



งานสายอากาศดาวเทียมย่าน Ku  
Ku BAND SATELLITE ANTENNA



โดย  
นายวชิรพล บุญอยู่รอด  
นายวีรศักดิ์ แฝงเส้น  
นายวุฒิชัย วุฒิอุดมเลิศ

วัน เดือน ปี..... 18.ค.ค. 2541  
เลขทะเบียน..... 039079  
เลขเรียกหนังสือ..... T 40810 12 145ค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 039079

งานสายอากาศดาวเทียมย่าน Ku  
Ku BAND SATELLITE ANTENNA



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## งานสายอากาศดาวเทียมย่าน Ku

### Ku BAND SATELLITE ANTENNA

โดย นายวชิรพล บุญอยู่ ไรดล 37014370

นายวีรศักดิ์ แผงเส้น 37014420

นายวุฒิชัย วุฒิอุดมเลิศ 37014425

อาจารย์ที่ปรึกษา ร.ศ. ณรงค์ เหมกรณ์

ผ.ศ. นิภา ลีลารุจิ

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษา และจัดสร้างงานสายอากาศดาวเทียม ซึ่งเป็นงานสายอากาศแบบออฟเซต พาราโบลิกที่ใช้งานในย่านความถี่ Ku (ความถี่ 14/11 GHz) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซต 1.2 เมตร โดยทำการจัดสร้างงานสายอากาศ 2 แบบ แบบแรกจะใช้ไฟเบอร์กลาสเป็นโครงสร้างงานสะท้อนสัญญาณ และมีลวดตาข่ายอะลูมิเนียมฝังอยู่ภายใน เพื่อใช้เป็นตัวสะท้อนสัญญาณ ส่วนแบบที่สองจะเพิ่มการพ่นสีเมทัลลิกลงบนผิวหน้างานสะท้อนสัญญาณ จากนั้นจะทำการวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศที่ทำการจัดสร้างขึ้นมาด้วย นอกจากนี้ ยังได้ทำการจำลองระบบการเปิดงานสายอากาศดาวเทียม โดยใช้คลื่นวิทยุย่าน UHF ในการส่งสัญญาณควบคุม

#### ABSTRACT

This project is about studying and making two satellite antennas. They are offset parabolic antennas which use in Ku band (frequency 14/11 GHz). Their size of offset diameter is 1.2 meters. The first one makes from fiber glass which has aluminium net inside to reflect signal. Another one is the same as the first antenna but it is covered by metallic color on surface. Then the offset parabolic antennas' pattern is measured. Moreover this project has a simulated open system of satellite antenna which use radio frequency in UHF band.

ปริญญาโทปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง งานสายอากาศดาวเทียมย่าน Ku

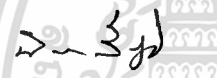
**Ku BAND SATELLITE ANTENNA**

ผู้จัดทำ

1. นายชรินทร์ บุญญะโรตธ 37014370
2. นายวิรัชศักดิ์ แฝงเส้น 37014420
3. นายวุฒิชัย วุฒิจคมเลิศ 37014425

  
(ร.ศ. ชรินทร์ เหมกรณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

  
(ผ.ศ. นิภา ลีลาวัจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

# สารบัญ

หน้า

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1	ความถี่สัญญาณดาวเทียม	3
2.1.1	แถบความถี่	3
2.2.1	ความถี่ย่าน Ku	4
2.2	ชนิดงานสายอากาศ	5
2.2.1	งานสายอากาศพาราโบลิก	6
2.2.2	งานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิก	6
2.3	งานสายอากาศพาราโบลิก	8
2.3.1	อัตราการขยายของงานรับสัญญาณ	9
2.3.2	พื้นที่ประสิทธิผลของงานสายอากาศ	11
2.3.3	อัตราส่วน f/D	11
2.3.4	ข้อเปรียบเทียบระหว่างงานพาราโบลิกแบบลึกลับกับแบบตัน	13
2.4	การแพร่กระจายคลื่น	15
2.4.1	โลบของแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น	15
2.4.2	ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดท์	16
2.4.3	บริเวณต่าง ๆ ของสนามจากงานสายอากาศ	16
2.5	ฟีดฮอร์น และอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ	17
2.5.1	ฟีดฮอร์น	17
2.5.2	อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ	19
2.5.3	LNB สำหรับย่าน Ku	20
2.5.4	ขั้วคลื่นแบบแนวตั้ง และแนวนอน	21
2.5.5	ขั้วคลื่นแบบวงกลม	21
2.6	วัสดุทำงานสายอากาศ	22
2.6.1	วัสดุทำงานสายอากาศดาวเทียม	22
2.6.2	วัสดุทำงานรับสัญญาณดาวเทียมทั่วไป	25
2.6.3	ไฟเบอร์กลาส	26



4.1.2 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย	75
4.1.2.1 การทดลองวัดแพทเทิร์นบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้	76
4.1.2.2 การทดลองวัดแพทเทิร์นบริเวณสนามระยะไกล	87
4.1.3 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย	95
4.1.4 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคต้นแบบยี่ห้อซันโฮ	101
4.1.5 ผลเปรียบเทียบงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคทั้งสามแบบ	107
4.2 การทดลองเครื่องส่ง และเครื่องรับ	109
4.2.1 เครื่องส่ง	109
4.2.1.1 อุปกรณ์การทดลอง	109
4.2.1.2 การทดลอง และผลการทดลองเครื่องส่ง	109
4.2.2 เครื่องรับ	120
4.2.2.1 อุปกรณ์การทดลอง	120
4.2.2.2 การทดลอง และผลการทดลองเครื่องรับ	120
บทที่ 5 บทวิจารณ์ และบทสรุป	130
5.1 สรุปผลการทดลอง	130
5.2 แนวทางการพัฒนา	131
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

# สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า	
1.1	แสดงวิธีการของงานใช้งานดาวเทียม และการถ่ายทอดความถี่ย่าน Ku	1
2.1	สเปกตรัมของความถี่สัญญาณวิทยุ	3
2.2	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของงานสายอากาศ 3 ประเภท	6
2.3	แสดงส่วนของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก	7
2.4	รูปแสดงการสะท้อนคลื่นของงานพาราโบลิก	8
2.5	รูปแสดงการพล็อตกราฟพาราโบลาที่อัตราส่วน $f/D$ ต่าง ๆ	12
2.6	แสดงระยะโฟกัสสำหรับอัตราส่วน $f/D$ ต่าง ๆ	12
2.7	ฟุตพริ้นท์ของดาวเทียมเอเซียแซท โดยบอกขนาดของงานรับสัญญาณในแต่ละพื้นที่	14
2.8	แสดงแพทเทิร์นสายอากาศ	15
2.9	แสดงการแบ่งบริเวณของสนามจากสายอากาศ	16
2.10	พีคฮอร์นความถี่ย่าน C พร้อม LNB	18
2.11	ภาพทางด้านหน้าของพีคฮอร์นซึ่งมีสเกลาร์ริงเสริมไว้	18
2.12	อุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำที่ใช้งานความถี่ย่าน C	19
2.13	โพรบซึ่งเป็นเสมือนสายอากาศเล็ก ๆ ที่อยู่ในพีคฮอร์น	20
2.14	ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วการเดินทางเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Polarization)	21
2.15	ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเป็นแบบวงกลม	22
2.16	รูปแสดงความแข็งแรงต่อแรงบิดเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์ต่อความหนาแน่น	23
2.17	งานสายอากาศตะแกรงคู่	24
2.18	รูปแสดงไขแก้วลักษณะต่าง ๆ	26
2.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของชิ้นงานกับปริมาณไขแก้ว	27
2.20	แสดงแผนผัง และการจัดขาของ 8255A-5	30
2.21	แสดงรูปแบบการกำหนดค่าของไบท์ควบคุม	31
2.22	แสดงโหมดการทำงานทั้ง 3 พอร์ต และการเชื่อมต่อบัส	32
2.23	แสดงบัส ไซเคิลในโหมด 0 ของ 8255	33
2.24	แสดงการใช้งานในโหมด 1 ของชิป 8255	33
2.25	แสดงบัส ไซเคิลของการแฮนด์เชกกิ้งขณะเป็นอินพุทพอร์ต	34
2.26	แสดงบัส ไซเคิลของการแฮนด์เชกกิ้งขณะเป็นเอาต์พุทพอร์ต	34
2.27	แสดงการจัดให้พอร์ต A และพอร์ต B เป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ตในโหมด 1	35
2.28	แสดงบัส ไซเคิลของการแฮนด์เชกกิ้งในโหมด 2	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
2.29 แสดงขาของไอซีเข้ารหัส MC145026 และไอซีถอดรหัส MC145028	36
2.30 แสดงบล็อกโคอะแกรมของไอซีเข้ารหัส MC145026	37
2.31 ลักษณะของพัลส์สัญญาณที่ถูกเข้ารหัส	38
2.32 แสดงส่วนออสซิลเลเตอร์ของไอซี MC145026	38
2.33 บล็อกโคอะแกรมของไอซีถอดรหัส MC145028	39
2.34 แสดงโคอะแกรมเวลาของการเข้ารหัส และการถอดรหัส	39
2.35 แสดงช่วงเวลาของการถอดรหัส	40
2.36 แสดงลักษณะสมบัติระหว่างอินพุท/เอาต์พุท	41
2.37 วงจรมิกซ์ทริกเกอร์ที่ใช้ฮอปแอมป์	42
3.1 รูปแสดงการพล็อตกราฟพาราโบลาตามข้อมูลจากตารางที่ 3.1	46
3.2 แสดงส่วนของออฟเซ็ทของงานสายอากาศพาราโบลา	47
3.3 แสดงการสะท้อนคลื่นสัญญาณของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลา	48
3.4 แสดงระบบโคออดิเนตของงานสะท้อนออฟเซ็ท และแผนภาพแสดงค่าคงที่บนระนาบฉายพื้นที่ประสิทธิผล	48
3.5 แสดงไม้ที่ตัดไปเพื่อทำแบบสร้างงานสายอากาศพาราโบลา	49
3.6 แสดงส่วนงานสะท้อนออฟเซ็ทที่ห้อยชั้นโยเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร	50
3.7 แสดงแบบโมเดลของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลา	52
3.8 แสดงงานสะท้อนคลื่นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลาไฟเบอร์ฝังลวดตาข่าย	54
3.9 แสดงงานสะท้อนคลื่นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลาไฟเบอร์ พันลวดลวดลวดตาข่าย	55
3.10 แสดงแบบโครงยึดงานสายอากาศจากทางด้านหลัง	56
3.11 แสดงแบบโครงยึดงานสายอากาศ และตำแหน่งของสปริงทางด้านข้าง	57
3.12 แสดงงานสายอากาศที่ปิดอยู่กับตัวฐานโดยมีสลักยึดอยู่	58
3.13 แสดงงานสายอากาศที่เปิดออกแล้วโดยกลไกสปริง	58
3.14 แสดงขาสัญญาณบนสล็อต และการ์ดอินเทอร์เฟซ	59
3.15 แสดงวงจรการ์ดอินเทอร์เฟซ	60
3.16 แสดงการ์ดอินเทอร์เฟซ	61
3.17 แสดงผังการทำงานในการเขียนโปรแกรมการอินเทอร์เฟซ	62
3.18 แสดงบล็อกโคอะแกรมของเครื่องส่ง	63
3.19 แสดงวงจรของเครื่องส่ง	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
3.20 แสดงวงจรคาร์คินเทอร์เฟสต่อกับวงจรเครื่องส่ง	66
3.21 แสดงรูปเครื่องส่ง	67
3.22 แสดงรูปเครื่องส่งที่ต่อพอร์ทเข้ากับการคาร์คินเทอร์เฟส	67
3.23 แสดงบล็อกโคอะแกรมของภาครีบ	68
3.24 แสดงวงจรของเครื่องรับ	71
3.25 วงจรการต่อ LED เพื่อแสดงผลการทำงานของรีเลย์ RL1 และ RL2	72
3.26 แสดงรูปเครื่องรับ	72
4.1 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง	74-75
4.2 บล็อกโคอะแกรมแสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	76
4.3 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่ติดตั้งพีคฮอร์น และ LNB เรียบร้อยแล้ว และนำไปวางบนเทอร์นเทเบิล	78
4.4 การต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณกับเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์น ซึ่งเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นติดตั้งในลักษณะแนวนอน	78
4.5 การวัดสัญญาณจากสายอากาศฝั่งลวดตาข่ายในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้	79
4.6 แสดงการตั้งค่าต่าง ๆ ในการวัดสัญญาณ และการควบคุมเทอร์นเทเบิล ในการทดลองวัดสัญญาณบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้	79
4.7 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 0 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวนอน	81
4.8 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 90 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวนอน	81
4.9 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวนอน	82
4.10 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 270 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวนอน	82
4.11 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 0 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวตั้ง	83
4.12 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 90 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวตั้ง	83
4.13 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคฮอร์นในแนวตั้ง	84

รูปที่	หน้า
4.14	84
สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 270 องศา 270 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	
4.15	85
แพทเทอร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย ที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	
4.16	86
แพทเทอร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย ที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	
4.17	88
การส่งสัญญาณวัดสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นอยู่ในแนวนอน	
4.18	88
แสดงการตั้งค่าต่าง ๆ ในการวัดสัญญาณ และการควบคุมเทอร์นเทเบิล ในการวัดสัญญาณบริเวณสนามระยะไกล	
4.19	89
การติดตั้งเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในลักษณะแนวตั้ง	
4.20	89
การวัดสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อเรกเทนกูลาร์ติดตั้งในลักษณะแนวตั้ง	
4.21	91
สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	
4.22	91
สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	
4.23	92
สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	
4.24	92
สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	
4.25	93
แพทเทอร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	
4.26	94
แพทเทอร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	
4.27	96
งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกพ่นสีเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย ที่ติดตั้งฟิคฮอร์น และ LNB เรียบร้อยแล้ว และนำไปวางไว้บนเทอร์นเทเบิล	
4.28	97
สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกพ่นสีเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย ที่ตำแหน่ง 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	
4.29	98
สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกพ่นสีเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย ที่ตำแหน่ง 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	

รูปที่	หน้า
4.30 แพทเทอร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคฟันสิเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	99
4.31 แพทเทอร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคฟันสิเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	100
4.32 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคต้นแบบยี่ห้อฮันโย ที่ติดตั้งฟิคฮอร์น และ LNB เรียบร้อยแล้ว และนำไปวางไว้บนเทอร์นเทเบิล	102
4.33 สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคต้นแบบ ที่ตำแหน่ง 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเคเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	103
4.34 สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคต้นแบบ ที่ตำแหน่ง 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเคเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	104
4.35 แพทเทอร์นของงานสายอากาศต้นแบบ ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน	105
4.36 แพทเทอร์นของงานสายอากาศต้นแบบ ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง	106
4.37 แสดงโบลหลัก และตำแหน่งฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิดท์จากแพทเทอร์นของงานสายอากาศ ที่รับสัญญาณที่มีข้อผิดพลาดของคลื่นทั้งแนวนอน และแนวตั้ง	108
4.38 แสดงรหัสที่เอาร์ทพุทของไอซี 1 เมื่อกำหนดสถานะแกแอดเครตดังตารางที่ 4.2	111
4.39 แสดงขบวนสัญญาณรหัส 2 ชุด	111
4.40 แสดงช่วงเวลาของสัญญาณระดับต่ำที่เป็นช่วงระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด	112
4.41 แสดงสัญญาณนาฬิกาของไอซี 1 เทียบกับขบวนสัญญาณรหัส	112
4.42 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่ส่งสัญญาณออกอากาศ	113
4.43 แสดงสเปกตรัมสัญญาณที่ส่งออกอากาศ	114
4.44 แสดงการส่งสัญญาณออสซิลเลทออกอากาศตามขบวนสัญญาณรหัส	114
4.45 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการป้อนรหัส และสั่งให้เครื่องส่งทำงาน	115
4.46 แสดงขบวนสัญญาณรหัสเอาร์ทพุทของไอซี 1 เมื่อเปิดคิปลิวท์ทุกตัว	116
4.47 แสดงขบวนสัญญาณรหัสเอาร์ทพุทของไอซี 1 เมื่อป้อนรหัส 155	116
4.48 แสดงขบวนสัญญาณรหัสเอาร์ทพุทของไอซี 1 เมื่อป้อนรหัส 155 และเปิดคิปลิวท์ตัวที่ 2 และตัวที่ 8	117
4.49 แสดงสัญญาณระดับต่ำระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
4.50 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่ผลิตออกมาจากวงจรเทงค์ของเครื่องส่ง	119
4.51 แสดงสเปกตรัมความถี่ในการส่งสัญญาณของเครื่องส่ง	119
4.52 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่ส่งออกอากาศตามรหัสที่เข้ามา	120
4.53 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่รับได้	121
4.54 แสดงขบวนการสัญญาณรหัสสถานะเปิดทุกบิตของเครื่องส่ง เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ตีเทคได้	122
4.55 แสดงสัญญาณที่ถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์ เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ตีเทคได้	123
4.56 แสดงสัญญาณที่ถูกขยายโดยวงจรออปแอมป์ และสัญญาณที่ผ่านการขยายครั้งแรกโดย Q2	123
4.57 แสดงสัญญาณเอาท์พุทจากขมิทท์ทริกเกอร์ และสัญญาณเอาท์พุทของออปแอมป์	124
4.58 แสดงระดับสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 2 เมื่อถอดรหัสได้ และรหัสที่ส่งเข้าไปถอดรหัส	125
4.59 แสดงช่วงเวลาของการถอดรหัสที่วัดได้จากไอซี 2	125
4.60 แสดงสัญญาณรหัส 3 สถานะที่เอาท์พุทของไอซี MC145026 และสัญญาณที่ตีเทคได้ที่เครื่องรับ 126	126
4.61 แสดงสัญญาณที่ตีเทคได้ เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ขยายโดยวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	127
4.62 แสดงสัญญาณที่ถูกขยายโดยวงจรอิมิตเตอร์ร่วม และสัญญาณที่ถูกขยายต่อโดยออปแอมป์	128
4.63 แสดงสัญญาณที่ผ่านการขยายโดยออปแอมป์ และสัญญาณที่ถูกจัดระดับแรงดัน โดยวงจรขมิทท์ทริกเกอร์	128
4.34 แสดงสัญญาณที่ส่งเข้าไอซีถอดรหัส และเอาท์พุทของไอซีถอดรหัสเป็นระดับแรงดันไฟตรง เมื่อสามารถถอดรหัสได้	129

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราขยายของงานรับสัญญาณดาวเทียม	10
2.2 แสดงปริมาณอัตราขยายเป็นเดซิเบลเทียบกับกำลังที่รับได้	10
2.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราสัญญาณรบกวนในรูปของ NF และ Noise Temperature	20
2.4 ตารางแสดงคุณสมบัติของวัสดุที่มีต่ออุณหภูมิ	23
2.5 แสดงการจัดตำแหน่งพอร์ทของระบบ	28
2.6 แสดงหน้าที่ และขาสัญญาณต่าง ๆ ของ 8255	29
2.7 แสดงหน้าที่สัญญาณของพอร์ท C ในโหมด 1	34
3.1 ตารางแสดงการคำนวณค่ากราฟพาราโบลา	45
3.2 ตารางแสดงการถอดรหัสแอดเดรสพอร์ท	60
4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบผลจากแพทเทอร์นงานสายอากาศทั้งสามแบบ	107
4.2 แสดงรหัสที่ป้อนให้แก่แอดเดรสต่าง ๆ ของไอซี 1 (MC145026)	110
4.3 แสดงรหัสที่ป้อนให้แก่แอดเดรสต่าง ๆ ของไอซี 2 (MC145028)	126

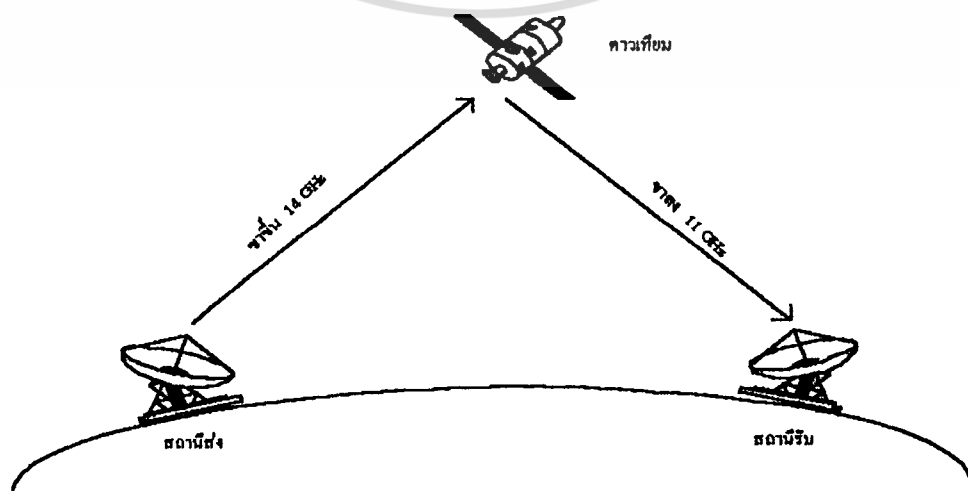
## บทที่ 1

### บทนำ

ด้วยขีดจำกัดของการสื่อสาร แม้ว่าในปัจจุบันนี้ เราจะได้ใช้คลื่นวิทยุเป็นสื่อในการส่งสัญญาณข้อมูล ข่าวสารผ่านตัวกลางที่เป็นชั้นบรรยากาศออกไปยังที่ต่าง ๆ แล้วยังก็ตาม แต่ในการส่งข่าวสารที่ความถี่สูง ๆ เพื่อที่จะสามารถส่งข่าวสารได้รวดเร็ว และได้ระยะทางไกล ด้วยวิธีการส่งสัญญาณข่าวสารผ่านคลื่นพาหะความถี่สูงในระดับสายตา (Line-of-sight Restriction) ที่จะไม่ให้ส่วนโค้งของโลก และชั้นบรรยากาศอื่น ๆ มาขัดขวางสัญญาณนั้น จะไม่สามารถทำได้ในการสื่อสารโดยวิธีการส่งคลื่นตรง (Communication Directly) เพื่อไปยังสถานีอื่น ไม่ว่าจะเป็นสถานีเคเบิล หรือหลายสถานีก็ไม้อาจทำได้

แต่การสื่อสารผ่านดาวเทียมสามารถกระทำได้ เพราะวิธีการของดาวเทียมมิใช่วิธีการส่งข้อมูลข่าวสารธรรมดา การสื่อสารผ่านดาวเทียมมิใช่เครื่องส่งโดยตรง หากว่าดาวเทียมเป็นเพียงเพะพาหะไฟฟ้าที่มนุษย์สร้างขึ้น และส่งขึ้นไปให้ลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศ เพื่อที่จะทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดสัญญาณ (Relay Station) สำหรับข้อมูลต่าง ๆ ที่จะส่งขึ้นไป เมื่อสถานีส่งในภาคพื้นดินได้ทำการส่งข้อมูลข่าวสารขึ้นไปยังสถานีดาวเทียม สถานีดาวเทียมจะทำการส่งข้อมูลนั้นต่อไปยังดาวเทียมอีกทีหนึ่ง หากกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ กระบวนการรีทรานสมิท (Retransmits) นั่นเอง การทำงานเช่นนี้จึงถือว่า ดาวเทียมทำหน้าที่เป็นเพียงสถานีทวนสัญญาณ (Repeater) เท่านั้น

ในรูปที่ 1.1 เป็นแนวคิดกระบวนการการสื่อสารด้วยดาวเทียม เริ่มจากสถานีส่งในภาคพื้นดินส่งข้อมูลขึ้นไปยังดาวเทียม ดาวเทียมจะทำการรับสัญญาณด้วยอุปกรณ์ส่วนการรับ เพื่อเก็บข้อมูลข่าวสารทั้งหมดที่ส่งขึ้นไปก่อนส่งเข้าสู่ระบบการส่งข้อมูล อันประกอบไปด้วย วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) และวงจรเครื่องส่งที่แปลงความถี่เป็นความถี่ใหม่ (Translate It to Another Frequency) การเปลี่ยนความถี่ที่ถ่ายทอดเป็นความถี่ใหม่เนื่องที่เรียกว่า "รีทรานสมิท" ถ่ายทอดข้อมูลกลับมาให้กับสถานีรับในภาคพื้นดิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 1.1 แสดงวิธีการของการใช้งานดาวเทียม และการถ่ายทอดความถี่ผ่าน Ku  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวแล้วว่าควาเทียมจะทำหน้าที่เป็นเพียงสถานีรีทรานสมิท สามารถกล่าวได้ว่าควาเทียมทำหน้าที่เป็นเพียงสถานีดีเลย์ (Delay Station) สัญญาณจากสถานีภาคพื้นดินสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง โดยสถานีภาคพื้นดินอาจจะมีมากกว่า 2 สถานีก็ได้ ระบบการสื่อสารผ่านควาเทียมจึงเป็นการสื่อสารตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

สำหรับโครงการงานสาขายากาศควาเทียมย่าน Ku นี้ จะเป็นการศึกษา และจัดสร้างงานสาขายากาศควาเทียมชนิดออฟเซ็ทพาราโบลิคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร โดยจัดสร้างในส่วนของงานสะท้อนสัญญาณ และทำการวัดแพทเทอรันลักษณะการรับสัญญาณของงานสาขายากาศดังกล่าว ทั้งยังจัดสร้างระบบเปิดงานสาขายากาศควาเทียม และเครื่องรับส่งจำลอง เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดงานสาขายากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

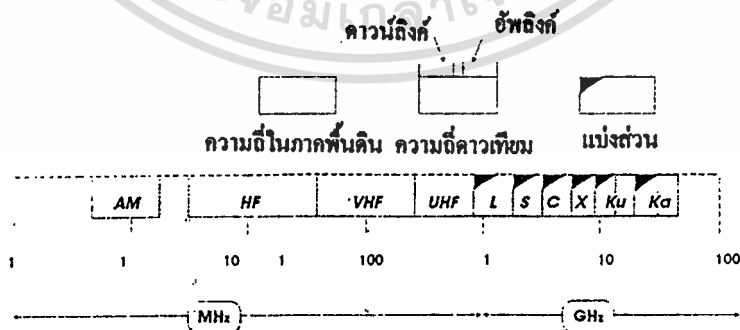
## บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ

### 2.1 ความถี่สัญญาณความถี่

#### 2.1.1 แถบความถี่

การสื่อสารผ่านความถี่นั้น ใช้หลักการของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างภาคพื้นดิน กับอวกาศ โดยช่วงของความถี่ของสัญญาณจะเรียกว่า “แถบความถี่” (Frequency Band) ส่วนความถี่สัญญาณวิทยุ (Radio Frequency) ของสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกำลังในการผลิตสัญญาณ การแพร่ของคลื่นในฟรีสเปซ (Free Space) และการรับสัญญาณในจุดที่ห่างออกไป ความถี่สัญญาณวิทยุที่นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างสูงจะอยู่ในช่วงความถี่ไมโครเวฟ (Microwave Band) มีความถี่ประมาณ 300 MHz ถึง 300 GHz แถบความถี่ในช่วงต่าง ๆ จะถูกกำหนดโดย ITU (International Telecommunication Union) ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดการใช้ความถี่เพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ต่างกัน เสมือนเป็นการบริหารความถี่ และป้องกันการเกิดการรบกวนกันในความถี่วิทยุ (Radio Frequency Interference)

สเปกตรัมของความถี่สัญญาณวิทยุแสดงดังรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าในส่วนแรกของสเปกตรัมความถี่ตั้งแต่ 0.1 ถึง 100 MHz จะใช้ในบริการทางการออกอากาศสัญญาณ (Broadcasting Service) สำหรับแถบความถี่ของสัญญาณความถี่จะอยู่เหนือความถี่ 100 MHz ขึ้นไป ก็จะเป็นสัญญาณ VHF (Very High Frequency), UHF (Ultra High Frequency) และ SHF (Super High Frequency) โดยแถบความถี่ช่วง SHF จะแบ่งออกเป็นแถบความถี่ย่อย ซึ่งแถบความถี่ที่อยู่ในช่วง 1 GHz ถึง 30 GHz จะถูกนำมาใช้ในการสื่อสารผ่านความถี่กันอย่างกว้างขวาง



รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของความถี่สัญญาณวิทยุ

สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งในการใช้ความถี่ไมโครเวฟสำหรับการสื่อสารผ่านความถี่ คือ การแบ่งส่วนของแถบสัญญาณ ตามรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงแถบความถี่ของสัญญาณความถี่จะถูกแบ่ง ซึ่งหมายความว่า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่เดียวกันนั้น จะถูกใช้ในการส่งสัญญาณโดยไม่โครเวฟบนภาคพื้นดินด้วย แต่จะเห็นได้ว่า ในส่วนหนึ่งของย่านความถี่ Ku (Ku band) และย่าน Ka (Ka band) จะไม่ได้ถูกใช้ในภาคพื้นดิน ในส่วนนี้จึงใช้เพียงในการส่งสัญญาณของดาวเทียมเท่านั้น อันเป็นจุดที่สำคัญยิ่งในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม เนื่องจากความถี่ของระบบไมโครเวฟบนภาคพื้นดินจะไม่มีผลกระทบต่อการใช้ส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมดังกล่าว

ดาวเทียมแต่ละดวงนั้นเป็นเสมือนกับสถานีทวนสัญญาณ หรือที่เรียกว่า รีพีทเตอร์ จึงต้องทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องรับ และเครื่องส่ง เพื่อติดต่อกับสถานีภาคพื้นดิน โดยสถานีภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณในช่วงขาขึ้นความถี่หนึ่ง ซึ่งเรียกว่า อัปลิงค์ (Uplink) ไปให้ดาวเทียม เมื่อดาวเทียมได้รับก็จะทำการเปลี่ยนความถี่ที่รับได้ให้เป็นอีกความถี่หนึ่ง และส่งกลับมาให้สถานีภาคพื้นดินอื่น ๆ ซึ่งสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียมจะเรียกว่า ดาวน์ลิงค์ (Downlink)

ดาวเทียมทุกดวงที่ใช้อยู่นี้ จะมีช่องสัญญาณ ซึ่งเรียกว่า ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เพื่อใช้ในการสื่อสารลักษณะต่าง ๆ กัน สัญญาณความถี่ในทุก ๆ ทรานสปอนเดอร์จะมีการจัดขั้วของคลื่น (Polarization) เอาไว้ให้มีทั้งขั้วทางแนวตั้ง (Vertical) และขั้วทางแนวนอน (Horizontal) เพื่อให้เหมือนกับ การขยายช่องสัญญาณจากย่านความถี่ที่มีจำนวนอันจำกัดให้ได้ช่องสัญญาณมากขึ้น ในการรับสัญญาณที่สถานีภาคพื้นดินนั้น สามารถแยกรับได้ด้วยตนเองว่าจะรับทางแนวตั้ง หรือแนวนอน ซึ่งดาวเทียมจำนวนมากจะมีทรานสปอนเดอร์ที่รับ-ส่งสัญญาณทางแนวตั้ง และแนวนอนอย่างละ 12 ทรานสปอนเดอร์ และมีความถี่ซ้อนกันอยู่ แต่จะไม่เกิดการรบกวนของสัญญาณกันเอง

ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมจะทำงานที่ความถี่สูงกว่าความถี่ที่ใช้ในสถานีโทรทัศนภาคพื้นดิน ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น สัญญาณความถี่ที่ใช้อยู่ในย่าน SHF จึงไม่มีผลกระทบจากสภาพของอากาศ หรือการเกิดซันสปอต (Sunspot) เท่าใดนัก ทำให้การสื่อสารดาวเทียมนี้นับว่ามีความน่าเชื่อถือได้สูง ความถี่ส่วนใหญ่ที่ใช้ในกิจการส่งสัญญาณโทรทัศนผ่านดาวเทียม เพื่อส่งตรงไปยังที่พักอาศัยในเอเชีย จะใช้ความถี่ย่านตั้งแต่ 3.7 - 4.2 GHz หรือเรียกว่า ความถี่ย่าน C (C band) ส่วนในประเทศญี่ปุ่น และออสเตรเลีย จะใช้ความถี่ที่สูงกว่าคือ ตั้งแต่ 11.9 - 12.0 GHz และ 12.25 - 12.75 GHz ในการส่งกระจายสัญญาณ ซึ่งในปัจจุบันนี้ ประเทศต่าง ๆ ก็จะเปลี่ยนมาใช้การส่งสัญญาณความถี่ในย่าน Ku คือ ความถี่ตั้งแต่ 10.95 - 12.75 GHz โดยความถี่ในทั้งสองย่านนี้ เป็นย่านความถี่ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการสื่อสารดาวเทียมในปัจจุบัน

### 2.1.2 ความถี่ย่าน Ku

ย่านความถี่ย่าน Ku นี้ เป็นส่วนของสเปกตรัมความถี่ที่อยู่เหนือความถี่ 10 GHz จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ส่วนหนึ่งของความถี่ย่าน Ku ไม่ได้ถูกใช้งานในการสื่อสารวิทยุในภาคพื้นดิน การกำหนดช่วงความถี่อัปลิงค์ และดาวน์ลิงค์ จะถูกกำหนดโดย ITU ซึ่งจะต่างกันไปตามพื้นที่จุดต่าง ๆ บนผืนโลก ความถี่ย่าน Ku นี้จะถูกอ้างอิงอยู่ในช่วงความถี่ 14/11 GHz (อัปลิงค์/ดาวน์ลิงค์) โดยช่วงของสัญญาณอัปลิงค์จะอยู่ในช่วง 14.00 ถึง 14.50 GHz และช่วงความถี่ดาวน์ลิงค์ คือ 10.95 ถึง 11.70 GHz (จะหักช่วงความถี่ไป 0.25 GHz ที่ความถี่จุดกลาง) โดยในส่วนของความถี่ดาวน์ลิงค์นี้เท่านั้นที่จะถูกแบ่งสัญญาณไป

ส่วนของตำแหน่งความถี่ย่าน Ku สำหรับการให้บริการดาวเทียมค้างฟ้า (FSS: Fixed Satellite Service) ที่สัญญาจะไม่ถูกแบ่งจะเป็นช่วง 14/12 GHz (ช่วงอัฟลิงค์ตั้งแต่ 14.00 - 14.50 GHz และช่วงความถี่ตั้งแต่ 11.70 - 12.20 GHz) ซึ่งจะใช้ในไซเบอร์อเมริกาเหนือ และได้ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการสื่อสารดาวเทียมในประเทศ ส่วนในไซเบอร์ยุโรป แอฟริกา และเอเชีย จะใช้ความถี่ที่ 14/11 GHz นอกจากนี้ยังมีอีกส่วนหนึ่งของความถี่ย่าน Ku ใช้ความถี่ 18/12 GHz ซึ่งกำหนดตำแหน่งโดย BSS (Broadcasting Satellite Service) อยู่ในไซเบอร์อเมริกาเหนือ และได้ ย่านความถี่ของ BSS นี้ จะไม่ถูกแบ่งกับการให้บริการในภาคพื้นดิน

ในการส่งสัญญาณจากดาวเทียม จะส่งสัญญาณลงสู่พื้นโลกให้มีรูปร่างลักษณะเฉพาะตัวได้ โดยขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศของดาวเทียมให้มีลำคลื่น (Beam) ครอบคลุมในพื้นที่ที่ต้องการได้ ลักษณะของลำคลื่นที่ออกแบบไว้ให้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการนี้ เรียกว่า ฟุตพริ้นท์ (Footprint) โดยดาวเทียมแต่ละดวงจะมีฟุตพริ้นท์เป็นลักษณะเฉพาะของตัวเอง ซึ่งพื้นที่ที่จะได้รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี หรือแรงที่สุดจะอยู่ในพื้นที่เรียกว่า ศูนย์กลาง (Center) ของฟุตพริ้นท์

ดาวเทียมที่ส่งสัญญาณในความถี่ย่าน C นั้น จะมีกำลังส่งค่อนข้างต่ำที่ประมาณ 8 - 16 วัตต์เท่านั้น เนื่องจากหากมีการส่งสัญญาณที่ใช้กำลังในการส่งสูง จะทำให้เกิดการรบกวนกันกับสัญญาณไมโครเวฟที่ส่งสัญญาณในภาคพื้นดิน จากที่ทราบข้างต้นแล้วว่า ความถี่ในย่าน C จะเป็นช่วงความถี่ที่ใช้ในการส่งสัญญาณระหว่างสถานีไมโครเวฟในภาคพื้นดินด้วย ดังนั้นเมื่อสัญญาณเดินทางมาถึง เราจึงมีขนาดของสัญญาณที่อ่อนมาก เราจึงจำเป็นต้องใช้จานรับสัญญาณที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างใหญ่ แต่ก็มีข้อดี คือ สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางมาก รวมทั้งสามารถตั้งมุมยิงของสายอากาศให้มีจุดศูนย์กลางของสัญญาณเน้นความเข้มไว้สองจุดได้ สำหรับการส่งสัญญาณดาวเทียมในย่าน Ku นั้น จะสามารถส่งสัญญาณด้วยกำลังส่งปานกลาง ประมาณ 20 - 50 วัตต์ หรือในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมบางดวงตรงไปยังจานรับสัญญาณอาจใช้กำลังส่งมากถึง 80 - 100 วัตต์ ซึ่ง ณ จุดนี้เอง เป็นข้อได้เปรียบของการส่งสัญญาณย่าน Ku ที่จานรับสัญญาณจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่มากก็สามารถรับสัญญาณได้แล้ว แต่การส่งสัญญาณในย่าน Ku ก็มีข้อเสียเปรียบในด้านของการลดทอนของสัญญาณอันเนื่องจากฝน เนื่องจากสัญญาณมีความถี่ที่สูงขึ้น ดังนั้นการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมจึงจำเป็นต้องทำมุมเงย (Elevation angle) ให้ใกล้เคียง 90 องศามากที่สุด เพื่อสัญญาณจะผ่านในชั้นบรรยากาศที่เกิดฝนตกน้อยที่สุด

## 2.2 ชนิดจานสายอากาศ

จานสายอากาศโดยทั่วไปที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ สามารถแบ่งออกเป็นตามลักษณะของจานสะท้อนคลื่น และลักษณะการรับสัญญาณ โดยสามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท คือ จานสายอากาศพาราโบลา (Parabolic Antenna) จานสายอากาศออฟเซตพาราโบลา (Offset Parabolic Antenna) และจานสายอากาศแคสเสกรีน (Cassegrain Antenna) จากรูปที่ 2.2 แสดงเปรียบเทียบคุณสมบัติของจานสายอากาศทั้ง 3 ชนิด ที่ได้แสดงลักษณะของจานสายอากาศ และคุณสมบัติทั่วไปของจานสายอากาศเปรียบเทียบให้เห็นอย่างคร่าว ๆ โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 ชนิดแรกเท่านั้น ซึ่งเป็นชนิดของจานสายอากาศดาวเทียมที่เรารู้จักกันโดยทั่วไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	โฟกัสที่ศูนย์กลาง	แคสซิกรอน	ออฟเซ็ท
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสม	$D > 20 \lambda$	$D > 75 \lambda$	$D > 10 \lambda$
ประสิทธิภาพต่อพื้นที่ผิวของจาน	ดี	ดีมาก	ดี
การลดทอนสัญญาณด้านข้าง	ดี	ดี	ดีมาก
ลักษณะโครงสร้าง	ง่ายมาก	ซับซ้อน	ง่าย

รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของจานสายอากาศ 3 ประเภท

### 2.2.1 จานสายอากาศพาราโบลิก

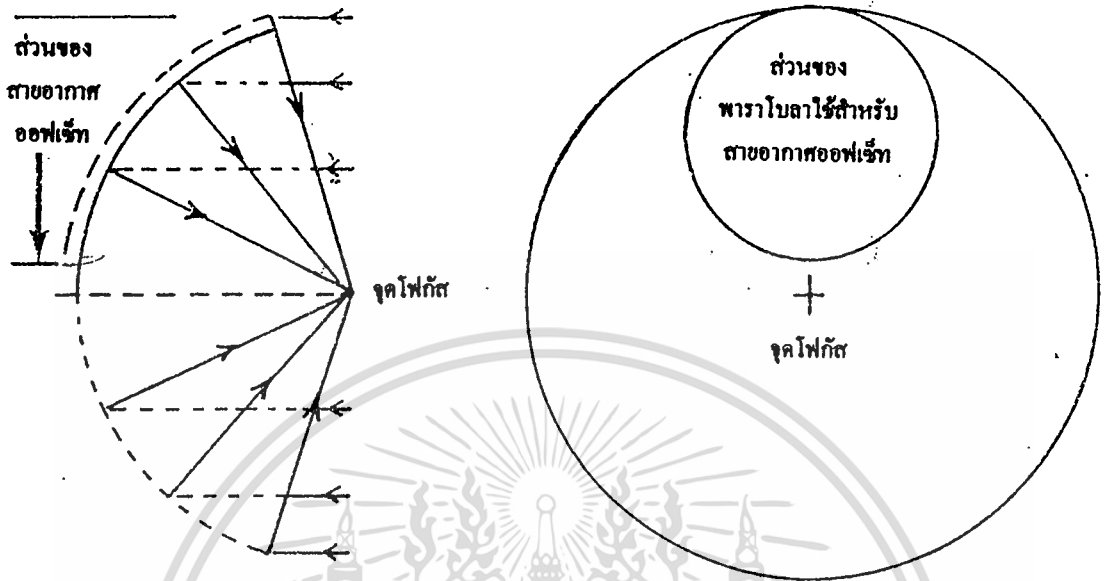
จานสายอากาศพาราโบลิก เป็นจานความถี่ที่ถูกออกแบบให้ผิวจานค้ำในโค้งมนตามรูปสมการพาราโบลา โดยคลื่นสัญญาณความถี่เมื่อตกกระทบจานสะท้อน สัญญาณจากผิวจานสะท้อนจะมารวมกันที่จุดโฟกัสของจานพาราโบลิกนั้น ซึ่งที่จุดโฟกัสของจานสายอากาศนี้เอง จึงเป็นจุดที่จะมีระดับสัญญาณความเข้มสูงมากที่สุด จะเป็นที่ตั้งติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณพีคฮอร์น

ด้วยคุณลักษณะทางกายภาพ และโครงสร้างของจานสายอากาศ ไม่ว่าจะ เป็นค่าอัตราส่วน  $f/D$  พื้นที่ประสิทธิภาพของจานสายอากาศ หรือความลึก-ค้ำของจานสายอากาศ จะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการรับความถี่คลื่นวิทยุ และอัตราการขยายของสายอากาศ จานสายอากาศพาราโบลิกจะมีข้อเสีย คือ การรับส่งสัญญาณความถี่จะถูกอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าของจานสะท้อนคลื่นบดบัง ทำให้เกิดจุดบดบังสัญญาณที่จะไปตกกระทบจานสะท้อนสัญญาณโดยตรง การสะท้อนจึงไม่สามารถเกิดขึ้นตลอดผิวหน้าสัมผัสได้ เป็นผลให้เกิดสัญญาณแทรกซ้อน และประสิทธิภาพด้อยลง

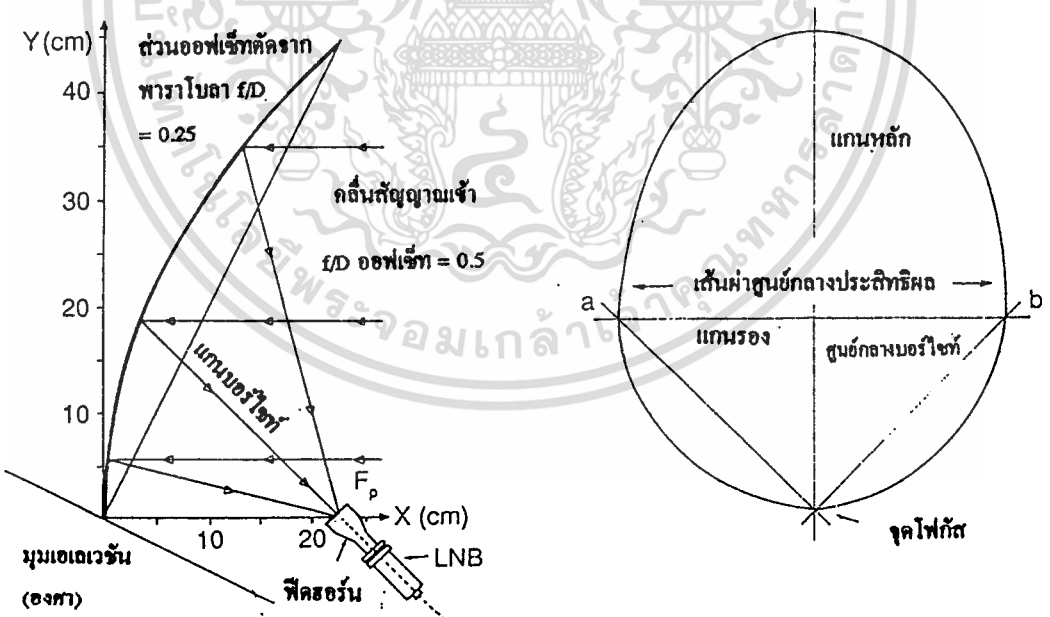
### 2.2.2 จานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก

จานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกนั้น โดยโครงสร้างแล้วจะเป็นส่วนหนึ่งของจานสายอากาศพาราโบลิก แสดงดังรูปที่ 2.3 แสดงส่วนของจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่เป็นส่วนมาจากจานสายอากาศพาราโบลิก โดยที่ส่วนของพีคฮอร์นยังคงเป็นตำแหน่งเดียวกับที่ตั้งจุดโฟกัสของจานสายอากาศพาราโบลิก ข้อได้เปรียบของจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก ก็คือ ส่วนของจุดโฟกัสที่เป็นจุดติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณพีคฮอร์น จะไม่ไปบดบังพื้นที่ที่ใช้สะท้อนสัญญาณของจานสะท้อนคลื่น รวมถึงทำให้มีโลบข้างน้อยลงด้วย ถึงอย่างไรก็ตามจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกก็มีจุดด้อยคือ ขนาดของจานจะมีรัศมีที่ใหญ่ไม่เกินไปว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เมตร อันเป็นผลมาจากค่าอัตราส่วน  $f/D$  ที่จะทำให้ขาคีฟิคอรันชามากจนเกินไป และด้วยเหตุจากคุณลักษณะของตัวงานสายอากาศจะไม่ได้เป็นในลักษณะสมมาตรตลอดทั่วทั้งงานสายอากาศ



(ก) แสดงส่วนงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลา เมื่อเทียบกับส่วนของงานสายอากาศพาราโบลา



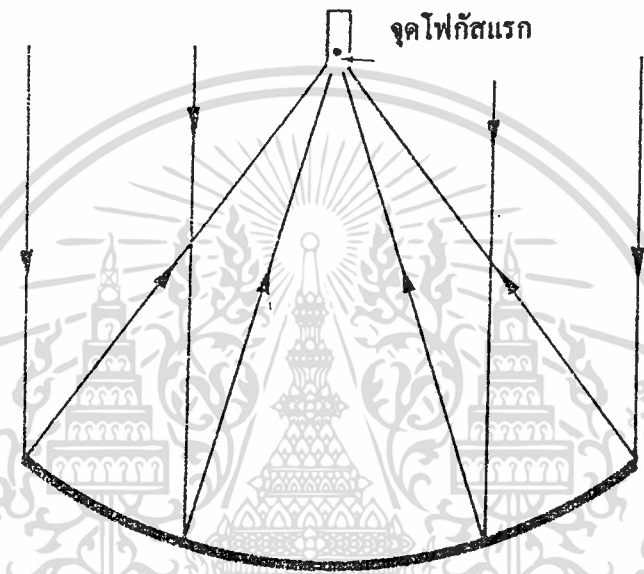
(ข) แสดงงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลาทางด้านข้าง และด้านหน้า  
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนของงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลา

