two data periods ( $0.4 R_2 C_2$ ) to detect the dead time between received words within a transmission.

**VT**  
**Valid Transmission Output (Pin 11)**

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

1. the received addresses of both words match the local decoder address, and
2. the received data bits of both words match.

VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

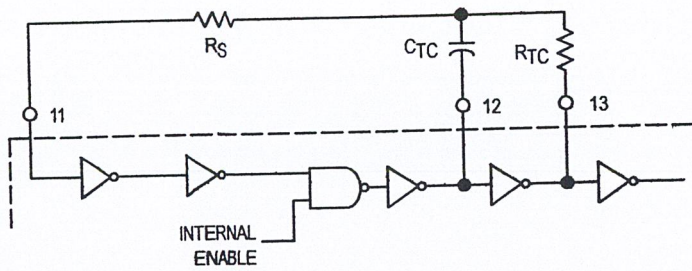
**VSS**  
**Negative Power Supply (Pin 8)**

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

**VDD**  
**Positive Power Supply (Pin 16)**

The most-positive power supply pin.





This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f = \frac{1}{2.3 R_{TC} C_{TC'}} \text{ (Hz)}$$

for 1 kHz ≤ f ≤ 400 kHz

- where:  $C_{TC'} = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12 \text{ pF}$
- $R_S = 2 R_{TC}$
- $R_S \geq 20 \text{ k}$
- $R_{TC} \geq 10 \text{ k}$
- $400 \text{ pF} < C_{TC} < 15 \text{ }\mu\text{F}$

The value for  $R_S$  should be chosen to be  $\geq 2$  times  $R_{TC}$ . This range ensures that current through  $R_S$  is insignificant compared to current through  $R_{TC}$ . The upper limit for  $R_S$  must ensure that  $R_S \times 5 \text{ pF}$  (input capacitance) is small compared to  $R_{TC} \times C_{TC}$ .

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than 1 M $\Omega$ .

Figure 9. Encoder Oscillator Information

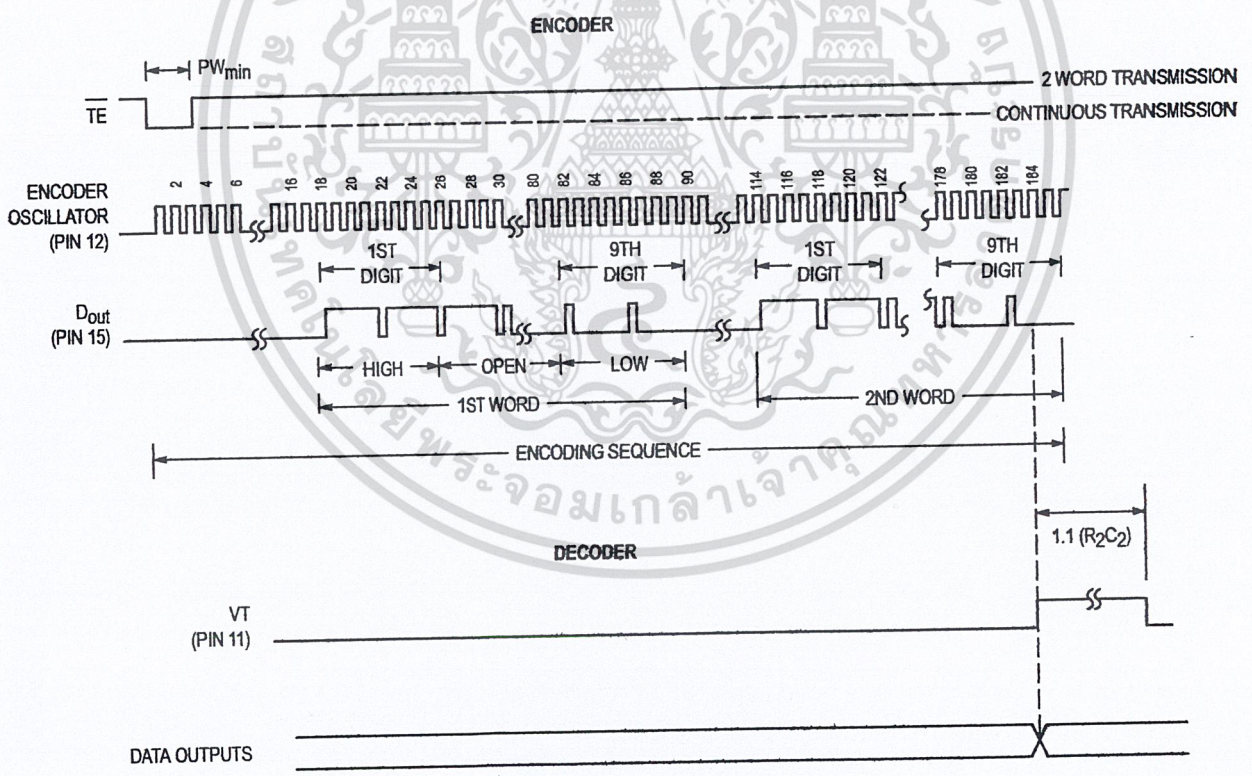


Figure 10. Timing Diagram

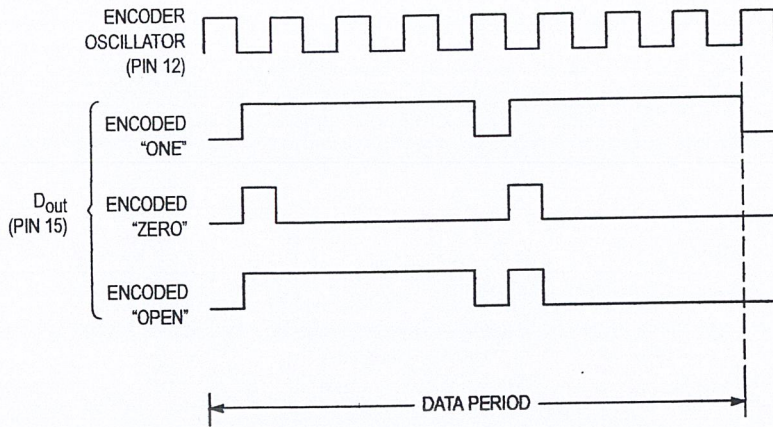


Figure 11. Encoder Data Waveforms

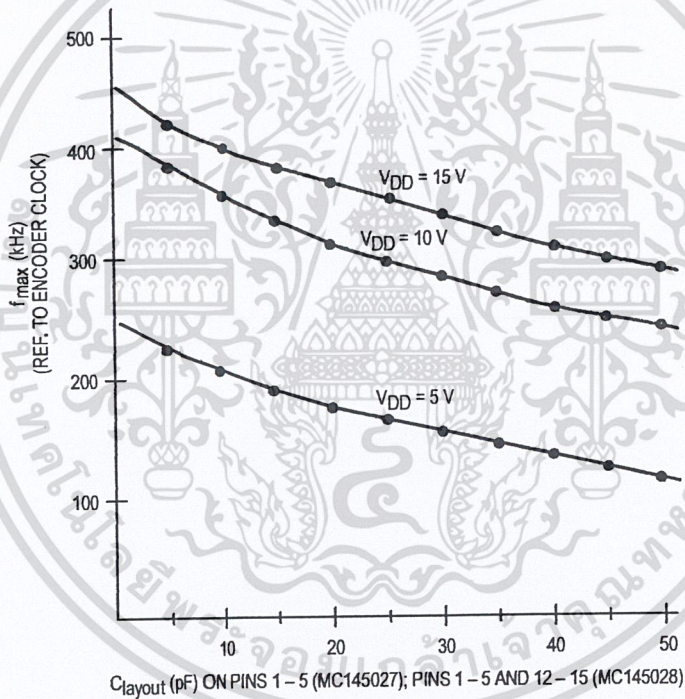


Figure 12.  $f_{max}$  vs  $C_{layout}$  — Decoders Only

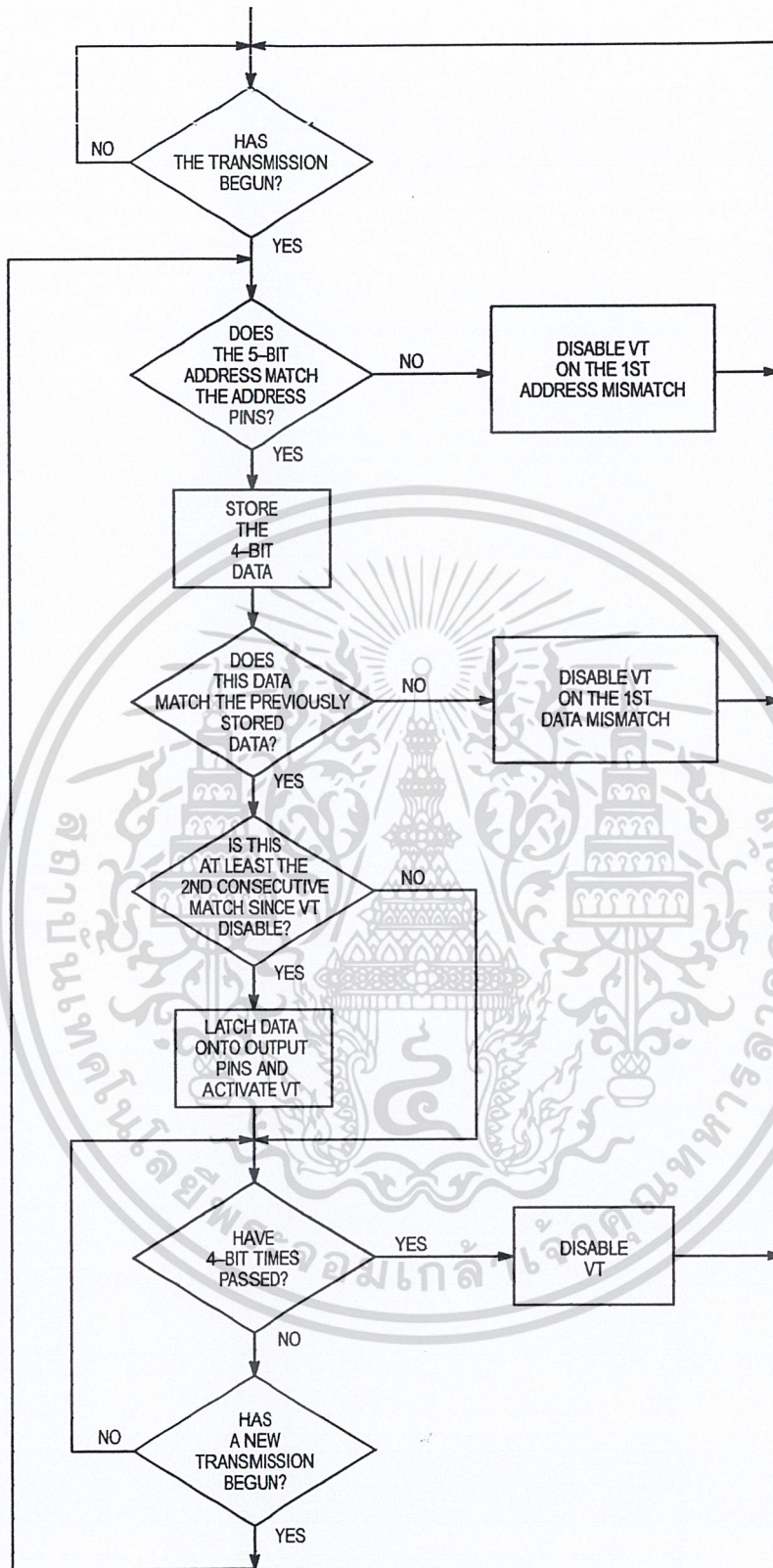