รูปร่างของพีดอรันจะมีความสำคัญที่ติดตั้งจะต้องมีทิศทางเข้าสู่พื้นที่รับสัญญาณของงานสายอากาศ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ดั่งรูปที่ 2.4 พีดอรันแบบวงกลมจะใช้กับงานสายอากาศออฟเซตที่จะส่งคลื่นวิทยุขึ้นในบางครั้งอาจจะรับ  
ไม่ทั่วกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

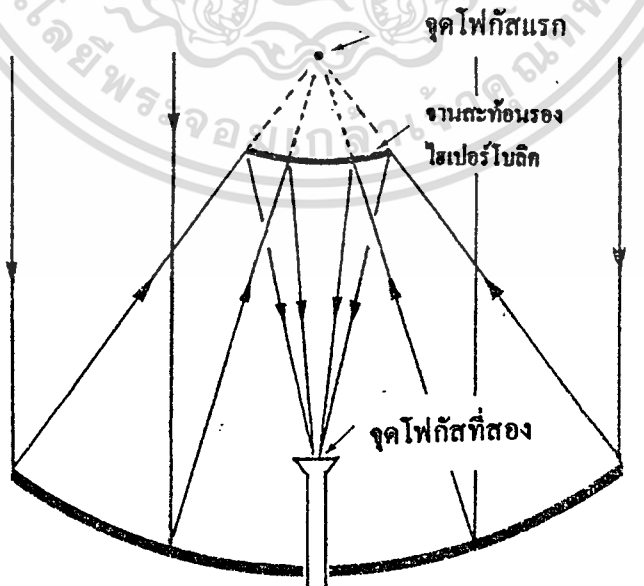
สัญญาณที่สะท้อนมาจากจานสายอากาศออฟเพิ่ทพาราโบลิกได้หมด หรือในบางกรณีก็อาจจะมีบีมเลขขอบเขต  
พื้นที่จานสายอากาศไปเลย ดังนั้นการเลือกโรฟิเตอร์จึงจำเป็นต้องใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่รับสัญญาณ  
ของจานสายอากาศด้วย

2.3 จานสายอากาศพาราโบลิก

ในปัจจุบันจานสายอากาศแบบพาราโบลิกมีความเหมาะสมที่สุด ในเรื่องของอัตราขยาย และราคา  
เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่น อาทิเช่น แบบลวด ทรงกลม และฮอร์น ลักษณะทั่วไปของจานสายอากาศ



(ก) จานสายอากาศพาราโบลิก



(ข) จานสายอากาศแคสสิเกรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.4 รูปแสดงการสะท้อนคลื่นของจานพาราโบลิก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบพาราโบลิกจะเป็นวงกลม ในรูปที่ 2.4 (ก) จะเป็นเส้นโค้ง 2 มิติ ซึ่งเรียกว่า พาราโบลา ส่วนแบบ 3 มิติ ซึ่งเรียกว่า พาราโบลอยด์นั้นสามารถทำได้โดยการหมุนพาราโบลารอบแกนกลาง ในการรับสัญญาณดาวเทียม งานพาราโบลิกจะมีการสะท้อนสัญญาณที่มาจากกระทบผิวหน้าไปที่จุดโฟกัส  $F_p$  เป็นดังรูปที่ 2.4 (ก)

ลักษณะของงานพาราโบลิกนั้น หน้าคลื่นแบบสเฟียร์ริคัล (Spherical Wavefront) จะถูกส่งออกมาจากจุดโฟกัส ไปสะท้อนที่ผิวหน้าของจาน และเปลี่ยนหน้าคลื่นเป็นแบบระนาบ (Plane Wavefront) ดังรูป 2.4 (ก) ในทำนองเดียวกัน คลื่นระนาบที่มาจากกระทบงานพาราโบลิกจะเปลี่ยนหน้าคลื่นไปเป็นแบบสเฟียร์ริคัลสะท้อนจากผิวหน้าไปที่จุดโฟกัส ซึ่งหน้าคลื่นจะต่ออยู่ที่ตำแหน่งนี้เพื่อจะนำสัญญาณที่รับได้ไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก) ซึ่งลักษณะนี้เรียกว่า Primary Focus Feed ถ้าสัญญาณนั้นถูกสะท้อนอีกครั้งโดยรีเฟล็กเตอร์ย่อย (Sub-reflector) ซึ่งวางอยู่ที่ตำแหน่ง Primary Focus หรือใกล้เคียง ซึ่งลักษณะนี้จะเรียกว่า Secondary Focus Feed งานสายอากาศแบบแคสสิกรีน (Cassigrain) จะใช้หลักการนี้ ดังรูปที่ 2.4 (ข)

### 2.3.1 อัตราการขยายของงานรับสัญญาณ

สายอากาศที่มีรูปร่างคล้ายจานจะมีค่าแสดงอัตราต่าง ๆ เหมือนกับสายอากาศแบบอื่นเช่นกัน สิ่งหนึ่งที่จะกล่าวก็คือ ค่าอัตราการขยาย หรือที่มักเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษกันเสมอว่า เกน (Gain) นั่นเอง

อัตราการขยายของสายอากาศก็คือ การวัดความสามารถของสายอากาศที่รับหรือส่งพลังงานออกไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งสิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้มีผลกระทบต่ออัตราการขยายของงานรับสัญญาณ ซึ่งถือว่าเป็นสายอากาศทั้งสิ้นได้แก่

1. พื้นที่หน้าตัดของงานรับสัญญาณ (ไม่ใช่พื้นที่ผิวของจาน บางตำราใช้ว่าพื้นที่ช่องเปิด)
2. ช่องเปิดของ LNB หรือขนาดของรีเฟล็กเตอร์ย่อย (Sub-reflector)
3. ผิวของงานรับสัญญาณ
4. รีเฟล็กเตอร์ย่อย ไม่อยู่ในตำแหน่งโฟกัสที่ดีที่สุด
5. ความโค้งของผิวงานที่ไม่เป็นไปตามลักษณะพาราโบลิก

หากเกิดสิ่งผิดปกติ หรือข้อผิดพลาดจากปัจจัยทั้งห้าจะเป็นสาเหตุทำให้อัตราการขยายลดลง โดยงานรับสัญญาณแบบพาราโบลิกจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) กำหนดเอาไว้เช่นเดียวกับสายอากาศแบบอื่นเช่นกัน ซึ่งค่า  $\eta$  ของสายอากาศแบบพาราโบลิกจะมีประมาณ 60-75% ในการออกแบบงานรับสัญญาณแบบพาราโบลิกนั้น ผู้ออกแบบสามารถคำนวณอัตราการขยายกำลังของงานรับสัญญาณแบบนี้ได้โดยใช้สูตร

$$G = 10 \log \left[ \pi^2 \eta \left( \frac{D}{\lambda} \right)^2 \right] \quad (\text{dB}) \quad (2.1)$$

โดยที่  $D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของงานรับสัญญาณ หน่วยเป็นเมตร

$\lambda$  = ความยาวคลื่น

$\eta$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 เป็นตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราการขยายของงานรับสัญญาณระหว่างงานที่ใช้รับสัญญาณในย่าน Ku และย่าน C ซึ่งมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันและมีประสิทธิภาพของงาน 65% เท่ากัน

ส่วนโค้งของงานรับสัญญาณก็จะทำหน้าที่คล้ายกับเลนส์ คือ ทำการบีมสัญญาณให้แคบลงแล้วพุ่งตรงไปยังด้านหน้า และตรงกับจุดศูนย์กลางของสายอากาศ (ลักษณะนี้เรียก Bore sight) จะทำให้สัญญาณที่รับได้มีความแรงมากที่สุด ขณะเดียวกันก็จะมีกำจัดสัญญาณอื่น ๆ (อาจจะเป็น noise ก็ได้) ที่มาจากทิศทางอื่นออกไปด้วย ปริมาณของสัญญาณที่ถูกส่งจากงานออกไปนั้นจะเป็นจุดที่ LNB รับได้ดีที่สุด

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราการขยายของงานรับสัญญาณความเทียบ

ประสิทธิภาพงานสายอากาศ : 65%		เส้นผ่าศูนย์กลางงานสายอากาศ (m)									
ความถี่ (GHz)	ความยาวคลื่น (m)	เส้นผ่าศูนย์กลางงานสายอากาศ (m)									
		0.3	0.45	0.6	0.75	0.9	1.2	1.5	1.8	2	
ย่าน C	3.4	0.0882	18.7	22.2	24.7	26.7	28.2	30.7	32.7	34.3	35.2
	3.7	0.0811	19.4	23.0	25.5	27.4	29.0	31.5	33.4	35.0	35.9
	4.2	0.0714	20.5	24.1	26.6	28.5	30.1	32.6	34.5	36.1	37.0
ย่าน Ku	10.7	0.0280	28.7	32.2	34.7	36.6	38.2	40.7	42.7	44.2	45.1
	11.7	0.0256	29.4	33.0	35.5	37.4	39.0	41.5	43.4	45.0	45.9
	12.5	0.0240	30.0	33.5	36.0	38.0	39.6	42.1	44.0	45.6	46.5

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณอัตราขยายเป็นเดซิเบลเทียบกับกำลังที่รับได้

อัตราขยาย (เดซิเบล)	จำนวนเท่าของกำลังที่รับได้
3	x2
10	x10
20	x100
30	x1,000
40	x10,000
50	x100,000

จากตารางที่ 2.1 จะแสดงถึงอัตราขยายของงานรับสัญญาณที่มีขนาดต่าง ๆ กัน ซึ่งโรงงานผู้ผลิตบางแห่งอาจจะให้อัตราขยายสูงกว่าค่านี้นิดหน่อย โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพ (Efficiency) ของงานให้ดีขึ้น และมีการตรวจสอบส่วนโค้งของงานให้มีความแน่นอนยิ่งขึ้น หรือปรับปรุงในเรื่องของเทคนิคการพิกัดสัญญาณ และจากตารางที่แสดงนี้เรายังสามารถเห็นว่าอัตราขยายของสายอากาศยังเปลี่ยนแปลงตามความถี่ที่รับได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้หาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3.2 พื้นที่ประสิทธิผลของจานสายอากาศ

ในการออกแบบนั้น จะใช้ค่าพื้นที่ประสิทธิผล (effective area) ของจานสายอากาศในการคำนวณต่าง ๆ ค่าพื้นที่ประสิทธิผล ( $A_e$ ) หรือเอพเพกทีฟอะเพอร์เจอร์ (Effective Aperture) ของระบบรับสัญญาณหาได้จากสมการ

$$\text{Effective Area } (A_e) = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \quad (2.2)$$

$$\text{Gain } (G) = \pi^2 \eta (D/\lambda)^2 \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} A_e &= \frac{\pi^2 \eta (D/\lambda)^2 \times \lambda^2}{4\pi} \\ &= \frac{\pi \eta D^2}{4} \end{aligned} \quad (2.4)$$

จากสูตรข้างต้น เห็นได้ว่า  $A_e$  จะหาได้จากพื้นที่หน้าตัดของจาน ( $\pi r^2$ ) คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ ( $\eta$ )

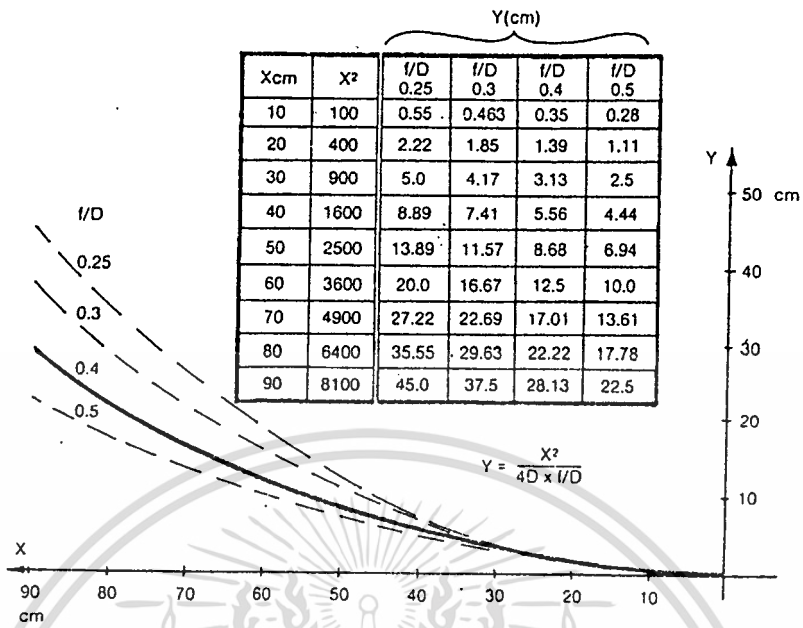
### 2.3.3 อัตราส่วน $f/D$

ความสัมพันธ์ของความลึกหรือความดันของจานรับสัญญาณควาเทียมนี้ มักจะบอกมาในรูปของอัตราส่วนของระยะจุดโฟกัสต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (Focal Length to Diameter :  $f/D$  ratio) ในการสร้างจานสายอากาศ ดังรูปที่ 2.5 แสดงถึงภาคตัดของจานสายอากาศแบบพาราโบลา 1.8 เมตร และมีค่า  $f/D$  เป็น 0.4 โดยตามความเป็นจริงแล้วอัตราส่วน  $f/D$  นั้น จะขึ้นอยู่กับกรอกแบบจานสายอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.5 โดยการพล็อตพาราโบลาเป็นไปตามสมการ

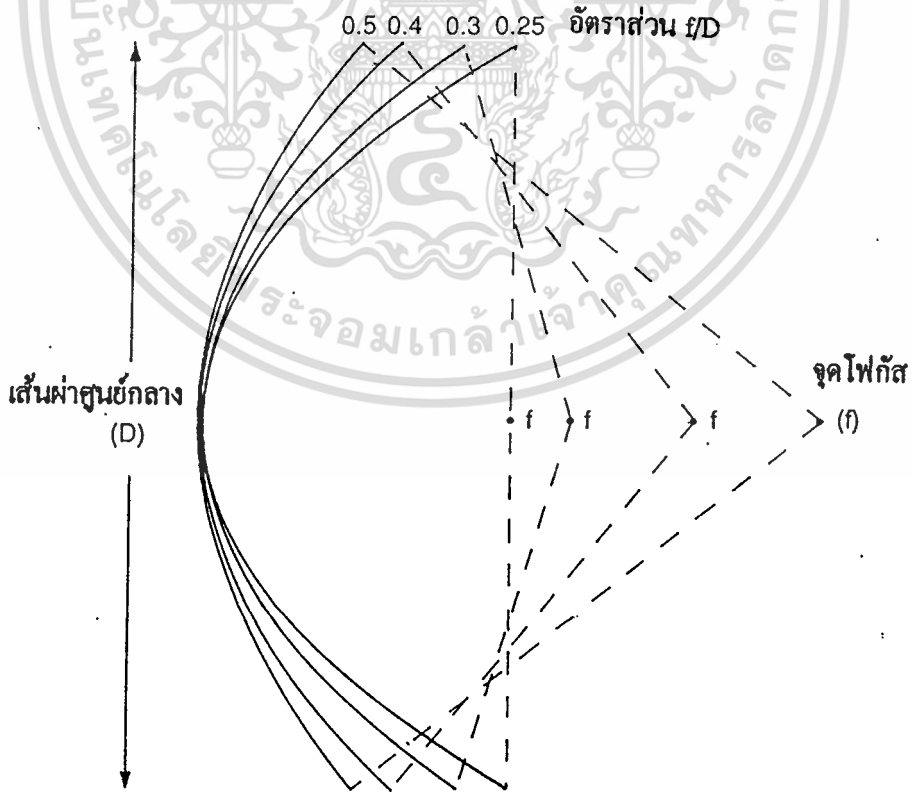
$$X = \frac{Y^2}{4D(f/D)} \quad (2.5)$$

จานที่มีอัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.5 นั้น จะมีลักษณะจานตื้นกว่าจานที่มี  $f/D$  เท่ากับ 0.3 กล่าวคือ จานที่มีความลึกจะมีค่าอัตราส่วน  $f/D$  ตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.35 ขณะที่ค่าอัตราส่วน  $f/D$  ของจานที่มีความตื้นจะอยู่ในช่วง 0.4 ถึง 0.5 แต่โรงงานผู้ผลิตส่วนใหญ่มักจะผลิตออกมาอยู่ในช่วงกลาง ๆ คือ ตั้งแต่ 0.36 ถึง 0.375 โดยจานที่ตื้นนั้น จะมีระยะโฟกัสที่ไกลกว่า ซึ่งทำให้มีการออกแบบพีคได้ง่าย เป็นผลให้มีประสิทธิภาพที่สูงกว่า และมีอัตราขยายที่สูงกว่าด้วย แต่จะปรากฏโลบย่อย (Sidelobe) สูงตามไปด้วย อันเป็นผลให้เกิดสัญญาณรบกวนมาก จานที่มีอัตราส่วน  $f/D$  ต่ำ (จานลึก) จะต้องใช้การพีคที่มืงกว้าง ซึ่งสร้างได้ยาก และมีราคาสูง ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมกันระหว่างระดับของโลบย่อยต่ำ ๆ และอัตราขยายที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงถึงลักษณะของจานสายอากาศที่มีค่า  $f/D$  ต่างกัน เมื่อเราทราบค่าของอัตราส่วน  $f/D$  ของจานรับสัญญาณแต่ละจาน จะทำให้เราทราบระยะของจุดรวมสัญญาณ หรือจุดโฟกัสของจานนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 รูปแสดงการพล็อตกราฟพาราโบล่าที่อัตราส่วน f/D ต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.6 แสดงระยะโฟกัสสำหรับอัตราส่วน f/D ต่าง ๆ  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อจะได้ติดตั้งตัวพีคเซอร์ และ LNB ในตำแหน่งที่สามารถรับสัญญาณได้แรงที่สุด โดยการคูณขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเข้ากับค่าอัตราส่วน  $f/D$  เช่น มีจานรับสัญญาณที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 180 เซนติเมตร และมีค่าอัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.315 จะมีระยะของจุดโฟกัสเท่ากับ  $180 \times 0.315 = 56.7$  เซนติเมตร

#### 2.3.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างจานพาราโบลิกแบบลึกกับแบบตื้น

ในการออกแบบความโค้งของจานพาราโบลิกนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะเป็นผู้พิจารณาว่าจะออกแบบให้จานมีความตื้น หรือความลึกมากน้อยเพียงใดนั้น ความลึกตื้นดังกล่าวก่อให้เกิดคุณสมบัติของจานสายอากาศต่างกันไป

จานพาราโบลิกที่มีความตื้นกว่านั้น จะมีระยะของจุดโฟกัสยาวมาก ทำให้ต้องติดตั้งอุปกรณ์พีคเซอร์ และ LNB ห่างออกไปจากจุดศูนย์กลางของจานมากด้วย แต่จานที่มีความตื้นนั้นจะให้อัตราการขยายของจานสูงกว่าจานแบบลึก เนื่องจากพีคเซอร์สามารถรับเอาคลื่นที่สะท้อนจากพื้นผิวของจานมาสู่ตัวมันได้ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตาม ข้อเสียที่เห็นได้จากการออกแบบให้จานพาราโบลิกมีความตื้นก็คือ สามารถรับเอาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากพื้นผิวโลก ซึ่งอยู่ในย่านความถี่เดียวกันกับที่ใช้ในการสื่อสารดาวเทียมเข้ามาด้วย สัญญาณที่ได้รับได้จากดาวเทียม จะถูกรวมเข้ากับสัญญาณรบกวน ทำให้ความแรงของสัญญาณที่เราต้องการรับจริงจากดาวเทียมลดลงไปอีก ซึ่งจานพาราโบลิกแบบตื้นนี้จะป้องกัน หรือบดบังสัญญาณรบกวนได้ก็ต่อเมื่อถูกนำไปติดตั้งในที่ที่มีมุมเงย (Elevation Angle) ต่ำ ๆ และการที่มีระยะของจุดโฟกัสยาวมาก ๆ นั้น จึงมีตำแหน่งการติดตั้งของพีคเซอร์ห่างออกมาจากตัวจานตามระยะของจุดโฟกัสด้วย

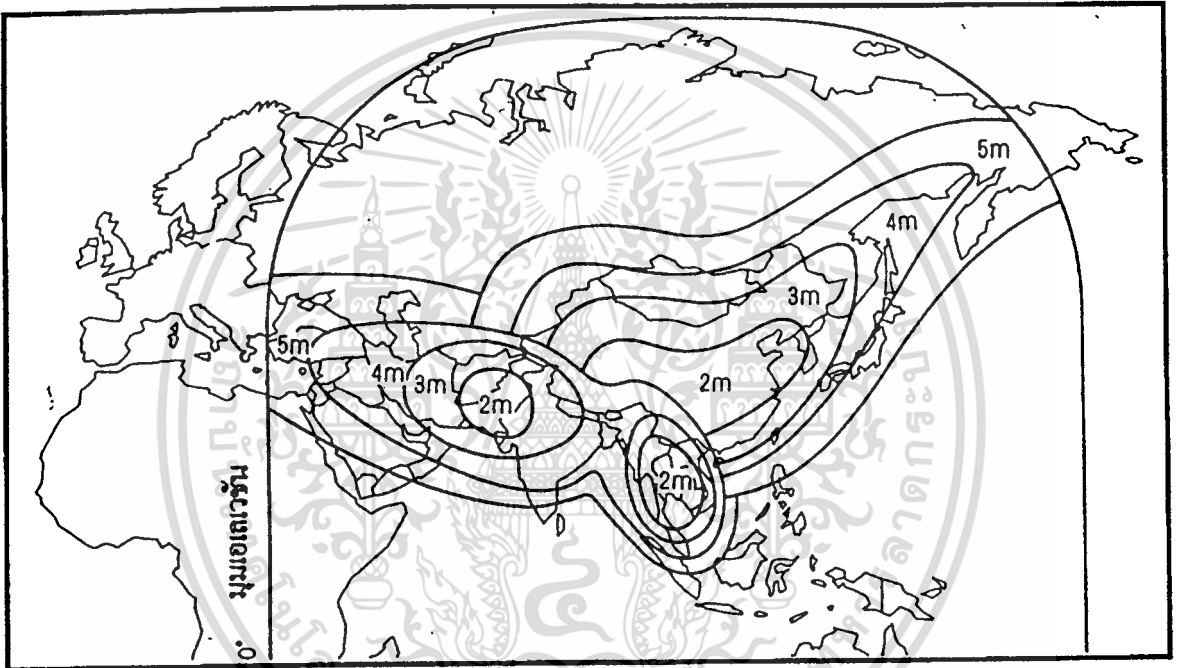
สถานที่ที่ใช้จานรับสัญญาณที่มีความตื้นมาก ๆ นั้น จะต้องอยู่ในบริเวณที่มีการแทรกสอดของสัญญาณ (Interference) จากสถานีไมโครเวฟอื่น ๆ ต่ำมาก อาจเป็นบริเวณที่เป็นชานเมืองเพราะในเมืองมีการแทรกสอดของสัญญาณจากสถานีภาคพื้นดินอื่น ๆ ก่อนข้างสูง

เมื่อมาพิจารณาจานรับสัญญาณจากดาวเทียมที่มีความลึกมาก จะพบว่าตัว LNB และพีคเซอร์ที่ถูกติดตั้งไว้เกือบจะอยู่ในระดับเดียวกับขอบของจาน จานแบบนี้สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนจากพื้นโลก หรือสัญญาณแทรกสอดจากสถานีอื่นที่จะเข้าไปสู่พีคเซอร์ และ LNB ได้ดีกว่าจานแบบตื้น แต่ข้อเสียก็คือเมื่อตัวพีคเซอร์อยู่ใกล้กับผิวของจานมากเกินไป ทำให้พีคเซอร์ไม่สามารถจะรับเอาสัญญาณที่สะท้อนมาจากผิวของจานได้ทั้งหมด (สัญญาณที่สะท้อนจากขอบจาน และส่วนที่อยู่ใกล้ขอบจานไม่สามารถส่งเข้าไปในพีคเซอร์ได้โดยตรง) ผลที่ตามมาก็คือ อัตราการขยายของจานที่มีลักษณะแบบนี้มีค่าต่ำกว่าจานแบบตื้น

จานรับสัญญาณดาวเทียมที่มีขนาดเล็กที่สุด ที่สามารถรับสัญญาณภาพจากทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมในย่าน C ได้ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ฟุตขึ้นไป แต่นั่นก็หมายถึงว่าตำแหน่งหรือสถานที่ที่จะติดตั้งจานขนาดนี้จะต้องอยู่ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแรงที่สุดของฟุตปรีนท์ดาวเทียมดวงที่เราต้องการรับสัญญาณ รวมทั้งต้องมี LNB ที่ดีมาใช้งานร่วมด้วย ซึ่งตำแหน่งหรือพื้นที่ที่มีสัญญาณจากทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมแรงที่สุดจะอยู่ที่วงในสุดหรือจุดศูนย์กลางของฟุตปรีนท์นั่นเอง เมื่อดูในรูปที่ 2.7 ประเทศไทยเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าอยู่ในศูนย์กลางของฟุตปรีนท์ของดาวเทียมเอเซียแซท ซึ่งสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงนี้ได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่สุด แต่บางครั้งก็จะเป็นต้องเลือกใช้งานรับสัญญาณขนาด 6-8 ฟุต เหมือนกัน เพราะตำแหน่งหรือพื้นที่ที่ติดตั้งอาจจะมีอุปสรรคทางสภาพแวดล้อมของเมืองก็เป็นได้ ส่วนสัญญาณของดาวเทียมที่อยู่ห่างไกลออกไปจากศูนย์กลางของฟุตพริ้นท์จะมีความแรงอ่อนลง ดังนั้นจึงต้องเลือกจากนรับสัญญาณที่มีขนาดกว้างขึ้นเพื่อให้ อัตราการขยายของงานรับสูงขึ้น



รูปที่ 2.7 ฟุตพริ้นท์ของดาวเทียมเอเชียแซท โดยบอกขนาดของงานรับสัญญาณในแต่ละพื้นที่

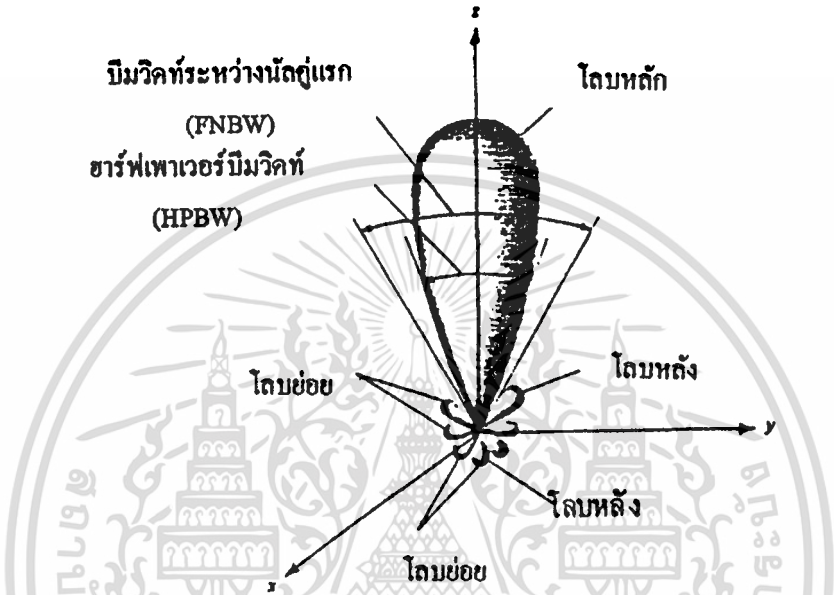
สำหรับตำแหน่งของพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ในทวีปเอเชียที่แสดงในรูป 2.7 จะแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของงานที่น้อยที่สุดซึ่งรับรองได้ว่าเมื่อใช้ในอาณาบริเวณนั้น ๆ แล้ว จะต้องรับสัญญาณดาวเทียมจากดาวเทียมเอเชียแซท 1 ได้อย่างคมชัดแน่นอน และระดับของค่ากำลังส่งประสิทธิผล (EIRP : Effective Isotropic Radiated Power) ของสัญญาณที่ส่งลงมาจาดาวเทียมมายังส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่โลก จะบอกค่าเอาไว้ในแต่ละอาณาเขตเพื่อให้ภาคพื้นดินได้ทราบว่าตรงอาณาเขตส่วนนั้นจะได้รับสัญญาณขนาดเท่าใดซึ่งมักจะบอกไว้เป็นหน่วยของเดซิเบล (dB) ที่เทียบกับกำลังส่ง 1 วัตต์ (dBW) โดยเราสามารถใช้อัตราประโยชน์ของฟุตพริ้นท์ที่ให้มานี้ นำไปใช้ในการออกแบบเพื่อเป็นตัวกำหนดขนาดของงานรับสัญญาณดาวเทียมของเราได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

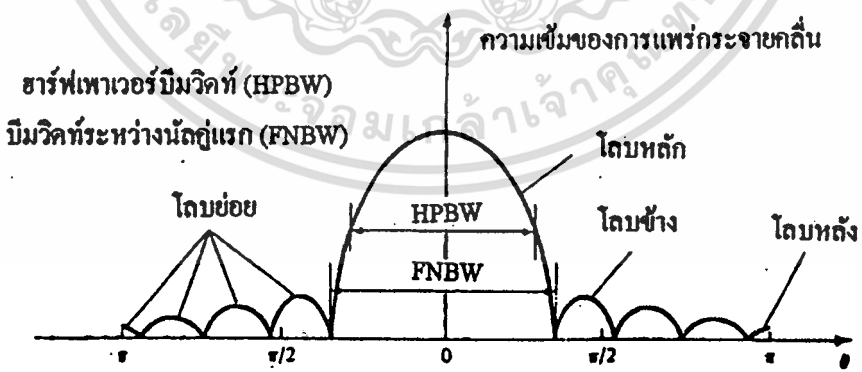
### 2.4 การแพร่กระจายคลื่น

#### 2.4.1 โลบของแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น

โอบของการแพร่กระจายคลื่น (Radiation Lobe) เป็นส่วนหนึ่งของแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นที่เกิดเป็นบริเวณ โดยการปิดล้อมของส่วนที่มีความเข้มของการแพร่กระจายคลื่นต่ำ ในรูปที่ 2.8 แสดงโพลาไรแพทเทิร์น (Polar Pattern) แบบสามมิติ ซึ่งแบ่งเป็นแบบต่าง ๆ ดังนี้



(ก) โอบต่าง ๆ และบีมวิคท์ของแพทเทิร์นสายอากาศ



(ข) แพทเทิร์นในแบบลิเนียร์

รูปที่ 2.8 แสดงแพทเทิร์นสายอากาศ

โอบหลัก (Major Lobe หรือ Main Lobe) เป็นโอบของการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งอยู่ในทิศทางที่มีการแพร่กระจายคลื่นแรงที่สุด ตามรูป 2.8 มีโอบหลักอยู่ในทิศทาง  $\theta = 0$  องศา สำหรับสายอากาศบางชนิด อาจมีโอบหลักมากกว่าหนึ่งโอบ เช่น สายอากาศแยกบีม (Split-Beam Antenna) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลบย่อย (Minor Lobe) ได้แก่ โลบอื่น ๆ นอกเหนือจากโลบหลัก

โลบข้าง หรือไซด์โลบ (Side Lobe) เป็นโลบย่อยที่อยู่ติดกับโลบหลัก และอยู่ในทิศทางบนครึ่งวงกลมซีกเดียวกับโลบหลัก

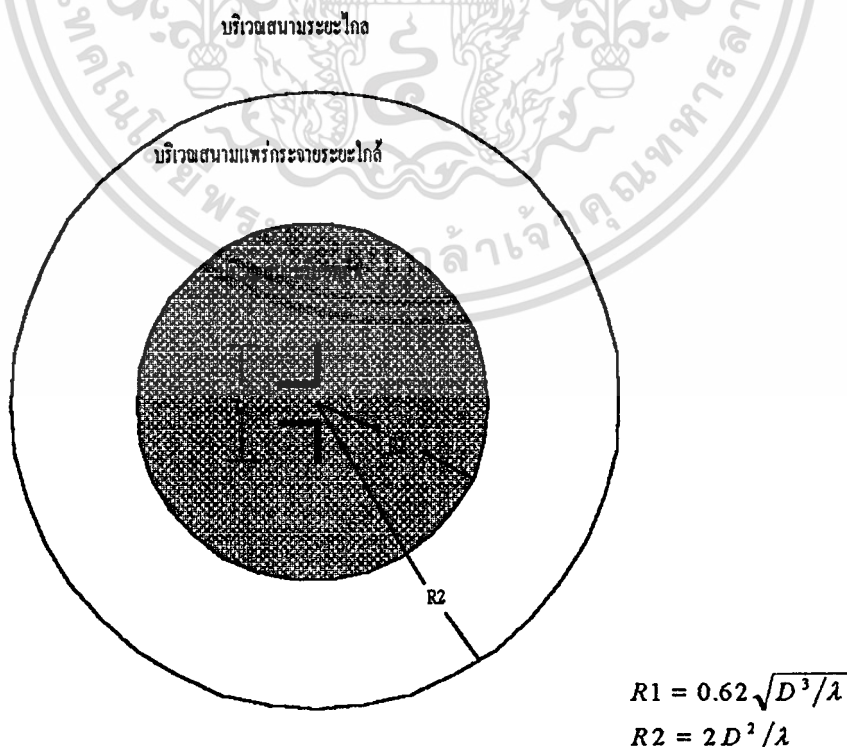
โลบหลัง (Back Lobe) เป็นโลบย่อยที่อยู่ในครึ่งวงกลมตรงข้ามกับโลบหลัก ปกติแล้วโลบย่อยจะเกิดจากการแพร่กระจายคลื่นในทิศทางที่ไม่ต้องการ ดังนั้นสำหรับสายอากาศที่ดีจะต้องกำจัดโลบเหล่านี้ให้น้อยที่สุด ระดับของโลบย่อยมักแสดงเป็นอัตราส่วนของความหนาแน่นของพลังงานในโลบที่กำลังคิดต่อความหนาแน่นของพลังงานในโลบหลัก ซึ่งเรียกว่า อัตราส่วนของไซด์โลบ (Side Lobe Ratio) หรือระดับของไซด์โลบ (Side Lobe Level : SLL) ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปนั้นมักจะต้องการให้ระดับของไซด์โลบน้อยกว่า -20 dB

#### 2.4.2 ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิทท์

ฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิทท์ (Half-Power Beamwidth : HPBW) เป็นมุมที่วัดระหว่างจุดที่ความเข้มของการแพร่กระจายคลื่นในโลบหลักมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุดของจุด ดังแสดงในรูปที่ 2.8

#### 2.4.3 บริเวณต่าง ๆ ของสนามจากสายอากาศ

โดยทั่วไปมักจะแบ่งบริเวณที่ล้อมรอบสายอากาศออกเป็น 3 ส่วน คือสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ (Reactive-Near Field) สนามกระจายระยะใกล้ (Radiating-Near Field) และสนามระยะไกล (Far Field) ดังแสดงในรูปที่ 2.9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.9 แสดงการแบ่งบริเวณของสนามจากสายอากาศ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ เป็นบริเวณสนามที่ล้อมรอบใกล้สายอากาศมากที่สุด และมีสนามเป็นชนิดรีแอกทีฟเป็นส่วนใหญ่ บริเวณนี้จะมีระยะทาง  $R < 0.62\sqrt{D^3/\lambda}$  จากผิวของสายอากาศ เมื่อ  $\lambda$  เป็นความยาวคลื่น และ  $D$  เป็นมิติที่ยาวที่สุดของสายอากาศ

บริเวณสนามกระจายระยะใกล้ เป็นบริเวณสนามของสายอากาศที่อยู่ระหว่างบริเวณของสนามรีแอกทีฟระยะใกล้กับบริเวณกับบริเวณสนามระยะไกล โดยมีสนามที่กระจายอยู่เป็นส่วนใหญ่ และการกระจายของสนามตามมุมต่าง ๆ นั้น แปรผันตามระยะทางจากสายอากาศ เมื่อสายอากาศมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น สนามในบริเวณนี้อาจไม่เกิดขึ้น ในบริเวณนี้จะมีระยะทาง  $0.62\sqrt{D^3/\lambda} \leq R \leq 2D^2/\lambda$

บริเวณสนามระยะไกล เป็นบริเวณสนามของสายอากาศซึ่งการแพร่ของสนามของสายอากาศตามมุมต่าง ๆ ไม่ขึ้นกับระยะทางจากสายอากาศ ถ้าสายอากาศมีมิติใหญ่ที่สุดเท่ากับ  $D$  บริเวณสนามระยะไกลจะเกิดขึ้นที่ระยะทาง  $R > 2D^2/\lambda$  จากจานสายอากาศ

ในบริเวณนี้สนามมีลักษณะเป็นสนามตัดขวาง (Transverse Field) และการแพร่กระจายของสนามตามมุมต่าง ๆ ไม่ขึ้นกับระยะทาง ขอบในของบริเวณดังกล่าวมีค่า  $R = 2D^2/\lambda$  และขอบนอกเป็นอนันต์

## 2.5 ฟีดฮอร์น และอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ

งานพาราโบลาที่กล่าวไปแล้วนั้นเป็นเพียงส่วนประกอบส่วนเดียวที่จะรับเอาสัญญาณมาเท่านั้น โดยทำหน้าที่สะท้อนเอาสัญญาณให้พุ่งไปรวมเพียงจุดเดียวที่จุดโฟกัส ดังนั้นขั้นตอนต่อไปเราจะต้องเอาสัญญาณนี้มาผ่านเครื่องขยายที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ และมีการสูญเสียของสัญญาณน้อยที่สุดเสียก่อน และต่อไปนี่จะเป็นหน้าที่ของฟีดฮอร์น (feedhorn) ซึ่งติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Box downconverter:LNB) ที่อยู่เหนือจานนั่นเอง

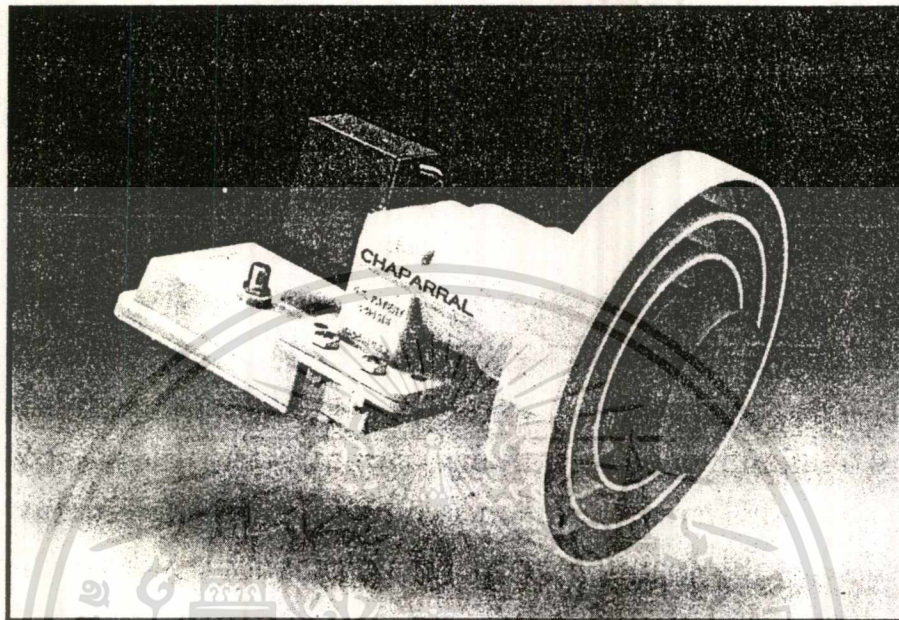
### 2.5.1 ฟีดฮอร์น

ในช่วงแรกๆนั้น ระบบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประจำบ้าน ส่วนใหญ่ตัวงานรับสัญญาณจะใช้ฟีดฮอร์นที่เป็นแบบสี่เหลี่ยมในการรวมสัญญาณจากจาน แต่ในทางปฏิบัติพบว่าถ้าใช้ฟีดฮอร์นแบบวงกลมจะได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยให้เกนเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1 dB

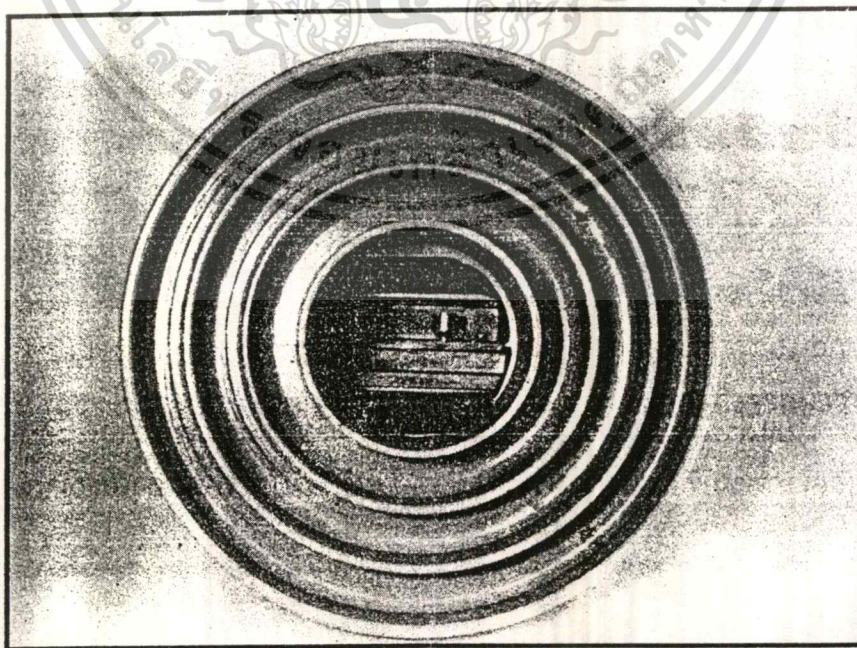
ฟีดฮอร์นที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบสเกลาร์ฟีดฮอร์น (Scalar Feed) ซึ่งที่ปากกระบอกจะมีวงแหวนซ้อนกันอยู่หลายรอบ เพื่อป้องกันสัญญาณจากขอบภายนอกของจุดโฟกัสสะท้อนแสงไปยังพื้นผิวของจานอีกครั้ง สัญญาณทั้งหมดจะถูกขยายให้แรงขึ้นโดยการสะท้อนในอัตราประมาณ 70% ของผิวงานทั้งหมดพุ่งไปรวมกันที่ฟีดฮอร์นโดยสเกลาร์ฟีดฮอร์น จะถูกออกแบบให้สามารถมองลงมายังพื้นผิวของจานให้ได้มากที่สุด ในขณะที่สัญญาณจะถูกลดทอนลงที่บริเวณพื้นผิวที่อยู่ใกล้ขอบจานประมาณ 10-15 dB

ปกติแล้วผิวของพื้นผิวโลกจะสร้างสัญญาณรบกวนหลายรูปแบบเข้ามาในความถี่ย่าน 4 GHz เป็นจำนวนมาก และมีความแรงมากกว่าสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมหลายเท่า ซึ่งการลดทอนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวขอบนอกของจานนี้ มีผลทำให้สามารถไปลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากพื้นผิวโลกซึ่งไปรวมกันอยู่บริเวณพื้นผิวไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อยู่ใกล้ขอบของจาน ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 30% ของพื้นผิวของจานทั้งหมด พื้นผิวของจานที่อยู่บริเวณดังกล่าว จึงทำหน้าที่เสมือนป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเข้าไปยังฟีดฮอร์นไปในตัวนั่นเอง



รูปที่ 2.10 ฟีดฮอร์นความถี่ย่าน C พร้อม LNB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.11 ภาพทางด้านหน้าของฟีดฮอร์นซึ่งมีสเกลาร์ริงเสริมไว้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

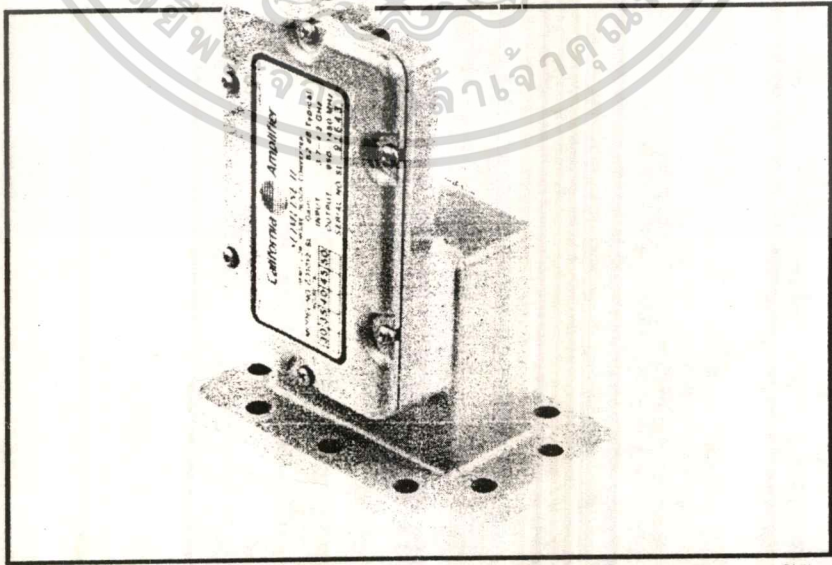


สำหรับวิธีการพิจารณาเลือกใช้งานให้ถูกต้องและได้ผลดีนั้น ในทางปฏิบัติคือตัวพีคจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของงานที่เราเลือกใช้ สำหรับงานรับสัญญาณที่มีท้องถิ่นต้น สามารถใช้งานได้ดีที่สุดกับพีคมาตรฐานใดก็ได้ ขณะที่แบบที่มีท้องถิ่นอีกอาจจะต้องใช้พีคแบบพิเศษ หรืออาจจะต้องมีแอดAPTERริง (Adapter Ring) ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนเข้ามาช่วย จะมีผลทำให้บริเวณช่องเปิดของพีคยาวขึ้นอีกเล็กน้อยทำให้ความยาวที่แท้จริงของพีคนั้นสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วน  $f/D$  ของสายอากาศ หรือของงานรับสัญญาณได้ถูกต้องยิ่งขึ้น และอีกประการหนึ่ง พีคที่จะนำมาใช้งานให้ได้ผลดีขึ้นควรที่จะสามารถทำการปรับแต่งผลของการรับสัญญาณให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

**2.5.2 อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ**

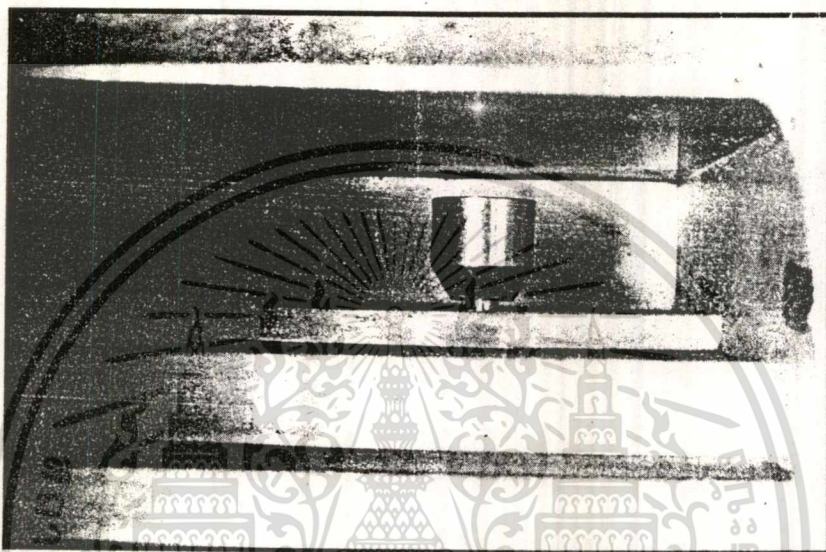
หลังจากที่สัญญาณถูกส่งเข้าไปในพีคฮอร์นแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (LNB) หรือที่เรียกว่า Low Noise Amplifier (LNA) โดยเราจะถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่มีการขยายสัญญาณเกิดขึ้นภายในแม่ท่ของ LNB จะมีโพรบโลหะชิ้นเล็ก ๆ ความยาวไม่ถึง 1 นิ้วอยู่อันหนึ่ง ซึ่งจริง ๆ แล้วเป็นสายอากาศที่เรโซแนนท์กับสัญญาณที่มีความถี่ที่ส่งมาจากดาวเทียมนั่นเอง เมื่อรับสัญญาณมาแล้วจะทำการส่งต่อโดยการคัปปลิงเข้าไปยังวงจรขยายทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแน่นอนว่าสัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วย โดย LNB จะขยายสัญญาณรบกวนนี้พร้อมกับสัญญาณที่ต้องการ แล้วส่งผ่านไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ LNB จะต้องสามารถควบคุมระดับของสัญญาณรบกวนนี้ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