Figure 13. MC145027 Flowchart

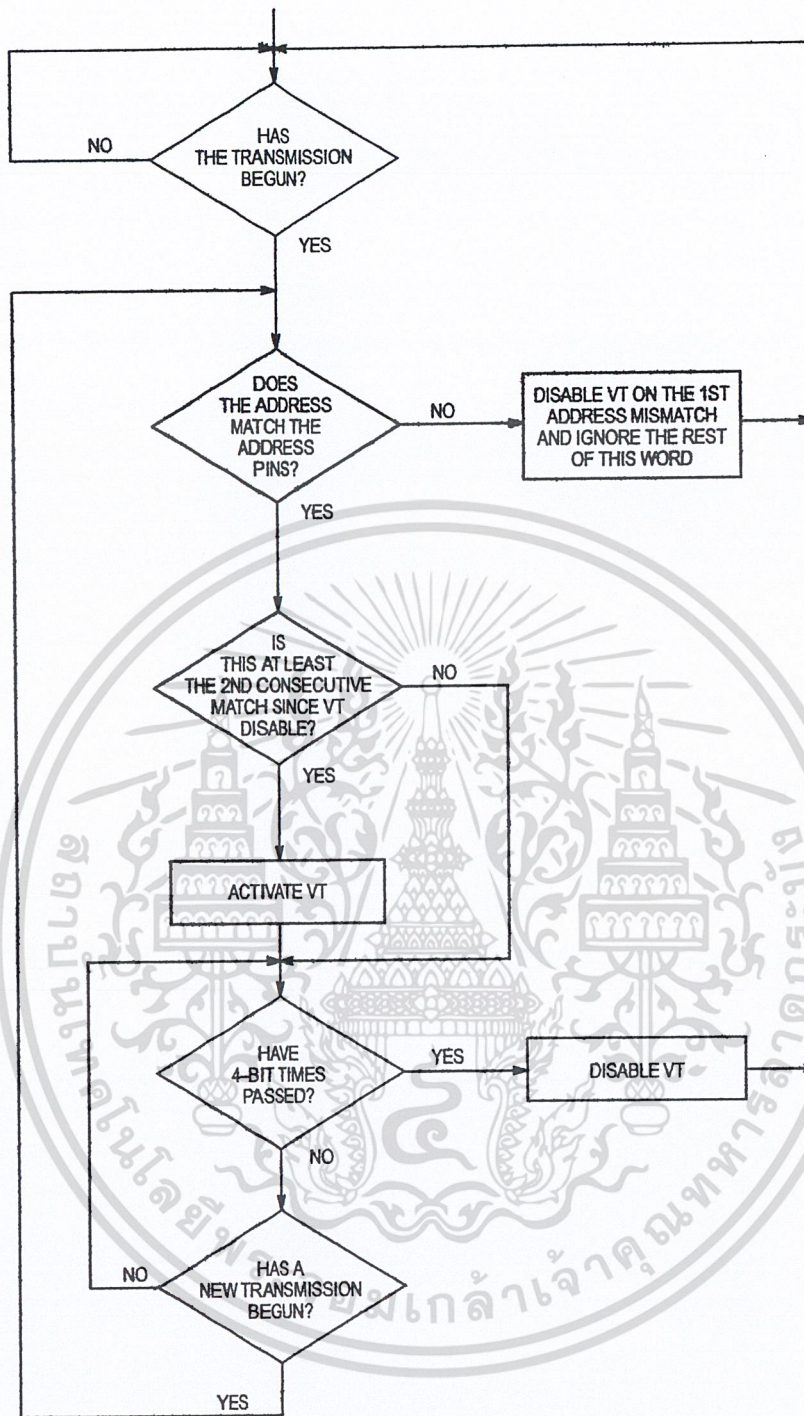


Figure 14. MC145028 Flowchart

## MC145027 AND MC145028 TIMING

To verify the MC145027 or MC145028 timing, check the waveforms on C1 (Pin 7) and R2/C2 (Pin 10) as compared to the incoming data waveform on D<sub>in</sub> (Pin 9).