ในสมัยก่อนนั้น ระบบโทรทัศนผ่านดาวเทียมต้องใช้งานที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ เพื่อจะได้ทำการหักล้างกันระหว่างสัญญาณที่ต้องการรับจริงกับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นใน LNB เพื่อให้เหลือสัญญาณจริงมาก



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำที่ใช้งานความถี่ย่าน C

ที่สุด แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำประเภทแกเลียมอาเซไนด์ (Gallium Arsenide : GaAs) และ High Electron Mobility Transistor มาใช้งาน จึงมาผลทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนที่เราเรียกว่าสัญญาณรบกวนจากอุณหภูมิ (Noise Temperature) ภายใน LNB ลงไปได้อย่างมาก และทำให้ราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ต่ำลงไปอย่างมากเช่นกัน



รูปที่ 2.13 โพรบซึ่งเป็นเสมือนสายอากาศเล็ก ๆ ที่อยู่ในฟีดฮอร์น

อุณหภูมิของ LNB จะบอกมาในหน่วยขององศาเคลวิน ซึ่งหากอุณหภูมินี้มีค่าต่ำเท่าไร สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายใน LNB ก็จะน้อยลงไปด้วย โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในย่าน 50-60K แต่ปัจจุบันได้มีการผลิตค่าที่ต่ำกว่านี้ออกมาจำหน่ายกันมากแล้ว คืออยู่ในช่วงประมาณ 30K

**2.5.3 LNB สำหรับย่าน Ku**

LNB ที่ใช้งานในความถี่ย่าน Ku จะแสดงอัตราการเกิดของสัญญาณรบกวนอยู่ในรูปของนอยส์ฟิกเกอร์ (Noise Figure : NF) ซึ่งมีหน่วยเป็น dB แทนค่า Noise Temperature ซึ่งเป็นหน่วยวัดสัญญาณรบกวนของ LNB สำหรับย่าน C เราสามารถเปรียบเทียบอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่ใช้ในย่านความถี่ทั้งสองได้ตามตารางที่ 2.3

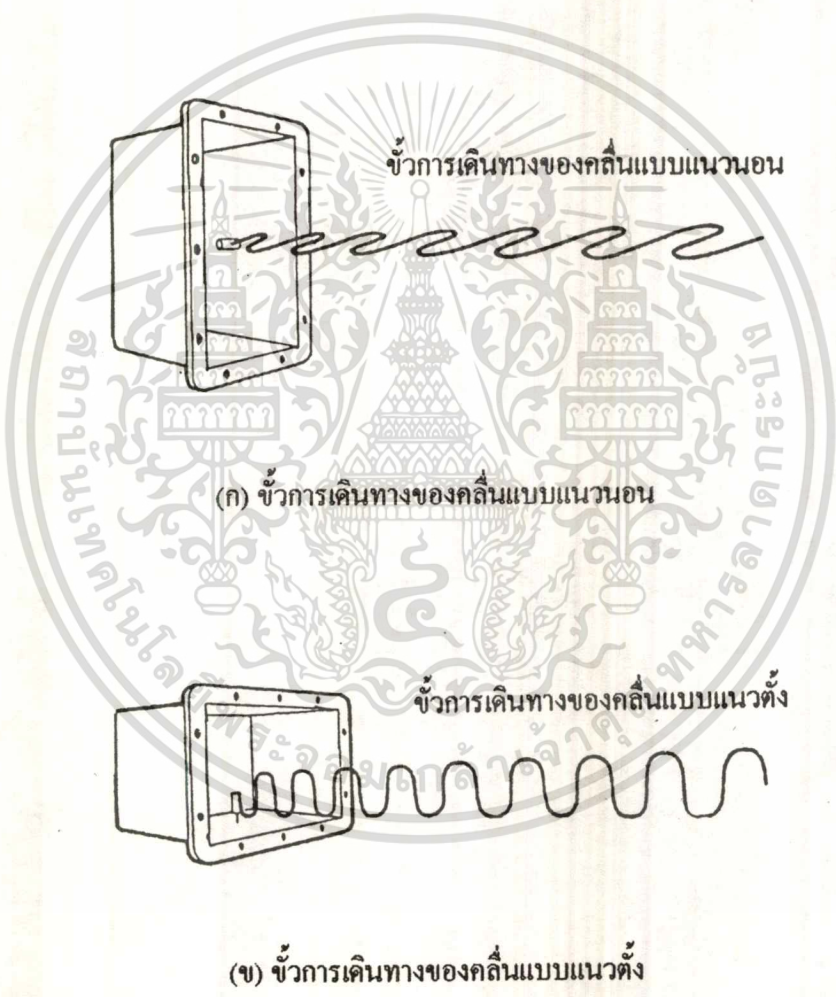
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราสัญญาณรบกวนในรูปของ NF และ Noise Temperature

Noise Temperature (องศาK)	170	150	120	100	80	60
Noise Figure (dB)	2.01	1.82	1.51	1.29	1.06	0.82

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.4 ขั้วคลื่นแบบแนวตั้งและแนวนอน

สัญญาณที่ถูกส่งไปยังดาวเทียม และส่งลงไปยังภาคพื้นดินนั้น จะส่งโดยใช้สายอากาศที่มีขั้วการเคลื่อนทางของคลื่นสัญญาณทั้งที่เป็นแบบแนวตั้ง (Vertical Polarization) และแบบแนวนอน (Horizontal Polarization) แสดงดังรูปที่ 2.14 ดังนั้นในการที่จะรับสัญญาณให้ได้ดีที่สุด โพรบหรือแกนรับสัญญาณที่อยู่ภายใน LNB ต้องอยู่ในระนาบเดียวกันกับขั้วการเคลื่อนทางของคลื่นที่สายอากาศส่งมา ถ้าหากโพรบค้งกล่าวไม่แมทซ์กับขั้วของสายอากาศที่ส่งมาแล้ว สัญญาณก็จะเกิดการสูญเสียไปอย่างมาก หรือถ้าตรงกันข้ามเลย จะทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณทั้งหมดได้ ซึ่งขั้วของโพรบใน LNB สามารถหมุนได้โดยใช้อุปกรณ์ปรับขั้วคลื่นสัญญาณ หรือโพลารไรเซอร์ (Polarizer) หรือถ้าหากไม่มีโพลารไรเซอร์ ก็ต้องใช้การหมุนที่ตัว LNB โดยตรง



รูปที่ 2.14 ลักษณะของสัญญาณที่มีขั้วการเคลื่อนทางเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Polarization)

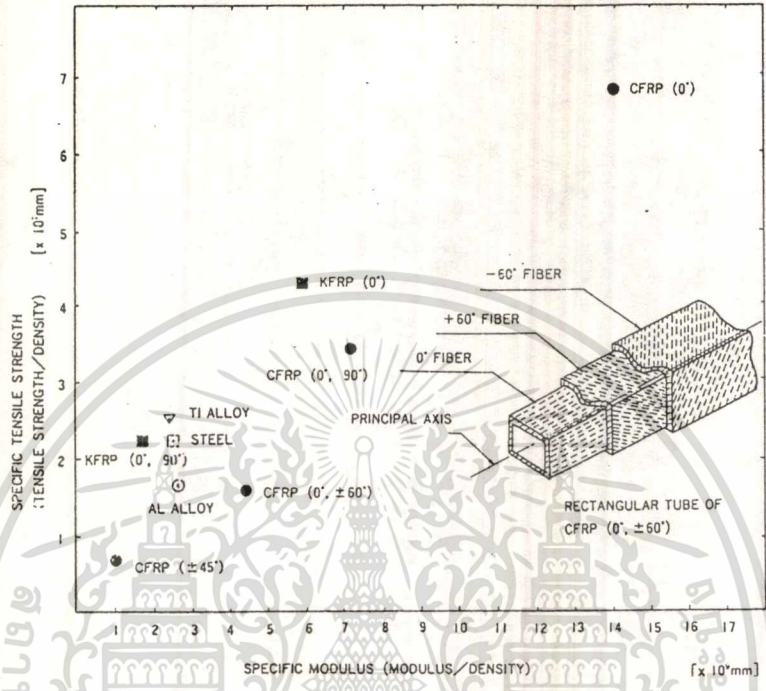
### 2.5.5 ขั้วคลื่นแบบวงกลม (Circular Polarization)

ดาวเทียมบางดวงจะใช้ขั้วการเคลื่อนทางของคลื่นเป็นแบบวงกลม เช่นดาวเทียมอินเทลแซท ดังนั้นหากเราต้องการรับสัญญาณจากดาวเทียมที่มีขั้วคลื่นแบบนี้ให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุดแล้ว เราต้องใช้ไฟคอรันที่มีเอกลักษณ์เป็นเอกลักษณ์ที่ส่งวงไว้สำหรับการใช้จานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โครงสร้างของโพรบเป็นแบบวงกลมเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 2.15

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



● ความทนทานสำหรับการแพร่กระจายคลื่น : ในระหว่างอายุการใช้งานของดาวเทียมจะต้องมีการลดคุณภาพของการแพร่กระจายคลื่นให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้



รูปที่ 2.16 รูปแสดงความแข็งแรงต่อแรงบิดเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์ของความหนาแน่น

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงคุณสมบัติของวัสดุที่มีต่ออุณหภูมิ

วัสดุ	คุณสมบัติทางอุณหภูมิ	
	สัมประสิทธิ์ของการขยายตัว ( $\mu/\text{celcius degree}$ )	การนำความร้อน ( $\text{kcal}/\text{m.hr.celcius degree}$ )
CFRP (0 degree)	0.5	30.0
CFRP (0, 90 degree)	0.9	13.0
KFRP (0, 90 degree)	4.2	0.7
Ti alloy (Ti-6Al-4V)	9.0	7.0
Al alloy (6061-T6)	23.0	139.0
Carbon Steel	11.0	43.0

ซึ่งการที่จะทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ข้างต้นเป็นไปได้ มีวัสดุที่นำมาใช้ในโครงสร้างงานสายอากาศ ได้แก่ CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic), KFRP (Kevlar Fiber Reinforced Plastic), ไททานเนียม อัลลอยด์ (Titanium Alloy) และอลูมิเนียมอัลลอยด์ (Aluminum Alloy) คุณสมบัติของวัสดุเหล่านี้แสดงดังรูปที่ 2.16 และตารางที่ 2.4

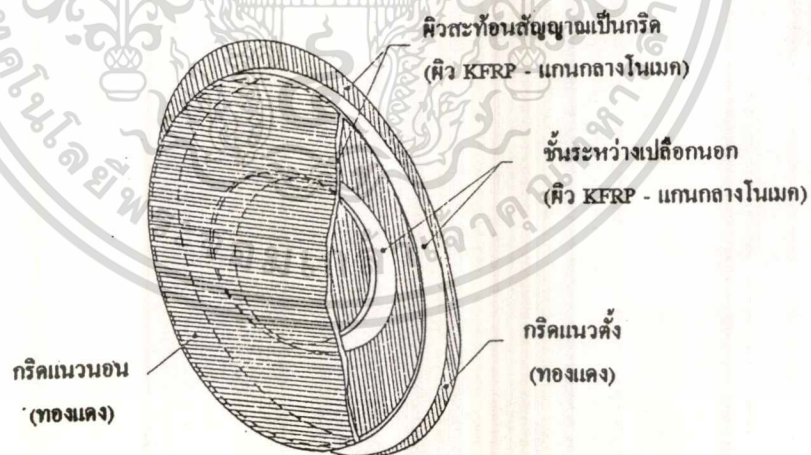
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. CFRP

CFRP เป็นวัสดุที่ผสมกันขึ้นระหว่างไฟเบอร์คาร์บอน และอีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin) ซึ่งจะใช้กันอย่างกว้างขวางในโครงสร้างของงานสายอากาศ ซึ่งจะมีความแข็ง และมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิ รวมถึงสัมประสิทธิ์ต่อความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์ของการขยายตัว CFRP เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อรวมเข้ากับอีพอกซีเรซิน ซึ่งจะมีความทนทานสูงในการแพร่กระจายคลื่น CFRP จะใช้เป็นส่วนสำคัญในส่วนของหน้า-หลังงานในลักษณะประกบกับเป็นแกนวิห โดยจะมีการสะท้อนคลื่นที่ดีเยี่ยม อาทิ มีการสูญเสียเพียง 0.04 dB ที่ความถี่ย่าน C จึงจะสามารถนำมาใช้เป็นพื้นหน้าการสะท้อนได้โดยไม่ต้องใช้สารโลหะใด ๆ ที่ผิวหน้างาน

### 2. KFRP

KFRP เป็นสารที่ประกอบจากวัสดุ 2 ชนิดเช่นกัน คือ Kevlar ของบริษัทดูปองท์ (Dupont) และอีพอกซีเรซิน โดย Kevlar เป็นชนิดหนึ่งของใยอะรามิด (Aramid Fiber) KFRP จะมีข้อดีดีกว่า CFRP ในด้านของสัมประสิทธิ์ต่อความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์ของการขยายตัว แต่จะมีความสูญเสียในการสื่อสารน้อย ด้วยเหตุนี้เอง KFRP จึงถูกนำมาใช้สำหรับในระหว่างชั้นของสายอากาศ ผิวหน้าในความถี่ที่เลือกจะแรงในการโพลาไรซ์ และอื่น ๆ ดังเช่นที่ถูกนำมาใช้ในงานสายอากาศตะแกรงคู่ (Dual-gridded reflector) แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 งานสายอากาศตะแกรงคู่

### 3. ไททาเนียมอัลลอยด์

เนื่องจาก CFRP มีข้อดีในเรื่องของการกระเทาะระหว่างชั้น จึงไม่เหมาะสมในการทำวัสดุเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งคลื่นหรือรับคลื่นเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นับว่าดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในด้านการค้าที่มีรูปร่างซับซ้อน ซึ่งในขณะนี้ไททาเนียมอัลลอยด์ได้ถูกนำมาใช้ เนื่องจาก มีความแข็งแรงต่อแรงบิดสูง และไม่ไวต่อการกัดกร่อน อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ที่น้อยกว่าอลูมิเนียมอัลลอยด์ โททาเนียมอัลลอยด์จะในเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างของ CFRP

#### 4. อลูมิเนียมอัลลอยด์

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่นิยมใช้กันมากสำหรับโครงสร้างต่าง ๆ ที่ใช้ในอวกาศ การนำมาประยุกต์ใช้ในจานสายอากาศ จะใช้เพื่อเป็นส่วนแกนกลางเป็นรูปร่างผิ่

#### 5. โนเมค (Nomex)

ไฟเบอร์อะรามิดโดยทั่วไปจะมีความสูญเสียในการสื่อสารน้อยมาก และมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ โนเมคของบริษัทดุกองท์ก็เป็นสารจำพวกอะรามิดที่ใช้ในโครงสร้างจานสายอากาศในแกนกลางรูปร่างผิ่ของโครงสร้างลักษณะแซนวิช ซึ่งจะมีคุณลักษณะเหมือนกับแกนกลางของรูปร่างผิ่ของอลูมิเนียมอัลลอยด์

### 2.6.2 วัสดุทำจานรับสัญญาณดาวเทียมทั่วไป

ไม่ว่าจะเป็นจานรับสัญญาณแบบใด ๆ ก็จะมีหลักการเดียวกัน คือ รับสัญญาณจานดาวเทียมลงมา แล้วสะท้อนกลับขึ้นไปยังจุดโฟกัส (Focal Point) สัญญาณที่มีกำลังอ่อน ๆ เมื่อพุ่งลงมากกระทบพื้นผิวของจานแล้วสะท้อนไปรวมยังจุดเดียวกัน จะมีผลทำให้สัญญาณแรงขึ้นมาได้ ไม่ว่าจะผลิตมาจากอะลูมิเนียม ไฟเบอร์กลาส หรือแบบตาข่ายก็ตาม สิ่งแรกที่จะต้องสนใจก็คือ ต้องมีส่วนโค้งที่ถูกต้องและมีลักษณะเป็นพาราโบลิกเท่านั้น ก็สามารถรับสัญญาณได้แล้ว วิธีการผลิตก็จะต้องขึ้นอยู่กับโรงงานว่าจะใช้วิธีใด

#### 1. จานอลูมิเนียมแบบทึบ

สำหรับจานอะลูมิเนียมแบบทึบนั้น จะได้ประสิทธิภาพดีกว่าจานแบบไฟเบอร์กลาส หรือแบบตาข่าย จานอะลูมิเนียมที่บวมทึบจะเคลือบด้วยสีที่มีคุณสมบัติไม่สะท้อนแสง เพราะหากสะท้อนแสงแล้วจะทำให้เกิดการรวมแสงเช่นเดียวกับคลื่น ผลที่ตามมาคืออุปกรณ์ LNB อาจจะพังหรือเสียหายก่อนเวลาที่ควรจะเป็นก็ได้ ส่วนเนื้ออะลูมิเนียมมักจะทำจากอะลูมิเนียมเกรดดี สามารถป้องกันการผุกร่อนจากสนิมออกไซด์ของอะลูมิเนียมได้ดี

#### 2. จานแบบตาข่าย

ส่วนจานรับสัญญาณแบบตาข่าย ขณะนี้จะนิยมมากที่สุดเพราะไม่ทำให้เสียทัศนียภาพมากนักเนื่องจากสามารถมองทะลุจานออกไปเห็นทัศนียภาพข้างหลังได้ แต่จานแบบตาข่ายนี้ค่อนข้างจะเกิดการเสียหายหรือผิ่ได้ง่าย เนื่องจากเป็นโลหะที่มีรูพรุนจึงบอบบาง ดังนั้นการติดตั้งใช้งานแต่ละส่วนจึงควรจะเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต ที่เน้นมากก็คือ ความเป็นส่วนโค้งพาราโบลิกของเนื้อจานจะต้องโค้งได้รูปตลอดเวลา วิธีตรวจสอบง่าย ๆ โดยการใช้มือลูบที่ผิวของจากก็สามารถรู้ได้ว่า โค้งตลอดทั้งแผ่นหรือไม่ หากผิวของส่วนโค้งของแต่ละแผ่นไม่เป็นไปตามพาราโบลิกแล้ว จะทำให้คลื่นที่มากกระทบบางส่วนไม่พุ่งไป

รวมที่จุดโฟกัส สัญญาณก็จะมีพลังลดลง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

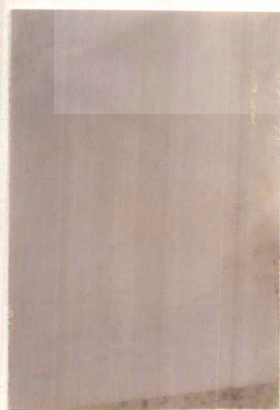
### 3. งานแบบไฟเบอร์กลาส

สำหรับงานแบบไฟเบอร์กลาส ลักษณะทางโครงสร้างก็เหมือนกับงานทึบ และใช้กันค่อนข้างมาก งานแบบไฟเบอร์ที่เป็นมาตรฐานนั้น ภายในโครงสร้างของมันจะมีการฝังลวดตาข่ายเอาไว้ เพื่อใช้เป็นตัวสะท้อนสัญญาณจากดาวเทียม เพราะหากไม่มีลวดตาข่ายดังกล่าวไว้ภายใน สัญญาณจะทะลุงานออกไปหมด ลักษณะของการผลิตจะใช้วิธีปั่นไฟเบอร์กลาสลงบนโมล แล้ววางลวดตาข่ายที่ทอหรือถักลงไป จากนั้นจึงฉีดไฟเบอร์กลาสทับลงไปอีกครั้งหนึ่ง

การจัดสร้างงานชิ้นนั้น อาจจะเป็นชิ้นเดียวหรือหลาย ๆ ชิ้น แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันก็ได้ แต่ความแน่นอนในเรื่องของประสิทธิภาพการสะท้อนของสัญญาณแล้ว งานแบบชิ้นเดียวจะดีกว่า ส่วนงานที่แบ่งออกเป็นเสี้ยวแล้วมาประกอบกันจะมีข้อเสียตรงส่วนนี้ แต่จะมีความแข็งแรงกว่า เพราะช่วงรอยต่อที่นำมาประกบกันจะกลายเป็นกระดูกหรือเป็นส่วนที่เสริมความแข็งแรงให้กับงาน อีกทั้งยังสะดวกต่อการขนส่ง และถอดเปลี่ยนได้ง่าย ในกรณีที่ชิ้นใดชิ้นหนึ่งเสียหาย ส่วนในเรื่องของรอยต่อแต่ละชิ้นที่เป็นปัญหาในการสะท้อนของคลื่นนั้นถือว่ามีน้อยมาก (ขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นของงานด้วย) เมื่อเทียบกับพื้นที่ของงานทั้งหมด

#### 2.6.3 ไฟเบอร์กลาส (Fiber Glass)

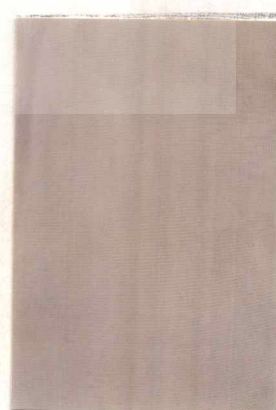
ไฟเบอร์กลาส จะมีลักษณะคล้ายใยไม้ หรือใยฝ้าย แต่จะทำจากแก้ว ในบางครั้งจะถูกเรียกว่า Fibrous Glass โดยใยแก้วนี้จะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ กัน คือ ไฟเบอร์กลาสทึบ (Fiber Glass Tissue) ไฟเบอร์กลาสแมท (Fiber Glass Mat) และไฟเบอร์กลาสตาसान (Fiber Glass Cloth) แสดงผังรูปที่ 2.18 ในการทำชิ้นงานโดยใช้ไฟเบอร์กลาสนี้ จะใช้ตัวประสานไฟเบอร์ในแต่ละชิ้นเป็นพลาสติกเรซิน (Plastic Resin) สำหรับคุณสมบัติโดยทั่วไปของไฟเบอร์กลาส คือ ความทนทานต่อสภาวะอากาศ สามารถทำให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ มีความเสถียรอย่างมีทิศทาง (Dimensional Stability) และคุณสมบัติการเป็นฉนวนทางไฟฟ้าอย่างยิ่ง



(ก) ไฟเบอร์กลาสทึบ



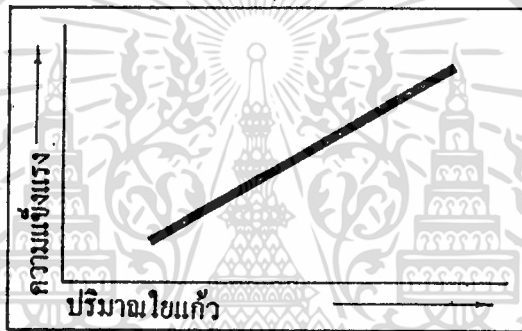
(ข) ไฟเบอร์กลาสแมท



(ค) ไฟเบอร์กลาสตาसान

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.18 รูปแสดงใยแก้วลักษณะต่าง ๆ ภายใต้งานไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงของวัสดุไฟเบอร์กลาส ซึ่งประกอบด้วยใยแก้ว จะมีความแข็งแรงสูง รวมถึงมีความยืดหยุ่นสูง และเรซินก็มีความแข็งแรงสูงเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งแล้ว เมื่อวัสดุทั้งสองส่วนรวมเข้าด้วยกัน และแข็งตัวแล้ว จะได้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการวางใยแก้วในทิศทางที่มีความสมดุล และมีการประสานของสารทั้งสองอย่างดี ในทางปฏิบัตินั้น ความแข็งแรงของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของใยแก้ว ดังรูปที่ 2.19 กล่าวคือ เมื่อมีปริมาณใยแก้วมากขึ้นก็จะทำให้ชิ้นงานไฟเบอร์กลาสมีความแข็งแรงสูงขึ้นด้วย แต่หากมีปริมาณของใยแก้วน้อย ชิ้นงานก็จะมีค่าความแข็งแรงต่ำ สำหรับความแข็งแรงในส่วนชิ้นงานไฟเบอร์กลาสนั้น จะมีคุณภาพสูงมาก อันได้แก่ มีน้ำหนักเบา ทนต่อแรงกระแทกทางกล เป็นฉนวน มีความเหนียวมาก ปราศจากการเกิดสนิม หรือขาดต่อการรื้อฟื้น ทนต่อความร้อน และมีการแพร่กระจายความร้อนต่ำ



รูปที่ 2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของชิ้นงานกับปริมาณใยแก้ว

ตามที่ได้กล่าวถึงชนิดของใยแก้วข้างต้นแล้ว สามารถแสดงให้เห็นถึงข้อแตกต่างของชนิดใยแก้ว ต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 2.18 แสดงถึงลักษณะ โครงสร้างของใยแก้วแต่ละชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติดังนี้

1. ไฟเบอร์กลาสตาसान : จะใช้เส้นใยแก้วที่ทอเป็นเส้นยาว นำมาทอเป็นตาसानในลักษณะของสิ่งทอ หรือกล่าวได้ว่าจะมีลักษณะเป็นเหมือนผืนผ้า ซึ่งลักษณะการทอสานของใยแก้วเช่นนี้เอง ทำให้ชิ้นงานที่ใช้ตาसानจะมีความแข็งแรงสูงมาก จึงนำไปใช้ในส่วนที่ต้องการความแข็งแรงสูง รวมถึงในส่วนที่ต้องการชิ้นงานที่ไม่หนามากนัก

2. ไฟเบอร์กลาสเมท : จะเป็นลักษณะของเส้นใยแก้วเส้นสั้น ๆ นำมาอัดให้เกาะกันเป็นแผ่นผืน การเรียงตัวของใยแก้วจึงมีลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบ ไร้ทิศทาง มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง ใยแก้วประเภทนี้จะสามารถจัดรูปตามชิ้นงานได้ดีกว่าตาसान เมื่อมีการเข้ารูปชิ้นงานด้วยเรซินแล้ว เหมาะสำหรับใช้กับส่วนของชิ้นงานที่ต้องรับแรงอัดจากโมดสูง

3. ไฟเบอร์กลาสทิว : เป็นใยแก้วที่มีลักษณะเส้นใยบางมากนำมาอัดเป็นแผ่นบาง ๆ ใยทิวนี้ จะนำมาใช้ในส่วนที่ติดกับหน้างาน เนื่องจากจะทำให้หน้าของชิ้นงานมีความเรียบ

## 2.7 การอินเทอร์เฟซพื้นฐาน

เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกรุ่นจะมีหมายเลขพอร์ตสำหรับใช้งานต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.5 จะเห็นว่ามีบางพอร์ตที่ไม่ได้ถูกใช้งาน (ถูกสงวนไว้) เช่น พอร์ต 360-36F, พอร์ต 3C0-3CF เราสามารถที่จะนำหมายเลขพอร์ตเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้งานได้ หรือจะใช้งานหมายเลขพอร์ตที่ถูกกำหนดเอาไว้แล้วก็ได้ แต่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของเราไม่ได้ต่ออุปกรณ์ใช้งานกับพอร์ตนั้น เช่น พอร์ตหมายเลข 278-27F (เครื่องพิมพ์ขนาน พอร์ต 2) เพราะโดยทั่วไปจะนิยมต่อเครื่องพิมพ์ที่พอร์ตหมายเลข 3BC หรือ 378

ตาราง 2.5 แสดงการจัดตำแหน่งพอร์ตของระบบ

หมายเลขพอร์ต	การใช้งาน
000-01F	ตัวควบคุมคีย์บอร์ด 1, 8237A-5
020-03F	ตัวควบคุมอินเตอร์รัปต์ 1, 8259 (มาสเตอร์)
040-05F	ตัวควบคุมการนับเวลา 8254-2
060-06F	ตัวควบคุมพอร์ตขนานและคีย์บอร์ด 8042
070-07F	Real Time Clock, NMI ของระบบ
080-09F	คีย์บอร์ดเพอร์ซิสเตอร์ 74LS612
0A0-0BF	ตัวควบคุมอิมเตอร์รัปต์ 2, 8259 (สเลฟ)
0C0-0DF	ตัวควบคุมคีย์บอร์ด 2, 8237A-5
0F0	เคิลียร์เมท โค โปรเซสเซอร์
0F1	รีเซตเมท โค โปรเซสเซอร์
0F8-0FF	เมท โค โปรเซสเซอร์ 80287
1F0-1FB	ฮาร์ดดิสก์
200-207	เกมอินพุท/เอาต์พุท
278-27F	เครื่องพิมพ์ขนาน พอร์ต 2
2F8-2FF	เครื่องพิมพ์อนุกรม พอร์ต 2
300-31F	การ์ด โปรโตไทป์ (prototype)
360-36F	สงวนไว้
378-37F	เครื่องพิมพ์ขนาน พอร์ต 1
380-38F	SDLC ไบท์ซิงค์โครไนซ์ 1
3A0-3AF	ไบท์ซิงโครไนซ์ 1
3B0-3BF	อะแดปเตอร์โมโนโครม และเครื่องพิมพ์
3C0-3CF	สงวนไว้
3D0-3DF	อะแดปเตอร์สี/กราฟฟิก
3F0-3F7	ตัวควบคุมดิสก์ไครฟ์
3F8-3FF	พอร์ตอนุกรม 1

การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตนั้น ๆ สามารถจะใช้ภาษาเบสิก ภาษาซี ภาษาปาสคาล หรือแอสเซมบลี ก่อนอื่นจะต้องทราบหมายเลขพอร์ตที่จะใช้งาน แล้วศึกษารายละเอียดของตัวอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ในพอร์ตนั้น ๆ ว่ามีการทำงานอย่างไร จากนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของพอร์ตนั้น สำหรับบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่ทำหน้าที่ควบคุมการรับคีย์บอร์ดสแกนโค้ดเป็นพอร์ตขนาน แล้วยังผลิตเสียงได้ด้วย คือ พอร์ตหมายเลข 060-06F พอร์ตนี้จะใช้ชิป 8255 ในการทำงาน

### 2.7.1 8255 พอร์ตอินพุท/เอาต์พุทของระบบ (Programmable Peripheral Interface)

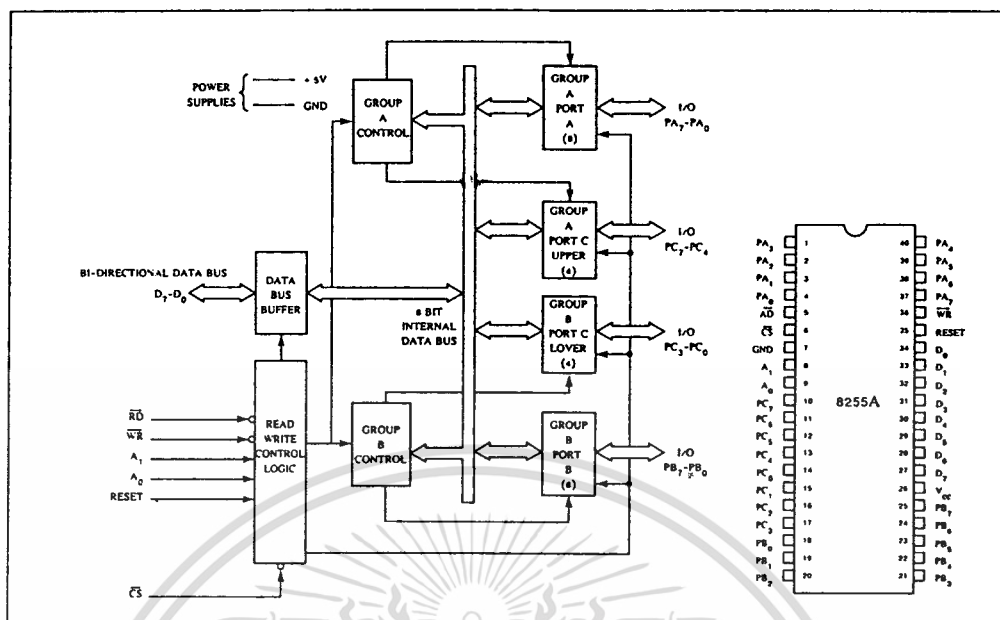
8255 เป็นชิปช่วยเหลือที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ตขนาน สามารถรับส่งข้อมูลแบบขนานได้รวดเร็ว โดยมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 3 พอร์ตด้วยกัน คือ พอร์ต A, พอร์ต B และพอร์ต C นอกจากนั้นยังมีพอร์ตควบคุมอีก 1 พอร์ต ในพอร์ต A และพอร์ต B จะมีขนาด 8 บิต ส่วนพอร์ต C จะถูกแบ่งออกเป็น 4 บิตบน และ 4 บิตล่าง โดยที่ 4 บิตบน (PC4 - PC7) จะถูกควบคุมด้วยพอร์ต A ส่วน 4 บิตล่าง (PC0 - PC3) จะถูกควบคุมโดยพอร์ต B

ตารางที่ 2.6 แสดงหน้าที่ และขาสัญญาณต่าง ๆ ของ 8255

ขาสัญญาณ	หน้าที่
PA, PB, PC (Part A, B, C)	เป็นขาสัญญาณของพอร์ตทั้ง 3 ของ 8255 คือ พอร์ต A, พอร์ต B และพอร์ต C การเลือกใช้งาน 1 ใน 3 พอร์ต จะใช้แอดเดรส A0, A1 เลือกอีกทีหนึ่ง
CS (Chip Select)	สัญญาณเลือกชิป 8255 ก่อนจะทำกรโปรแกรม ต้องให้สัญญาณนี้แอกทีฟ คือ เป็น 0 ด้วย
RD (Read)	เป็นสัญญาณอินพุท เพื่อให้อ่านข้อมูลภายในพอร์ตของ 8255 สัญญาณนี้จะต้องแอกทีฟพร้อม CS
WR (Write)	เป็นสัญญาณอินพุท เพื่อใช้เขียนข้อมูลภายในพอร์ตของ 8255 สัญญาณนี้จะต้องแอกทีฟพร้อม CS
D0-D7 (Data Bus)	เป็นขาสัญญาณแบบไบโคเรกเซนเนล คือ 2 ทิศทาง สามารถใช้รับ/ส่งข้อมูลจากชิพได้
A0-A1 (Address)	เป็นสัญญาณอินพุทใช้งานร่วมกับสัญญาณ RD และ WR เพื่อเลือกและควบคุม 1 ใน 3 พอร์ต หรือรีจิสเตอร์เวิร์ดควบคุม
Reset	เป็นสัญญาณอินพุทใช้รีเซ็ตแก่ 8255 เพื่อทำการเคลียร์สถานะต่าง ๆ ของ 8255 และทำให้พอร์ตทั้ง 3 เป็นอินพุททั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงแผนผังและการจัดขาของ 8255A-5

## 2.7.2 การโปรแกรม 8255

การใช้งาน 8255 จะต้องทำการโปรแกรมเสียก่อน โดยการส่งค่าไบต์ควบคุมให้แก่พอร์ทควบคุมจะเป็นคำสั่งขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ซึ่งแต่ละบิตจะมีความหมาย และใช้งานต่างกัน ไบต์ควบคุมนี้จะเป็นคำสั่งกำหนดโหมดการทำงานของ 8255 และการกำหนดให้พอร์ททั้ง 3 (A,B,C) เป็นอินพุต หรือเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 5.3

บิต D0 = ข้อมูลในบิตนี้ กำหนดให้พอร์ท C ล่าง (PC0 - PC3) เป็นอินพุต หรือเอาต์พุต ถ้าบิตนี้เป็น 1 จะเป็นอินพุต แต่ถ้าเป็น 0 จะเป็นเอาต์พุต

บิต D1 = ข้อมูลในบิตนี้ กำหนดให้พอร์ท B เป็นอินพุต หรือเอาต์พุต ถ้าบิตนี้เป็น 1 จะเป็นอินพุต แต่ถ้าเป็น 0 จะเป็นเอาต์พุต

บิต D2 = ข้อมูลในบิตนี้ กำหนดการเลือกโหมดของกุ่ม B ถ้าบิตนี้เป็น 1 จะทำงานในโหมด 1 ถ้าบิตนี้เป็น 0 จะทำงานในโหมด 0

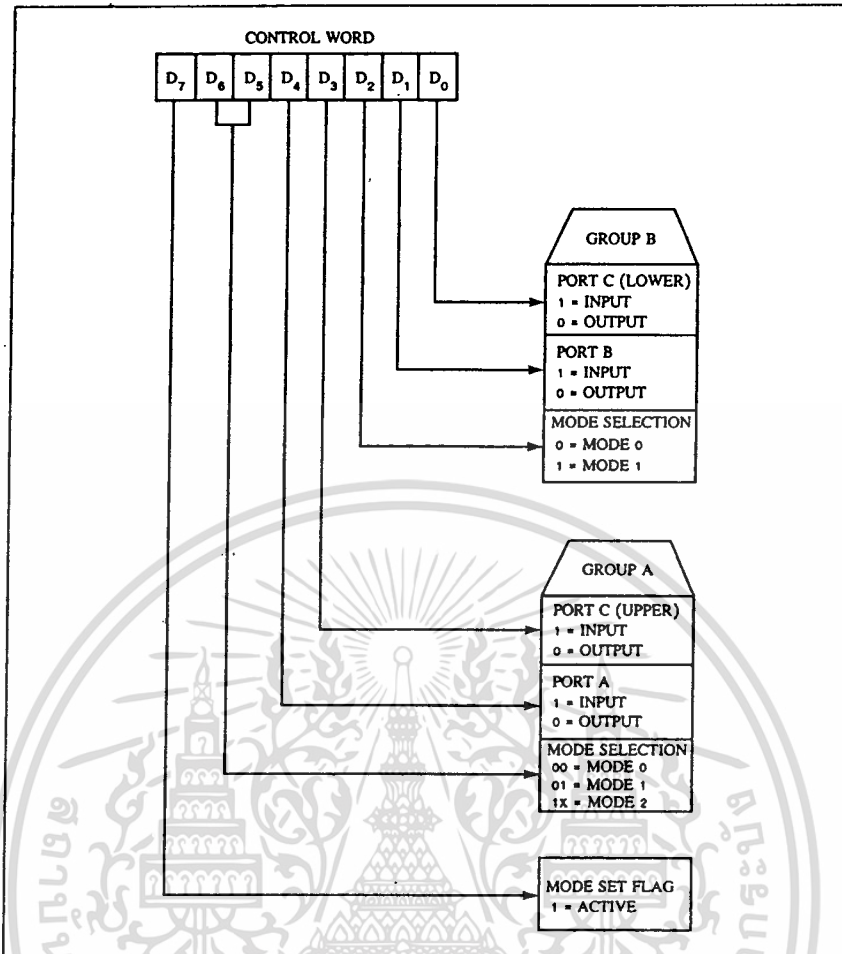
บิต D3 = ข้อมูลในบิตนี้ กำหนดให้พอร์ท C บน (PC4 - PC7) เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ถ้าบิตนี้เป็น 1 จะเป็นอินพุต แต่ถ้าเป็น 0 จะเป็นเอาต์พุต

บิต D4 = ข้อมูลในบิตนี้กำหนดให้พอร์ท A เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ถ้าบิตนี้เป็น 1 จะเป็นอินพุต แต่ถ้าเป็น 0 จะเป็นเอาต์พุต

บิต D5,D6 = ข้อมูลทั้ง 2 บิตนี้เป็นตัวเลือกโหมดการทำงานของกลุ่ม A ถ้ามีค่าเป็น 00 จะทำงานโหมด 0 หรือถ้ามีค่าเป็น 01 จะทำงานโหมด 1 แต่ถ้ามีค่าเป็น 1X (10 และ 11) จะทำงานในโหมด 2

บิต D7 = ข้อมูลในบิตนี้เกี่ยวกับการเซตแฟล็กใน 8255

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงรูปแบบการกำหนดค่าของไบต์ควบคุม

### 2.7.3 โหมดการทำงานของ 8255

8255 มีโหมดการทำงานอยู่ 3 โหมดด้วยกัน คือ

#### 1. โหมด 0 (โหมดอินพุต/เอาต์พุตพื้นฐาน)

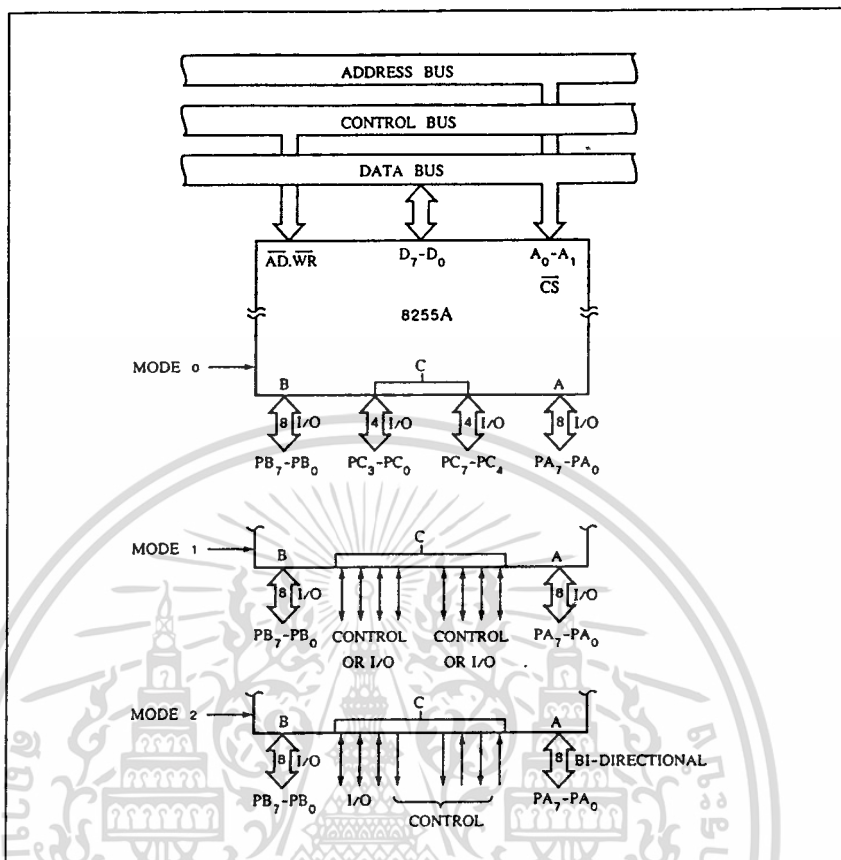
ในโหมด 0 นี้จะกำหนดให้พอร์ท A, B และ C เป็นอินพุต/เอาต์พุตก็ได้ ไม่มีสัญญาณแฮนด์เชกกิ้ง (Handshaking) เอาต์พุตที่ออกจากพอร์ท A, B และ C จะแลทช์ (Latched) ค่าไว้ด้วย สามารถจัดรูปแบบของอินพุต/เอาต์พุตได้ถึง 16 แบบด้วยกัน

#### 2. โหมด 1 (โหมดอินพุต/เอาต์พุตสโตรบ)

การทำงานในโหมด 1 มีการตรวจสอบสัญญาณแฮนด์เชกกิ้ง คือ เป็นการทำงานระหว่างอุปกรณ์ภายนอกซีพียู และชิป 8255 โดยให้พอร์ท 8255 เป็นตัวกลางในการทำงาน สามารถใช้งานได้ 2 พอร์ท คือพอร์ท A และพอร์ท B เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต โดยใช้พอร์ท C บน (PC4 - PC7) ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบสัญญาณแชนด์เชกกิ้งของพอร์ท A และใช้พอร์ท C ล่าง (PC0 - PC3) กอปรตรวจสอบสัญญาณแชนด์เชกกิ้งของพอร์ท B



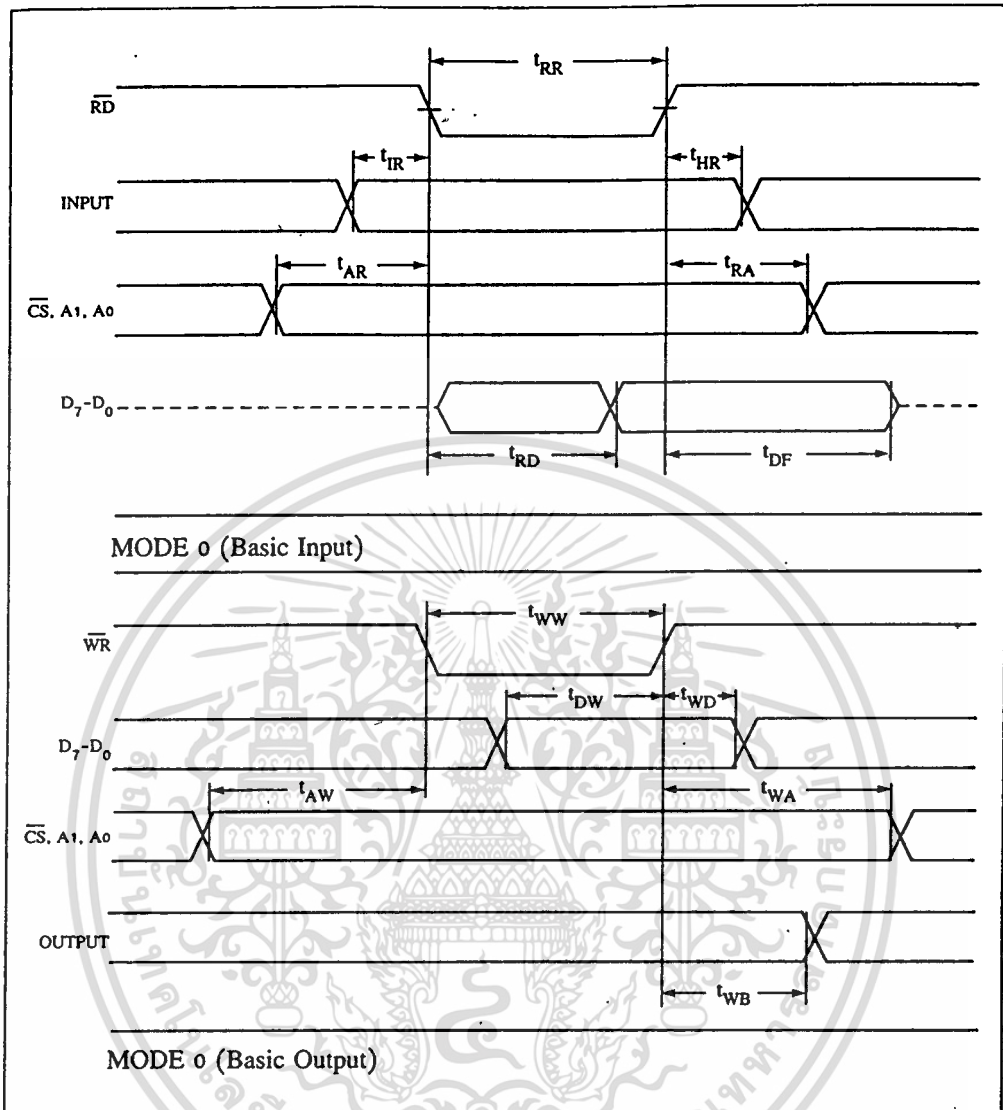
รูปที่ 2.22 แสดงโหมดการทำงานทั้ง 3 พอร์ท และการเชื่อมต่อบัส

การใช้งาน 8255 ในโหมด 1 นี้ จะมีประโยชน์ในกรณีที่อุปกรณ์ภายนอกไม่สามารถจะทำงานได้เร็วทันการทำงานของซีพียู และเพื่อให้การรับส่งของข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง จากรูปที่ 2.24 จะเห็นว่า 8255 ส่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (INTR) ไปให้ซีพียู เพื่อให้ซีพียูทำการอ่าน หรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก

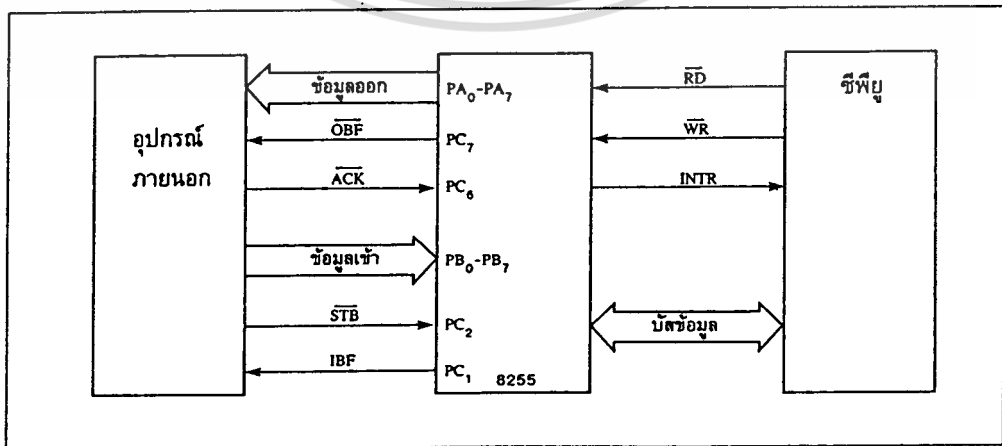
เมื่ออุปกรณ์ภายนอกต้องการจะส่งข้อมูลให้ซีพียูส่งสัญญาณ STB (Strobe Input) มาให้ชิป 8255 (รูปที่ 2.25) พร้อมทั้งส่งข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ในพอร์ท จากนั้นชิป 8255 จะส่งสัญญาณ IBF (Input Buffer Full) ไปยังอุปกรณ์ภายนอก เพื่อไม่ให้ส่งข้อมูลเข้าไปอีก และ 8255 ก็ส่งสัญญาณ INTR<sub>B</sub> ไปให้ซีพียู จากนั้นซีพียูจะส่งสัญญาณ RD เพื่อทำการอ่านข้อมูลจากพอร์ท B เมื่ออ่านเสร็จแล้วสัญญาณ INTR<sub>B</sub> จะไม่ทำงาน และสัญญาณ IBF จะไม่ทำงานด้วย เป็นการบอกให้อุปกรณ์ภายนอกส่งข้อมูลชุดใหม่มาได้

ถ้าซีพียูต้องการจะส่งข้อมูลออกไปให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถทำได้โดยส่งสัญญาณ WR ออกมา (รูปที่ 2.26) พร้อมทั้งข้อมูล 8255 จะรับข้อมูลจากซีพียูไว้ในพอร์ท แล้วส่งสัญญาณ OBF (Output Buffer Full) ให้อุปกรณ์ภายนอกรับข้อมูลไปได้ เมื่ออุปกรณ์ภายนอกรับข้อมูลไปแล้วจะส่งสัญญาณ ACK (Acknowledge) ไปให้ 8255 ว่ารับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำให้สัญญาณ INTR<sub>A</sub> ทำงาน เพื่อให้ซีพียูส่งข้อมูลชุดใหม่ออกไป

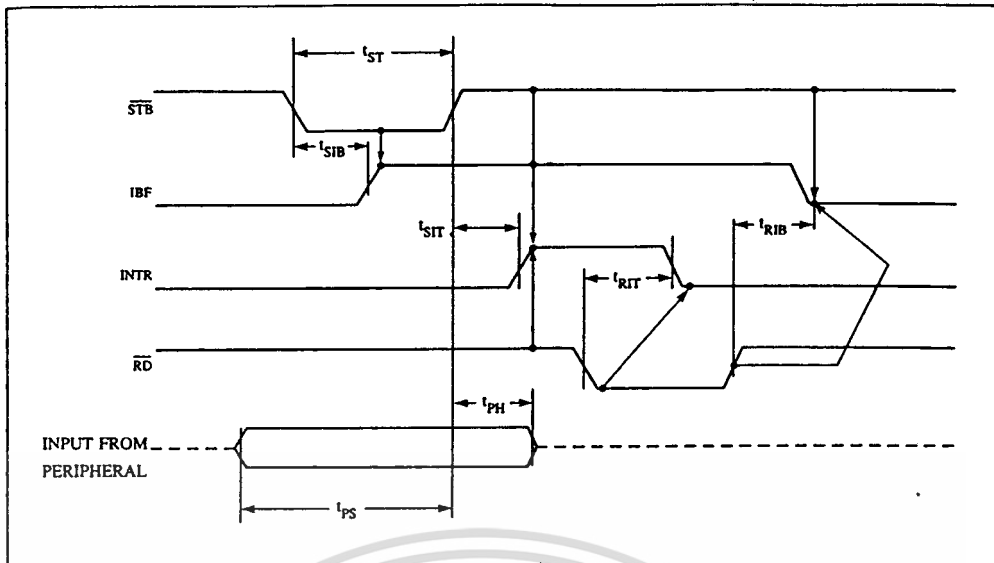
เอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



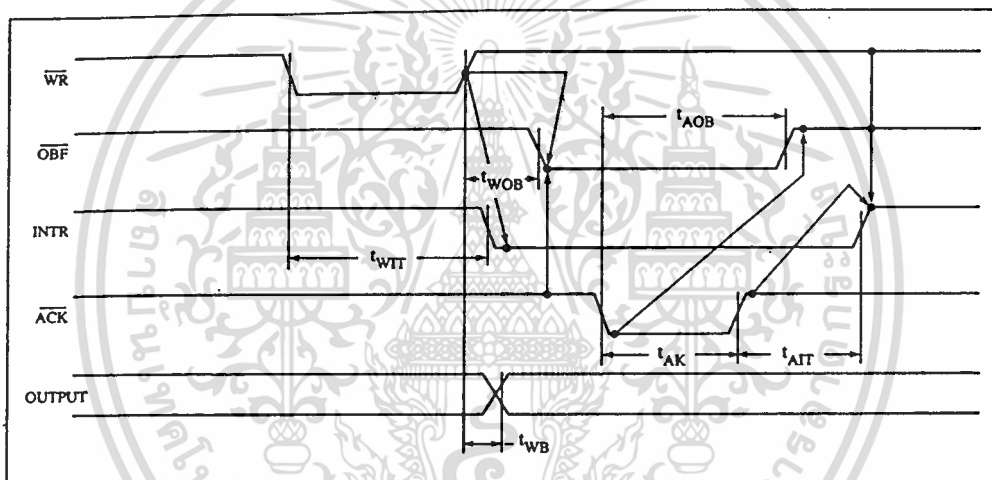
รูปที่ 2.23 แสดงบัสไซเคิลในโหมด 0 ของ 8255



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.24 แสดงการใช้งานในโหมด 1 ของชิป 8255 นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



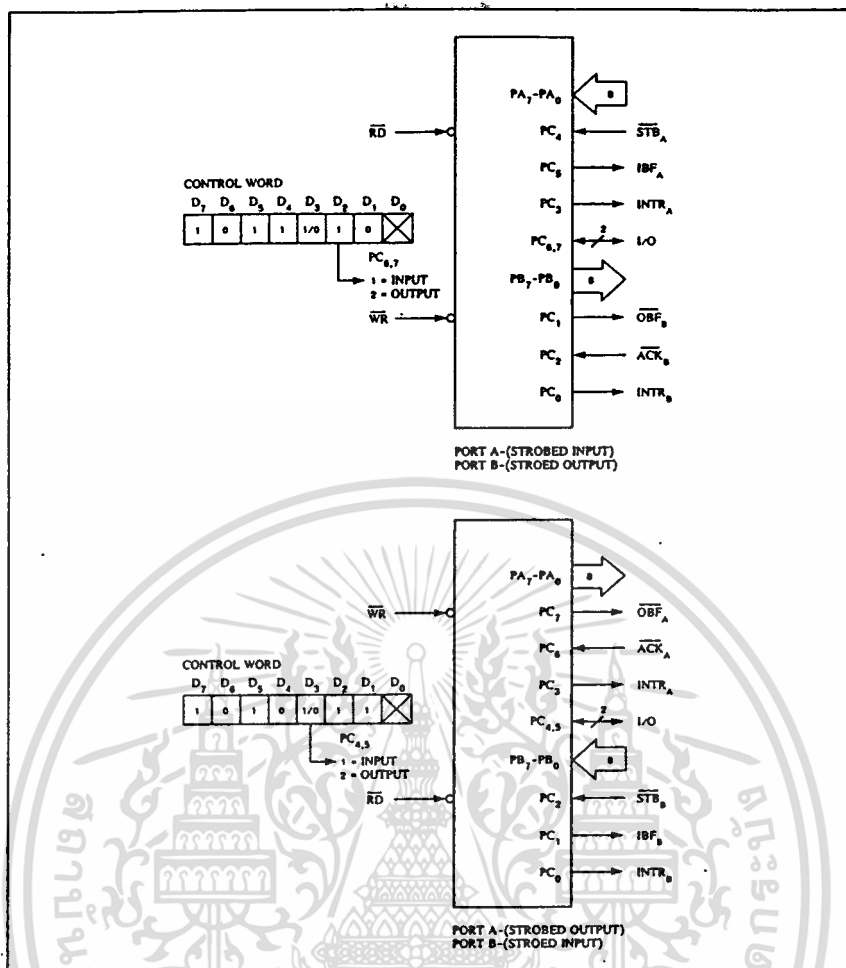
รูปที่ 2.25 แสดงบิตไซ้เกิดของการแฮนด์เชกถึงขณะเป็นอินพุทพอร์ต



รูปที่ 2.26 แสดงบิตไซ้เกิดของการแฮนด์เชกถึงขณะเป็นเอาต์พุทพอร์ต

ตารางที่ 2.7 แสดงหน้าที่สัญญาณของพอร์ต C ในโหมด 1

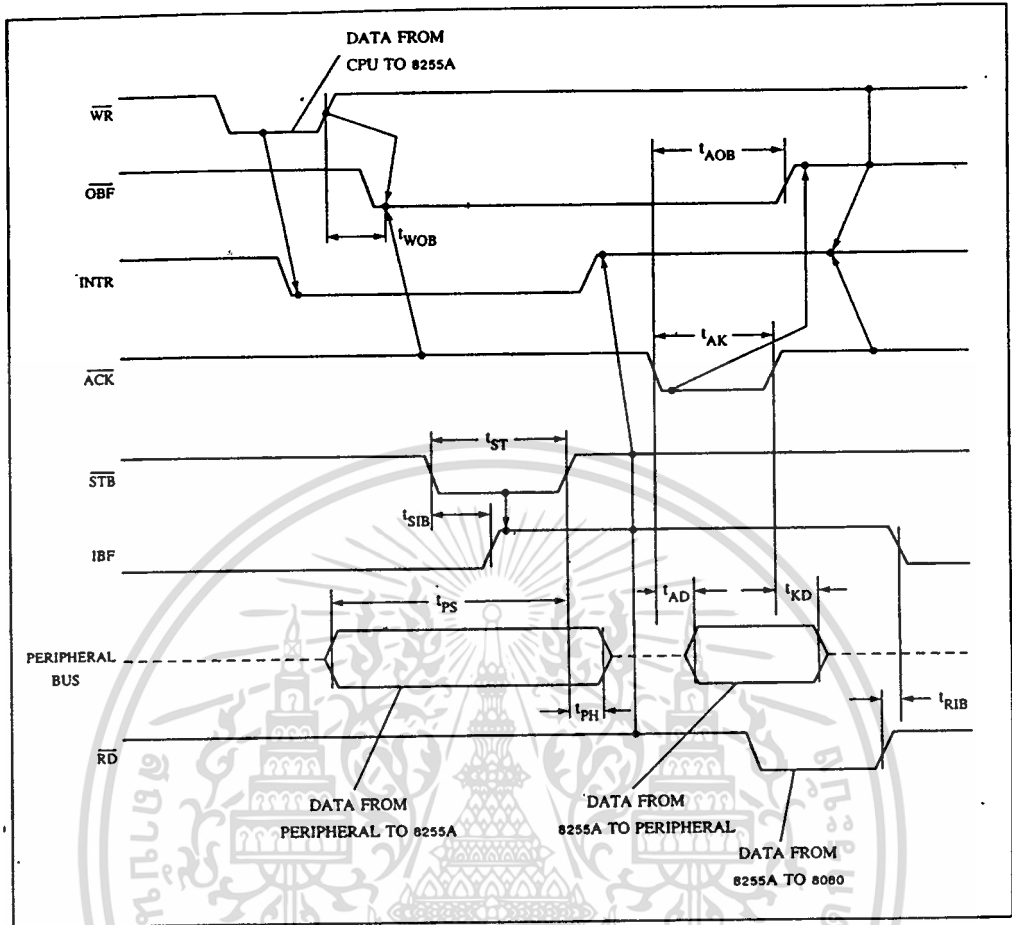
ขา	อินพุท	เอาต์พุท
Pc0	INTRB	INTRB
Pc1	IBFB	OBFB
Pc2	STBB	ACKB
Pc3	INTRA	INTRA
Pc4	STBA	I/O
Pc5	IBFA	I/O
Pc6	I/O	ACKA
Pc7	I/O	OBFA



รูปที่ 2.27 แสดงการจัดให้พอร์ต A และพอร์ต B เป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตในโหมด 1

### 3. โหมด 2 (บัสแบบสองทิศทาง)

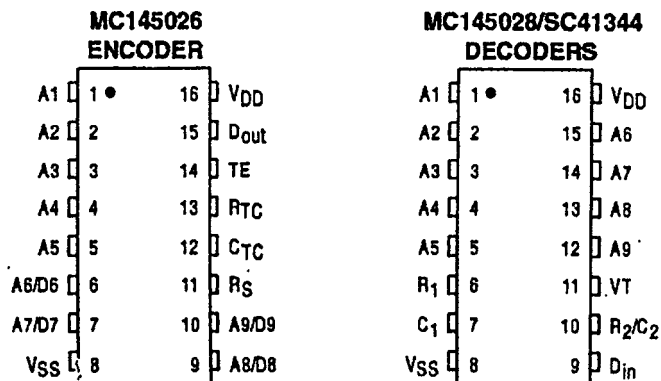
สำหรับโหมด 2 นี้ ยังคงใช้สัญญาณการตรวจสอบแอสแตร์กยังคงอยู่ เป็นบัสแบบสองทิศทาง จัดได้เฉพาะพอร์ต A โดยให้พอร์ต A เป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุต พอร์ตจะใช้งานเกี่ยวกับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว ที่สลับกันรับ/ส่งข้อมูล และใช้พอร์ต C ขนาด 5 บิต ในการตรวจสอบสัญญาณ สัญญาณที่เข้า/ออกจากพอร์ต A จะเลขตัวไว้ด้วย การทำงานจะคล้าย ๆ กับโหมด 1 ของชิป 8255



รูปที่ 2.28 แสดงบัสไซ้เกิดของการแฮนด์เรกกิ่งในโหมด 2

2.8 ไอซีเข้ารหัส และถอดรหัส

สำหรับไอซีที่ใช้ในการเข้ารหัส และถอดรหัสในเครื่องส่ง และเครื่องรับ จะใช้ MC145026 และ MC145028 ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นคู่ในการเข้ารหัส และถอดรหัส ดังรูปที่ 2.29 แสดงขาของไอซีทั้งสอง ซึ่งเป็นไอซี 16 ขา

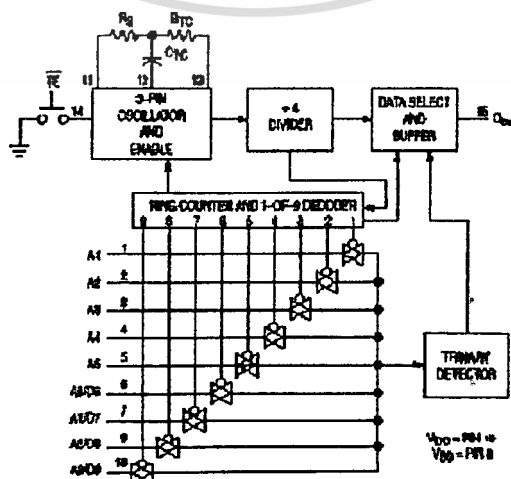


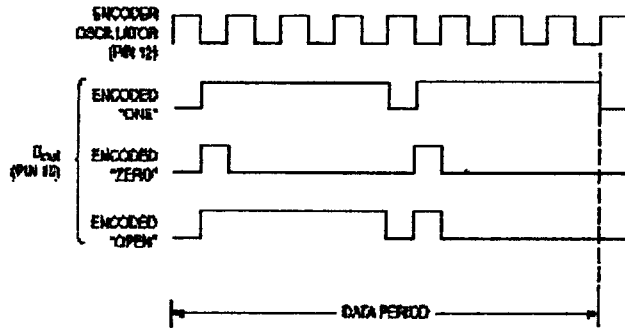
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.29 แสดงขาของไอซีเข้ารหัส MC145026 และ ไอซีถอดรหัส MC145028  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเข้ารหัส MC145026 นั้น สามารถเข้ารหัสได้ 9 ตัว หรือ 9 บิต และส่งออกไปในลักษณะข้อมูลอนุกรม ซึ่งการจะส่งออกไปได้นั้นจะขึ้นอยู่กับขา TE ที่ต้องมีระดับแรงดันต่ำ หรือกราวด์ รหัสทั้ง 9 บิตนั้น จะสามารถเข้ารหัสได้ 3 สถานะ (ternary data) คือ สถานะต่ำ สถานะสูง และสถานะเปิดวงจร ซึ่งทำให้สามารถเข้ารหัสได้ถึง 19,683 รหัส หรือจะเข้ารหัสเป็น 2 สถานะเป็นสถานะต่ำ และสถานะสูง ที่จะเข้ารหัสได้ 512 รหัส โดยรหัสแต่ละบิตจะเป็นลักษณะของรหัสอนุกรมที่เหมือนกัน 2 พัลส์ส่งไปติดกัน 2 ชุดต่อ 1 บิต เพื่อให้มีความปลอดภัยในการเข้ารหัสได้สูงขึ้น ส่วนตัวถอดรหัส MC145028 นั้น จะสามารถถอดขบวนสัญญาณรหัสอนุกรม 3 สถานะ โดยเอาที่พู่ของตัวถอดรหัสนี้จะออกมาเป็นระดับแรงดันสูง หากว่าการตั้งรหัสไว้ที่เครื่องรับตรงกับสัญญาณรหัสของตัวเข้ารหัสที่ส่งมา

2.8.1 ไอซีเข้ารหัส MC145026

ไอซีเข้ารหัส MC145026 จะสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.30 ข้อมูล 3 สถานะที่ถูกเข้ารหัสแบบอนุกรม จากขาอินพุต A1-A5 และ A6/D6-A9/D9 ขาเหล่านี้สามารถจะเข้ารหัสให้เป็นลักษณะ 3 สถานะ ที่จะทำให้เข้ารหัสได้ถึง 19,683 รหัส และจากที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว คือ สัญญาณรหัสอนุกรมจะถูกส่งออกไปได้ก็ต่อเมื่อมีการกำหนดให้อินพุตแรงดันระดับต่ำแก่ขา TE ซึ่งจะทำให้ออสซิลเลเตอร์ หรือสัญญาณนาฬิกาทำงาน และขบวนสัญญาณรหัสอนุกรมที่จะส่งออกทางเอาต์พุตขา  $D_{out}$  ก็จะถูกส่งออกไปได้ โดยการส่งสัญญาณรหัสออกเอาต์พุตจะส่งออกไปได้อย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมทั้งขา TE ยังเป็นระดับต่ำอยู่ การเข้ารหัสได้ 3 สถานะในแต่ละบิตนั้นสามารถแสดงให้เห็นลักษณะของพัลส์สัญญาณของรหัสแต่ละแบบดังรูปที่ 2.31 โดยรหัสสถานะต่ำ (ลอจิก 0) จะถูกเข้ารหัสเป็นลักษณะของพัลส์สั้น ๆ ติดกัน 2 พัลส์ รหัสสถานะสูง (ลอจิก 1) จะเข้ารหัสได้เป็นพัลส์ยาว 2 พัลส์ติดกัน และรหัสสถานะเปิดวงจร (ความต้านทานสูง) จะมีลักษณะการเข้ารหัสเป็นพัลส์ยาว 1 พัลส์ ตามมาด้วยพัลส์สั้นอีก 1 พัลส์ ซึ่งในการเข้ารหัสให้แต่ละอินพุตนั้น สำหรับการเข้ารหัสเพื่อให้บิตใด ๆ มีสถานะสูง ระดับแรงดันที่นำไปเข้ารหัสจะต้องมีค่าเป็น 70% ของระดับแรงดันไฟเลี้ยง ( $V_{DD}$ ) ซึ่งหากเราทำการต่อขาที่อินพุตที่ต้องการเข้ารหัสให้มีสถานะสูงโดยตรงกับไฟเลี้ยง จะทำให้ไม่สามารถเข้ารหัสได้เลย เพราะจะเกิดสถานะอัมตวัขึ้น





รูปที่ 2.31 ลักษณะของพัลส์สัญญาณที่ถูกเข้ารหัส

สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณทั้ง 9 บิต เพื่อให้มีเอาต์พุตออกมาในลักษณะของขบวนสัญญาณรหัสอนุกรมคิงบล็อคโคอะแกรมรูปที่ 2.30 นั้น จะต้องมียวงจรออสซิลเลเตอร์เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่จะส่งรหัสแต่ละบิตออกไปทางเอาต์พุต ซึ่งมีส่วนประกอบของวงจรออสซิลเลเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.32 และสามารถคำนวณหาค่าความถี่ที่ต้องการในการเข้ารหัสของขบวนสัญญาณจากสมการ

$$f = \frac{1}{2.3R_{TC}C'_{TC}} \text{ (Hz)} \tag{2.6}$$

โดยที่มีเงื่อนไขเป็น

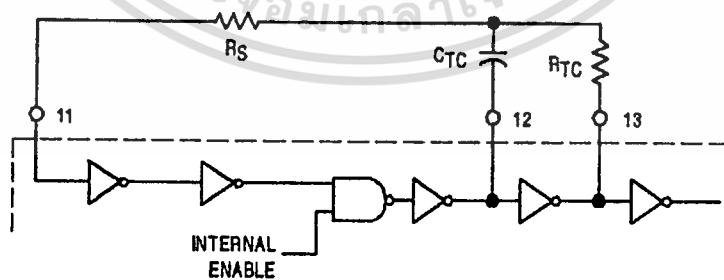
$$1\text{kHz} \leq f \leq 400\text{kHz}$$

$$C'_{TC} = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12\text{pF} \approx C_{TC} + 20\text{pF}$$

$$R_s = 2R_{TC} \geq 20\text{k}\Omega$$

$$R_{TC} \geq 10\text{k}\Omega$$

$$400\text{pF} < C_{TC} < 15\mu\text{F}$$

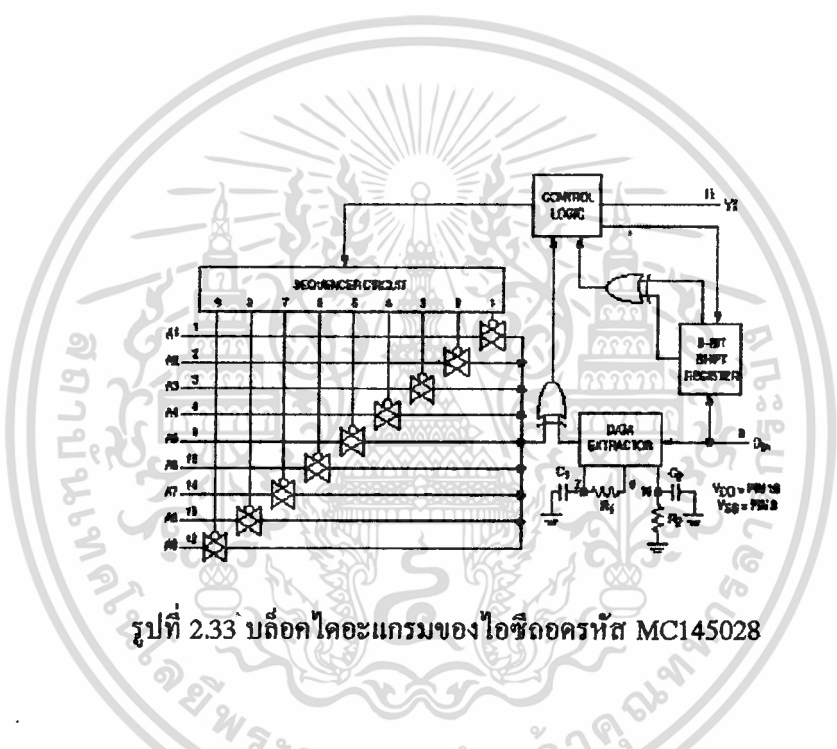


รูปที่ 2.32 แสดงส่วนออสซิลเลเตอร์ของไอซี MC145026

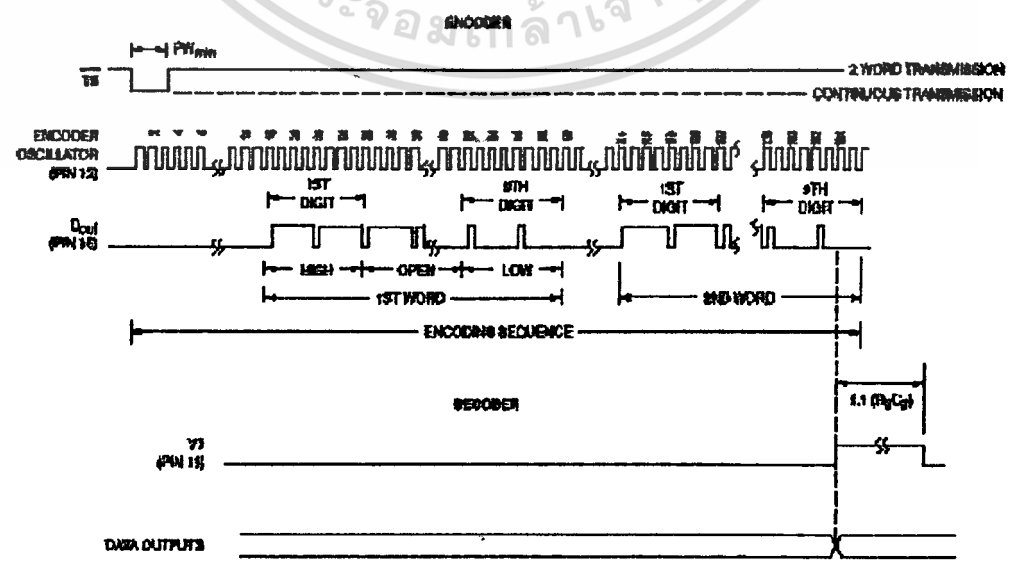
### 2.8.2 ไอซีถอดรหัส MC145028

ในการถอดรหัสที่เครื่องรับนั้น จะใช้ไอซี MC145028 เป็นตัวถอดรหัส ซึ่งเป็นไอซีคู่กับไอซีเข้ารหัส MC145026 โดยมีบล็อกโคอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 2.33 การถอดรหัสจะเป็นไปได้ เมื่อขบวนรหัสที่เข้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสมาจากทางด้านส่งได้ส่งขบวนการรหัสที่เหมือนกันส่งอนุกรมออกมา 2 ชุด (word) นำมาเปรียบเทียบกับที่ทำการใส่รหัสไว้กับไอซีลอครหัส สำหรับ MC145028 แอคเครส 9 ตัวจะถูกใช้ โดยเอาท์พุท VT จะถูกใช้เพื่อแสดงว่า ได้รับแอกเครสที่ถูกต้องเข้ามา และเพื่อความปลอดภัยของระบบ ขบวนการสัญญาณรหัสที่ส่งมาจะต้องส่งมาเหมือนกัน 2 ชุดติดกัน จึงจะทำให้เอาท์พุท VT ผลิตรายออกมาได้ และเช่นเดียวกันการเข้ารหัส คือ การถอดรหัสสามารถทำได้ถึง 19,683 รหัสหากมีการกำหนดแอกเครสแบบ 3สถานะ และจะถอดรหัสได้ 512 รหัส หากกำหนดแอกเครสแบบ 2 สถานะ ถึงแม้ว่าข้อมูลแอกเครสจะถูกเข้ารหัสเป็นได้ 3 สถานะ แต่ข้อมูลข่าวสารก็จะเป็นรหัสของ 0 กับ 1 ขบวนการสัญญาณรหัสสามสถานะนี้ ก็จะถูกถอดรหัสออกมาได้เป็นลอจิก 1 รูปที่ 2.34 แสดงไคอะแกรมเวลาของการเข้ารหัส และการถอดรหัส



รูปที่ 2.33 บล็อกไคอะแกรมของไอซีลอครหัส MC145028



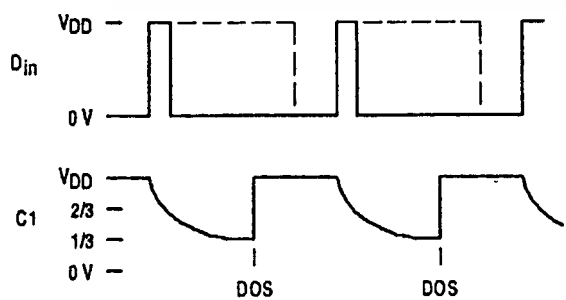
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.34 แสดงไคอะแกรมเวลาของการเข้ารหัส และการถอดรหัส  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกำหนดช่วงเวลาของการถอดรหัสแสดงดังรูปที่ 2.35 โดยจากรูปที่ 2.33 จะสามารถตรวจสอบรูปคลื่นที่  $C_1$  (ขา 7) และ  $R_2/C_2$  (ขา 10) เปรียบเทียบกับรูปคลื่นของข้อมูลที่เข้ามาที่  $D_{in}$  (ขา 9) การลดลงของ R-C จะเกิดจากการคายประจุของ  $C_1$  ลงไปถึง 1/3 ของ  $V_{DD}$  ก่อนที่จะรีเซ็ตเป็น  $V_{DD}$  ณ จุดที่รีเซ็ตนี้เรียก DOS ดังรูปที่ 2.35(ก) เป็นจุดที่ได้เกิดการตัดสินใจว่าข้อมูลที่เข้ามาจาก  $D_{in}$  เป็น 1 หรือ 0 DOS ไม่ควรที่จะใกล้กับขอบของข้อมูล  $D_{in}$  หรือการทำงานเป็นพัก ๆ อาจเกิดขึ้นก็ได้ ในการตรวจสอบช่วงเวลาสามารถตรวจสอบได้ที่  $R_2/C_2$  ดังรูปที่ 2.35(ข) การลดลงของ R-C จะถูกรีเซ็ตอย่างต่อเนื่องไปที่ระดับ  $V_{DD}$  เหมือนข้อมูลที่กำลังถูกส่ง สำหรับที่ตำแหน่งระหว่างจุดขบวนสัญญาณรหัส และหลังสิ้นสุดการส่งสัญญาณ (EOT : end-of-transmission) เท่านั้นที่  $R_2/C_2$  จะลดลงอย่างมากจากระดับ  $V_{DD}$  ซึ่ง  $R_2/C_2$  สามารถใช้เพื่อระบุตำแหน่งสิ้นสุดของชุด (EOW : end-of-word) สัญญาณรหัสภายในที่ถูกผลิตขึ้นมาเมื่อ  $R_2/C_2$  ลดลงถึงระดับ 2/3 ของ  $V_{DD}$  และขอบเวลาของ EOT ภายในจะปรากฏขึ้นเมื่อ  $R_2/C_2$  ลดลงเหลือที่ระดับ 1/3 ของ  $V_{DD}$  เมื่อรูปคลื่นสามารถสังเกตเห็นได้ว่าการลดลงของ R-C ที่ระดับระหว่าง 2/3 ถึง 1/3 ของ  $V_{DD}$  แต่จะต้องไม่ใกล้กับระดับใดระดับหนึ่ง จะเป็นจุดที่การส่งสัญญาณมาที่  $D_{in}$  ขบวนถัดไปถูกส่งเข้ามา สำหรับค่าความสัมพันธ์ของช่วงเวลาในการถอดรหัสจะสัมพันธ์กับการเข้ารหัสได้โดย

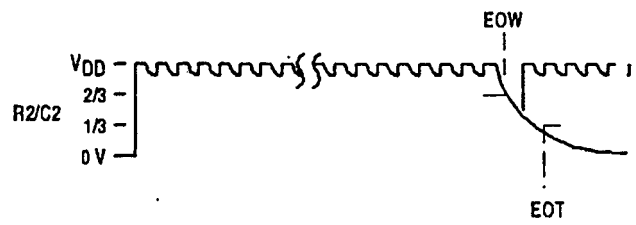
$$\begin{aligned} R_1 C_1 &= 395 R_{TC} C_{TC} \\ R_2 C_2 &= 77 R_{TC} C_{TC} \end{aligned} \tag{2.7}$$

โดยที่

- $R_1 \geq 10k\Omega$
- $C_1 \geq 400pF$
- $R_2 \geq 100k\Omega$
- $C_2 \geq 700pF$



(ก) การลดลงของ R-C ที่ขา 7 ( $C_1$ )

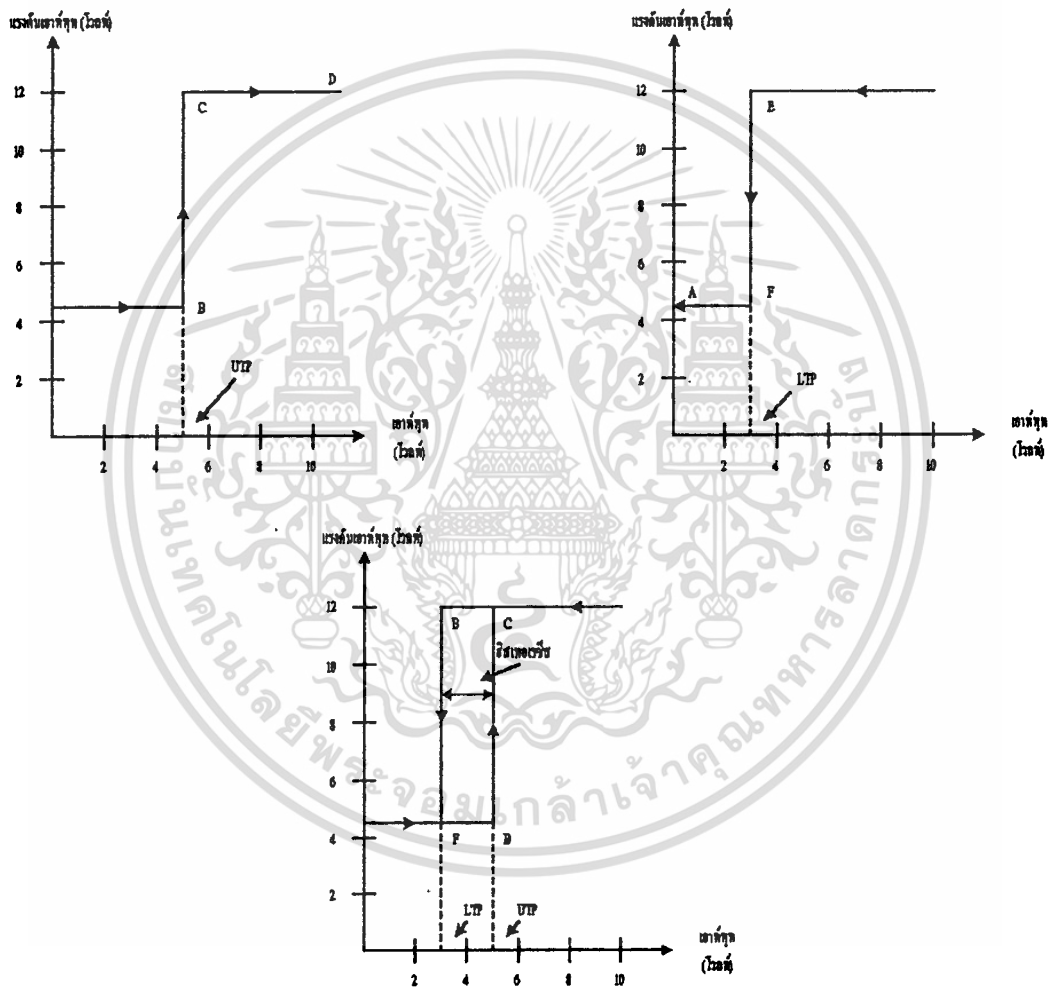


(ข) การลดลงของ R-C ที่ขา 10 ( $R_2/C_2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.35 แสดงช่วงเวลาของการถอดรหัส แต่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9 ขมิทท์ทริกเกอร์ (Schmitt Trigger)

วงจรขมิทท์ทริกเกอร์เป็นวงจรทางค่านสวิทช์จริง ลักษณะของวงจรจะเป็นการตีเทกระดับแรงดันที่สามารถตรวจสอบระดับแรงดันเมื่ออินพุตมาถึงระดับที่ตั้งเอาไว้ วงจรขมิทท์ทริกเกอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวงจรถานซิสเตอร์ที่ได้รับการออกแบบมาให้สามารถทริกสัญญาณได้ตามต้องการ ลักษณะการทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ด้วยลักษณะสมบัติระหว่างอินพุตและเอาต์พุตได้ไม่ยาก โดยความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต และเอาต์พุตจะเป็นดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 แสดงลักษณะสมบัติระหว่างอินพุต/เอาต์พุต

เมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 2.36 จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของแรงดันเอาต์พุต และอินพุตเกิดเป็นวงรอบที่เรียกว่า ฮิสเทอเรซิสรูป นั้นคือ เมื่อแรงดันอินพุตค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จะเพิ่มจนถึงจุด UTP (5 โวลต์) เอาต์พุตจึงเปลี่ยนค่าแรงดันจาก 4.2 โวลต์มาเป็น 12 โวลต์ และเมื่อลดค่าแรงดันอินพุตลงมาถึง 3 โวลต์ เอาต์พุตจะเปลี่ยนจาก 12 โวลต์มาเป็น 4.2 โวลต์ ด้วยลักษณะพิเศษเช่นนี้ เราจึงนำไปใช้ในวงจรเพื่อทริกระดับสัญญาณบางอย่าง เช่น วงจรตีเทคแสงเปิดปิดไฟถนน ลักษณะการทำงานของวงจรก็คือ เมื่อแสงลดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลง ค่าแรงดันอินพุตจะค่อย ๆ สูงขึ้น จนแสงลดลงทำให้แรงดันอินพุตถึงระดับ UTP วงจรก็จะทรักทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนระดับ ซึ่งอาจจะนำเอาต์พุตไปทรักกรีเล็ยอีกต่อหนึ่ง และการที่จะทรักกลับซึ่งทำให้รีเลย์หยุดทำงานได้ ก็ต้องลดค่าแรงดันลงมาถึงระดับ LTP วงจรจะมีทรักเกอร์นั้นมิใช่ประโยชน์นำมาในการตรวจจับระดับแรงดัน เพราะการทำงานของเอาต์พุตจะสวิทซ์ทันทีทันใด ลักษณะการสวิทซ์ก็ยังมีฮิสเทอเรซิสจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในวงจรประยุกต์ต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของวงจรคือ เป็นวงจรเปลี่ยนสัญญาณคลื่นอินโคให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมได้

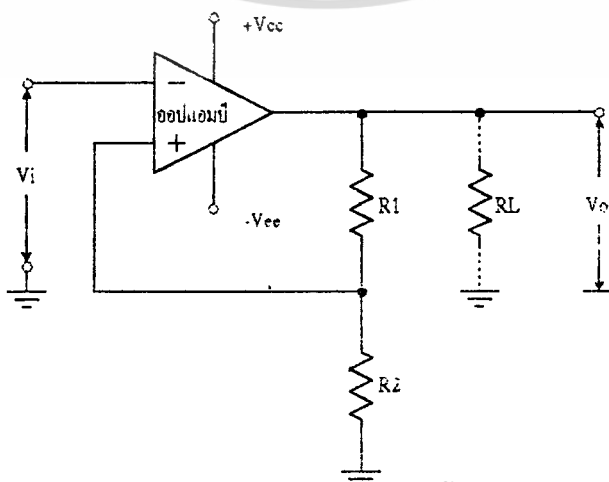
ในปัจจุบันเราสามารถออกแบบวงจรโดยใช้ไอซีจำพวกออปแอมป์ ทำให้การออกแบบวงจรร่งง่ายขึ้น โดยในที่นี้จะกล่าวถึงวงจรทรักเกอร์ที่ใช้ไอซีออปแอมป์

### การใช้ออปแอมป์ในวงจรทรักเกอร์

ไอซีออปแอมป์เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายและสามารถประยุกต์ใช้งานในวงจรทรักเกอร์ได้ การออกแบบวงจรทรักเกอร์นี้ให้ได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการก็เป็นไปได้โดยไม่ยากเย็น จากรูปวงจรที่ 2.37 เป็นรูปวงจรทรักเกอร์ออปแอมป์ สัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้าจะผ่านเข้าทางขาอินเวอร์ตติ้งที่อินพุต ส่วนขาอินเวอร์ตติ้งอินพุตจะต่อเข้ากับตัวต้านทาน  $R_1$  และ  $R_2$  ซึ่งเป็นตัวต้านทานแบ่งแรงดันจากเอาต์พุตกับกราวด์ ดังนั้นแรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้งจึงมีค่าเป็นแรงดันคร่อมตัวต้านทาน  $R_2$

จากลักษณะของวงจรเราจะเห็นว่า เมื่อค่า  $V_1$  มีค่าน้อยกว่า  $V_2$  แรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้งอินพุต ( $V_2$ ) จะมีค่ามากกว่าแรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้ง ( $V_1$ ) ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรจะมีค่าเป็นบวก ในกรณีนี้เอาต์พุตจะมีค่าโดยประมาณเป็น  $V_o = +V_{cc} - 1$  โวลท์ (กรณีที่ใช้ออปแอมป์เบอร์  $\mu A741$  และ  $R_1 = 10k\Omega$ ) ดังนั้นแรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้งสามารถคำนวณได้จาก

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{cc} - 1) \quad (2.8)$$

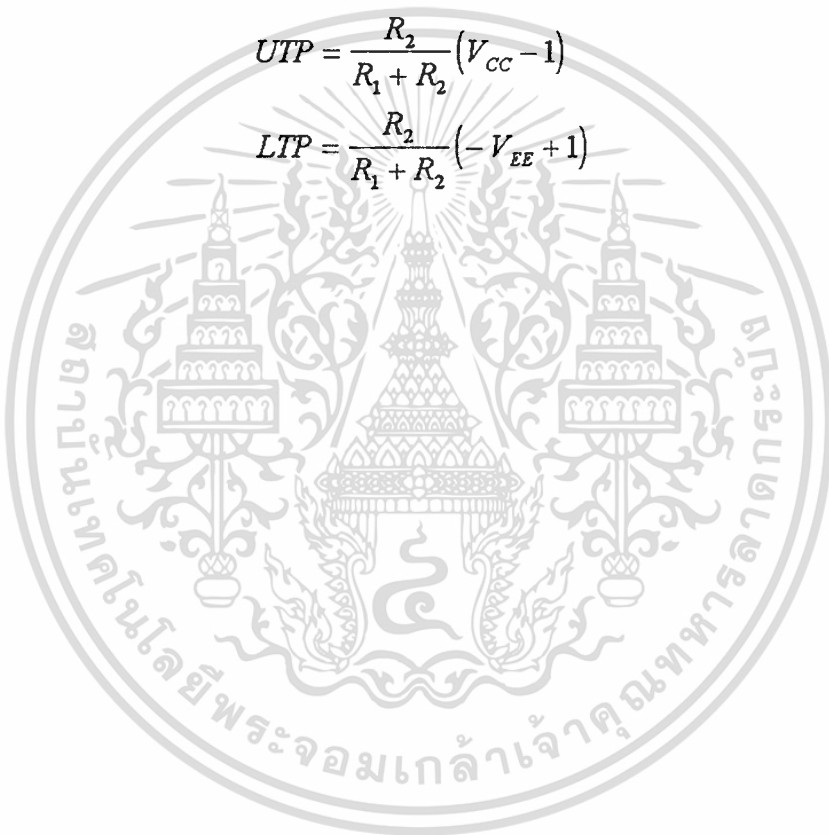


ครั้นเมื่อแรงดันอินพุตเพิ่มขึ้นจนทำให้ค่าแรงดัน  $V_i$  มากกว่าแรงดันที่ขานอนอินเวอร์ตติ้ง แรงดันเอาต์พุตก็จะสวิทช์กลับลงป้ทางลบ ค่าแรงดันเอาต์พุตจะได้โดยประมาณเท่ากับ  $(-V_{EE} + 1)$  และจากค่าแรงดันนี้เองทำให้เราสามารถคำนวณหาค่า  $V_2$  ได้ใหม่เป็น

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{EE} + 1) \quad (2.9)$$

เมื่อ  $V_{BB}$  มีค่าเป็นลบ  $V_2$  เป็นค่าแรงดันลบด้วย  $V_0$  ก็แรงดันเป็นลบ ดังนั้นเราจึงสรุปภาวะการทรักของวงจรได้ดังนี้

$$\begin{aligned} UTP &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{CC} - 1) \\ LTP &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{EE} + 1) \end{aligned} \quad (2.10)$$



## บทที่ 3

### การคำนวณ และการสร้าง

สำหรับในโครงการนี้ จะแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของการจัดสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก ซึ่งจะทำการจัดสร้าง 2 ชุด ได้แก่ งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย และงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสแผ่นสีเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย อีกส่วนหนึ่งจะเป็นส่วนของการควบคุมการเปิดงานสายอากาศดาวเทียม ซึ่งจะสร้างเป็นวงจรเครื่องส่ง และเครื่องรับคลื่นวิทยุในย่าน UHF โดยเป็นการส่งขบวนสัญญาณรหัส 9 บิท ไปยังเครื่องรับเพื่อถอดรหัสออกทำให้รีเลย์ทำงานส่งกระแสให้มอเตอร์ทำงานถอดสลักเปิดงานสายอากาศดาวเทียมออก

#### 3.1 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก

สำหรับการสร้างงานสายอากาศดาวเทียมออฟเซ็ทพาราโบลิกย่าน Ku นั้น สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของการคำนวณงานสายอากาศพาราโบลิก เพื่อใช้ในการสร้างออฟเซตจากงานสายอากาศพาราโบลิก และส่วนของการจัดสร้างส่วนงานสะท้อนคลื่น

##### 3.1.1 การคำนวณ

ในการออกแบบงานสายอากาศแบบพาราโบลิกนั้น จะออกแบบมาจากสมการทางคณิตศาสตร์ ในเรื่องของภาคตัดกรวย (Conical Section) โดยสมการพาราโบลาสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$Y^2 = cX \quad (3.1)$$

ถ้าให้  $c = 4a$  แล้ว จะได้

$$Y^2 = 4aX \quad (3.2)$$

โดยที่  $a$  เป็นระยะโฟกัสของสมการพาราโบลา

เมื่อเราต้องการออกแบบงานสายอากาศพาราโบลิกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2.5 เมตร และอัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.26 จะทำได้โดยการแทนค่าลงไปในสมการ โดยค่า  $Y$  ตั้งแต่ค่า -1.25 จนถึง 1.25 ส่วนค่า  $a$  นั้น ซึ่งเป็นระยะโฟกัสของสมการพาราโบลา นั่นก็คือระยะโฟกัสของงานสายอากาศพาราโบลิกที่มีค่าเท่ากับ 0.65 เมตรนั่นเอง ก็จะสามารถหาได้จากนำอัตราส่วน  $f/D$  มาคูณกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ก็จะได้สมการเป็น

$$Y^2 = 4(f/D).D.X \quad (3.3)$$

เมื่อแทนค่า  $f/D$  ด้วย (0.65/2.5) และค่าเส้นผ่าศูนย์กลางงานสายอากาศ 2.5 เมตรลงในสมการข้างต้น จะได้เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} Y^2 &= 4(0.26) \times 2.5 \times X \\ &= 4(0.65)X \\ &= 2.6X \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการคำนวณค่ากราฟพาราโบลา

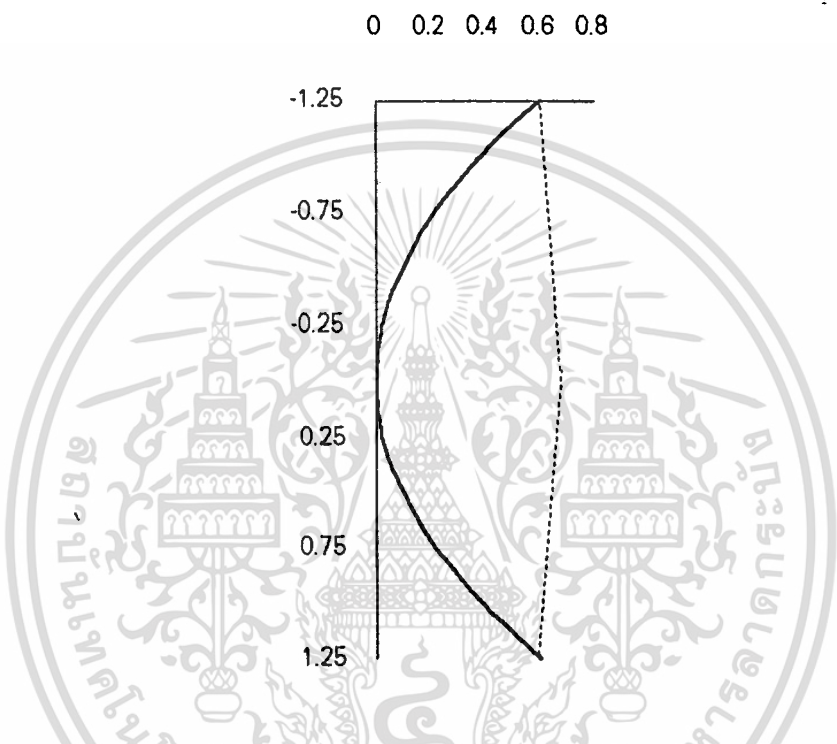
Y	X
1.25	0.600961538
1.15	0.508653846
1.05	0.424038462
0.95	0.347115385
0.85	0.277884615
0.75	0.216346154
0.65	0.162500000
0.55	0.116346154
0.45	0.077884615
0.35	0.047115385
0.25	0.024038462
0.15	0.008653846
0.05	0.000961538
0	0.000000000
-0.05	0.000961538
-0.15	0.008653846
-0.25	0.024038462
-0.35	0.047115385
-0.45	0.077884615
-0.55	0.116346154
-0.65	0.162500000
-0.75	0.216346154
-0.85	0.277884615
-0.95	0.347115385
-1.05	0.424038462
-1.15	0.508653846
-1.25	0.600961538

ดังนั้นจากระยะไฟท์ของงานสายอากาศพาราโบลิกนี้จะมีค่าเท่ากับ 0.65 เมตร นำค่า X และ Y ที่ได้ไปเขียนกราฟตามสมการ และพล็อตค่าได้กราฟพาราโบลิกดังรูปที่ 3.1 โดยแทนค่าที่ได้ไว้พล็อตกราฟแสดงในตารางที่ 3.1 โดยกำหนดค่า Y ตั้งแต่ 1.25 เมตร ถึง -1.25 เมตร ใช้ในการหาค่า X ซึ่งจากสมการพาราโบลาที่เราได้ตามค่าที่เราต้องการออกแบบ  $Y^2 = 2.6X$  เราจึงสามารถหาค่า X ได้จากสมการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X = Y^2 / 2.6 \tag{3.4}$$

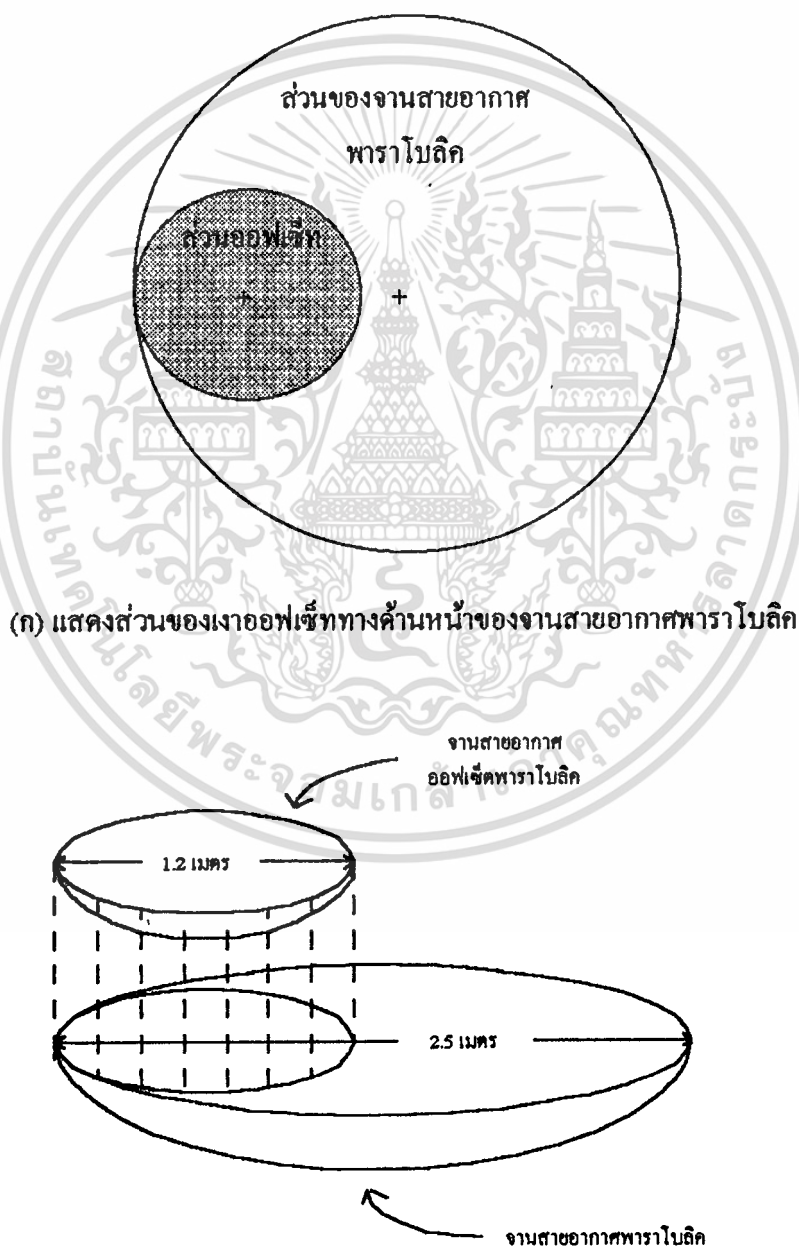
เมื่อได้สมการพาราโบลาแล้วนำกราฟพาราโบลาที่ได้มาทำการหมุนตามแนวแกนเพื่อให้ได้ออกมาในลักษณะที่เป็นสามมิติ หรือที่เรียกว่า พาราโบลอยด์ และนำสมการพาราโบลอยด์ที่ได้ไปสร้างงานสายอากาศพาราโบลิกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2.5 เมตร และมีอัตราส่วน  $f/D$  เท่ากับ 0.26



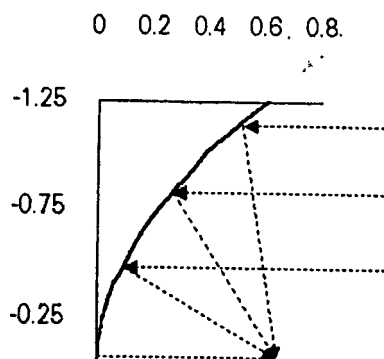
รูปที่ 3.1 รูปแสดงการพล็อตกราฟพาราโบลาตามข้อมูลจากตารางที่ 3.1

เมื่อได้งานสายอากาศพาราโบลิกแล้ว ก็จะสามารถนำงานสายอากาศพาราโบลิกที่ได้มาสร้างเป็นงานสายอากาศแบบออฟเซ็ทพาราโบลิกได้ จากที่ทราบแล้วว่างานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกจะเป็นส่วนหนึ่งของงานสายอากาศพาราโบลิก โดยที่มีจุดโฟกัสจุดเดียวกัน สำหรับงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่จะทำการสร้างมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1.2 เมตร จึงจะทำการตัดเอาเฉพาะบางส่วนของงานสายอากาศพาราโบลิก โดยทำการสร้างแผ่นวงกลมรัศมี 1.2 เมตร ซึ่งเป็นเสมือนพื้นที่ประสิทธิผลในการรับสัญญาณของออฟเซ็ท จากนั้นก็นำเอาแผ่นวงกลมดังกล่าวมาวางให้อยู่ในแนวขนานกับพื้นที่ประสิทธิผลในการรับสัญญาณของงานสายอากาศพาราโบลิก และทำการฉายเงาของแผ่นวงกลมลงบนงานสายอากาศพาราโบลิก ซึ่งส่วนของเงาที่ฉายลงบนงานสายอากาศพาราโบลิกนี้ก็คือ ส่วนออฟเซ็ทของงานสายอากาศนั่นเอง ซึ่งสามารถจะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 3.2 จากนั้นเราก็ทำการตัดส่วนของเงานี้มาเป็นส่วนงานสะท้อนสัญญาณของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก โดยจะที่จุดโฟกัสของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกจะเป็นจุดเดียวกับจุดโฟกัสของงานสายอากาศพาราโบลิก

จากวิธีการคำนวณงานการสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่ได้กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเริ่มการคำนวณทำมาจากสมการพาราโบลิก อันเป็นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน เป็นรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน และมีความสมมาตร ซึ่งต่างกับการที่จะคำนวณหาส่วนออฟเซ็ทพาราโบลิกโดยตรงจะมีความยุ่งยากมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเป็นการคำนวณหาในลักษณะของ 3 มิติด้วย อันเป็นผลมาจากความไม่สมมาตรของออฟเซ็ทพาราโบลิก จึงได้ใช้การคำนวณจากพาราโบลิกมาก่อน แล้วจึงนำไปหาส่วนออฟเซ็ทภายหลัง โดยลักษณะของการสะท้อนคลื่นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก แสดงดังรูปที่ 3.3

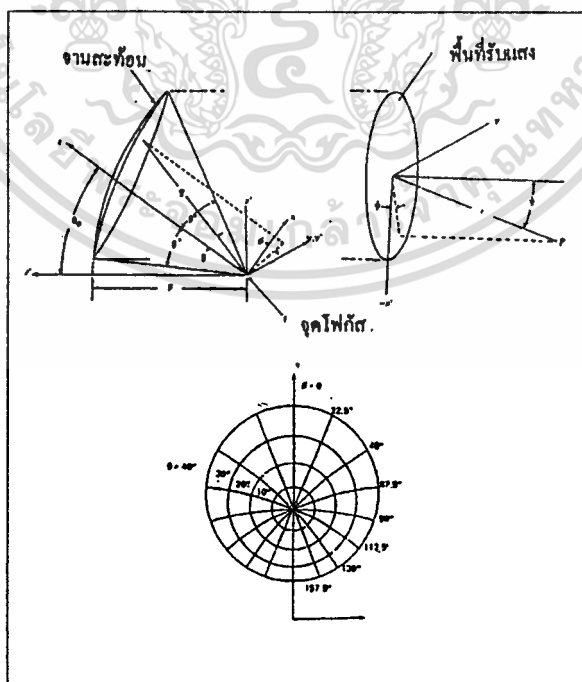


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.2 แสดงส่วนของออฟเซ็ทของงานสายอากาศพาราโบลิก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการสะท้อนคลื่นสัญญาณของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก

นอกจากวิธีการคำนวณเพื่อสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกตามข้างต้นแล้ว เรายังสามารถทราบถึงรูปทรงทางเรขาคณิตของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยจะมีค่าตัวสะท้อนต่าง ๆ อันเป็นส่วนหนึ่งของพาราโบลิก และจะทำการเปลี่ยนคลื่นทรงกลมจากฟีด เป็นคลื่นระนาบที่ฉายพื้นที่ประสิทธิภาพ (Projected Aperture) โดยที่ฟีดจะอยู่ที่จุดโฟกัสเดิมของงานสายอากาศพาราโบลิก แต่จะหันฟีดเข้าสู่กึ่งกลางของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก โดยจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงระบบโคออดิเนตของงานสะท้อนออฟเซ็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์เท่านั้น มิใช่ให้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
และแผนภาพแสดงค่าคงที่บนระนาบฉายพื้นที่ประสิทธิภาพ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{f}{D} = \frac{\cos \theta_0 + \cos \theta'}{4 \sin \theta'} \quad (3.5)$$

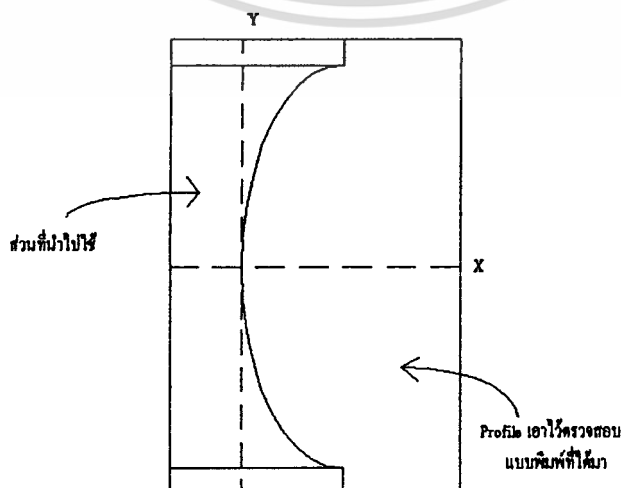
โดยที่  $\theta_0$  คือ มุมออฟเซ็ท (Offset Angel)

$\theta'$  คือ มุมเซมิ (Semi Angle)

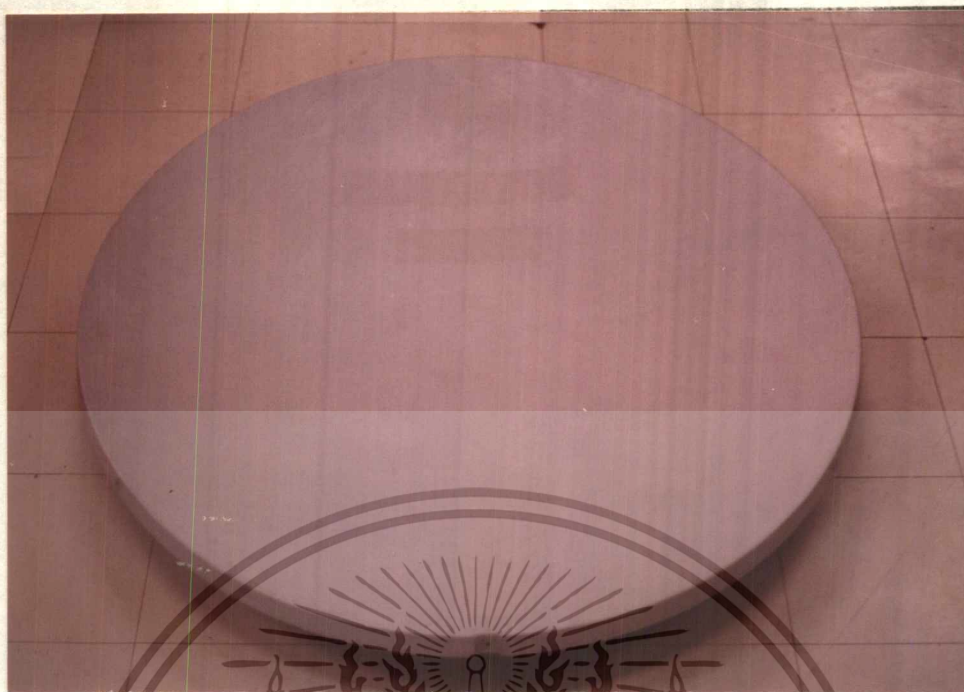
จากสมการคณิตศาสตร์ข้างต้น จะเป็นตัวช่วยในการออกแบบงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกอีกทางหนึ่ง ในการที่จะติดตั้งตัวพีครับสัญญาณที่สะท้อนมาจากงานสายอากาศ ซึ่งการวางพีคให้อยู่ในตำแหน่งโฟกัสของงานสายอากาศนี้ ก็จะมีผลต่อการรับสัญญาณส่วนหนึ่งเช่นกันตามที่เรารู้ได้ทราบมาแล้วว่า ณ จุดโฟกัสของงานสายอากาศพาราโบลิก หรืองานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกนี้เอง จะเป็นจุดที่รวมสัญญาณที่จะมีกำลังของสัญญาณมากที่สุด

### 3.1.2 การสร้าง

การสร้างงานสายอากาศในส่วนของรีเฟล็กเตอร์นั้นมีส่วนสำคัญมาก เพราะจะเป็นตัวสะท้อนคลื่นสัญญาณเข้าสู่จุดโฟกัสของงานสายอากาศ สำหรับการก่อสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร หากในการก่อสร้างตั้งแต่ขั้นเริ่มแรกจะต้องนำค่าอัตราส่วน  $f/D$  และเส้นผ่าศูนย์กลางของงานสายอากาศพาราโบลิกมาออกแบบจากสมการ  $y^2 = 4(f/D).D.x$  โดยทำการสร้างแบบไม้ และโพรไฟล์ (Profile) ขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 3.5 กล่าวคือ จะนำค่าตามตารางที่ 3.1 มาพล็อตลงบนแผ่นไม้ตามขนาดที่ระบุไว้ และทำการตัดไม้ตามรูปพาราโบลาที่ได้มา จากนั้นนำส่วนที่ไม่ใช่โพรไฟล์ไปทำการสร้างแบบของงานรูปพาราโบลิก โดยทำการหมุนแผ่นไม้รอบจุดศูนย์กลาง ซึ่งจะใช้อีฐ และวัสดุอื่น ๆ ก่อขึ้นมา เราก็จะได้แบบที่เป็นพาราโบลาว่าในรูป 3 มิติ จะมีลักษณะคล้ายกระทะคว่ำ ก็จะใช้ตัวนี้ทำเป็นแบบโดยใช้ไฟเบอร์กลาสลอกแบบออกมาก็จะได้งานพาราโบลิกตามที่ต้องการ เมื่อได้งานสายอากาศพาราโบลิกมาแล้ว ก็สามารถตรวจสอบความโค้งของหน้างานได้ โดยนำโพรไฟล์มาหมุนดูรอยต่อระหว่างโพรไฟล์กับตัวงานว่าแนบสนิทกันดีหรือไม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.5 แสดงไม้ที่ตัดไปเพื่อทำแบบสร้างงานสายอากาศพาราโบลิก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงส่วนงานสะท้อนออฟเซ็ทที่หือชั้นโย เส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร

แต่เนื่องจากมีงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร ซึ่งเป็นงานสายอากาศหือชั้นโย (SANYO) ของโครงการ PARTNER ที่ใช้อยู่แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เพื่อเป็นการประหยัดเวลา และขบวนการทำ จึงได้นำงานสายอากาศดังกล่าวมาเป็นแม่แบบในการจัดสร้าง โดยในโครงการนี้เราจะใช้ไฟเบอร์กลาสเป็นวัสดุในการจัดทำ เนื่องจากสารจำพวกอะรามิด คือ CFRP และ KFRP ที่เป็นวัสดุในการทำงานสายอากาศคววเทียมมีราคาสูงมาก ทั้งยังจะต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศอีกด้วย จึงได้นำวัสดุไฟเบอร์กลาสมาใช้ ซึ่งขั้นตอนในการทำจะแบ่งเป็นการทำ 2 ส่วน คือ การสร้างแบบโมล โดยลอกแบบออกมาจากงานสายอากาศต้นแบบ และการสร้างตัวงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก

### 3.1.2.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานด้วยวัสดุไฟเบอร์กลาส มีดังนี้

1. ใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาสทึขรุ, ไฟเบอร์กลาสแมท และไฟเบอร์กลาสตาसान)
2. เรซิน (Resin)
3. โคบอลท์ (ตัวม่วง)
4. ฮาร์ดเคนเนอร์ (Hardener)
5. จีฟี่กันติดแบบ (Wax)
6. พีวีเอ (PVA)
7. เจลโค้ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

8. ลูกกลิ้งขนแกะ และลูกกลิ้งเหล็ก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ลวดตาข่าย
10. ผงทองแดง
11. ค้อนยาง
12. ไขควงไฟเบอร์ เครื่องเจียร และสว่าน
13. กรรไกร และคัทเตอร์

### 3.1.2.2 วิธีการผสมสารในการทำไฟเบอร์กลาส

ก่อนที่เราจะทำแบบโมด หรือสร้างชิ้นงานโดยใช้ไฟเบอร์กลาส ในส่วนของการผสมตัวประสานใยแก้ว หรือเรซิน จะเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการทำชิ้นงานไฟเบอร์กลาส ซึ่งจะแบ่งสารที่จะต้องผสม 2 ส่วน คือ โคบอลต์ และฮาร์ทเดนเนอร์ ในการผสมเรซินจะมีขั้นตอนดังนี้ ขั้นแรก เทเรซินลงในภาชนะผสมตามจำนวนที่ต้องการ ใส่โคบอลต์ลงไป 0.05% ผสมให้ทั่วกัน จากนั้นจึงใส่ฮาร์ทเดนเนอร์ลงไป 1-2% ผสมให้เข้ากันโดยทั่วก็นำไปใช้ได้ หนึ่ง สำหรับส่วนของเจลโค้ทนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องผสมสารทั้งสองตัวข้างต้นเข้าด้วยกัน โดยมีอัตราส่วนเช่นเดียวกันกับการผสมเรซิน ในการผสมสารทั้งสองชนิดนี้ มีข้อควรระวัง คือ ห้ามทำการผสมโคบอลต์ และฮาร์ทเดนเนอร์พร้อมกัน เพราะสารทั้งสองจะทำปฏิกิริยากันเป็นไฟลุกไหม้ได้

### 3.1.2.3 วิธีการสร้างแบบโมด

จากงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิคต้นแบบ เราจะนำมาทำเป็นแม่แบบเพื่อทำโมด โดยจะใช้ไฟเบอร์กลาสในการทำแบบโมด ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1. ทำความสะอาดผิวหน้างานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิคต้นแบบ
2. ทาซีเมนต์ติดแบบลงบนผิวหน้างานแม่แบบ ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 15 นาที
3. ทาฟิวเอลลงในชั้นถัดไป เพื่อเป็นการกันไฟเบอร์กลาสติดแม่แบบอีกชั้นหนึ่ง อันจะทำให้ง่ายต่อการถอดแบบ ในขั้นนี้จะทิ้งไว้ให้ฟิวเอลแห้งประมาณ 30 นาที
4. จากนั้นทำการผสมเจลโค้ทกับโคบอลต์ และฮาร์ทเดนเนอร์ ทาลงไปบนผิวแม่แบบให้ทั่ว โดยให้มีความหนาโดยประมาณ 1 มิลลิเมตร ในการลงเจลโค้ทเป็นขั้นแรกนี้ ก็เพื่อให้ผิวงานที่ออกมามีความเรียบยิ่งขึ้น โดยสำหรับชั้นเจลโค้ทจะต้องทิ้งไว้ให้แข็งตัวโดยประมาณ 3-4 ชั่วโมง
5. เมื่อเราลงเจลโค้ทเป็นขั้นแรกของชิ้นงานแล้ว จากนั้นเราจะลงชั้นของใยแก้ว โดยใช้ใยแก้วชนิดไฟเบอร์กลาสทิวเป็นชั้นใยแก้วขั้นแรก เนื่องจากมีความหนาแน่นของใยแก้วน้อยตามที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.6.3 จะทำให้ผิวหน้างานมีความเรียบ ในการลงใยแก้วจะต้องตัดใยแก้วให้มีขนาดใหญ่กว่าชิ้นงานเล็กน้อย ทำการผสมเรซินกับโคบอลต์ และฮาร์ทเดนเนอร์ และใช้ลูกกลิ้งขนแกะลงเรซินให้ทั่วบนชิ้นงาน หลังชั้นของเจลโค้ท นำไฟเบอร์กลาสทิววางลงบนชิ้นงาน และใช้ลูกกลิ้งขนแกะลงเรซินให้ทั่วอีกครั้งหนึ่ง และใช้ลูกกลิ้งเหล็กกลิ้งบนใยแก้ว เพื่อทำการไล่อากาศออก และรีดเรซินออกมาให้เหลือน้อยที่สุด เป็นการทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรง ในขั้นนี้จะใช้เวลารอให้แข็งตัว 2-3 ชั่วโมง

6. หลังจากการลงใยแก้วไฟเบอร์กลาสทิวแล้ว จะทำการลงใยแก้วชนิดไฟเบอร์กลาสเมทในชั้นถัดไป และตามด้วยไฟเบอร์กลาสตาซาน 2 ชั้น โดยการลงไฟเบอร์กลาสตาซานในชั้นที่ 2 จะต้องวาง

ลายของตาसानให้ลายตาसानนั้นเอียงทำมุม 45 องศา กับลายตาसानในชั้นแรก เพื่อเป็นการทำให้ชั้นงานแข็งแรง เป็นการกระจายแรงยึดของใยแก้วในทุก ๆ ด้าน เมื่อเราลงไฟเบอร์กลาสตาसानลงไป 2 ชั้นแล้ว ก็จะลงใยแก้วไฟเบอร์กลาสแม่ทในชั้นสุดท้าย การวางชั้นของไฟเบอร์กลาสเช่นนี้จะทำให้ชั้นงานมีความแข็งแรงมาก อันเนื่องมาจากความหนาแน่นของใยแก้วชนิดไฟเบอร์กลาสแม่ทที่มีใยแก้วหนาแน่นมากกระจายในทุกทิศทาง และความหนาแน่นของตาข่ายของใยแก้วชนิดไฟเบอร์กลาสตาसान สำหรับการลงใยแก้วทั้ง 4 ชั้นดังกล่าว จะมีวิธีการใช้ตัวเรซินในการประสานใยแก้วเช่นเดียวกับการลงชั้นไฟเบอร์กลาสทิกซุในข้อที่ 5 และทิ้งให้แต่ละชั้นแข็งตัวเป็นเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงต่อชั้น

7. เมื่อลงใยแก้วเสร็จแล้ว ควรทิ้งชั้นงานไว้ประมาณ 1 วันจึงจะถอดแบบ เนื่องจากการทำให้ชั้นงานไฟเบอร์กลาสแข็งตัวจริง เราก็จะทำการถอดแบบโดยใช้ก้อนยางทุบที่ด้านหลังของแม่แบบ ชั้นงานไฟเบอร์กลาสที่ได้ทำก็จะหลุดร่อนออกมา เราก็จะได้ชั้นงานแบบโมดเป็นแบบ เพื่อนำไปทำงานสายอากาศออฟเซ็คทพาราโบลิกได้จากแบบโมด ที่ได้ถอดแบบออกมาจากงานสายอากาศออฟเซ็คทพาราโบลิกแม่แบบดังกล่าว

8. หลังจากถอดแบบออกมาจากแม่แบบแล้ว ก็จะมีการตัดแต่งขอบของงานที่ทำเป็นแบบโมด โดยจะใช้เครื่องเจียร ที่ใช้ใบตัดไฟเบอร์โดยเฉพาะ มาทำการตัดแต่งขอบงานให้มีความเรียบ และสวยงาม เมื่อใช้ใบตัดไฟเบอร์แล้ว อาจจะใช้กระดาษทรายมาทำการขัดขอบแบบโมด เพื่อให้มีขอบที่เรียบดียิ่งขึ้น



รูปที่ 3.7 แสดงแบบโมดของงานสายอากาศออฟเซ็คทพาราโบลิก

แบบโมดที่ได้จัดสร้างขึ้นตามขั้นตอนข้างต้นนั้น จะแสดงดังรูปที่ 3.7 ซึ่งแสดงแบบโมดที่ทำการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ตกแต่งตัดขอบเรียบร้อยแล้ว เพื่อนำไปใช้ทำงานจริงต่อไป  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2.4 การสร้างชิ้นงานจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคไฟเบอร์ฝังลวดตาข่าย

หลังจากที่เราได้แบบโมเดลเป็นแบบในการทำงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคแล้ว ในส่วนของชิ้นงานที่จะทำจริงนั้น เนื่องจากการทำสายอากาศโดยใช้ใยแก้วนั้น ตัวของไฟเบอร์กลาสจะไม่สามารถสะท้อนสัญญาณไมโครเวฟได้ ตามที่ได้กล่าวในบทที่ 2 หัวข้อ 2.6.2 แล้ว จึงต้องมีการฝังลวดตาข่ายเอาไว้เพื่อใช้เป็นตัวสะท้อนสัญญาณ โดยขนาดของช่องตาข่ายนั้นจะต้องมีขนาดเล็กกว่า  $\lambda/10$  กล่าวคือ  $D \leq \lambda/10$  ลวดตาข่ายจึงจะสามารถสะท้อนคลื่นสัญญาณได้ สำหรับในโครงงานนี้ เนื่องจากจะใช้อุปกรณ์ความถี่ย่าน Ku ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 11-14 GHz ดังนั้น ค่าความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดจะอยู่ที่ความถี่ 14 GHz ซึ่งจะได้ความยาวคลื่นคำนวณมาได้ดังสมการ

$$\begin{aligned}\lambda &= c/f \\ &= 3 \times 10^8 / 14 \times 10^9 \\ &= 21.429 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 2.429 \text{ cm}\end{aligned}\tag{3.6}$$

เพราะฉะนั้น ค่า  $D \leq \lambda/10$  จะหาได้ว่า  $D = (2.429 \text{ เซ็นติเมตร}/10) = 2.429$  มิลลิเมตร ดังนั้นค่าความกว้างของช่องตาข่ายที่นำมาใช้จะต้องมีความกว้างไม่เกิน 2.429 มิลลิเมตร โดยตาข่ายที่นำมาใช้นั้นจะมีความกว้างของช่องตาข่ายโดยประมาณ 1.705 มิลลิเมตร จึงสามารถนำตาข่ายดังกล่าวมาใช้เป็นตัวสะท้อนคลื่นสัญญาณได้

ขั้นตอนในการจัดสร้างส่วนชิ้นงานจานสายอากาศจริงนี้ จะมีขั้นตอนในการฝังลวดตาข่ายเพิ่มเติมจากวิธีการทำแบบโมเดล โดยขั้นตอนการทำงานมีดังนี้

1. ทำความสะอาดผิวหน้าแบบโมเดลให้เรียบร้อย
2. ทาซีฟิ้งกันติดแบบลงให้ทั่วบนผิวหน้าแบบโมเดล ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 15 นาที
3. ทาฟิวเรลลงไปอีกชั้นหนึ่ง โดยทาให้หมดทั่วแบบโมเดล เพื่อกันชิ้นงานติดแบบ และทิ้งไว้

ให้ฟิวเรลแห้งประมาณ 30 นาที

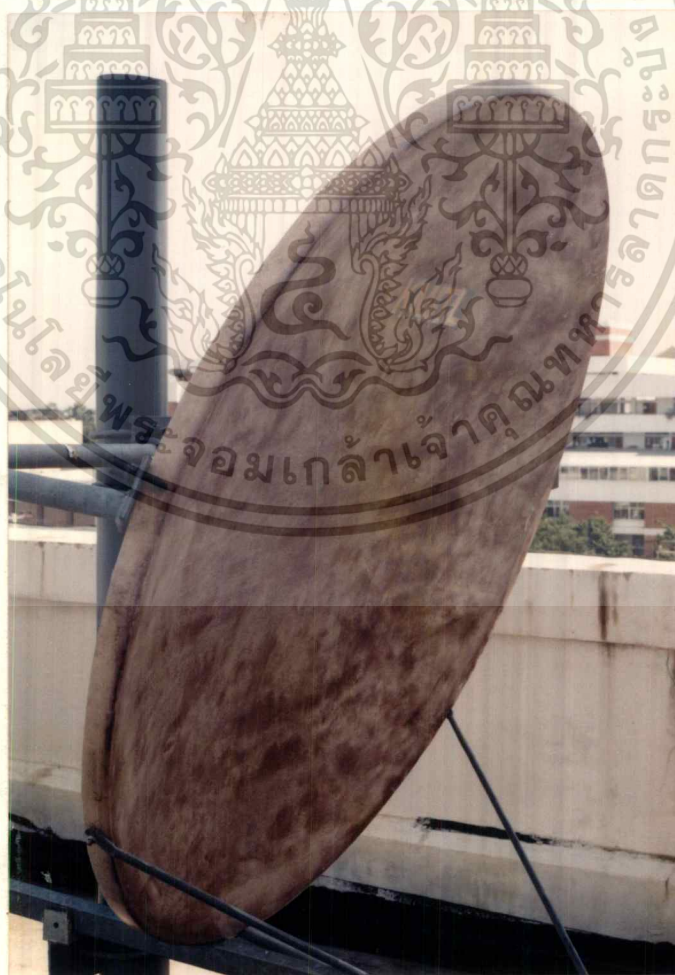
4. จากนั้นทำการผสมเจลโค้ทกับโอบอลท์ และฮาร์ทเดนเนอร์ ตามส่วนผสมคือ จะผสมโอบอลท์ 0.05% ลงไปในเจลโค้ทก่อน ทำการผสมให้ทั่ว จากนั้นจึงใส่ฮาร์ทเดนเนอร์ลงไปผสม 1-2% ทาลงไปบนผิวแบบโมเดลให้ทั่ว โดยทาให้มีความหนาขึ้นมาจากผิวแบบโมเดลโดยประมาณ 1 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ให้ตัวเจลโคทมีความหนืดพอประมาณ ก็ทำการวางลวดตาข่ายลงไปผิวชั้นเจลโคทนี้ โดยจะต้องระวังอย่าให้เจลโค้ทแห้งเสียก่อน เพราะจะทำให้ลวดตาข่ายไม่สามารถปูให้อยู่ในชั้นเจลโค้ทได้ จะต้องพยายามทำให้ลวดตาข่ายติดสนิทกับตัวเจลโคท เนื่องจากว่า ส่วนของลวดตาข่ายนี้จะเป็นตัวสะท้อนสัญญาณคลื่น จึงจะต้องทำให้มีความโค้งไปกับผิวแบบโมเดลเพื่อให้ความโค้งของลวดตาข่ายเป็นไปตามความโค้งของจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคตามต้องการ กล่าวคือ จะต้องให้ลวดตาข่ายแนบไปตามผิวของแบบโมเดลให้มากที่สุด จากนั้นให้ทำการโรยผงทองแดงลงไป เป็นการทำให้จานสายอากาศที่ได้ออกมาจะมีความสามารถในการสะท้อนคลื่นได้ดียิ่งขึ้น หลังจากนั้นให้ทิ้งชั้นนี้ไว้ให้แห้งตัวโดยประมาณ 3-4 ชั่วโมงไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อเราลงเจลโค้ท และลวดตาข่าย จนแห้งตัวเรียบร้อยแล้ว จากนั้นเราจะลงชั้นของใยแก้ว โดยใช้ใยแก้วชนิดไฟเบอร์กลาสทึบเป็นชั้นใยแก้วชั้นแรก โดยมีขั้นตอนในการลงใยแก้วบนแบบโมลเช่นเดียวกับการทำแบบโมลที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 3.1.2.3

6. เมื่อลงใยแก้วไฟเบอร์กลาสทึบเสร็จแล้ว การลงใยแก้วในชั้นถัดไปก็จะเป็นเช่นเดียวกันกับขั้นตอนการทำแบบโมลในขั้นตอนที่ 6 กล่าวคือ จะลงไฟเบอร์กลาสเมท 1 ชั้นก่อน จากนั้นก็จะลงไฟเบอร์กลาสตาซาน 2 ชั้น ในลักษณะขัดกันทำมุม 45 องศาเช่นเดียวกัน เพื่อให้ชิ้นงานแข็งแรงยิ่งขึ้นจากตาซานที่วางขัดกันสองชั้น และทำการลงไฟเบอร์กลาสเมทปิดในชั้นสุดท้าย

7. เมื่อลงใยแก้วเสร็จแล้ว ก็ควรทิ้งชิ้นงานไว้ประมาณ 1 วันเช่นกันจึงจะสามารถถอดแบบออกได้ เราก็จะได้ชิ้นงานส่วนงานสะท้อนสัญญาณของงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิก โดยเมื่อถอดแบบออกมาจากแบบโมล จะต้องทำการตัดตกแต่งขอบของงานไฟเบอร์กลาสให้เรียบร้อย ก็จะได้ส่วนของงานสะท้อนสัญญาณที่สมบูรณ์ออกมา

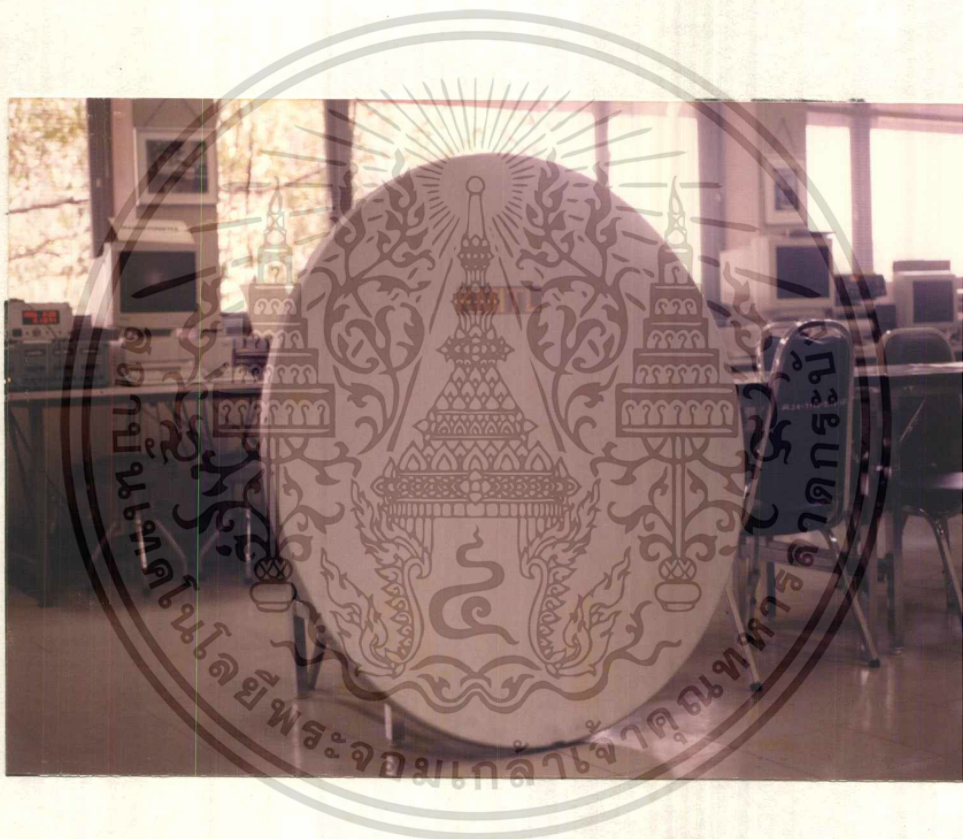
ในส่วนของงานสะท้อนสัญญาณของงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิกที่สร้างขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว แสดงในรูปที่ 3.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.8 แสดงงานสะท้อนคลื่นของงานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิก ไฟเบอร์ฝังลวดตาข่าย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2.5 การสร้างชิ้นงานงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์พ่นสีเมทัลลิกฝึกลวดตาข่าย

สำหรับการสร้างชิ้นงานงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์พ่นสีเมทัลลิกฝึกลวดตาข่าย จะทำการสร้างขึ้นมาจากแบบโมเดล 3D โดยวิธีการขั้นตอนต่าง ๆ เหมือนกับการสร้างชิ้นงานงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์ฝึกลวดตาข่าย ดังที่แสดงวิธีไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.1.2.4 เมื่อเราทำชิ้นงานมาจนสำเร็จได้งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์ฝึกลวดตาข่ายแล้ว ก็นำงานสายอากาศไปพ่นสีบนชิ้นงานที่มีส่วนผสมในเม็ดสีเป็นโลหะ หรือที่เรียกกันว่าสีเมทัลลิก โดยทำการพ่นสีลงที่ผิวหน้าของงานสายอากาศเพื่อเป็นตัวช่วยในการสะท้อนสัญญาณให้ดีขึ้นนั่นเอง ซึ่งงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์พ่นสีเมทัลลิกฝึกลวดตาข่ายที่จัดสร้างเสร็จแล้ว แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงงานสะท้อนคลื่นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์พ่นสีเมทัลลิกฝึกลวดตาข่าย

### 3.1.2.6 การติดตั้งฟีดฮอร์น

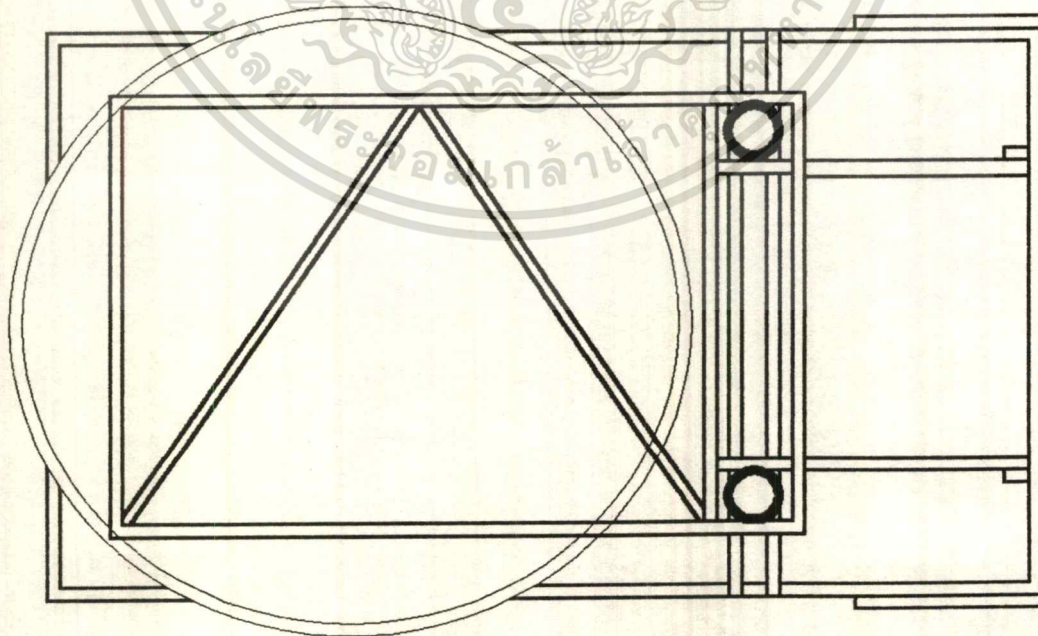
เมื่อได้ทำส่วนของงานสะท้อนคลื่นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะเป็นขั้นตอนในการติดตั้งฟีดฮอร์นของงานสายอากาศดังกล่าว โดยปกติแล้วเมื่อเรากำหนดการสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกขึ้นมา เราย่อมทราบจุดโฟกัสของงานสายอากาศดังกล่าวว่าจะต้องติดตั้งอยู่ในระยะใด ก็จะสามารถทำขาคือฟีดฮอร์น เพื่อทำการติดตั้งฟีดฮอร์นที่จุดโฟกัสของงานสายอากาศได้เลย

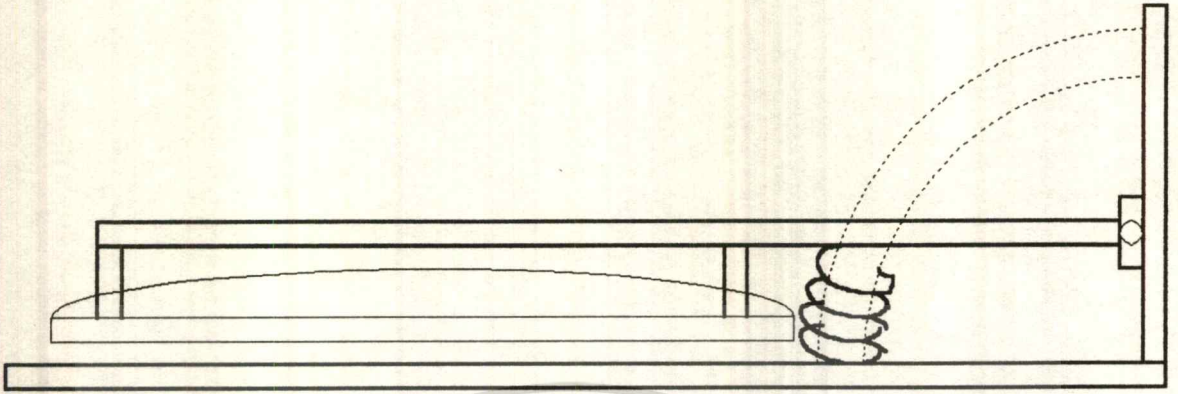
แต่ในกรณีที่เรานำมาจัดสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกตามวิธีข้างต้นนั้น จากแบบงานสายอากาศต้นแบบ เราจะทราบจุดโฟกัสโดยคร่าว ๆ จากงานสายอากาศต้นแบบ เราก็จะใช้วิธีสร้างขาคือฟีดฮอร์นขึ้นมาเองก็ได้ ทั้งสั้น อีกทั้งที่มันไม่ได้ตัดแบบสงวนเอาไว้ และต้องอย่างองตึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีงานนำไปใช้

ให้มีความยาวออกมา และอยู่ในตำแหน่งทิศทางที่ใกล้เคียงกับต้นแบบนั้น โดยในจุดที่ยึดตัวฟีดฮอร์น เราจะออกแบบให้ตัวฟีดฮอร์นสามารถเลื่อนระยะเข้า-ออก ขึ้น-ลง เหยงขึ้น-ก้มลงได้ และเราจะหาตำแหน่งจุดโฟกัสที่ถูกต้องได้ โดยทำการป้อนสัญญาณความถี่ย่าน Ku เข้าสู่จานสายอากาศ และทำการวัดสัญญาณที่ได้จากฟีดฮอร์น โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเป็นตัววัดระดับสัญญาณที่รับได้จากฟีดฮอร์น และทำการทดลองเลื่อนฟีดฮอร์น โดยให้ระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้มีค่าสูงสุด ก็จะทำการยึดจุดนั้นเป็นจุดติดตั้งตัวฟีดฮอร์น กล่าวคือ ณ จุดนั้นก็จะเป็นจุดโฟกัสของจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่เราจัดสร้างขึ้นนั่นเอง

### 3.1.2.7 การสร้างโครงยึด และกลไกการเปิดจานสายอากาศดาวเทียม

เมื่อทำการสร้างจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบโครงยึดจานสายอากาศดังกล่าว และกลไกในการเปิดจานสายอากาศ โดยรูปลักษณะของโครงยึดหลังจานสายอากาศ และกลไกการเปิดจานสายอากาศ แสดงดังรูปที่ 3.10 เป็นการแสดงลักษณะโครงยึดจานสายอากาศมองจากทางด้านหลังจานสายอากาศ และรูปที่ 3.11 เป็นแบบแสดงด้านข้าง โดยโครงยึดจานสายอากาศที่จัดสร้างจะทำจากอลูมิเนียม เนื่องจากมีน้ำหนักเบา แต่เพื่อความสะดวกจึงได้นำเอาเหล็กมาใช้ในการทำโครงยึดจานสายอากาศแทนในแบบจำลองกลไกการเปิดจานสายอากาศดาวเทียมนี้ โดยกลไกในการเปิดจานสายอากาศ จะยึดตัวสปริงเป็นกลไก ซึ่งจะใช้สปริงประเภทรับแรงอัด (Compression Spring) นำมาร้อยอยู่กับท่อโค้งเป็นตัวผลัดให้จานสายอากาศเปิดออก โดยสปริงจะมีระยะยืดสูงสุด 60 เซ็นติเมตร และระยะหดสั้นสุด 10 เซ็นติเมตร