The R-C decay seen on C1 discharges down to 1/3 V<sub>DD</sub> before being reset to V<sub>DD</sub>. This point of reset (labelled "DOS" in Figure 15) is the point in time where the decision is made whether the data seen on D<sub>in</sub> is a 1 or 0. DOS should not be too close to the D<sub>in</sub> data edges or intermittent operation may occur.

The other timing to be checked on the MC145027 and MC145028 is on R2/C2 (see Figure 16). The R-C decay is continually reset to V<sub>DD</sub> as data is being transmitted. Only between words and after the end-of-transmission (EOT) does R2/C2 decay significantly from V<sub>DD</sub>. R2/C2 can be used to identify the internal end-of-word (EOW) timing edge which is generated when R2/C2 decays to 2/3 V<sub>DD</sub>. The internal EOT timing edge occurs when R2/C2 decays to 1/3 V<sub>DD</sub>. When the waveform is being observed, the R-C decay should go down between the 2/3 and 1/3 V<sub>DD</sub> levels, but not too close to either level before data transmission on D<sub>in</sub> resumes.

Verification of the timing described above should ensure a good match between the MC145026 transmitter and the MC145027 and MC145028 receivers.

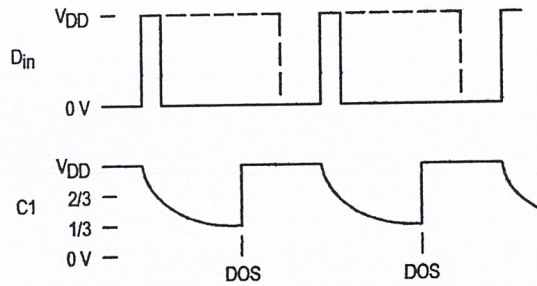


Figure 15. R-C Decay on Pin 7 (C1)

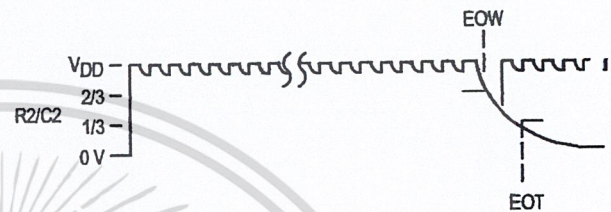
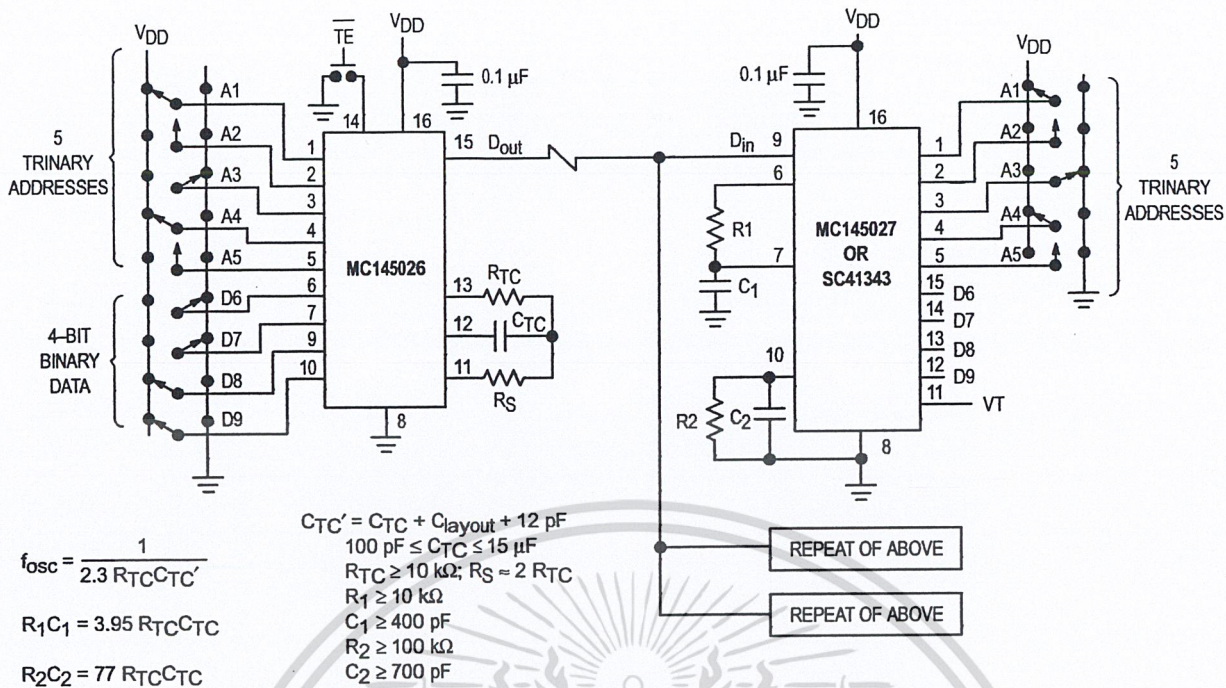