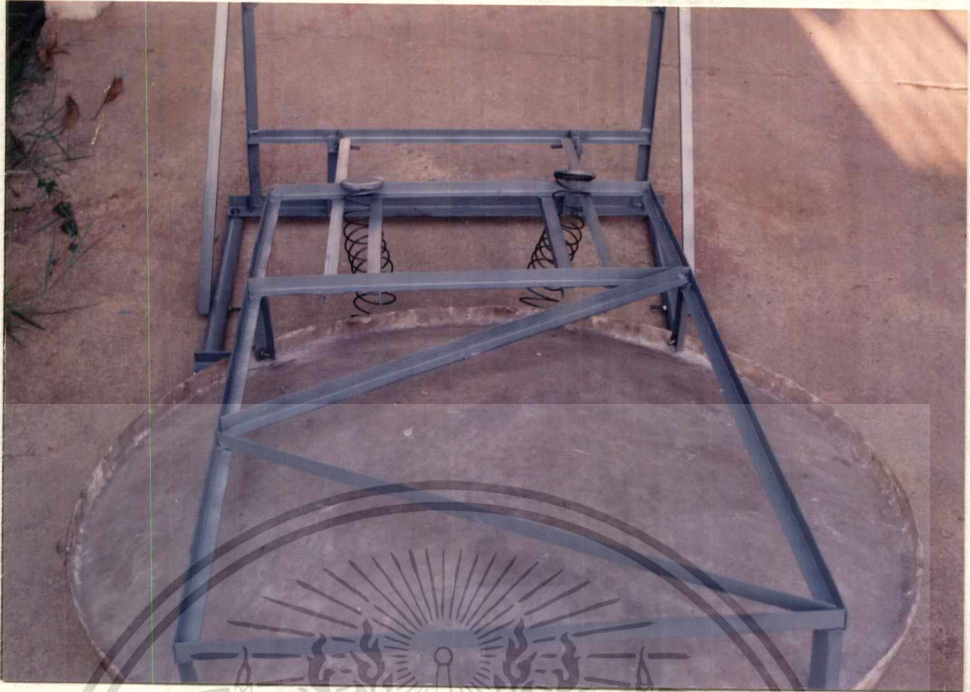
รูปที่ 3.11 แสดงแบบโครงยึดงานสายอากาศ และตำแหน่งของสปริงทางด้านข้าง

ในการจัดสร้างอาจเกิดปัญหาในการจัดทำโครงที่ได้นำเหล็กฉากมาใช้ทำโครงยึด จะทำให้ตัวงานสายอากาศมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ระบบสปริงที่นำมาใช้เป็นกลไกในการผลัดงานสายอากาศให้เปิดออก จะต้องออกแบบให้สามารถรับภาระได้มากยิ่งขึ้น เนื่องด้วยน้ำหนักของเหล็กที่มีน้ำหนักมากกว่าอลูมิเนียมหลายเท่าตัว การจัดสร้างโครงยึดงานสายอากาศ และกลไกการเปิดงานสายอากาศจึงจะต้องคำนึงถึงตัววัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ให้ดี

ส่วนของสลักที่ใช้ในการยึดงานสายอากาศ และปลดงานสายอากาศให้เปิดออก จะใช้มอเตอร์ 12 โวลท์ เป็นตัวขับเคลื่อนสลักยึดงานสายอากาศ ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณส่วนบนสุดของงานสายอากาศ ที่จะยึดติดกับตัวถังของดาวเทียม ทั้งนี้ยังจะต้องมีกลไกที่จัดสร้างมาเพื่อล๊อคงานสายอากาศไว้ เมื่องานสายอากาศได้เปิดขึ้นมาอยู่ในจุดที่ต้องการแล้ว เพื่อจะทำให้สามารถสะท้อนสัญญาณเข้าสู่ฟีดฮอร์นที่ติดตั้งตายตัวอยู่ในตำแหน่งจุดโฟกัสของงานสายอากาศได้

เมื่อทำการจัดสร้าง ติดตั้งโครงยึดงานสายอากาศ และกลไกการเปิดงานสายอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 3.12 เป็นรูปแสดงโครงสร้างของงานสายอากาศที่ปิดอยู่กับตัวฐาน โดยมีสลักยึดอยู่ และรูปที่ 3.13 เป็นรูปแสดงงานสายอากาศเมื่อปลดสลักออกแล้ว เปิดตัวงานสายอากาศขึ้น โดยมีขดลวดสปริงจำนวน 2 ตัว ที่ติดตั้งอยู่บริเวณฐานของตัวงานสายอากาศ เป็นตัวผลัดงานสายอากาศให้เปิดขึ้นมาจากฐาน

หลังจากกลไกการเปิดงานสายอากาศติดตั้งสำเร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการติดตั้งตัวฟีดฮอร์นของงานสายอากาศในตำแหน่งจุดโฟกัสของงานสายอากาศ ตามที่ได้กล่าวถึงวิธีการติดตั้งฟีดฮอร์นไว้ในหัวข้อที่ 3.1.2.6 แล้ว เมื่อเราได้ทดสอบการรับสัญญาณของงานสายอากาศก็จะสามารถทราบตำแหน่งจุดโฟกัสของงานสายอากาศได้ และนำฟีดฮอร์นมาติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้องได้



รูปที่ 3.12 แสดงงานสายอากาศที่ปิดอยู่กับตัวฐานโดยมีสลักยึดอยู่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.13 แสดงงานสายอากาศที่เปิดออกแล้วโดยกลไกสปริง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

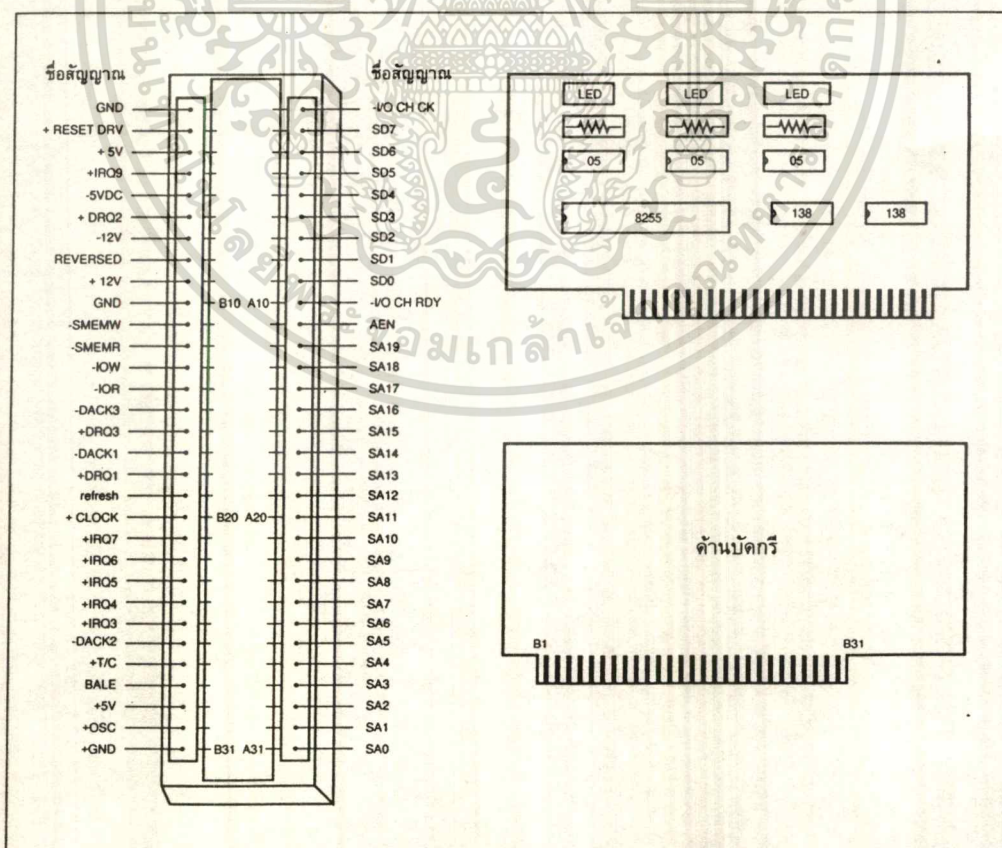
### 3.2 เครื่องส่ง และเครื่องรับ

ในส่วนของเครื่องส่ง และเครื่องรับที่ใช้ในการควบคุมการเปิดของงานสายอากาศดาวเทียม สามารถแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนคาร์คินเทอร์เฟส เครื่องส่ง และเครื่องรับ สำหรับวงจร และการสร้างวงจรในแต่ละส่วนมีดังนี้

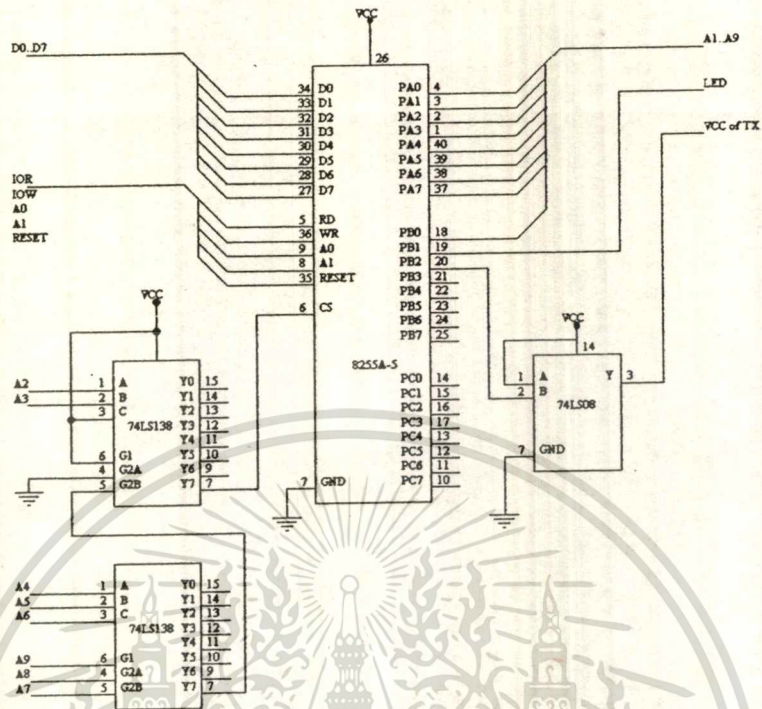
#### 3.2.1 การสร้างคาร์คินเทอร์เฟส

การสร้างคาร์คินเทอร์เฟสนั้น ในการอินเทอร์เฟส หรือการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกสามารถสร้างขึ้นมาได้ โดยใช้ชิป 8255 ทำหน้าที่เป็นพอร์ทอินพุท/เอาต์พุท ซึ่งมีระดับสัญญาณเป็น TTL จะเป็นการคาร์คินเทอร์เฟสอเนกประสงค์ สามารถใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้ทุกรุ่น โดยจะต้องนำสัญญาณควบคุมบัสข้อมูล และแอดเดรสบัส สัญญาณรีเซตไฟ  $V_{CC}$  และกราวด์ของไมโครคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับคาร์คินท์ให้ถูกต้องเสียก่อน

การต่อสายสัญญาณ แอดเดรสบัส คาต่าบัส สัญญาณควบคุม และสัญญาณ I/O ในการสร้างควรใช้สายวายแล็บบนกระดาษ เพื่อสะดวกในการตรวจสอบ โดยเมื่อทำการต่อวงจรเสร็จแล้วควรใช้มัลติมิเตอร์วัดสัญญาณต่าง ๆ ที่ต่อไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยต้องระวังอย่าให้ไฟ  $V_{CC}$  ช็อตกับกราวด์เด็ดขาด เพราะจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสียหาย



รูปที่ 3.14 แสดงขาสัญญาณบนสล็อต และคาร์คินเทอร์เฟส



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรการ์ดคอนโทรลเลอร์เฟส

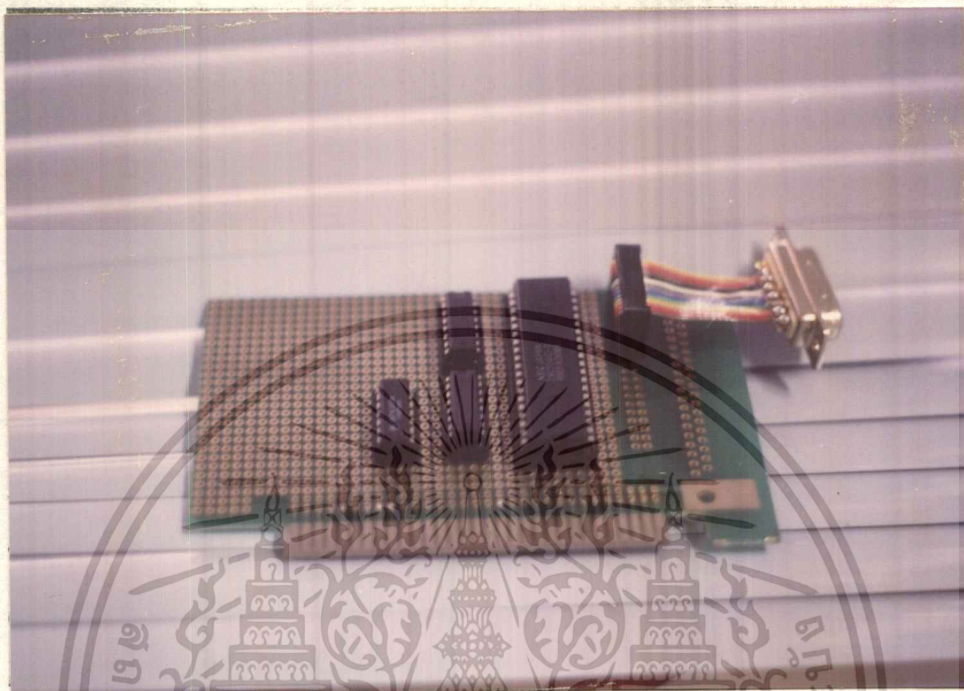
รูปร่างของการ์ดคอนโทรลเลอร์เฟสที่ใช้ชิป 8255 แสดงดังรูปที่ 3.15 จะเห็นว่าใช้ 74LS138 ในการถอดรหัสหมายเลข 27X และเมื่อรวม A0 - A9 จะได้เป็นหมายเลข 27C - 27F แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงการถอดรหัสแอดเดรสพอร์ต

A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	หมายเลขพอร์ต	หมายเหตุ
G1	G2A	G2B	C2	B2	A2	B1	A1				
1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	27C	พอร์ต A
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	27D	พอร์ต B
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	27E	พอร์ต C
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	27F	พอร์ตควบคุม

การ์ดคอนโทรลเลอร์เฟสที่ทำการต่อวงจรเสร็จแล้ว แสดงดังรูปที่ 3.16 ซึ่งเมื่อทำการต่อวงจรเสร็จแล้ว จะต้องทำการทดสอบการ์ดคอนโทรลเลอร์เฟส โดยเสียบลงบนสล็อตของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ในการเสียบการ์ดลงบนสล็อต หรือดึงการ์ดออกจากสล็อตนั้น จะต้องปิดสวิทช์เพาเวอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนทุกครั้ง และไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องระวังอย่าเสียบผิดด้าน เพื่อป้องกันการเสียหาย เนื่องจากหากเสียบผิดด้านจะทำให้คอมพิวเตอร์เสียหายได้ จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการทดสอบ

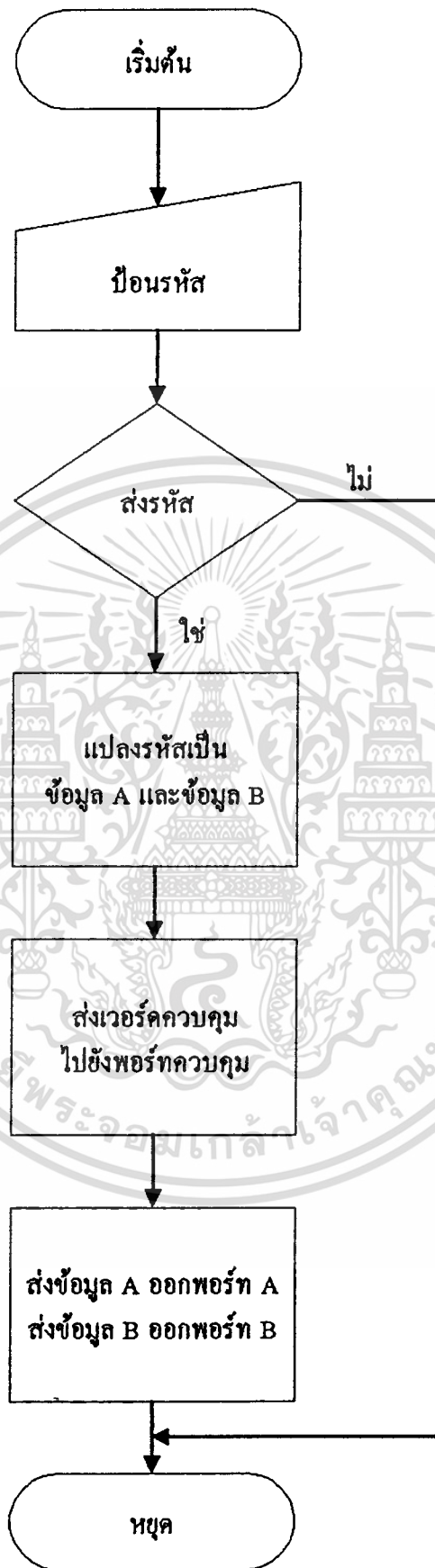


รูปที่ 3.16 แสดงการ์ดอินเทอร์เฟซ

หลังจากทำการต่อวงจรการ์ดอินเทอร์เฟซแล้ว แสดงดังรูปที่ 3.16 จากนั้นจะเป็นการทำการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งาน เพื่อนำสัญญาณออกจากพอร์ตของการ์ดอินเทอร์เฟซไปใช้สำหรับเครื่องส่ง โดยนำสัญญาณที่ออกจากพอร์ตไปเป็นสัญญาณป้อนรหัสให้แก่แอดเดรสทั้ง 9 ของเครื่องส่ง รวมถึงเป็นไฟเลี้ยงให้แก่วงจรทางเครื่องส่งอีกด้วย ซึ่งแสดงผังการทำงานได้ดังรูปที่ 3.17 จะเห็นว่า เมื่อเริ่มการทำงาน จะทำการรับรหัสที่ป้อนผ่านคีย์บอร์ด เพื่อเป็นฐานข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการเข้ารหัสแก่แอดเดรสทั้ง 9 ของเครื่องส่ง จากนั้นจะรับคำสั่งเพื่อให้ส่งรหัส หรือไม่ส่งรหัส หากไม่ส่งก็จะจบการทำงาน แต่หากทำการส่งรหัส ก็จะนำรหัสดังกล่าวไปแปลงเป็นข้อมูล A และข้อมูล B ข้อมูลทั้งสองซึ่งเป็นเวอร์คควบคุมจะถูกส่งไปยังพอร์ตควบคุม และจะทำการส่งข้อมูล A ออกพอร์ต A และส่งข้อมูล B ออกพอร์ต B จึงจบการทำงาน

จากผังการทำงานดังกล่าว จึงสามารถนำมาทำการเขียนโปรแกรม เพื่อสั่งการให้เครื่องส่งทำงาน และเข้ารหัสแอดเดรสทั้ง 9 ของเครื่องส่ง ซึ่งได้ทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา C การเขียนโปรแกรม ซึ่งแสดงอยู่ในภาคผนวก โปรแกรม satdos.c โปรแกรมนี้จะทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ DOS และยังสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้ปฏิบัติการบนวินโดวส์ โดยใช้ C Borland (C Borland) เขียนโปรแกรมให้มีหน้าจอสื่อแสดงผลอยู่บนวินโดวส์ โปรแกรมที่ทำการเขียนนี้อยู่ในภาคผนวก โปรแกรม sat.cpp และ โปรแกรม sat.rc ซึ่งจะใช้ร่วมกัน เพื่อให้สามารถสั่งการเข้ารหัส และสั่งให้เครื่องส่งเริ่มทำงานได้บนวินโดวส์

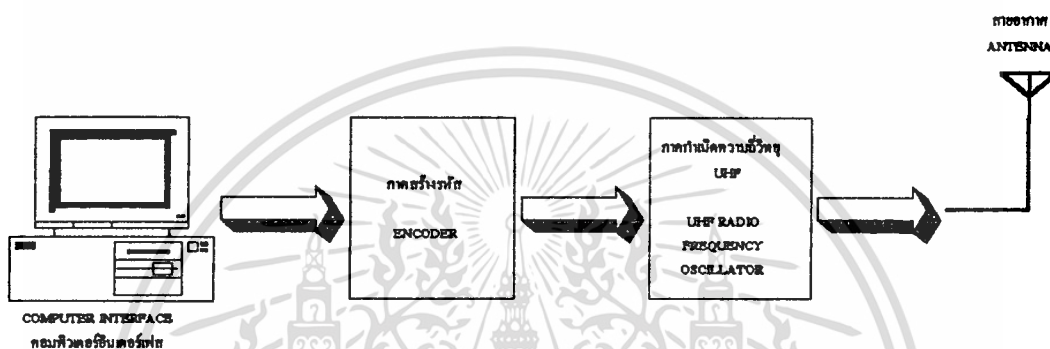
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 3.17 แสดงผังการทำงานในการเขียนโปรแกรมการอินเทอร์เฟส**  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การสร้างเครื่องส่ง

ส่วนของเครื่องส่งสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานเชื่อมโยงกันของภาคต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.18 จะเห็นว่าการทำงานของเครื่องส่งแบ่งออกเป็น 2 ภาค คือ วงจรสร้างรหัส ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างรหัสตามที่กำหนดไว้ จากนั้นสัญญาณรหัสนี้จะถูกส่งเข้าไปมอดูเลตกับสัญญาณความถี่วิทยุในย่าน UHF ที่ถูกสร้างขึ้นโดยวงจรผลิตความถี่วิทยุ และสุดท้ายสัญญาณที่ถูกทำการมอดูเลตระหว่างสัญญาณรหัสนี้ และสัญญาณคลื่นพาหะความถี่ย่าน UHF ก็จะถูกส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ



รูปที่ 3.18 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่ง

การเข้ารหัสสัญญาณของเครื่องส่งนี้ จะเป็นระบบที่ให้ความปลอดภัยสูง จากการเข้ารหัสได้ 9 บิต โดยที่แต่ละบิตจะมี 3 สถานะ คือ ระดับสูง ระดับต่ำ และสถานะเปิด อันเป็นการป้องกันการรับสัญญาณ บังคับควบคุมที่มาจากแหล่งอื่นเข้าไปรบกวนที่เครื่องรับได้

#### การทำงานของวงจร

วงจรเครื่องส่ง UHF ดังแสดงในรูปที่ 3.19 จะมีไอซี 1 (MC145026) ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างรหัสสามสถานะ (ternary encoder) ส่วนทรานซิสเตอร์ Q1 (BF199) และอุปกรณ์ร่วม จะทำหน้าที่เป็นตัวออกสัญญาณคลื่นพาหะความถี่อยู่ในช่วง 300-400 Mhz ซึ่งใช้เป็นสัญญาณความถี่วิทยุที่ส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ การสร้างรหัสของไอซี 1 สามารถกำหนดรหัสได้จากการจัดสถานะที่ขาแอดเดรส A1 ถึง A9 โดยการจัดสถานะของขาแอดเดรสแต่ละขาสามารถทำได้ 3 สถานะ จะทำให้สามารถตั้งรหัสได้มากถึง 19,122 รหัสโดยไม่ซ้ำกันเลย

สัญญาณรหัสนี้ของไอซี 1 เป็นสัญญาณขบวนพัลส์ 9 บิต ตามที่ได้ตั้งรหัสไว้ โดยขาที่ 15 ของไอซี 1 ขา 15 ของไอซี 1 ความถี่ของรหัสพัลส์ที่เป็นสัญญาณออกของไอซี 1 นี้ สามารถกำหนดได้จากการจัดค่าของตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ (R1,C1, R2) ที่ต่ออยู่ทางขา 13, 12 และ 11 ของไอซี 1 โดยค่าความถี่สัญญาณนาฬิกา ที่จะกำหนดความถี่ของสัญญาณรหัสนี้ดังกล่าวสามารถหาได้จากสมการที่ (2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_{osc} = \frac{1}{2.3R_1C_1'}$$

เมื่อ  $C_1' \approx C_1 + 20\text{pF}$ ;  $100\text{pF} \leq C_1 \leq 15\mu\text{F}$ ;  $R_1 \geq 10\text{k}\Omega$ ;  $R_2 = 2R_1$

จากสมการ และเงื่อนไขข้างต้นจากรูปวงจรเครื่องส่ง รูปที่ 3.19 จะเห็นว่า  $R_1=100\text{k}$ ,  $R_2=220\text{k}$  และ  $C_1=4.7\text{nF}$  ดังนั้นจะ ได้ความถี่สัญญาณนาฬิกาของสัญญาณรหัสเป็น

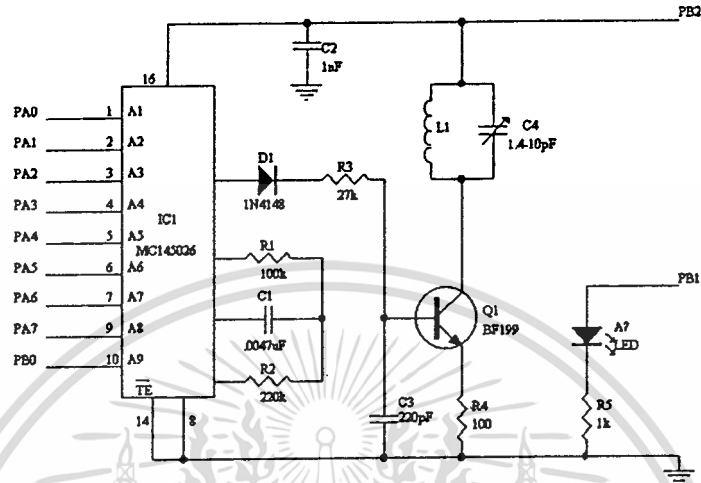
$$\begin{aligned} f_{osc} &= \frac{1}{2.3(100\text{k})(4.7\text{n} + 20\text{p})} \\ &= \frac{1}{(23 \times 10^4)(4.72 \times 10^{-9})} \\ &= \frac{1}{1.0856 \times 10^{-3}} \\ &= 921.15\text{Hz} \end{aligned}$$

โดยสำหรับการเข้าสัญญาณรหัสในแต่ละบิต สัญญาณรหัส 1 บิต จะประกอบด้วยสัญญาณความถี่สัญญาณนาฬิกาทั้งสิ้น 8 ลูก จึงจะพบว่าความถี่ของสัญญาณรหัส 1 บิตจะมีความถี่โดยประมาณ 115.14 Hz หรือ 8.68 ms และสัญญาณระดับต่ำที่เป็นตัวขึ้นขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุดจะประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกา 14 ลูก คือ มีความถี่ประมาณ 65.8 Hz หรือ 15.2 ms กล่าวคือ ในขบวนสัญญาณรหัส 9 บิต ที่รวมช่วงระหว่างขบวนสัญญาณแต่ละชุดจะประกอบด้วยสัญญาณความถี่สัญญาณนาฬิกา 86 ลูก ดังนั้น ใน 1 ขบวนสัญญาณรหัสจะมีความถี่ 10.71 Hz หรือ 93.36 ms นั่นเอง ซึ่งความถี่สัญญาณนาฬิกาในการเข้ารหัสนี้ จะมีความสำคัญมาก เนื่องจากในทางด้านรับที่ทำการถอดสัญญาณรหัส ก็จะต้องมีความถี่สัญญาณนาฬิกาค่าเดียวกันนี้ด้วย จึงจะสามารถถอดสัญญาณรหัสได้ถูกต้อง

เมื่อมีการสั่งให้ภาคส่งทำงาน ชุดรหัส 9 บิต (9 bit code word) จากขา 15 จะส่งผ่าน D1 และ R3 เข้าไปกระตุ้นที่ขาเบสของ Q1 เป็นผลให้ Q1 ทำงานผลิตความถี่ออกมาเป็นหัว ๆ ตามอัตราความถี่ของขบวนพัลส์ที่เข้ามา โดย Q1 จะทำงานออสซิลเลทความถี่ย่าน UHF ในช่วงที่พัลส์สัญญาณออกทางขา 15 ของไอซี อยู่ในระดับสูง และจะหยุดออสซิลเลทเมื่อสัญญาณออกทางขา 15 ของไอซี 1 อยู่ในระดับต่ำ

วงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ผลิตความถี่คลื่นพาหะในย่าน UHF มี Q1 (BF199) เป็นตัวทำหน้าที่หลักในการผลิตความถี่ออสซิลเลท โดยมี L1 และทรินเมอร์ C4 ที่ต่อक्रमขนานอยู่ด้วยกันทำหน้าที่เป็นตัวจูนที่ความถี่ในย่าน UHF สำหรับการทดสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ จะทำการเชื่อมต่อที่จุดต่อระหว่าง D1 และ R3 เป็นจุดสำหรับโยงต่อ สายทดสอบ (Test Link) เข้ากับไฟเลี้ยงเป็นการชั่วคราว ในระหว่างที่มีการทดสอบและปรับจูนวงจรออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ได้สัญญาณความถี่คลื่นพาหะในย่าน UHF ณ ความถี่ที่ต้องการ เมื่อมีการโยงสายทดสอบจากจุดต่อระหว่าง D1 และ R3 เข้ากับจุดไฟจ่ายโดยตรง จะทำให้มีแรงไฟผ่าน R3 เข้าไปไบอัสให้กับขา B ของ Q1 ตลอดเวลาเป็นผลให้ Q1 ทำงานออสซิลเลทความถี่คลื่นพาหะได้อย่างต่อเนื่อง การปรับแต่งเพื่อให้วงจรออสซิลเลทที่ความถี่ตามต้องการจึงทำได้โดยสะดวก หลังจากปรับแต่งแล้วจะต้องทำการปลดสายทดสอบนี้ออก และเมื่อมีการส่งขบวนสัญญาณออกมา ขบวนสัญญาณรหัสที่ออกมานี้เองจะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวไปกำหนดการออกสวิตช์เลขของวงจรออกสวิตช์เลข โดยวงจรออกสวิตช์เลขจะส่งสัญญาณออกสวิตช์เลขความถี่ UHF ออกไป ในช่วงที่ส่วนของขบวนการสัญญาณรหัสมีสถานะสูง และจะไม่มีการออกสวิตช์เลข เมื่อมีสถานะต่ำ ในขบวนการสัญญาณรหัสนั้น ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น

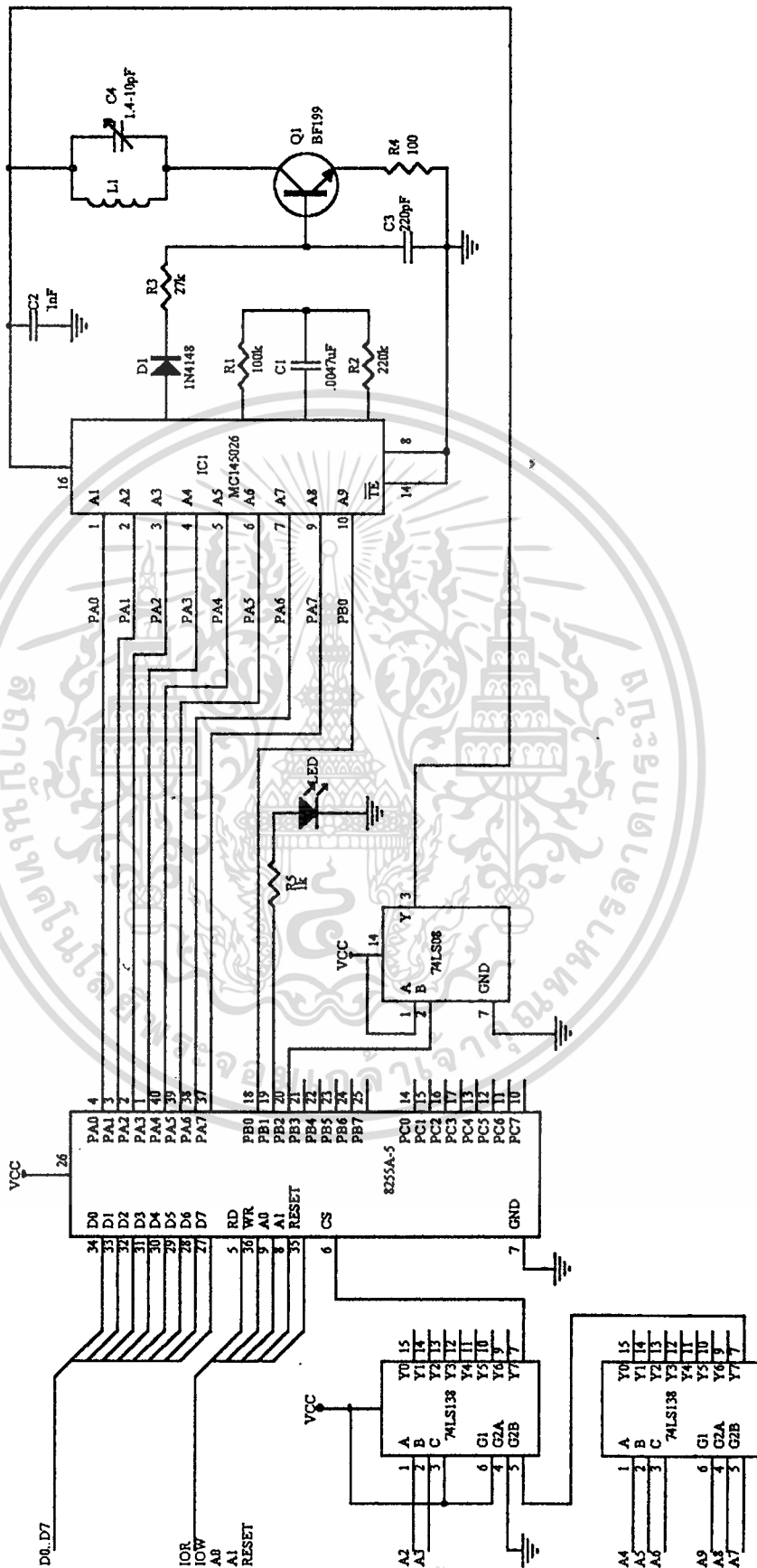


รูปที่ 3.19 แสดงวงจรของเครื่องส่ง

ทั้งนี้ในการเข้ารหัสแก้อิซี 1 หากจะให้บิตใด ๆ มีสถานะเปิด ก็ไม่ต้องทำการต่อขาของไอซีในบิตนั้น ๆ กับส่วนใด ๆ เลย ซึ่งจะนำคิปสวิทช์ (dip switch) มาใช้ในการเปิดวงจรให้บิตแอดเดรสที่ต้องการให้มีสถานะเปิด และหากจะเข้ารหัสให้มีสถานะต่ำ ก็ให้ทำการต่อขาในบิตที่ต้องการเข้ารหัสเป็นสถานะต่ำเข้าเข้าจุดกราวด์ของวงจรเครื่องส่ง ซึ่งจะต่อมาจากส่วนกราวด์ของการ์ดคอนโทรลเฟสจากเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับในกรณีที่ต้องการเข้ารหัสให้บิตใด ๆ มีสถานะสูง เราจะไม่สามารถต่อสัญญาณระดับไฟเลี้ยงเพื่อไปเข้ารหัสให้บิตนั้น ๆ อยู่ในสถานะสูงได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดสภาวะอิมิตัว ไม่สามารถเข้ารหัสได้ ซึ่งการเข้ารหัสให้มีสถานะสูง ระดับแรงดันที่ป้อนให้กับการเข้ารหัสสถานะสูงจะต้องมีระดับต่ำกว่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่จ่ายให้กับวงจรเครื่องส่ง จึงจะเห็นได้ว่าในการออกแบบการป้อนแรงดันไฟเลี้ยงให้กับวงจรเครื่องส่งจากการคอนโทรลเฟส จะไม่สามารถนำสัญญาณไฟที่ออกจากพอร์ตมาเป็นไฟเลี้ยงได้โดยตรง เนื่องจากเราได้นำระดับแรงดันสัญญาณไฟที่ออกจากพอร์ตแต่ละพอร์ตมาทำการเข้ารหัสทั้ง 9 บิตโดยตรง จึงได้ทำการประยุกต์นำเอาแอนด์เกต (AND Gate) มาเพื่อนำเอาบิตจากพอร์ตที่เราต้องการนำมาเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรเครื่องส่ง ซึ่งก็คือพอร์ต PB2 นำไปเข้าแอนด์เกตกับสัญญาณไฟ Vcc จากคอมพิวเตอร์ ก็จะทำให้ขาที่จะนำมาเป็นไฟเลี้ยงมีระดับแรงดันสูงขึ้น รูปแสดงการต่อการ์ดคอนโทรลเฟสเข้ากับวงจรเครื่องส่งแสดงดังรูปที่ 3.20

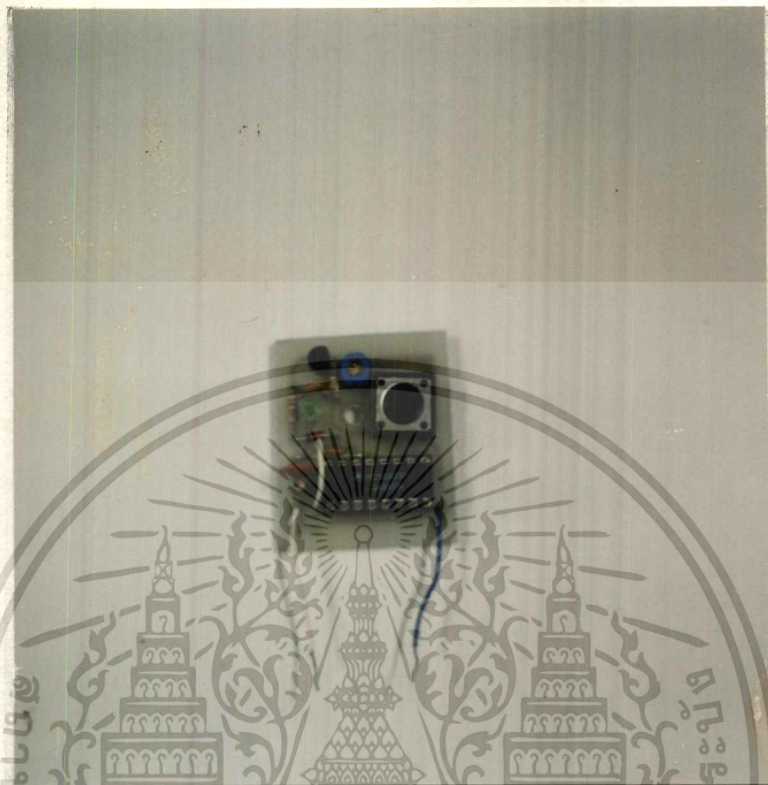
สำหรับเครื่องส่งที่ทำการเข้ารหัส 9 บิต 3 สถานะ ส่งที่ย่านความถี่ UHF ที่ได้ทำการประกอบลงแผ่นปริ้นท์เสร็จแล้ว แสดงดังรูปที่ 3.21 และในรูปที่ 3.22 แสดงวงจรเครื่องส่งที่ทำการต่อพอร์ตเข้ากับการ์ดคอนโทรลเฟสแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

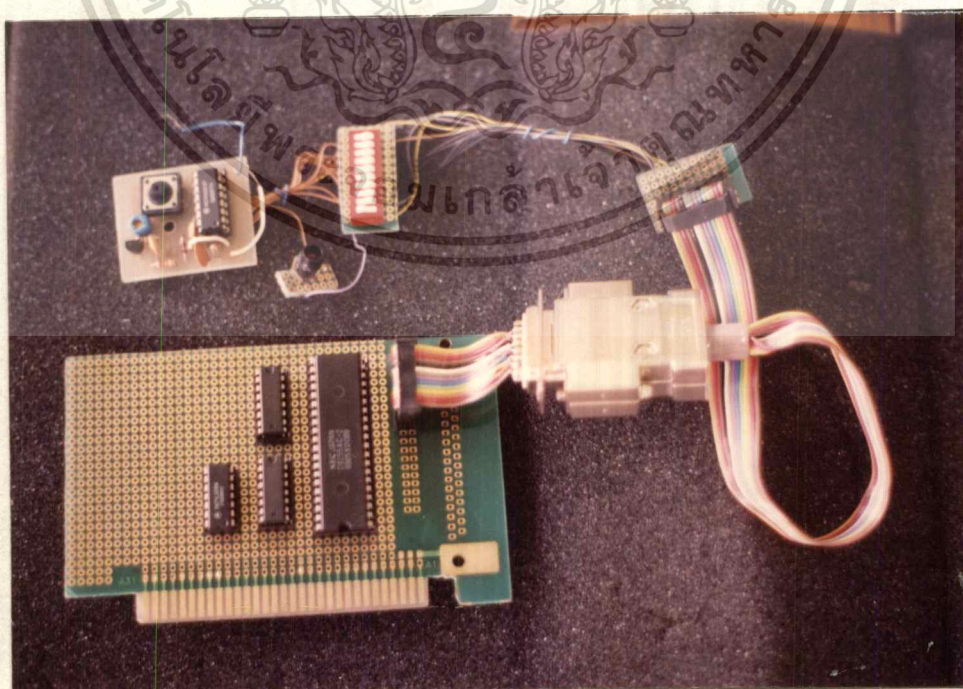


รูปที่ 3.20 แสดงวงจรการคืนเทอร์เฟสต่อกับวงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 แสดงรูปเครื่องส่ง



รูปที่ 3.22 แสดงรูปเครื่องส่งที่ต่อพอร์ทเข้ากับการ์ดอินเทอร์เฟซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่บริษัทร่วมทุนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 การสร้างเครื่องรับ

ในส่วนของเครื่องรับสัญญาณในย่าน UHF ที่ทำการถอดรหัสจากเครื่องส่ง สามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนเครื่องรับได้ดังรูปที่ 3.23 ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ภาครับ และคิเทคสัญญาณภาคขยายสัญญาณ และขมัทท์ทริกเกอร์ ภาคถอดรหัส ฟลิปฟลอปแบบ D และภาคขับรีเลย์ ซึ่งจะนำสัญญาณไฟที่ได้จากรีเลย์นี้ ไปทำการขับมอเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนสลับขีจงานสายอากาศควเทียมไว้กับตัวฐาน ให้ทำการปลดสลักออก เมื่อส่งสัญญาณจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับให้มีการเปิดงานสายอากาศควเทียมขึ้นจากตัวฐาน



รูปที่ 3.23 แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาครับ

#### การทำงานของวงจร

จากบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับดังรูปที่ 3.23 ซึ่งสามารถแบ่งภาคต่าง ๆ ของเครื่องรับจากวงจรเครื่องรับที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.24 โดยวงจรส่วนแรกของเครื่องรับนี้ เป็นภาครับสัญญาณวิทยุที่ทำงานในย่าน UHF โดยมีทรานซิสเตอร์ Q1 (BF199) และอุปกรณ์ร่วมทำหน้าที่เป็นวงจรส่วนรับแบบเจนเนอเรทีฟที่ทำการคิเทคสัญญาณในตัวเอง (Self-detecting regenerative receiver) โดยภาครับจะรับสัญญาณวิทยุจากเครื่องส่ง แล้วคิเทคออกเป็นสัญญาณข้อมูลเลขฐาน 2 (binary) ออกทางขาอิมิตเตอร์ ของ Q1 สัญญาณออกที่จุดนี้จะส่งผ่าน R5, C5, R8 เข้ามาเป็นสัญญาณอินพุตที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 (2N5551) ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วม (common emitter) สัญญาณข้อมูลเลขฐาน 2 ที่ผ่านการขยายจาก Q2 แล้ว จะปรากฏออกทางขาค้อด เลกเตอร์ของ Q2 และผ่าน C13, R13 เข้าไปยังวงจรขยายกลับส่วนสัญญาณ (inverting amplifier) ซึ่งทำหน้าที่โดยไอซี 1a (LM358) ซึ่งจะมิอิตรขยายประมาณ 10 เท่า สัญญาณขยายที่ได้จะส่งผ่าน R17 เข้าไปยังไอซี 1b (LM358) ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขมัทท์ทริกเกอร์ โดยมีตัวต้านทาน R15 และ R16 เป็นตัวจัดแรงดันไบอัสให้ทั้งไอซี 1a และ ไอซี 1b

ข้อมูลคิจคอตที่ผ่านวงจรขมัทท์ทริกเกอร์แล้วจะมีรูปร่างสัญญาณเหมือนต้นฉบับที่ส่งมาทางเครื่องส่ง และสัญญาณนี้จะออกจากขา 7 ของไอซี 1b ผ่านเข้าขาอินพุตขา 9 ของไอซี 2 (MC145028) ซึ่งจะทำหน้าที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวถอดสัญญาณรหัส 3 สถานะ ถ้าสัญญาณเข้ารหัสที่ส่งมาจากเครื่องส่งมาการจัดลำดับรหัส (code sequence) สอดคล้องกับการตั้งรหัสที่ตั้งไว้ในไอซี 2 ทั้งทางด้านสายแอดเดรส (address line) และทางด้านอัตราของการจัดลำดับรหัส (rate of the code sequence) หรือความถี่ของสัญญาณในการเข้ารหัส และถอดรหัสเหมือนกัน ซึ่งค่านี้กำหนดได้จากค่าของ R29, C13, R19 และ C14 จะทำให้ระดับสัญญาณลอจิกที่ขา 11 ของไอซี 2 เปลี่ยนสถานะเป็นระดับสูง และ LED1 ซึ่งทำหน้าที่เป็น LED แสดงผลที่ต่ออนุกรมกับขาต่อไฟเลี้ยง (ขา 16) ของไอซี 2 จะสว่างแวบขึ้น เมื่อไอซี 2 รับสัญญาณได้ เป็นการแสดงผลให้เห็นว่าเครื่องรับสามารถรับข้อมูลจากเครื่องส่งได้ถูกต้อง

สำหรับการถอดรหัสสัญญาณของตัวถอดรหัสนั้น ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.8.2 จะต้องมีการกำหนดช่วงเวลาในการถอดรหัส เพื่อให้สัมพันธ์กับขบวนการสัญญาณรหัสที่ทางด้านส่งเข้ารหัสอนุกรมมา โดยความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ จะเป็นไปตามสมการที่ (2.7)

$$R_{29}C_{13}(Rx) = 3.95R_1C_1(Tx)$$

$$R_{19}C_{14}(Rx) = 77R_1C_1(Tx)$$

$$\text{เมื่อ } R_{29} \geq 10k\Omega; C_{13} \geq 400 pF; R_{19} \geq 100k\Omega; C_{14} \geq 700 pF$$

ซึ่งจากสมการข้างต้น ค่าความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุ จะมีส่วนในการกำหนดช่วงเวลานาฬิกาในการถอดรหัส เมื่อนำค่าจากเครื่องรับ และจากเครื่องส่งมาแทนค่าลงในสมการดังกล่าวได้ดังนี้

$$R_{29}C_{13}(Rx) = 3.95R_1C_1(Tx)$$

$$82k \times 22n \approx 3.95 \times 100k \times 0.0047\mu$$

$$1.804 \times 10^{-3} \approx 1.8565 \times 10^{-3}$$

และ

$$R_{19}C_{14}(Rx) = 77R_1C_1(Tx)$$

$$390k \times 0.1\mu \approx 77 \times 100k \times 0.0047\mu$$

$$0.039 \approx 0.03619$$

ไอซี 3 เป็นไอซีที่มีฟลิปฟลอปแบบ D (D flip-flop) อยู่ในตัวถึงเดียวกัน 2 ชุด เพื่อต้องการให้ได้สัญญาณออกมากกว่า ก็ให้ต่อฟลิปฟลอปทั้ง 2 ชุดขนานกันไว้ในวงจร

จะเห็นว่าที่ ไอซี 3 มีการจัดวงจรด้วยการต่อเอาท์พุท Q (ขา 2) มาเข้าที่อินพุท D (ขา 5) โดยผ่านทาง R22 เพื่อต้องการให้ฟลิปฟลอปทำงานที่ออกเกิด (toggle) ซึ่งหมายความว่าในแต่ละครั้งที่มีพัลส์เอาท์พุทออกจากขา 11 ของไอซีถอดรหัส (IC2) ส่งเข้ามายังขาอินพุทสัญญาณนาฬิกา (ขา 3) จะทำให้ไอซี 3 ทำงานด้วยการเปลี่ยนระดับลอจิกที่เอาท์พุท Q และ  $\bar{Q}$  เป็นตรงกันข้าม การทำงานของไอซี 3 ในกรณีนี้ R22 และ C15 เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่ทำให้ไอซี 3 หยุดการเปลี่ยนระดับลอจิกที่เอาท์พุท Q และ  $\bar{Q}$  ชั่วขณะภายในช่วงเวลาไม่เกิน 1 วินาที หลังจากที่ได้เปลี่ยนระดับลอจิกที่เอาท์พุทไปแล้ว ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดอันเกิดจากมีสัญญาณรบกวนเข้ามาจากทางเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทันทีที่มีการป้อนไฟจ่ายให้กับวงจร C16 และ R21 จะทำหน้าที่รีเซ็ตฟลิปฟล็อปให้เอาท์พุท Q อยู่ในระดับต่ำ และเอาท์พุท  $\bar{Q}$  อยู่ในระดับสูง เนื่องจากเอาท์พุท Q มีระดับต่ำจึงทำให้ C19 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุกำหนดเวลา (timing capacitor) ประจุกระแสผ่านทาง R24 และรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ของ Q3 (2N2907A) ที่ต่อขนานกับ R25 เป็นเหตุให้ Q3 ทำงานนำกระแส และทำให้รีเลย์อินดิเคเตอร์ทำงานตามไปด้วย จนกระทั่งสิ้นสุดการประจุกระแสของ C19 ช่วงเวลาประจุกระแสนี้จะสั้นมากประมาณ 100ms ดังนั้นจะเห็นว่าทุกครั้งที่มีการจ่ายไฟเข้าเครื่อง รีเลย์อินดิเคเตอร์จะทำงานด้วยช่วงเวลาประมาณ 100ms

ถ้าเลือกการใช้งานในโหมดที่ออกเกิดจะต้องมีการโยงต่อสายให้เอาท์พุท Q (ขา 1 ไอซี 3) มาเข้าที่ปลายขา R23 ที่ว่างไว้ ดังนั้นลอจิกต่ำจากขาเอาท์พุท Q จะช่วยรั้งไม่ให้ทรานซิสเตอร์ Q5 (BC337) ทำงาน ทำให้รีเลย์สวิตช์จึงยังคงไม่ทำงานในช่วงนี้

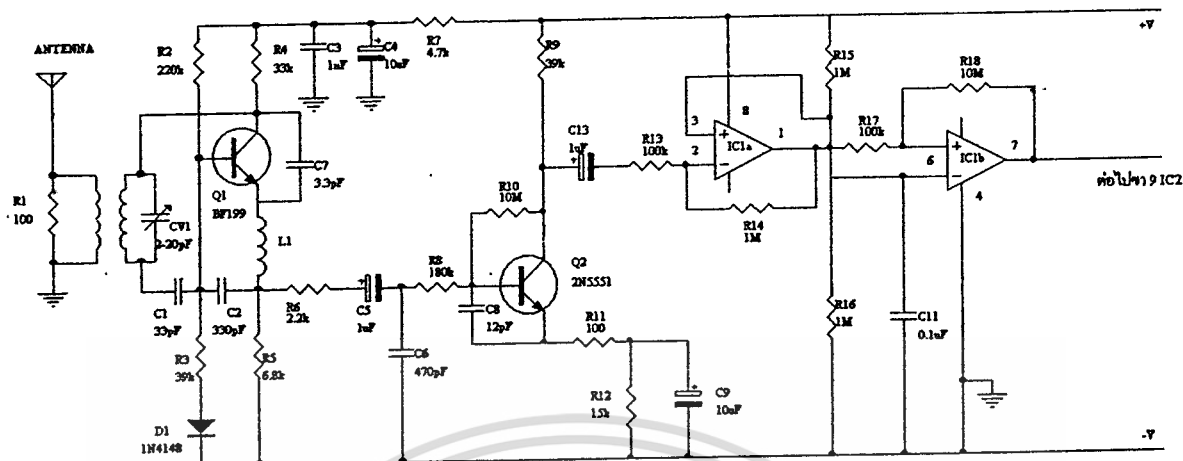
เมื่อมีสัญญาณมาจากเครื่องส่ง สัญญาณพัลส์จากขา 11 ของไอซี 2 จะเข้ามากกระตุ้นที่ขา 3 ของไอซี 3 ไอซี 3 จึงทำงานด้วยการเปลี่ยนระดับลอจิกที่เอาท์พุท Q จากระดับต่ำมาเป็นสูง และที่เอาท์พุท  $\bar{Q}$  จะเปลี่ยนจากระดับสูง มาเป็นต่ำ ผลจากที่เอาท์พุท Q มีระดับสูง จึงทำให้ Q5 ทำงานขับรีเลย์สวิตช์ให้ทำงานค้างไปตามลอจิกระดับสูงของเอาท์พุท Q ด้วย ในขณะที่เดียวกันนี้ ผลจากที่เอาท์พุท  $\bar{Q}$  มีระดับต่ำจึงทำให้ C20 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุกำหนดเวลาอีกตัวหนึ่งมีการประจุกระแสผ่านทาง R26 ดังนั้นในจังหวะนี้รีเลย์อินดิเคเตอร์จึงทำงานด้วยช่วงเวลาที่นานกว่า (ประมาณ 1 วินาที) ทำให้เป็นที่สังเกตได้ว่าขณะนี้รีเลย์สวิตช์กำลังทำงานอยู่ในสถานะเปิด

เมื่อมีสัญญาณจากเครื่องส่งเข้ามาอีกครั้งต่อไป ไอซี 3 จะทำงานเปลี่ยนระดับลอจิกที่เอาท์พุท Q และ  $\bar{Q}$  เป็นตรงกันข้าม เอาท์พุท Q จะถูกเปลี่ยนลอจิกเป็นระดับต่ำ (ทำให้รีเลย์สวิตช์ที่ทำงานค้างอยู่หยุดทำงาน) และ C19 จะประจุกระแสเป็นผลให้รีเลย์อินดิเคเตอร์ทำงานอีกครั้ง แต่ในคราวนี้รีเลย์อินดิเคเตอร์จะทำงานในช่วงสั้น (ประมาณ 100ms) เป็นการชี้ให้เห็นว่าการส่งสัญญาณมาจากเครื่องส่งในจังหวะนี้เป็นการสั่งให้รีเลย์สวิตช์หยุดทำงานกลับไปอยู่ในสถานะปิด

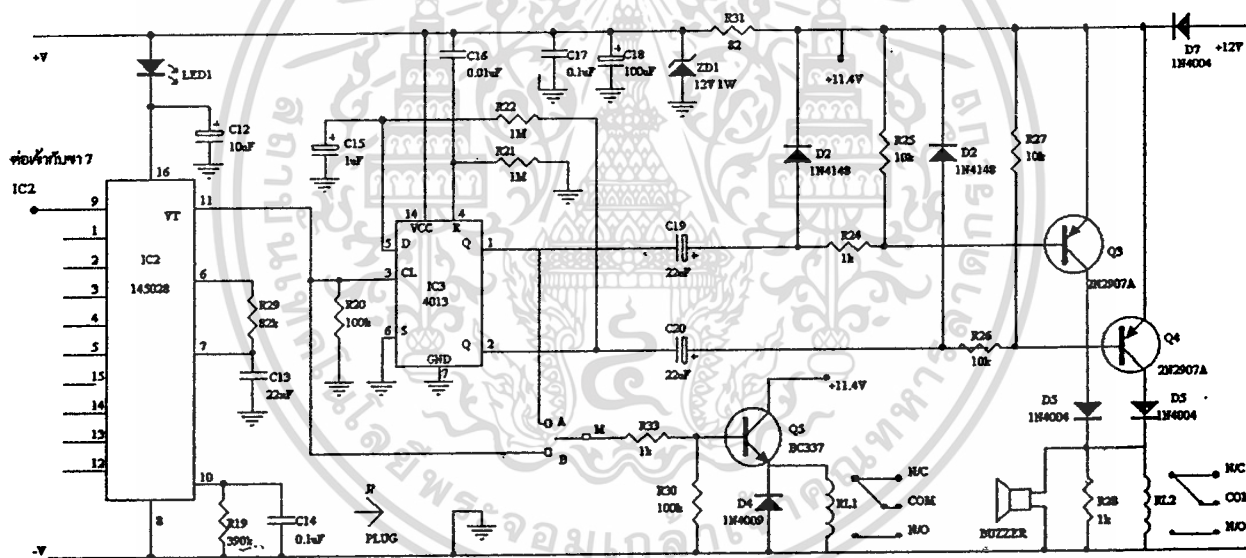
ถ้าต้องการเลือกใช้งานในโหมดพัลส์ จะต้องมีการโยงต่อสายจากจุดปลายขา R23 ที่ว่างไว้มาเข้าที่เอาท์พุทขา 11 ของ IC2 จะเห็นได้ว่าในโหมดพัลส์นี้เอาท์พุทจากไอซี 2 จะถูกส่งเข้ากระตุ้นให้ไอซี 3 ทำงานทางหนึ่ง และในอีกทางหนึ่งจะถูกส่งเข้าไปกระตุ้นให้ Q5 ทำงานขับรีเลย์สวิตช์โดยตรง ดังนั้นรีเลย์สวิตช์จึงทำงานเฉพาะช่วงที่มีสัญญาณเข้ามาจากเครื่องส่งเท่านั้น เมื่อใดที่หยุดส่งสัญญาณมาจากเครื่องส่งรีเลย์สวิตช์จะหยุดทำงานกลับไปอยู่ในสถานะปิดทันที

ช่วงเวลาทำงานของรีเลย์อินดิเคเตอร์สามารถกำหนดขึ้นใหม่ได้ด้วยการเปลี่ยนค่าของ C19, C20 และ R24, R26 โดยค่าของ C19 และ R24 จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่มีรีเลย์อินดิเคเตอร์ทำงานแสดงผลให้ทราบว่ารีเลย์สวิตช์ทำงานอยู่ในสถานะเปิด และค่าของ C20 และ R26 จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่มีรีเลย์อินดิเคเตอร์ทำงานแสดงผลให้ทราบว่ารีเลย์สวิตช์ทำงานอยู่ในสถานะปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาครับสัญญาณวิทยุ



(ข) ภาคถอดรหัส

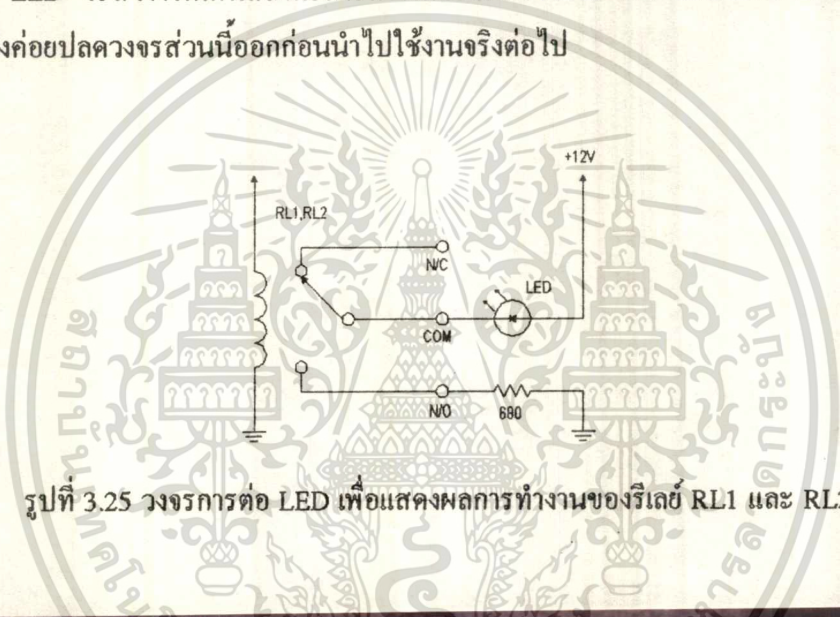
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรของเครื่องรับ

ตรงจุดขาต่อสวิตช์ใช้งานของรีเลย์ที่ปล่อยวางไว้สามารถต่อไปใช้งานควบคุมหลอดได้ตามต้องการ ถ้าต้องการพ่วงไฟง่าย +12V จากวงจรเครื่องรับนี้ไปใช้ร่วมกับหลอดต้องอย่าให้หลอดตึงกระแสมากเกิน 20mA และให้ระวังเรื่องแรงดันกระชาก อันเกิดจากการสวิตช์ของรีเลย์ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดสัญญาณพัลส์ใด ๆ เข้ามากระตุ้นให้วงจรเครื่องรับทำงานผิดพลาดได้

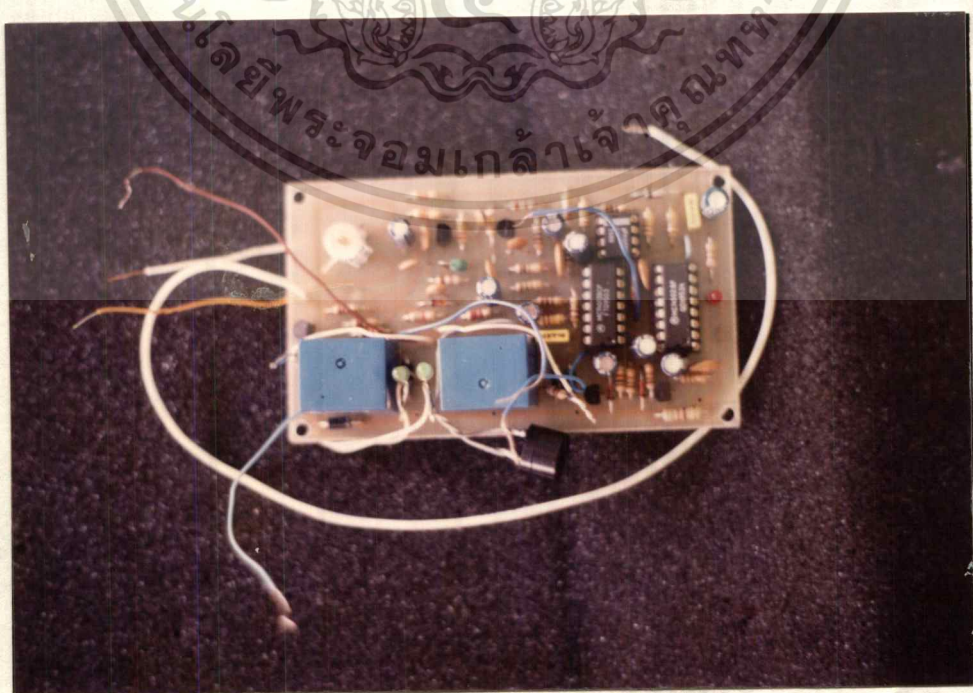
ไดโอด D2 และ D3 มีไว้สำหรับใช้เป็นทางผ่านในการคายประจุของตัวเก็บประจุ C19 และ C20 ในช่วงขณะที่อาร์ทพุท Q และ  $\bar{Q}$  ของฟลิปฟล็อปอยู่ในสถานะลอจิกระดับสูง ส่วนไดโอด D5 และ D6 จะทำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่กันแยกขาอิมิตเตอร์ของ Q3 และ Q4 ไม่ให้ต่อเข้าด้วยกันโดยตรงในการร่วมกันทำหน้าที่ขับรีเลย์อินดิเคเตอร์ให้ทำงาน ตัวต้านทาน R31 และซีเนอร์ไดโอด 12V (ZD1) จะร่วมกันทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับไอซีในวงจรไม่ให้มีค่าเกิน 12V และเป็นการช่วยป้องกันวงจรจากแรงดันกระชากที่อาจสอดแทรกเข้ามาทางแหล่งจ่ายกำลัง ส่วนไดโอด D7 มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้วงจรเสียหายถ้ามีการผิดพลาดจากการต่อแรงดันไฟจ่ายกลับขั้วให้กับวงจร

ถ้าต้องการให้สังเกตการทำงานของรีเลย์สวิตช์ และรีเลย์อินดิเคเตอร์ได้ง่ายในขณะทดสอบ และปรับแต่งเครื่อง ในการสร้างก็ควรประกอบวงจรแสดงผลสถานะการทำงานของรีเลย์เพิ่มเติมเข้าไปในเครื่องรับด้วย ดังรูปที่ 3.25 วงจรดังกล่าวนี้ประกอบด้วยตัวต้านทาน และ LED ต่อเข้ากับขาต่อสวิตช์ใช้งานของรีเลย์ เมื่อใดที่รีเลย์ทำงาน LED จะสว่างให้เห็นสถานะการทำงานของรีเลย์ได้ง่าย หลังทดสอบและปรับแต่งเครื่องจนทำงานได้ดีแล้วจึงค่อยปลดวงจรส่วนนี้ออกก่อนนำไปใช้งานจริงต่อไป



รูปที่ 3.25 วงจรการต่อ LED เพื่อแสดงผลการทำงานของรีเลย์ RL1 และ RL2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 3.26 แสดงรูปเครื่องรับ**  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง และผลการทดลอง

สำหรับการทดลองในโครงการนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการวัดแพทเทอรันงานสายอากาศ โดยทำการวัดทดสอบแพทเทอรันของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก ที่จัดสร้างขึ้นโดยใช้ไฟเบอร์กลาส มีลวดตาข่ายเป็นตัวสะท้อนสัญญาณฝั่งอยู่ และงานสายอากาศที่นำไปพันสี่เหลี่ยมทึบเพื่อเป็นตัวสะท้อนสัญญาณเพิ่มเข้าไป รวมถึงงานสายอากาศต้นแบบด้วย อีกส่วนหนึ่งนั้น เป็นส่วนการทดสอบเครื่องส่ง และเครื่องรับ ที่ใช้ในการควบคุมการเปิดของงานสายอากาศดาวเทียม โดยแต่ละส่วนมีวิธีการทดลอง และผลการทดลองดังนี้

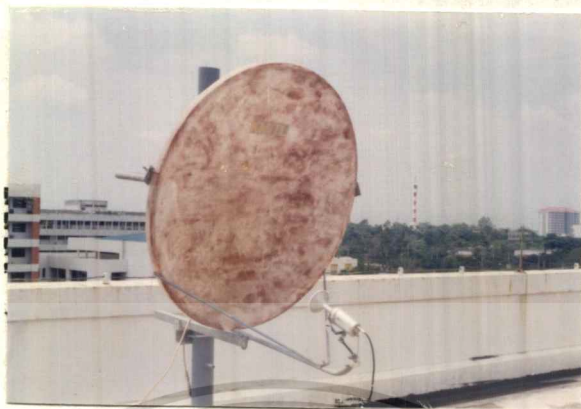
#### 4.1 การทดลองวัดแพทเทอรันงานสายอากาศ

ในการทดลองแพทเทอรันงานสายอากาศ ได้ทำการวัดแพทเทอรันของงานสายอากาศทั้งสามแบบดังที่ได้กล่าวแล้ว คือ งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสพันสี่เหลี่ยมทึบฝั่งลวดตาข่าย และงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบ โดยงานสายอากาศทั้งสามแบบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร มีค่า  $f/D$  และพื้นที่ประสิทธิภาพงานสายอากาศเท่ากัน ซึ่งมีขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองดังนี้

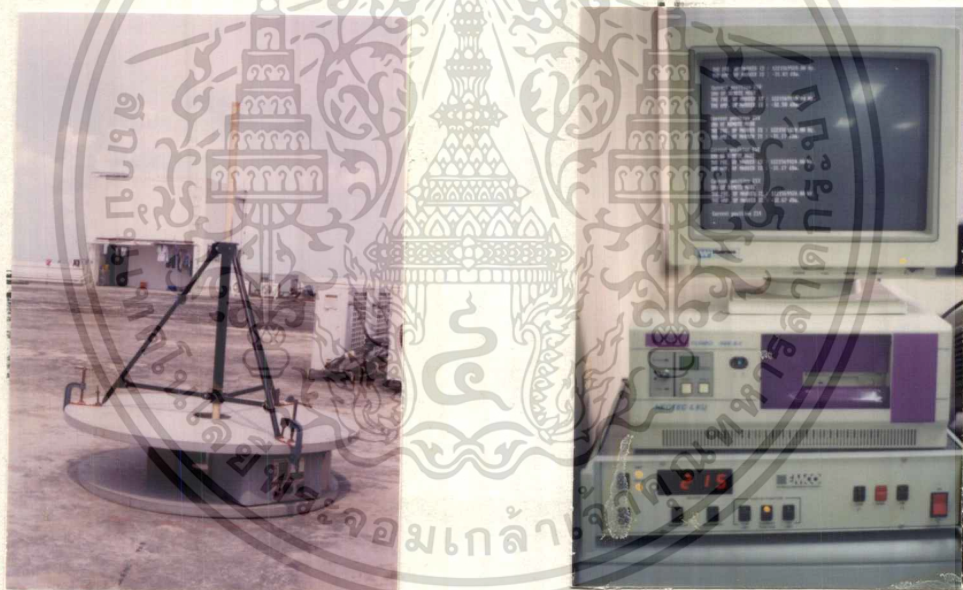
##### 4.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกนั้น แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร
2. ฟีดฮอร์น และ LNB ย่าน Ku
3. อุปกรณ์ป้อนกระแสไฟตรง (DC Power Supply)
4. ขายึดงานสายอากาศ
5. เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Synthesized Signal Generator) 2.0 - 12.4 GHz
6. เรกเทอกรัลฟีดฮอร์น (Rectangular Feedhorn)
7. เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer)
8. เทอร์นแทเบิล (Turn Table) และเครื่องควบคุม
9. คอมพิวเตอร์ควบคุมการหมุน และการวัดสัญญาณ
10. สายส่งสัญญาณ



(ก) งานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิค



(ข) เทอร์นเทเบิล

(ค) เครื่องควบคุมเทอร์นเทเบิล

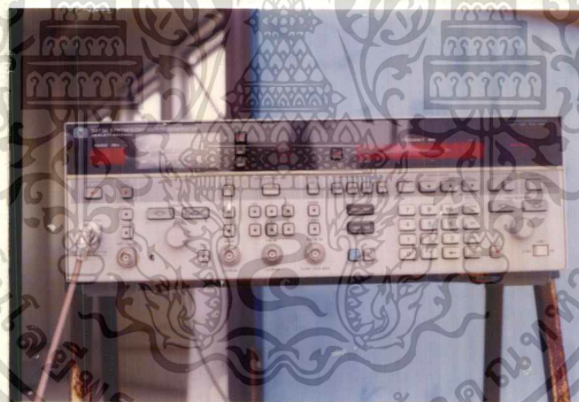


(ง) เรคเทนกูลาร์ฟิซอร์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) LNB ย่าน Ku



(ฉ) เครื่องกำเนิดสัญญาณ

รูปที่ 4.1 (ต่อ) แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

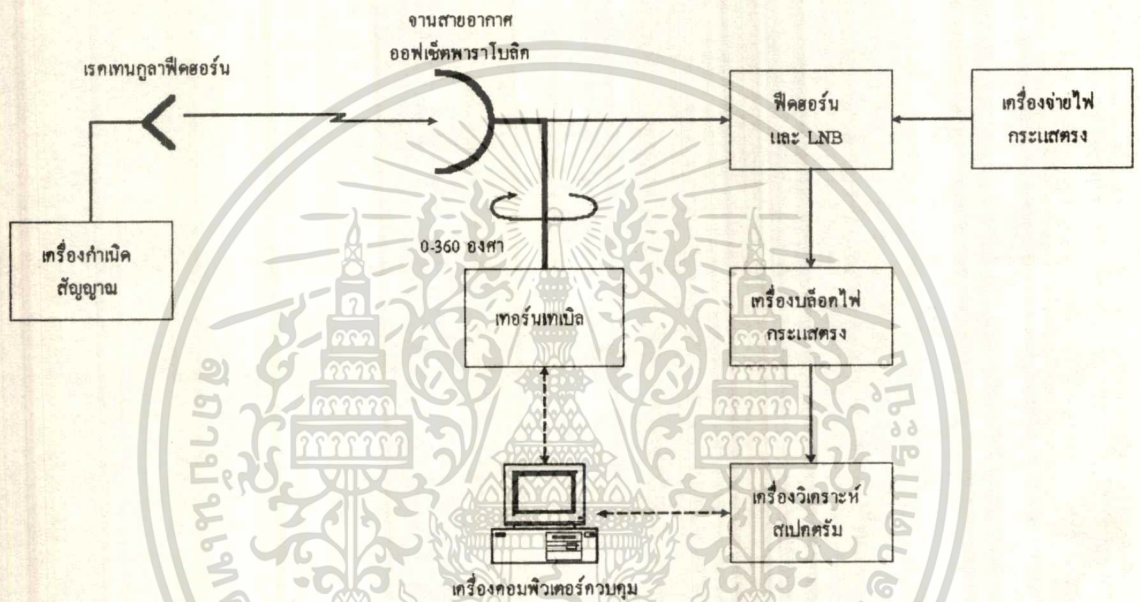
#### 4.1.2 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคไฟเบอร์กลาสฝังลวดตาข่าย

หลังจากที่ได้ทำการสร้างงานสายอากาศแบบออฟเซ็ทพาราโบลิคซึ่งทำมาจากไฟเบอร์กลาส โดยใช้ลวดตาข่ายฝังไว้เป็นเป็นตัวสะท้อนสัญญาณ และทำการติดตั้ง LNB เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็นำมาทำการทดสอบวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศดังกล่าว โดยการทดลองนี้ จะทำการทดลองวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศใน 2 บริเวณ คือ บริเวณสนามริแอกทิฟระยะใกล้ และที่บริเวณสนามระยะไกล โดยขั้นตอนในการทดลอง และผลการทดลองในแต่ละส่วนจะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองและผลการทดลอง**

ในการทดลองงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกฝั่งลวดตาข่ายที่ได้จัดสร้างขึ้นนั้น จะนำมาทำการวัด แพทเทิร์นของงานสายอากาศดังกล่าว โดยใช้งานสายอากาศที่ได้จัดสร้างขึ้นมาเป็นงานรับสัญญาณ และส่ง สัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์น ซึ่งป้อนสัญญาณโดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณไมโครเวฟ ทำการทดสอบหา แพทเทิร์นของงานสายอากาศที่สองจุด คือ บริเวณสนามระยะไกล และบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ สำหรับขั้นตอนการใช้อุปกรณ์ในการทดลองนั้นแสดงดังรูปที่ 4.2 เป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนในการ ทดลองวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศ



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

**4.1.2.1 การทดลองวัดแพทเทิร์นบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้**

**ขั้นตอนการทดลอง**

1. ติดตั้งงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกเข้ากับขาตั้ง
2. ติดตั้งฟีดฮอร์น และ LNB เข้ากับงานสายอากาศ
3. จากนั้นให้นำงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่ติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ไปไว้บน เทอร์นเทเบิล ดังแสดงในรูปที่ 4.3
4. ทำการต่อสายสัญญาณจาก LNB เข้าสู่เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม
5. ติดตั้งเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นเข้ากับขาตั้ง โดยติดตั้งในลักษณะแนวนอน (Horizontal)
6. นำเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นที่ติดกับขาตั้งแล้วไปไว้ในบริเวณสนามระยะใกล้ โดยหาได้จาก

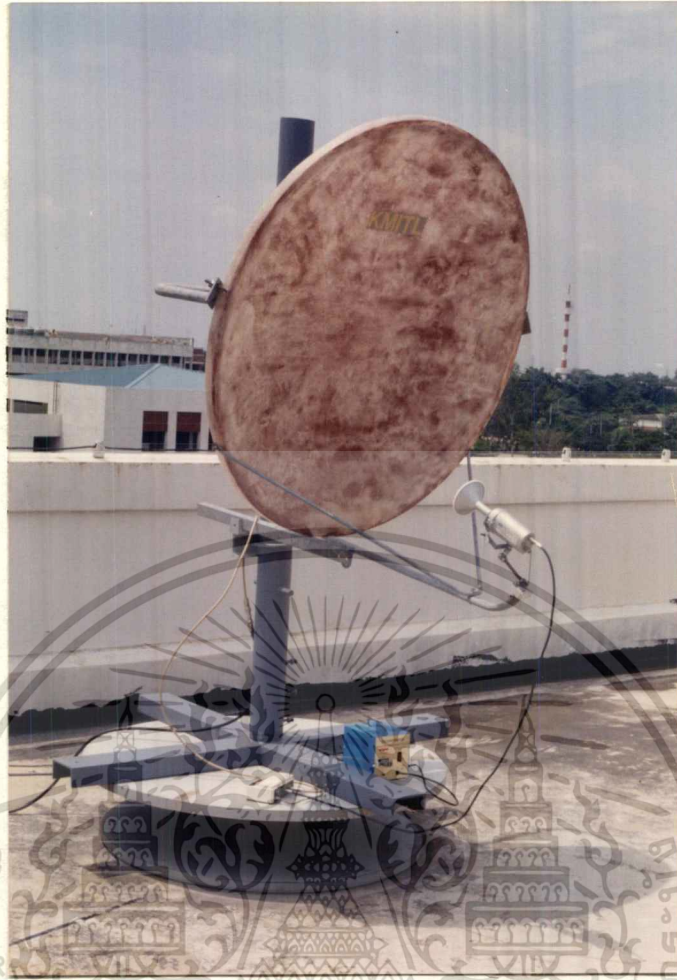
$$R \leq 0.62 \sqrt{D^3/\lambda}$$

และหันหน้าเข้าหาจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก โดยจากการคำนวณระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย  
ขอสงวนสิทธิ์ในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 R &\leq 0.62\sqrt{D^3/\lambda} \\
 &\leq 0.62\sqrt{(1.2)^3/0.0252} \\
 &\leq 5.13m
 \end{aligned}$$

7. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้ากับเรกเทนกูลาร์ ฟิคฮอร์น ดังรูปที่ 4.4
8. ทำการป้อนสัญญาณเข้าเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์น โดยตั้งค่าที่ความถี่ 11.9 GHz และตั้งค่ากำลังส่งที่ 1 dBm
9. ใช้เครื่องควบคุมเทอร์นเทเบิล ควบคุมการหมุนของเทอร์นเทเบิลโดยทำการหมุนตั้งแต่ 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา โดยตั้งค่าให้หยุดองศาละ 3 วินาที
10. ทำการวัดความแรงสัญญาณจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมในแต่ละองศา พร้อมทั้งทำการบันทึกสัญญาณที่วัดได้
11. นำค่าความแรงของสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละองศามาทำการพล็อตกราฟ เป็นการแสดงลักษณะแพทเทอร์นของงานสายอากาศ ในรูปแบบลิเนียร์พล็อต และโพลาร์พล็อต
12. ทำการเปลี่ยนเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นจากแนวนอนมาเป็นแนวตั้ง (Vertical) แล้วทำการทดลองวัดสัญญาณอีกครั้ง นำค่าความแรงของสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละองศามาพล็อตกราฟแพทเทอร์น เช่นเดียวกับในการทดลองที่ส่งสัญญาณจากเรกเทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวนอน

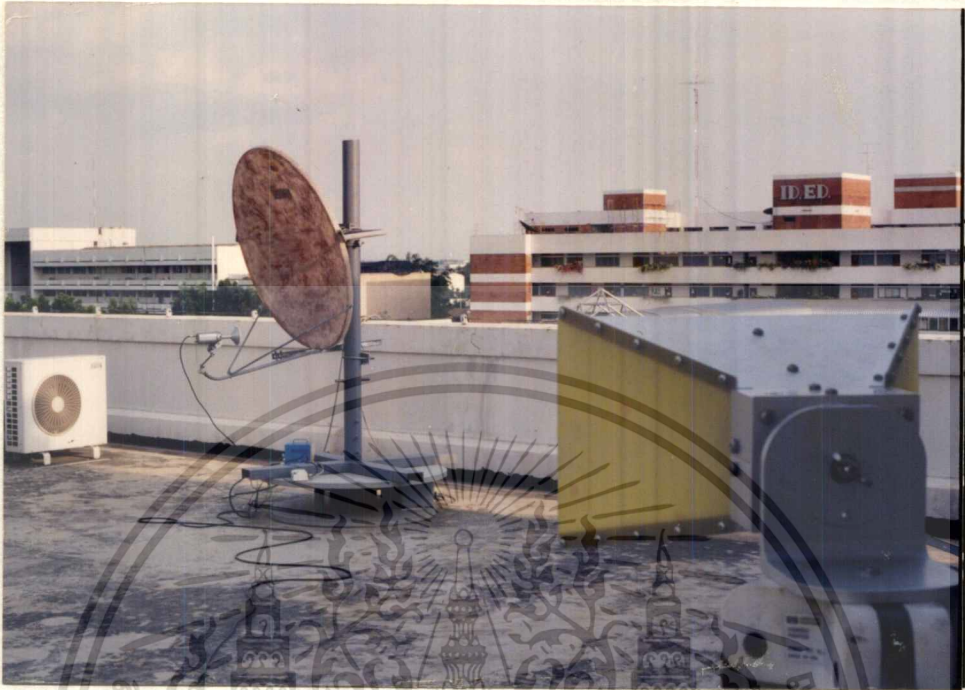


รูปที่ 4.3 งานสายอากาศออปเซ็คพาราโบลาที่ติดตั้งที่ไดฮอร์น และ LNB เรียบร้อยแล้ว และนำไปวางไว้บนเทอร์นเทเบิล

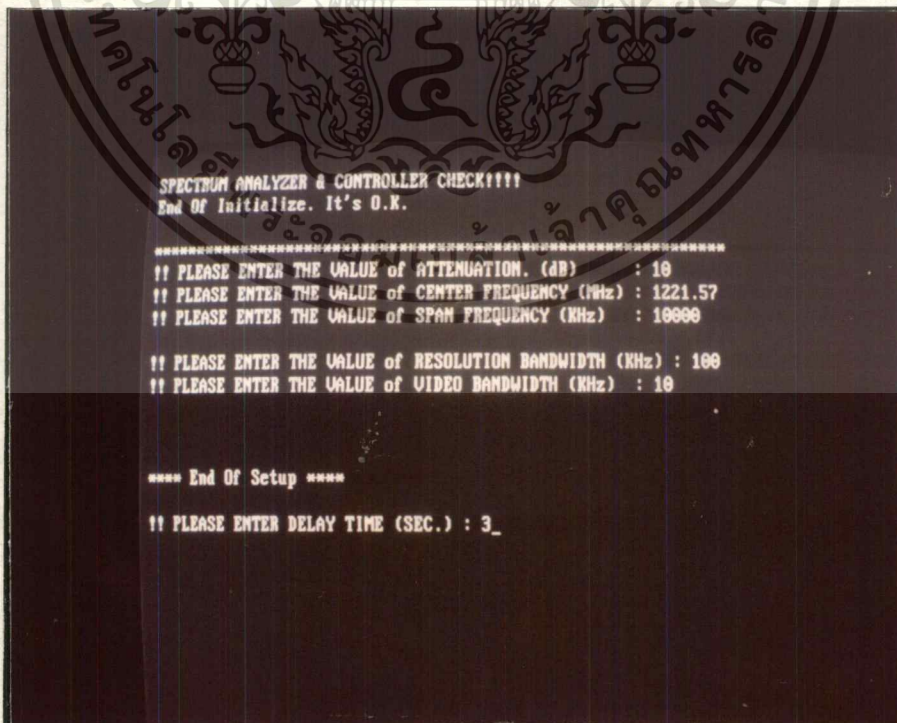


รูปที่ 4.4 การต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณกับเรคเทนกูลาร์ไฟคฮอร์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ซึ่งเรคเทนกูลาร์ไฟคฮอร์นติดตั้งในลักษณะแนวนอน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การวัดสัญญาณงานสายอากาศฝั่งลดตายในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้



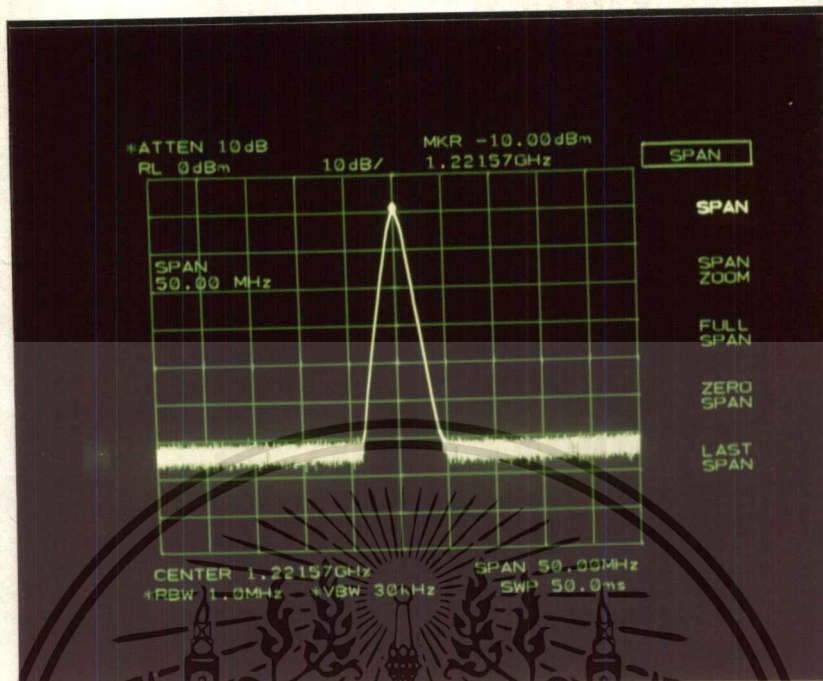
รูปที่ 4.6 แสดงการตั้งค่าต่าง ๆ ในการวัดสัญญาณ และการควบคุมเทอร์นเทเบิล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในการทดลองวัดสัญญาณบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

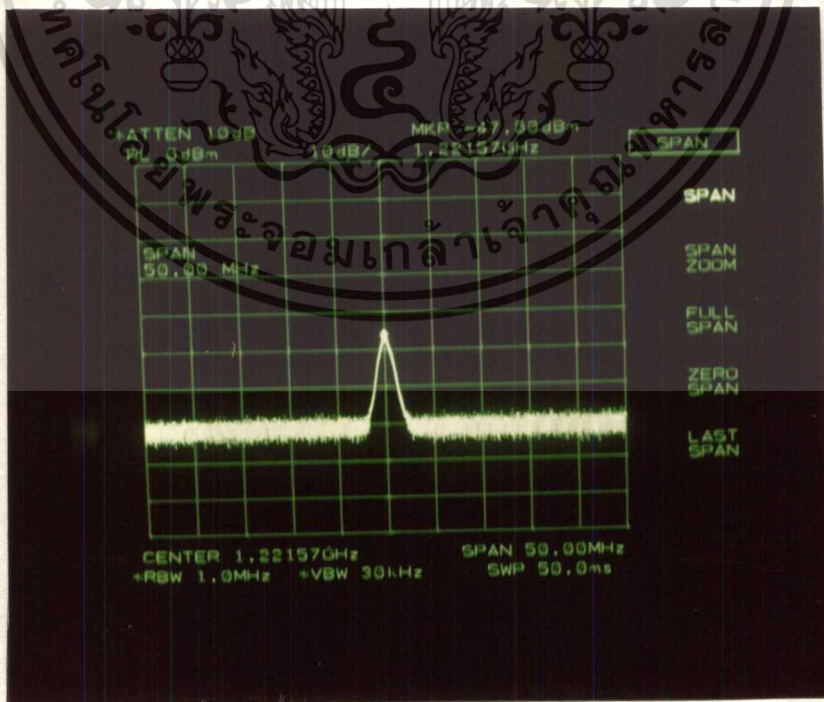
การทดลองนี้ เราจะตั้งจานสายอากาศให้ห่างจากเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นให้ห่างกันประมาณ 5 เมตร ซึ่งอยู่ในช่วงของบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ ในขั้นแรกจะส่งสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวนอน เมื่อส่งสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวตั้ง (วางเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นในแนวนอน) จะวัดความแรงสัญญาณที่ 0 องศาได้ประมาณ -10 dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และเมื่อหมุนจานสายอากาศไป สัญญาณจะเริ่มอ่อนลงเหลือในช่วงประมาณ -30 dBm ถึง -45 dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 แต่ที่ 355 องศา จะมีความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อย และสัญญาณที่รับได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากอีกครั้ง จนถึงที่ 360 องศา สัญญาณที่รับได้ก็จะมีค่าสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง

ส่วนในการส่งสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวนอน (วางเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นในแนวตั้ง) ความแรงของสัญญาณที่วัดได้ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวนอน ซึ่งความแรงสัญญาณที่ 0 องศาจะวัดได้ประมาณ -8.83 dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และเมื่อหมุนจานสายอากาศไปสัญญาณจะเริ่มอ่อนลงมีค่าความแรงสัญญาณอยู่ในช่วงประมาณ -30 dBm ถึง -45 dBm ดังรูปที่ 4.12 รูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 และที่ประมาณ 355 องศา จะมีความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อย และสัญญาณที่รับได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากอีกครั้ง จนถึงที่ 360 องศา สัญญาณที่รับได้ก็จะมีค่าสูงสุดอีกครั้งหนึ่งเช่นเดียวกัน

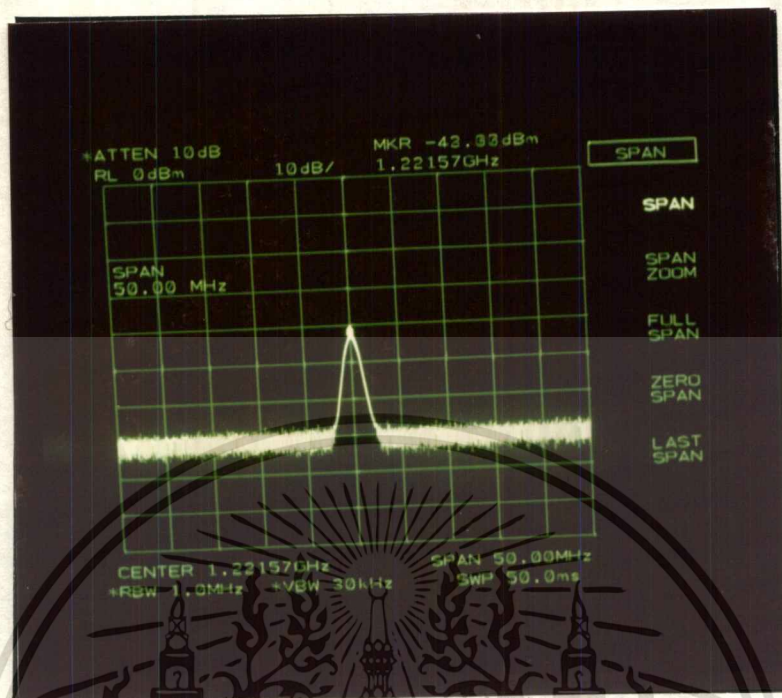
สำหรับการพล็อตกราฟแสดงแพทเทิร์นในรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าโลบหลักจะมีบีมที่กว้าง และยังมีโลบหลังมาก ทั้งนี้เนื่องจากเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นอยู่ใกล้กับจานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิก คือ อยู่ในช่วงบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้ จึงทำให้มีโลบหลักค่อนข้างกว้าง ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากสัญญาณที่ส่งออกจากเรกเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นที่ตั้งอยู่ใกล้กับจานสายอากาศออฟเซตพาราโบลิกมาก อาจจะมีการสะท้อนเข้าสู่ตัวฟีดฮอร์นโดยตรงด้วย และเนื่องจากจุดที่ตั้งจานสายอากาศยังตั้งอยู่ใกล้กับกำแพงเตี้ยที่อยู่ด้านหลัง จึงอาจมีสัญญาณที่สะท้อนจากกำแพงดังกล่าวเข้าสู่ฟีดฮอร์นของจานสายอากาศได้อีกส่วนหนึ่งด้วย



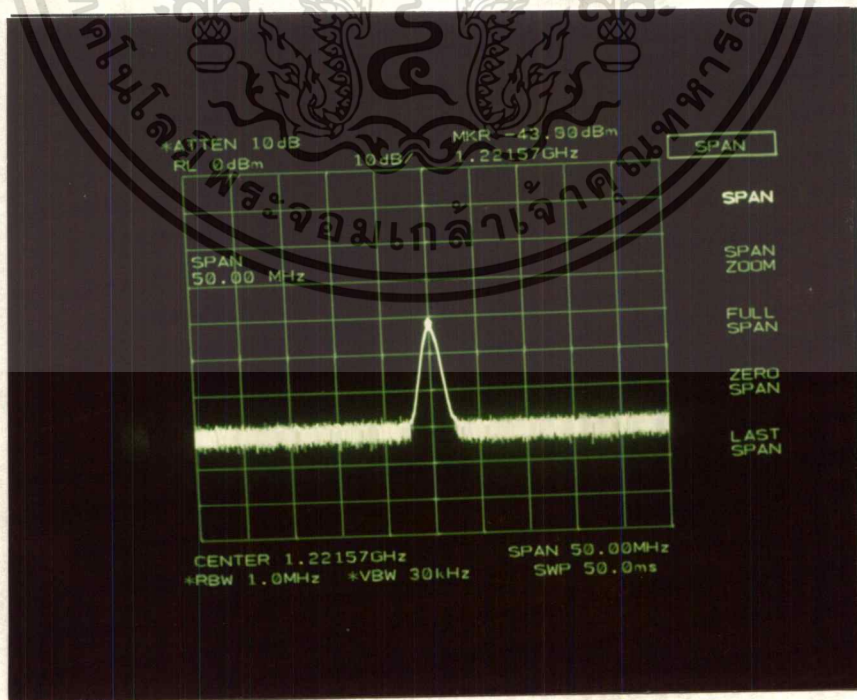
รูปที่ 4.7 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ที่ 0 องศา เมื่อวางเรดเทคนิกัลาร์พีคซอร์นในแนวนอน



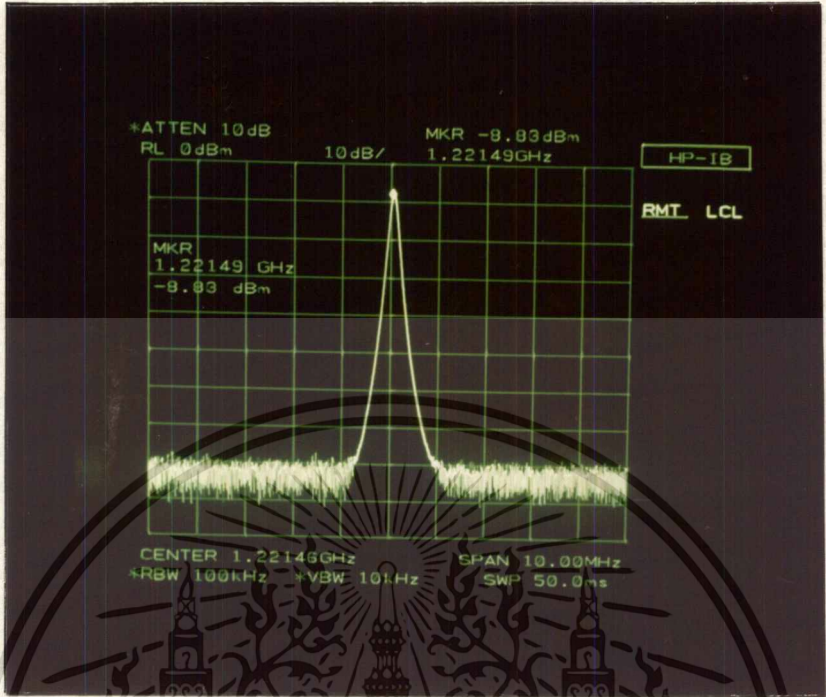
รูปที่ 4.8 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 90 องศา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควรใช้วงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 เมื่อวางเรดเทคนิกัลาร์พีคซอร์นในแนวนอน  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