Figure 16. R-C Decay on Pin 10 (R2/C2)



**Example R/C Values (All Resistors and Capacitors are  $\pm 5\%$ )**

( $C_{TC}' = C_{TC} + 20 \text{ pF}$ )

$f_{osc}$ (kHz)	$R_{TC}$	$C_{TC}'$	$R_S$	$R_1$	$C_1$	$R_2$	$C_2$
362	10 k	120 pF	20 k	10 k	470 pF	100 k	910 pF
181	10 k	240 pF	20 k	10 k	910 pF	100 k	1800 pF
88.7	10 k	490 pF	20 k	10 k	2000 pF	100 k	3900 pF
42.6	10 k	1020 pF	20 k	10 k	3900 pF	100 k	7500 pF
21.5	10 k	2020 pF	20 k	10 k	8200 pF	100 k	0.015 $\mu\text{F}$
8.53	10 k	5100 pF	20 k	10 k	0.02 $\mu\text{F}$	200 k	0.02 $\mu\text{F}$
1.71	50 k	5100 pF	100 k	50 k	0.02 $\mu\text{F}$	200 k	0.1 $\mu\text{F}$

**Figure 17. Typical Application**

## APPLICATIONS INFORMATION

### INFRARED TRANSMITTER

In Figure 18, the MC145026 encoder is set to run at an oscillator frequency of about 4 to 9 kHz. Thus, the time required for a complete two-word encoding sequence is about 20 to 40 ms. The data output from the encoder gates an RC oscillator running at 50 kHz; the oscillator shown starts rapidly enough to be used in this application. When the "send" button is not depressed, both the MC145026 and oscillator are in a low-power standby state. The RC oscillator has to be trimmed for 50 kHz and has some drawbacks for frequency stability. A superior system uses a ceramic resonator oscillator running at 400 kHz. This oscillator feeds a divider as shown in Figure 19. The unused inputs of the MC14011UB must be grounded.

The MLED81 IRED is driven with the 50 kHz square wave at about 200 to 300 mA to generate the carrier. If desired, two IREDs wired in series can be used (see Application Note AN1016 for more information). The bipolar IRED switch, shown in Figure 18, offers two advantages over a FET. First, a logic FET has too much gate capacitance for the MC14011UB to drive without waveform distortion. Second, the bipolar drive permits lower supply voltages, which are an advantage in portable battery-powered applications.

The configuration shown in Figure 18 operates over a supply range of 4.5 to 18 V. A low-voltage system which operates down to 2.5 V could be realized if the oscillator section of a MC74HC4060 is used in place of the MC14011UB. The data output of the MC145026 is inverted and fed to the RESET pin of the MC74HC4060. Alternately, the MC74HCU04 could be used for the oscillator.

Information on the MC14011UB is in book number DL131/D. The MC74HCU04 and MC74HC4060 are found in book number DL129/D.

### INFRARED RECEIVER

The receiver in Figure 20 couples an IR-sensitive diode to input preamp A1, followed by band-pass amplifier A2 with a gain of about 10. Limiting stage A3 follows, with an output of about 800 mV p-p. The limited 50 kHz burst is detected by comparator A4 that passes only positive pulses, and peak-

detected and filtered by a diode/RC network to extract the data envelope from the burst. Comparator A5 boosts the signal to logic levels compatible with the MC145027/28 data input. The  $D_{in}$  pin of these decoders is a standard CMOS high-impedance input which must *not* be allowed to float. Therefore, direct coupling from A5 to the decoder input is utilized.

Shielding should be used on at least A1 and A2, with good ground and high-sensitivity circuit layout techniques applied.

For operation with supplies higher than +5 V, limiter A4's positive output swing needs to be limited to 3 to 5 V. This is accomplished via adding a zener diode in the negative feedback path, thus avoiding excessive system noise. The biasing resistor stack should be adjusted such that V3 is 1.25 to 1.5 V.

This system works up to a range of about 10 meters. The gains of the system may be adjusted to suit the individual design needs. The 100  $\Omega$  resistor in the emitter of the first 2N5088 and the 1 k $\Omega$  resistor feeding A2 may be altered if different gain is required. In general, more gain does not necessarily result in increased range. This is due to noise floor limitations. The designer should increase transmitter power and/or increase receiver aperture with Fresnel lensing to greatly improve range. See Application Note AN1016 for additional information.

Information on the MC34074 is in data book DL128/D.

### TRINARY SWITCH MANUFACTURERS

Midland Ross—Electronic Connector Div.  
Greyhill  
Augat/Alcoswitch  
Aries Electronics

The above companies may not have the switches in a DIP. For more information, call them or consult *eem Electronic Engineers Master Catalog* or the *Gold Book*. Ask for SPDT with center OFF.

Alternative: An SPST can be placed in series between a SPDT and the Encoder or Decoder to achieve trinary action.

Motorola cannot recommend one supplier over another and in no way suggests that this is a complete listing of trinary switch manufacturers.

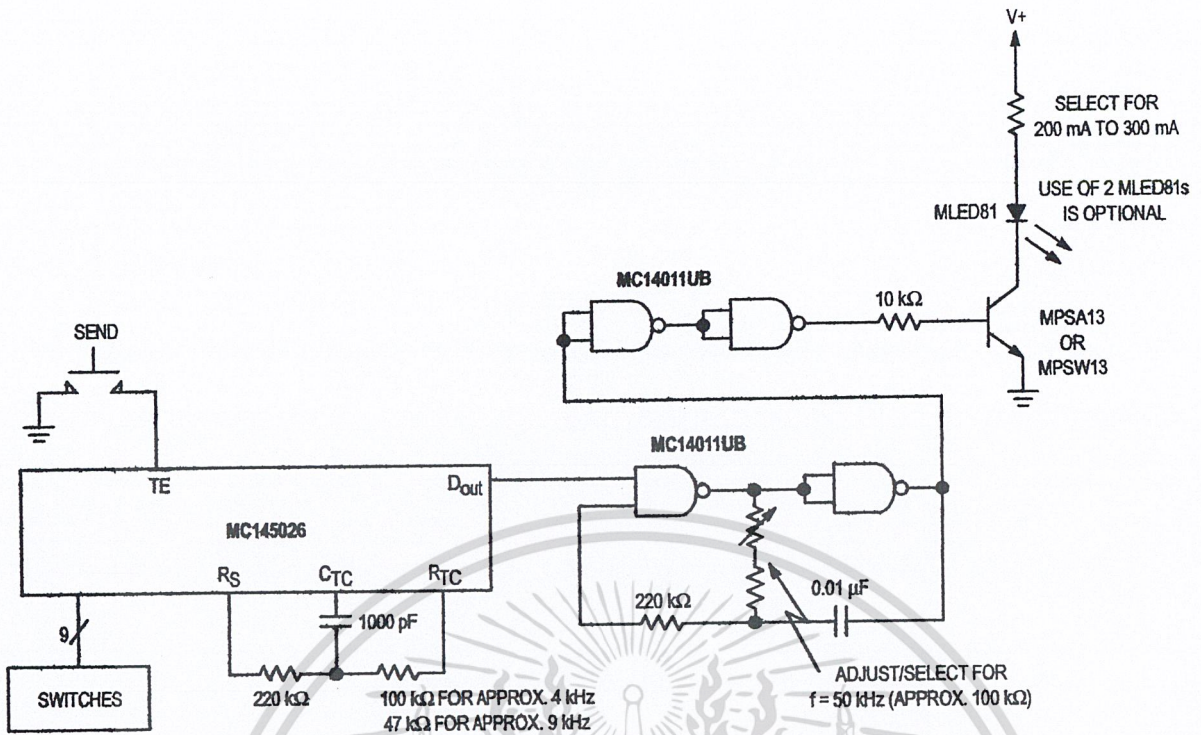


Figure 18. IRED Transmitter Using RC Oscillator to Generate Carrier Frequency

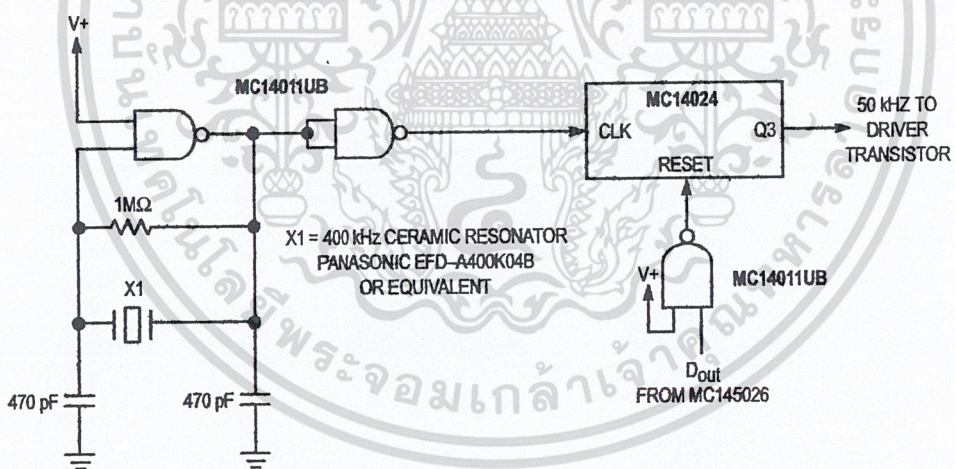


Figure 19. Using a Ceramic Resonator to Generate Carrier Frequency

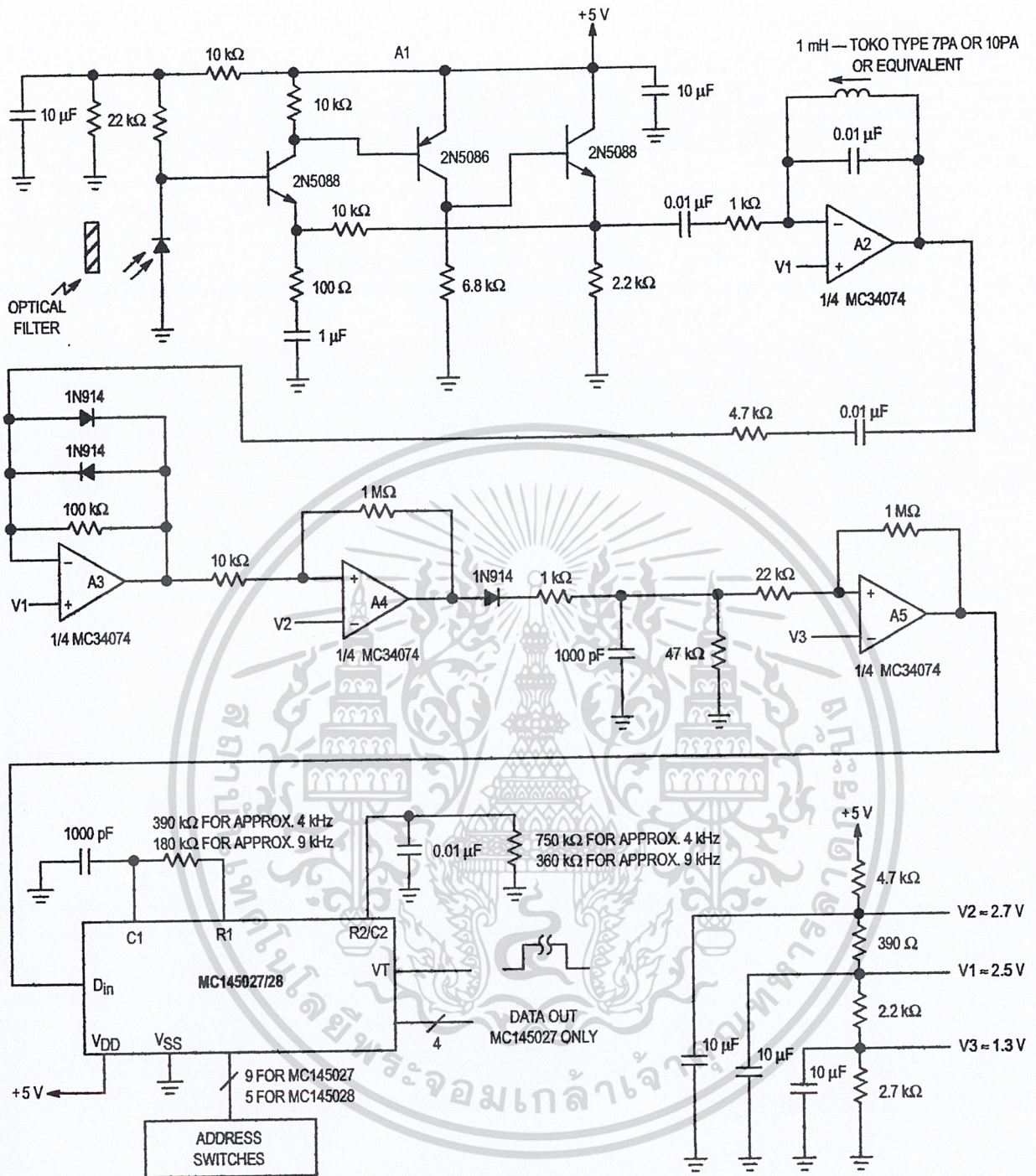
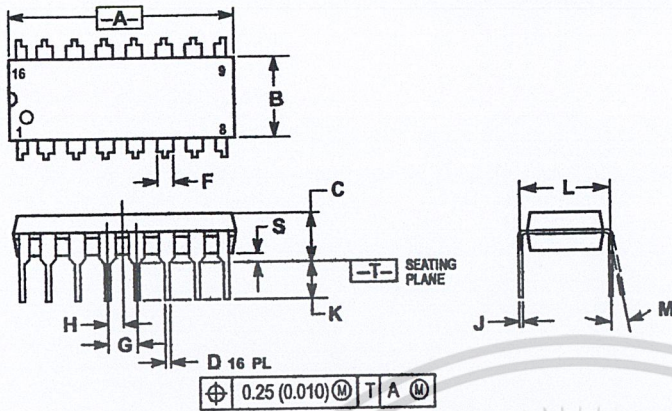


Figure 20. Infrared Receiver

## PACKAGE DIMENSIONS

### P SUFFIX PLASTIC DIP (DUAL IN-LINE PACKAGE) CASE 648-08

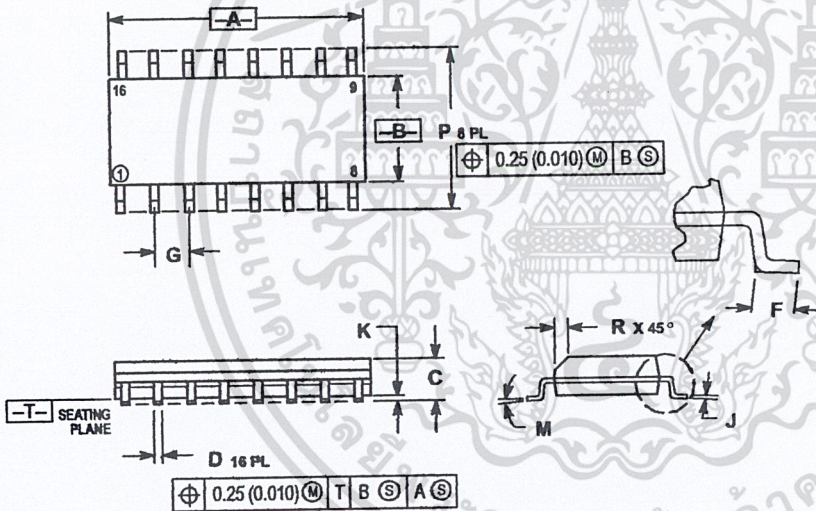


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

### SOG (SMALL OUTLINE DIP) PACKAGE CASE 751B-05

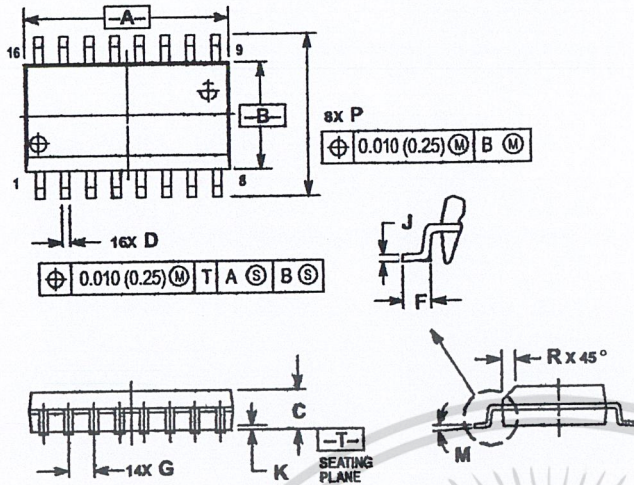


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.80	10.00	0.388	0.393
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

**DW SUFFIX  
SOG (SMALL OUTLINE GULL-WING) PACKAGE  
CASE 751G-02**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
  3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
  4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
  5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	10.15	10.45	0.400	0.411
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.50	0.90	0.020	0.035
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.25	0.32	0.010	0.012
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	10.05	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

Mfax is a trademark of Motorola, Inc.

**How to reach us:**

**USA/EUROPE/Locations Not Listed:** Motorola Literature Distribution;  
P.O. Box 5405, Denver, Colorado, 80217. 1-303-675-2140 or 1-800-441-2447  
**Mfax™:** RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 1-800-244-6609  
Motorola Fax Back System – US & Canada ONLY 1-800-774-1848  
– http://sps.motorola.com/mfax/

**HOME PAGE:** <http://motorola.com/sps/>

**JAPAN:** Nippon Motorola Ltd.; SPD, Strategic Planning Office; 4-32-1,  
Nishi-Gotanda; Shinagawa-ku, Tokyo 141, Japan. 81-3-5487-8488

**ASIA/PACIFIC:** Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,  
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

**CUSTOMER FOCUS CENTER:** 1-800-521-6274



MC145026/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สมเกียรติ ฤกษ์วัลญญู ที่ให้คำปรึกษา และขอขอบพระคุณอาจารย์ภาค วิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ได้คอยให้คำแนะนำเพิ่มเติมอีกทั้งยังเอื้อเฟื้อ ในด้านเครื่องมือ และ อุปกรณ์ต่าง ๆ จนทำให้โปรเจกต์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ข้อเสนอแนะในการทำโปรเจกต์รวมทั้งแนะนำในการใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ สุดท้ายที่จะลืมไม่ได้ก็คือต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยสนับสนุนทั้งในด้านกำลังใจ และ เงินทุน ในการทำโปรเจกต์ครั้งนี้



## หนังสืออ้างอิง

1. ธวัช เมฆสุวรรณค์, โยชิคะชิ ซาวามูระ “เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์” , สำนักพิมพ์ดวงกมล , 2526
2. โกศล เพ็ชรสุวรรณค์, ชิงกิ โซจิ “เทคโนโลยีโทรคมนาคม ” , สำนักพิมพ์ดวงกมล , 2531
3. สุชาติ กังวารจิตต์ “เครื่องรับส่งวิทยุและระบบสื่อสาร ” , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น , 2532
4. ประกิจ ตั้งติสานนท์ “ ทฤษฎีโทรทัศน์ ” , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2523
5. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ “ เครื่องส่งวิทยุและโทรทัศน์ ” , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2534