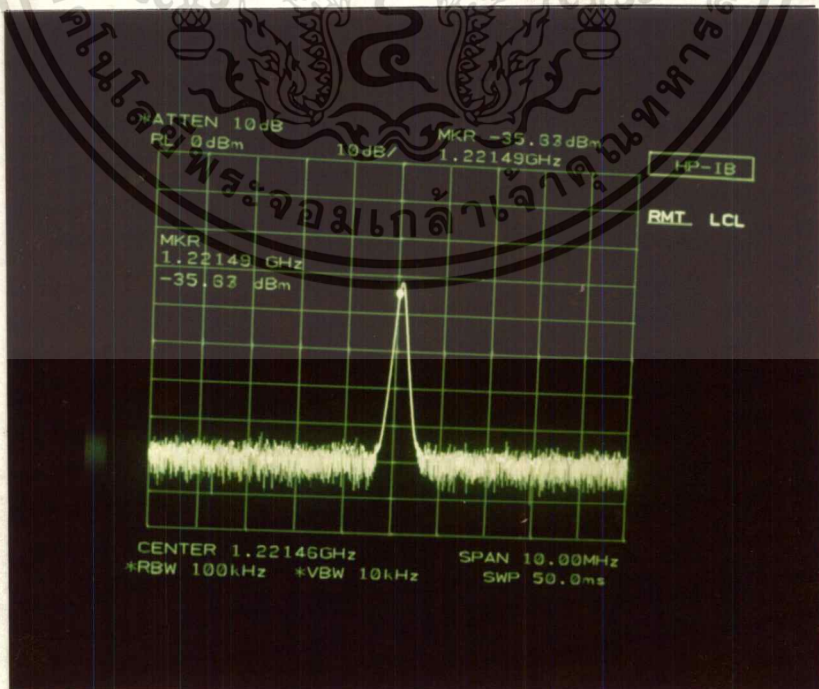
รูปที่ 4.9 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิสิกส์ในแนวนอน



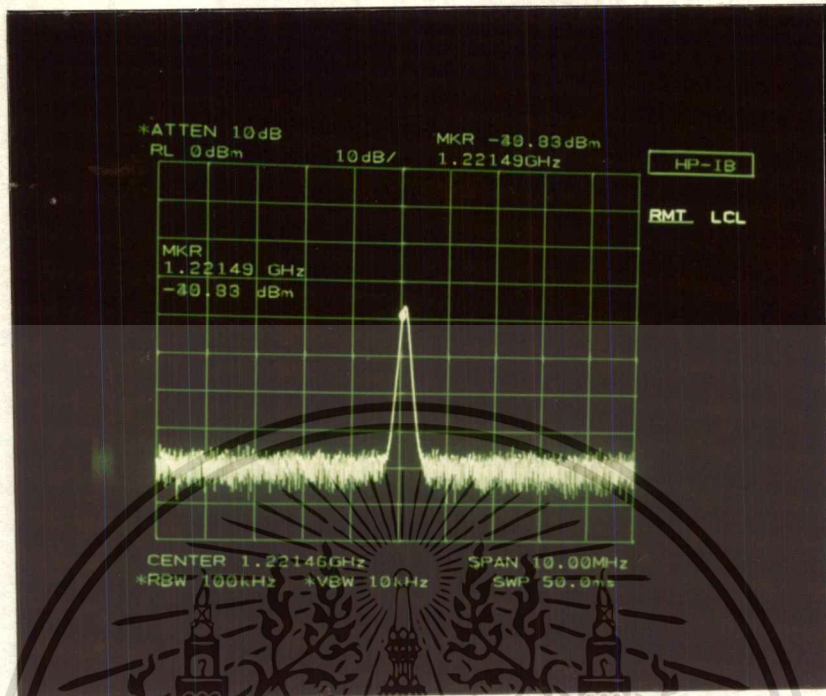
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทีฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ที่ 270 องศา เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เมื่อวางเรกเทนกูลาร์ฟิสิกส์ในแนวนอน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



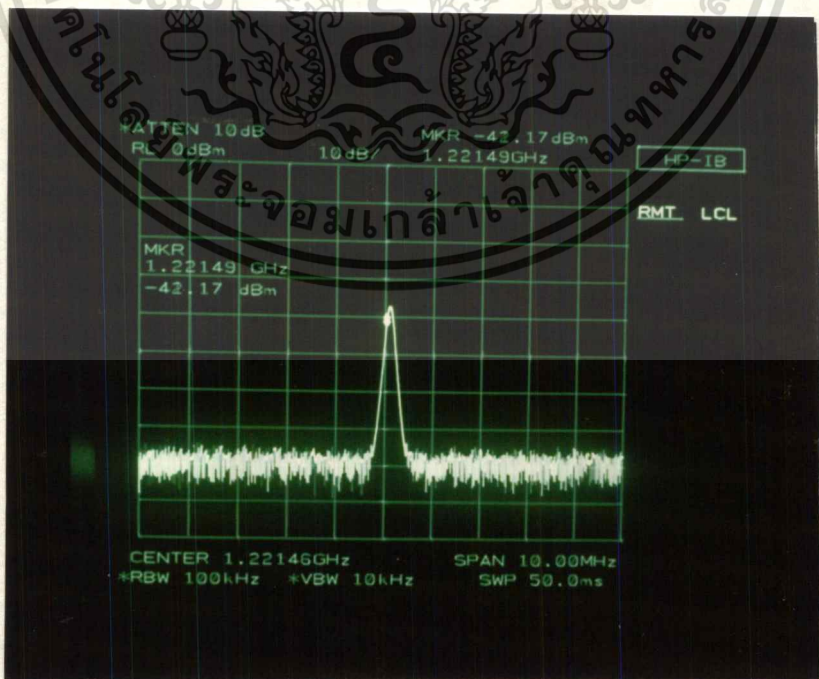
รูปที่ 4.11 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทิฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ที่ 0 องศา เมื่อวางเรดเทนกูลาร์ที่คอฮอร์นในแนวตั้ง



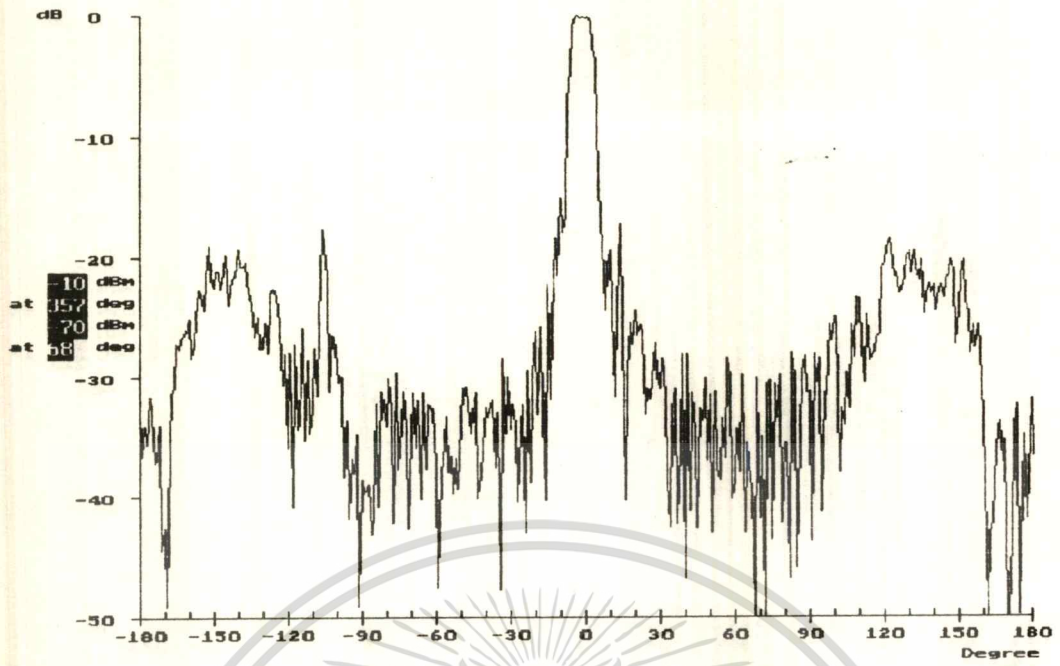
รูปที่ 4.12 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามรีแอกทิฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ที่ 90 องศา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกมัดเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เมื่อวางเรดเทนกูลาร์ที่คอฮอร์นในแนวตั้ง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



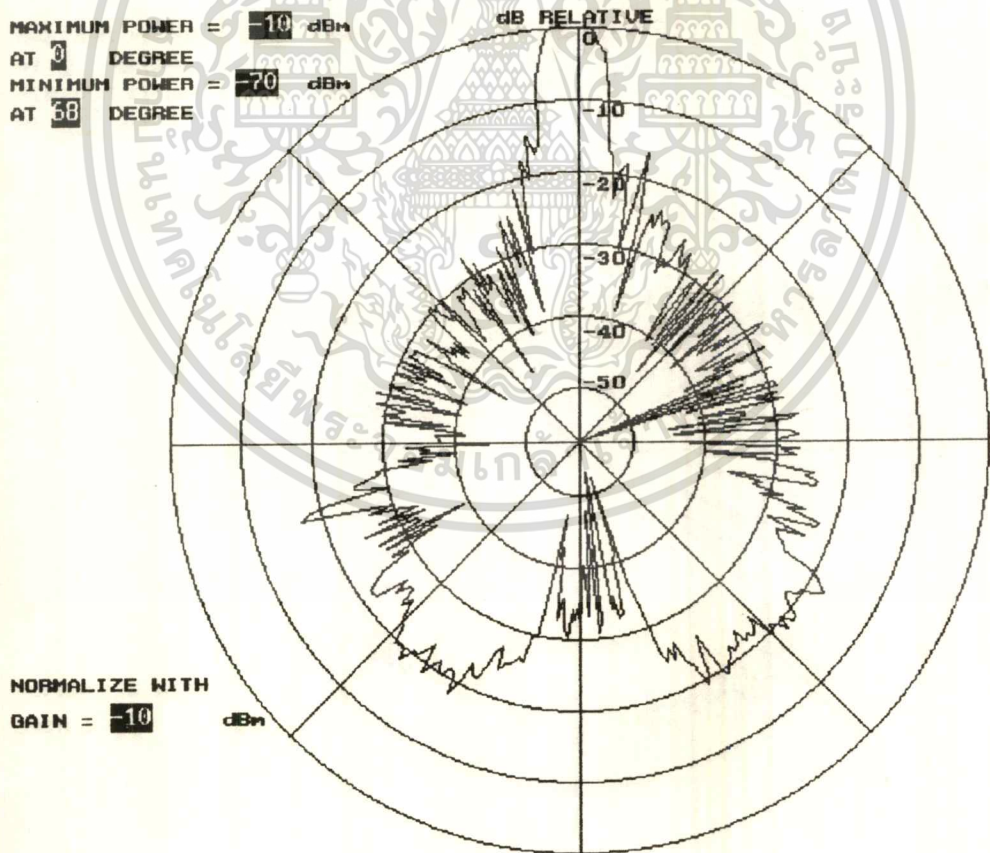
รูปที่ 4.13 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามริแอกทิฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ที่ 180 องศา เมื่อวางเรกเทนกูลาร์พีคซอร์นในแนวตั้ง



รูปที่ 4.14 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามริแอกทิฟระยะใกล้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ที่ 270 องศา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 เมื่อวางเรกเทนกูลาร์พีคซอร์นในแนวตั้ง  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แพทเทอรันของการแพร่กระจายคลื่นแบบลิเนียร์ พล็ต



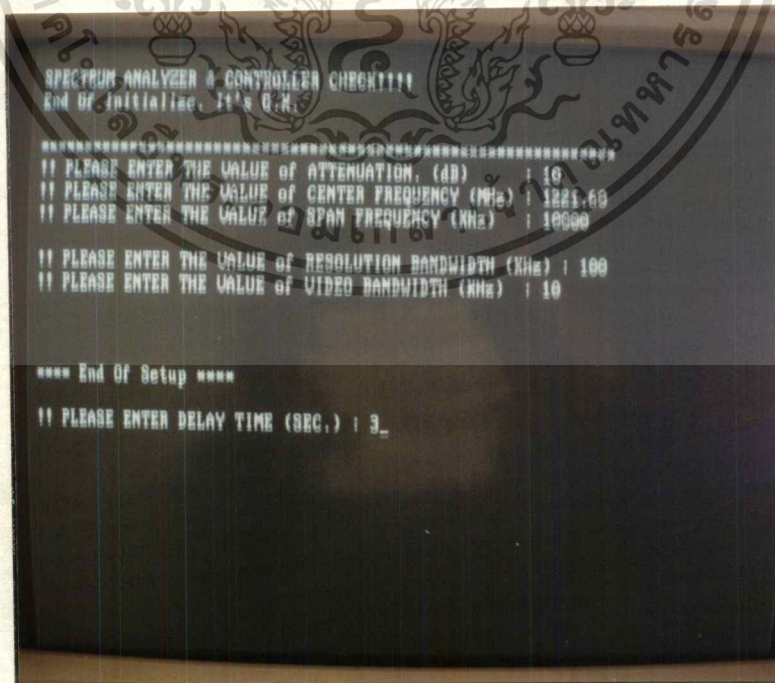
(ข) แพทเทอรันของการกระจายคลื่นแบบโพลาไรซ์พล็ต

รูปที่ 4.15 แพทเทอรันของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลาวตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก่อนนำไปออกตีพิมพ์ในสื่อใดๆ โดยปราศจากการคัดค้าน  
ที่วัดได้ในบริเวณสนามริแอกทีฟระยะใกล้ เมื่อวางเรคเทนกูลาร์พีคเจอร์รันในแนวนอน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 การส่งสัญญาณวัดสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อเรคเทเนอร์ถูกปรับอยู่ในแวนอน



รูปที่ 4.18 แสดงการตั้งค่าต่าง ๆ ในการวัดสัญญาณ และการควบคุมเทอร์นเทเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 การติดตั้งเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นในลักษณะแนวตั้ง



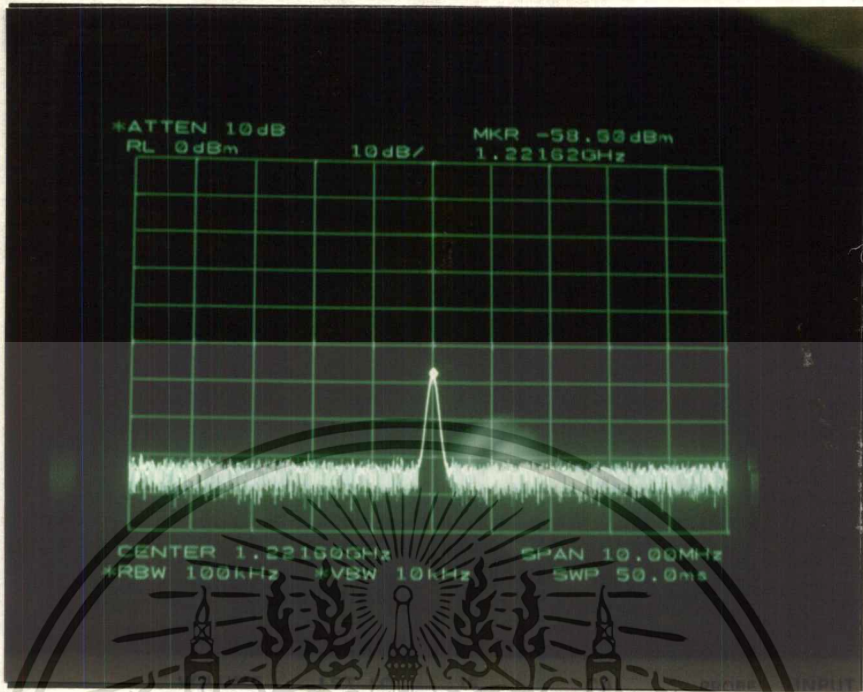
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.20 การวัดสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นอยู่ในลักษณะแนวตั้ง  
 ไม่ว่าจะชนิดใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบ่สงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

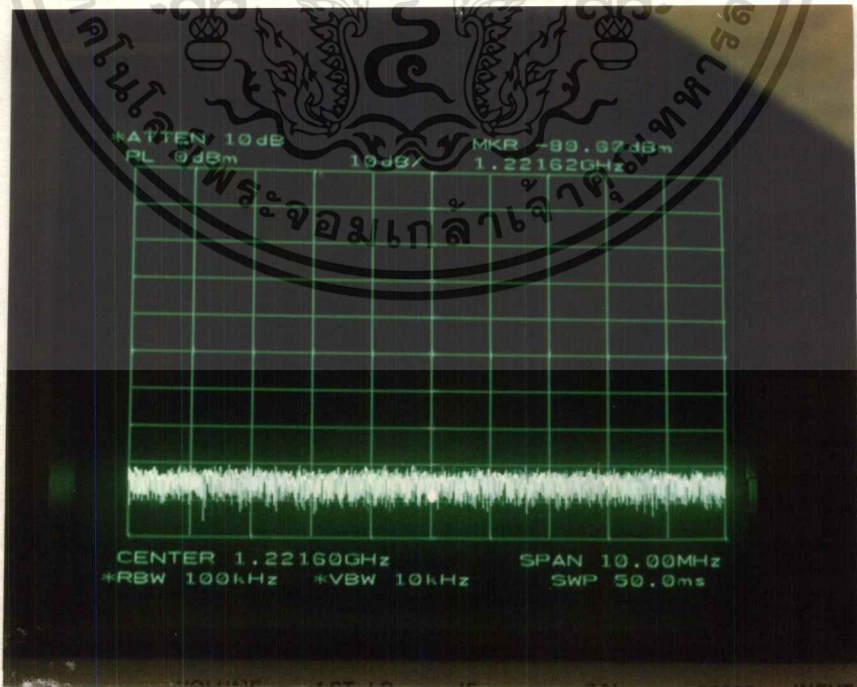
จากการทดลองวัดสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล ตามที่คำนวณได้ต้องมีระยะห่างระหว่างจานรับสัญญาณกับตัวส่งสัญญาณมากกว่า 114.28 เมตร โดยในการทดลองนี้จะทำการวางให้ห่างกันอยู่ในระยะประมาณ 200 เมตร โดยในขั้นแรก เมื่อส่งสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวตั้ง (เรคเทนกูลาร์พีคซอร์นวางในแนวนอน) จะวัดความแรงสัญญาณที่ 0 องศาได้ประมาณ -58 dBm ดังรูปที่ 4.21 และเมื่อหมุนจานสายอากาศไปประมาณ 2 องศา สัญญาณจะอ่อนลงมาก และเมื่อหมุนจานสายอากาศต่อไปอีก สัญญาณที่รับได้จะมีค่าน้อยมาก ซึ่งมีค่าต่ำกว่า -80 dBm ดังรูปที่ 4.22 และเมื่อหมุนจานสายอากาศมาถึง 358 องศา สัญญาณที่รับได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากอีกครั้ง จนถึงที่ 360 องศา สัญญาณที่รับได้ก็จะมีค่าสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง

ส่วนในการส่งสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวนอน (เรคเทนกูลาร์พีคซอร์นวางในแนวตั้ง) ความแรงของสัญญาณที่วัดได้ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวนอน ซึ่งความแรงสัญญาณที่ 0 องศาจะวัดได้ประมาณ -57 dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ส่วนสัญญาณที่จุดอื่น ๆ เมื่อจานสายอากาศหมุนไปจะมีค่าอยู่ในช่วงต่ำกว่า -80 dBm ดังรูปที่ 4.24 และสัญญาณที่รับได้จะมีค่าเพิ่มอีกครั้งที่ประมาณ 358 องศา และมีค่าสูงสุดอีกครั้งที่ 360 องศาเช่นกัน

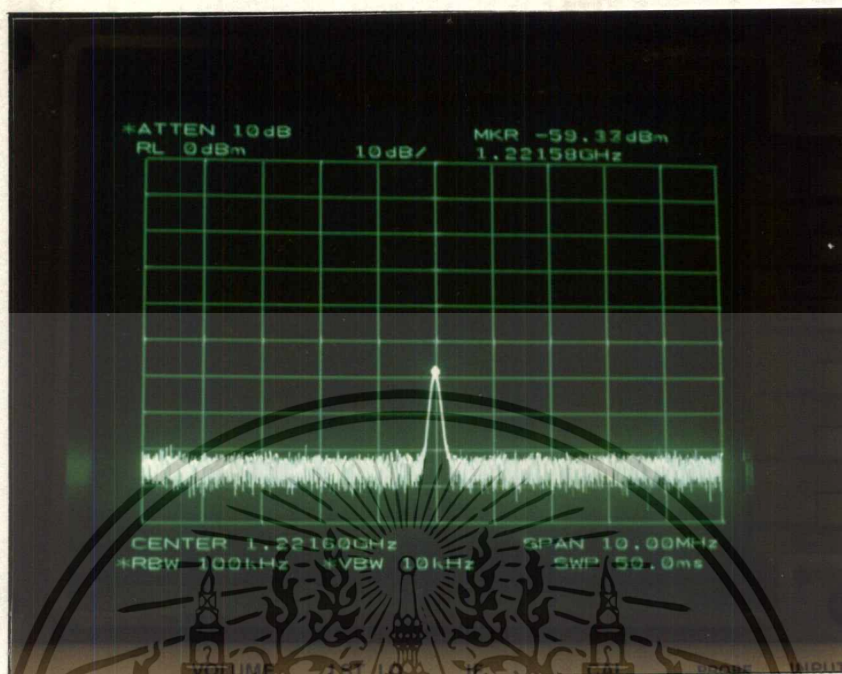
จากรูปกราฟแสดงแพทเทิร์นของสายอากาศในบริเวณสนามระยะไกล ดังแสดงในรูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการวัดค่าสาล์ฟเฟอเวอรีบีมีวัดที่จะมีค่าประมาณ 2-3 องศา ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นจานสายอากาศควมเทียมแบบสปอท์บีมี (Spot Beam) เนื่องจากมีโลบหลักที่แคบ ทั้งยังมีระดับของโลบข้างมีระดับต่ำกว่าโลบย่อยมากกว่า 20 dB ในรูปที่ 4.25 นั้น พบว่าจุดที่ค่าความแรงสัญญาณสูงสุดอยู่ที่ 358 องศา ซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดในการส่งสัญญาณจากเรคเทนกูลาร์พีคซอร์นส่งไปไม่ตรงที่ตำแหน่ง 0 องศา จึงทำให้ที่ 0 องศาไม่ได้ค่าความแรงสัญญาณสูงสุด



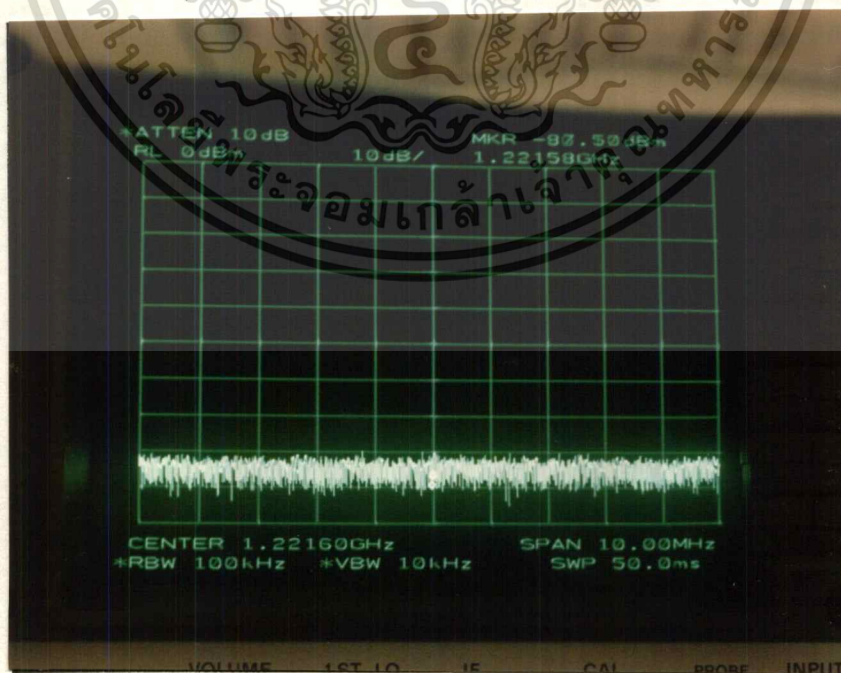
รูปที่ 4.21 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรดาร์เทคนิควัดระยะไกลในแนวนอน



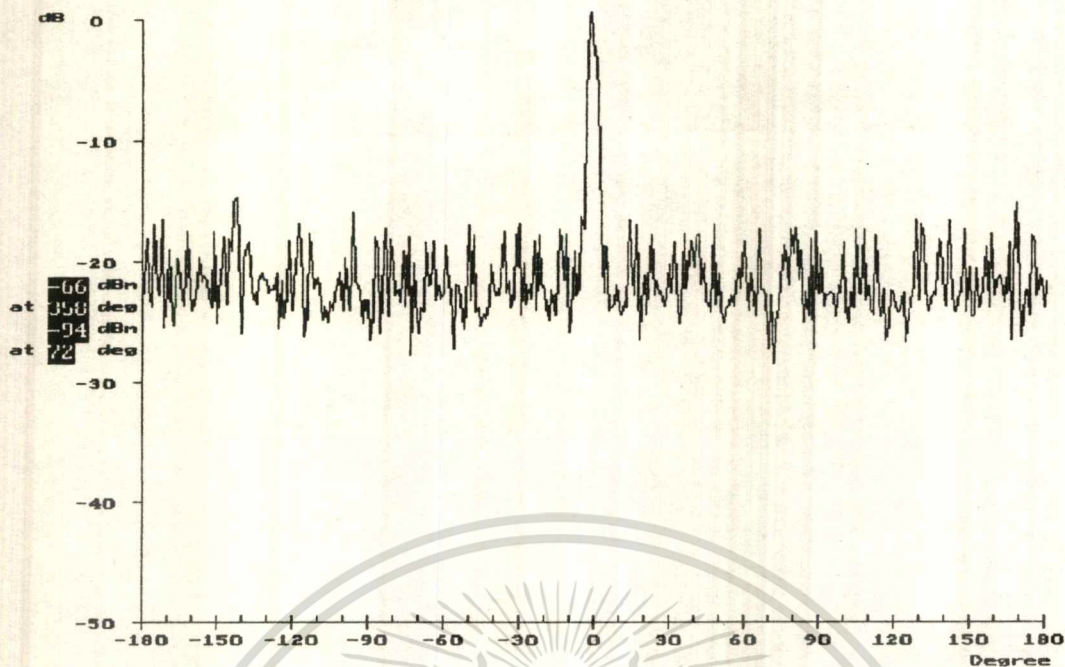
รูปที่ 4.22 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เมื่อส่งสัญญาณจากเรดาร์เทคนิควัดระยะไกลในแนวนอน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



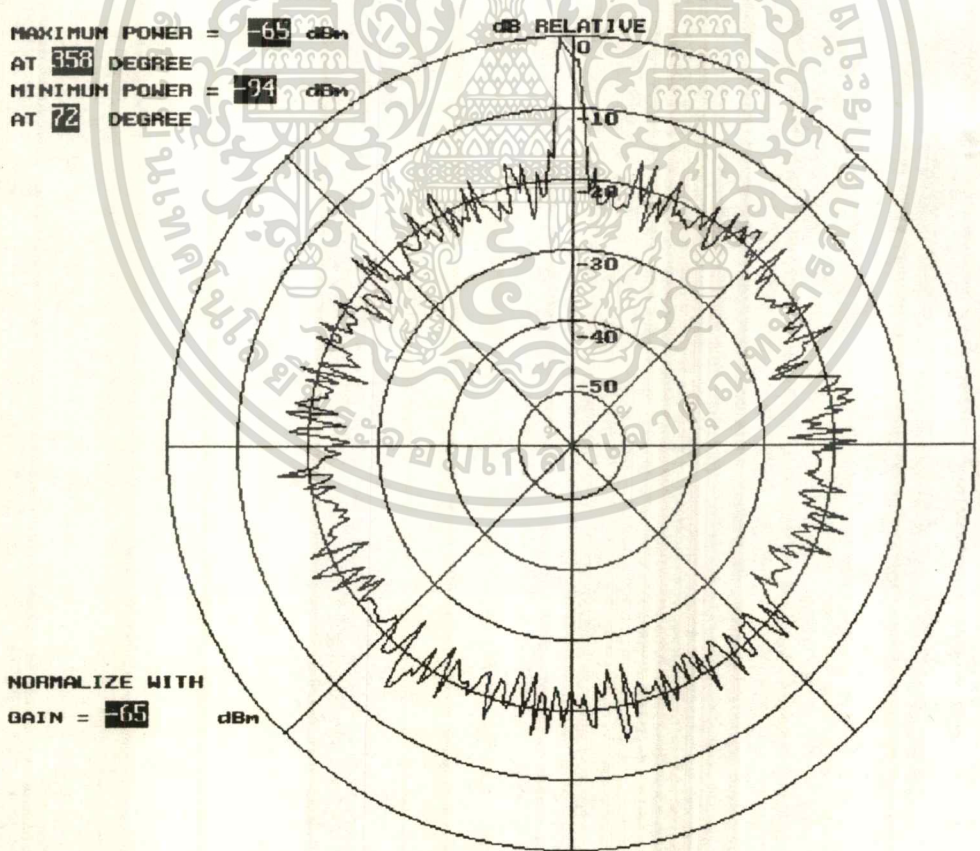
รูปที่ 4.23 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 0 องศา  
เมื่อส่งสัญญาณจากเรดแทนกูลาร์ฟิคฮอร์นในแนวตั้ง



รูปที่ 4.24 สัญญาณที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกลจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมที่ 180 องศา  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



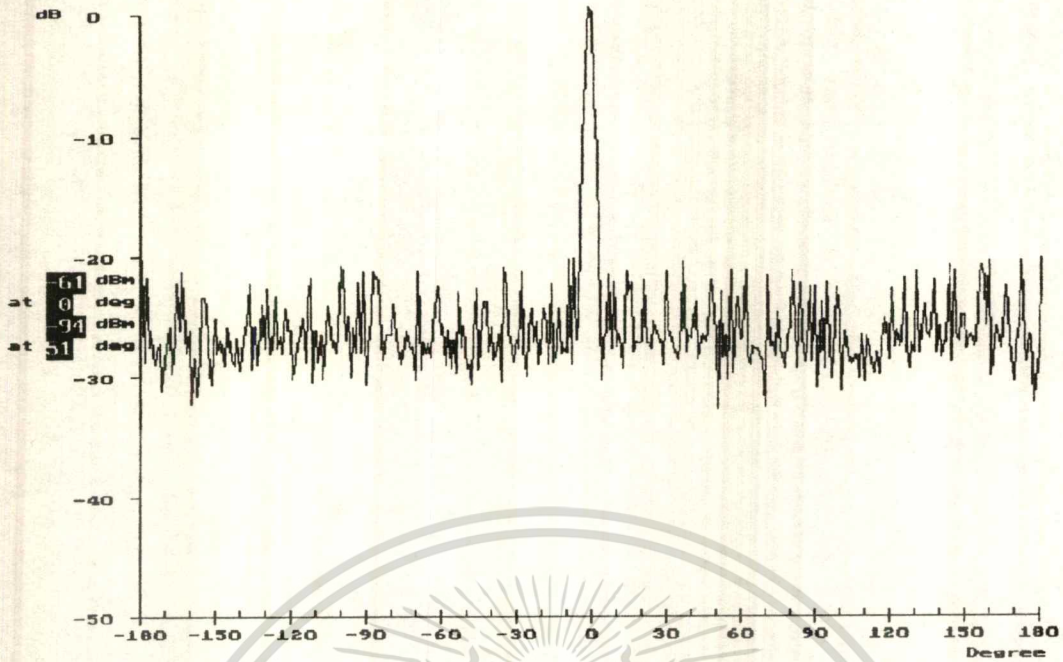
(ก) แพทเทอรันของการแพร่กระจายคลื่นแบบลิเนียร์ พล็ต



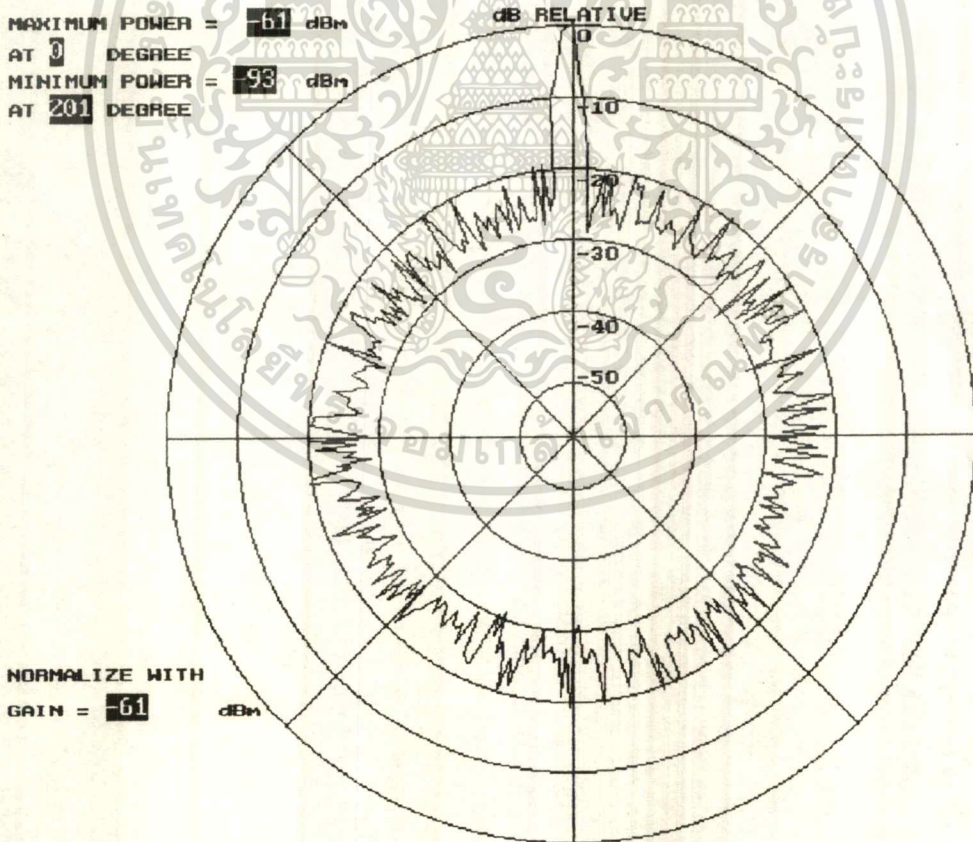
(ข) แพทเทอรันของการกระจายคลื่นแบบโพลาร์พล็ต

รูปที่ 4.25 แพทเทอรันของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝังลวดตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรดเทนกูดาร์ฟิเคชันในแนวนอน  
ไม่จำกัดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แพทเทอรันของการแพร่กระจายคลื่นแบบลิเนียร์ พล็ต



(ข) แพทเทอรันของการกระจายคลื่นแบบโพลาไรซ์พล็ต

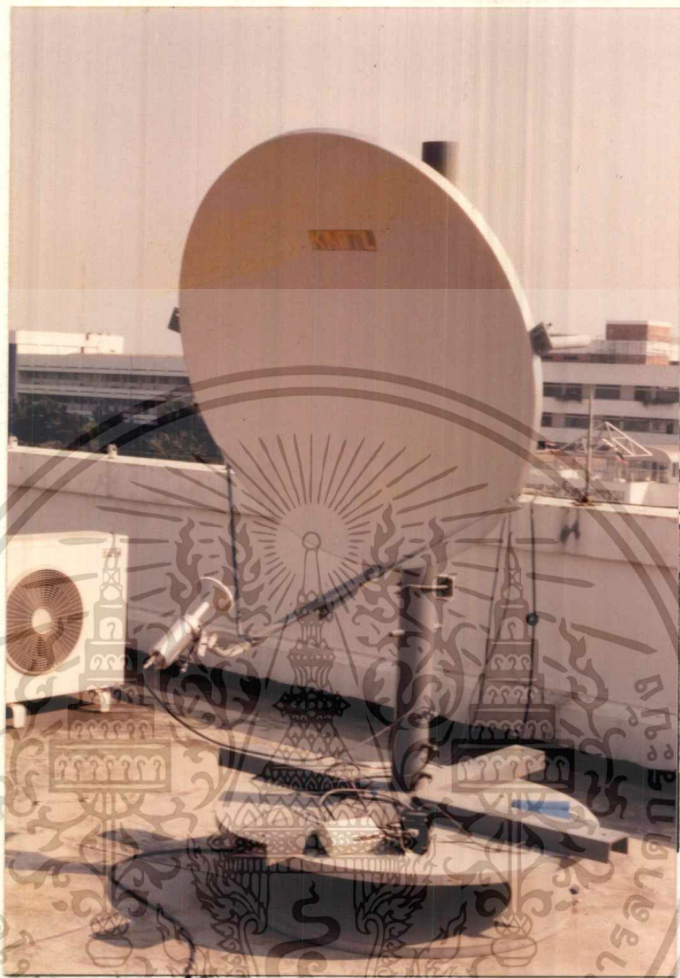
รูปที่ 4.26 แพทเทอรันของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลาวตาข่าย  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทนท์กัลลาฟิคฮอร์นในแนวตั้ง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่าย

จากงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่าย ตามที่ได้ทำการทดลองไปในหัวข้อที่ 4.1.2 ได้ทำการจัดสร้างงานสายอากาศอีกหนึ่งชุดโดยเป็นงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่าย ซึ่งสื่มีทลลิตที่ทำการพ่นลงบนหน้างานสายอากาศเพิ่มเข้าไป จะเป็นการอาศัยเม็ดของโลหะที่อยู่เนื้อสีเป็นตัวช่วยในการสะท้อนสัญญาณ สำหรับการทดลองวัดแพทเทอร์นงานสายอากาศดังกล่าวทำการทดสอบที่บริเวณสนามระยะไกลเท่านั้น เนื่องจากเป็นระยะที่ระยะทางในการรับ-ส่งสัญญาณไม่มีผลต่อการรับสัญญาณของงานสายอากาศ จึงเป็นการวัดแพทเทอร์นของงานสายอากาศที่จะนำไปใช้ได้

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่ายเข้ากับขาตั้ง
2. ติดตั้งฟีดฮอร์น และ LNB เข้ากับงานสายอากาศ
3. จากนั้นให้นำงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่ติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ไปไว้บนเทอร์นเทเบิล ดังแสดงในรูปที่ 4.27
4. ทำการต่อสายสัญญาณจาก LNB เข้าสู่เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม
5. ติดตั้งเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นเข้ากับขาตั้ง โดยติดตั้งในลักษณะแนวนอน
6. นำเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นที่ติดกับขาตั้งแล้วไปไว้ในบริเวณสนามระยะไกล สามารถหา ระยะได้จาก  $R \geq 2D^2/\lambda$  ซึ่งจากการคำนวณจะได้เช่นเดียวกันกับระยะสนามระยะไกลของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่าย คือ 144.28 เมตร
7. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้ากับเรคเทนกูลาร์ ฟีดฮอร์น
8. ทำการป้อนสัญญาณเข้าเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์น โดยตั้งค่าที่ความถี่ 11.9 GHz และตั้งค่ากำลังส่งที่ 1 dBm
9. ใช้เครื่องควบคุมเทอร์นเทเบิล ควบคุมการหมุนของเทอร์นเทเบิลโดยทำการหมุนตั้งแต่ 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา โดยตั้งค่าให้หยุดองศาละ 3 วินาที
10. ทำการวัดความแรงสัญญาณจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมในแต่ละองศา พร้อมทั้งทำการบันทึกสัญญาณที่วัดได้
11. นำค่าความแรงของสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละองศามาทำการพล็อตกราฟ เป็นการแสดงลักษณะแพทเทอร์นของงานสายอากาศ ในรูปแบบลิเนียร์พล็อต และโพลาไรซ์พล็อต
12. ทำการเปลี่ยนเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นจากแนวนอนมาเป็นแนวตั้ง แล้วทำการทดลองวัดสัญญาณอีกครั้ง



รูปที่ 4.27 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคพ่นสีเมทัลลิกฝังลวดตาข่าย ที่ติดตั้งฟีดฮอร์น และ LNB เรียบร้อยแล้ว และนำไปวางไว้บนเทอร์นเทเบิล

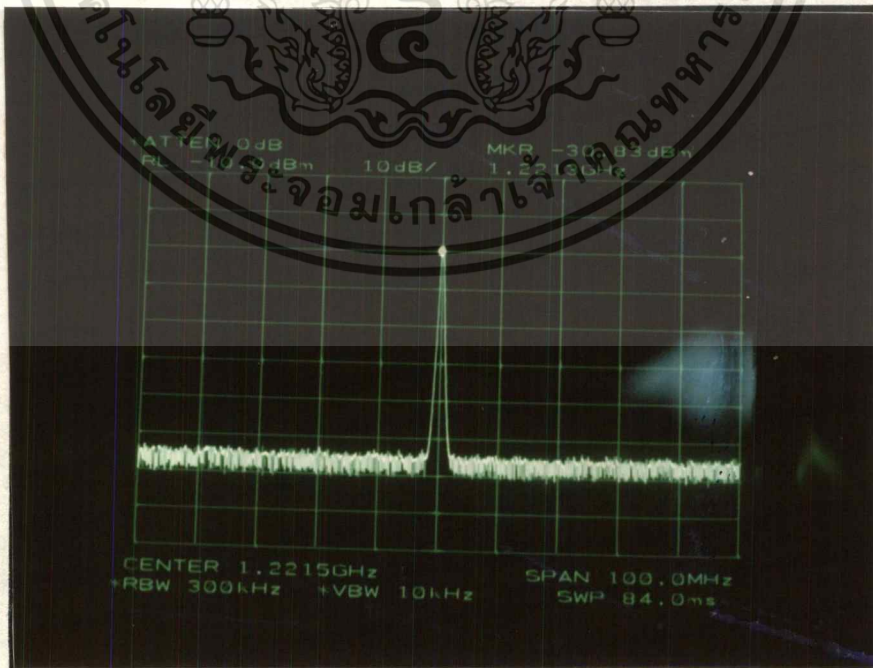
#### ผลการทดลอง

สำหรับการทดลองวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคพ่นสีเมทัลลิกฝังลวดตาข่าย โดยทำการส่งสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล ให้งานสายอากาศตั้งห่างจากเรดแทนกูลาร์ฟีดฮอร์นประมาณ 200 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่อยู่ในช่วงสนามระยะไกล การทดลองวัดแพทเทิร์นแรก เป็นการส่งสัญญาณที่มีชั่วคราวเดินทางของคลื่นในแนวนอน เมื่อทำการวัดความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่ง 0 องศา มีความแรงของสัญญาณที่รับได้  $-30.83$  dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.28 และเมื่อทำการหมุนเทอร์นเทเบิลไปประมาณ 2 องศา สัญญาณจะมีความแรงลดลงอยู่ในช่วง  $-60$  dBm ลงไป จนกระทั่งเทอร์นเทเบิลได้หมุนมาถึงที่ 358 องศา สัญญาณที่รับได้จะมีความแรงเพิ่มขึ้น จนถึงที่ตำแหน่ง 360 องศา สัญญาณที่รับได้จะมีระดับสัญญาณสูงสุด

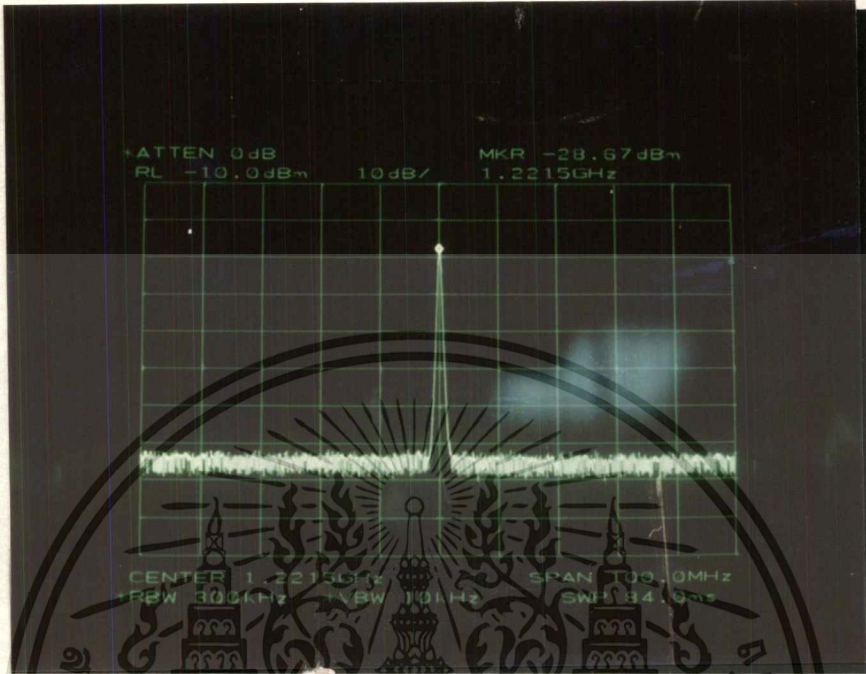
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อีกรั้งหนึ่ง  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการวัดแพทเทอร์นที่สอง เปลี่ยนการส่งสัญญาณจากสัญญาณที่มีชั่วคราวเดินทางในแนวนอน เป็นการส่งสัญญาณที่มีชั่วคราวเดินทางของคลื่นในแนวตั้ง และทำการวัดสัญญาณที่รับได้จากงานสายอากาศในลักษณะเดียวกับข้างต้น โดยผลความแรงของสัญญาณที่รับได้มีระดับสัญญาณเป็น -28.67 dBm ณ ตำแหน่ง 0 องศา ดังรูปที่ 4.29 และเช่นเดียวกันกับการวัดสัญญาณข้างต้น คือ เมื่อทำการหมุนเทอร์นเทเบิลไป 2 องศา ระดับสัญญาณจะตกมาอยู่ในระดับต่ำประมาณ -55 dBm เมื่อหมุนไปเรื่อย ๆ ความแรงของสัญญาณที่วัดได้ก็จะมีระดับสัญญาณต่ำกว่า -60 dBm ลงไป โดยจะเริ่มที่การเพิ่มของระดับสัญญาณอีกครั้งที่ 358 องศา และมีค่าระดับสัญญาณสูงสุดที่ 360 องศา หรือที่ 0 องศา

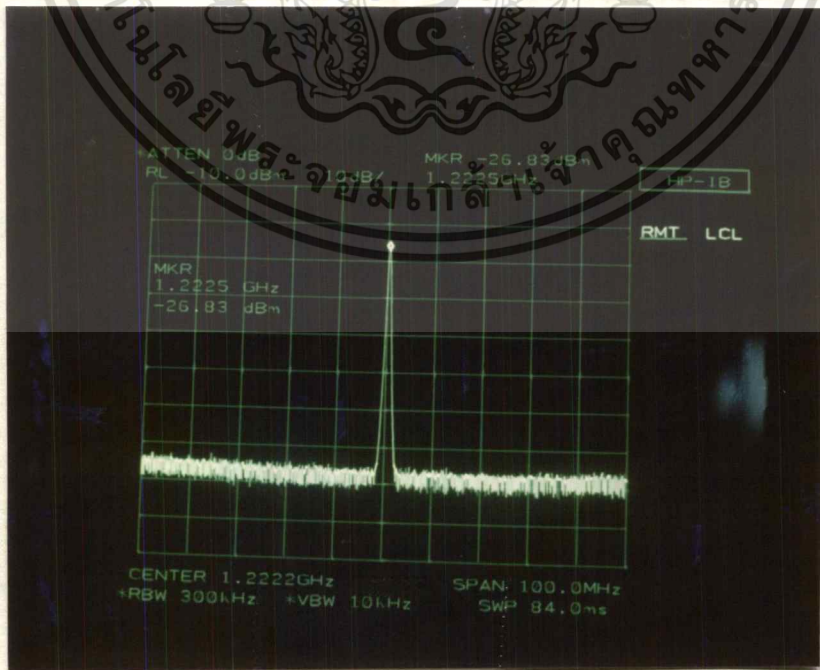
หลังจากวัดค่าระดับสัญญาณที่รับได้ที่ตำแหน่งองศาต่าง ๆ และนำมาพล็อตแพทเทอร์น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.30 เป็นแพทเทอร์นเมื่อส่งสัญญาณที่มีชั่วคราวเดินทางของคลื่นในแนวนอน และรูปที่ 4.31 เป็นแพทเทอร์นเมื่อส่งสัญญาณที่มีชั่วคราวเดินทางของคลื่นในแนวตั้ง โดยจากแพทเทอร์นทั้งสองแบบจะเห็นได้ว่า มีลักษณะของโลบลหลักที่ค่อนข้างแคบ และมีไซด์เฟวเวอร์บีมวิดท์เพียงประมาณ 2 องศาเท่านั้น ซึ่งถือได้ว่ามีบีมการรับสัญญาณที่แคบมาก เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ทั้งยังมีระดับความแรงของสัญญาณของโลบลหลักสูงกว่าระดับความแรงของโลบลย่อยประมาณ 30 dB ถึง 40 dB



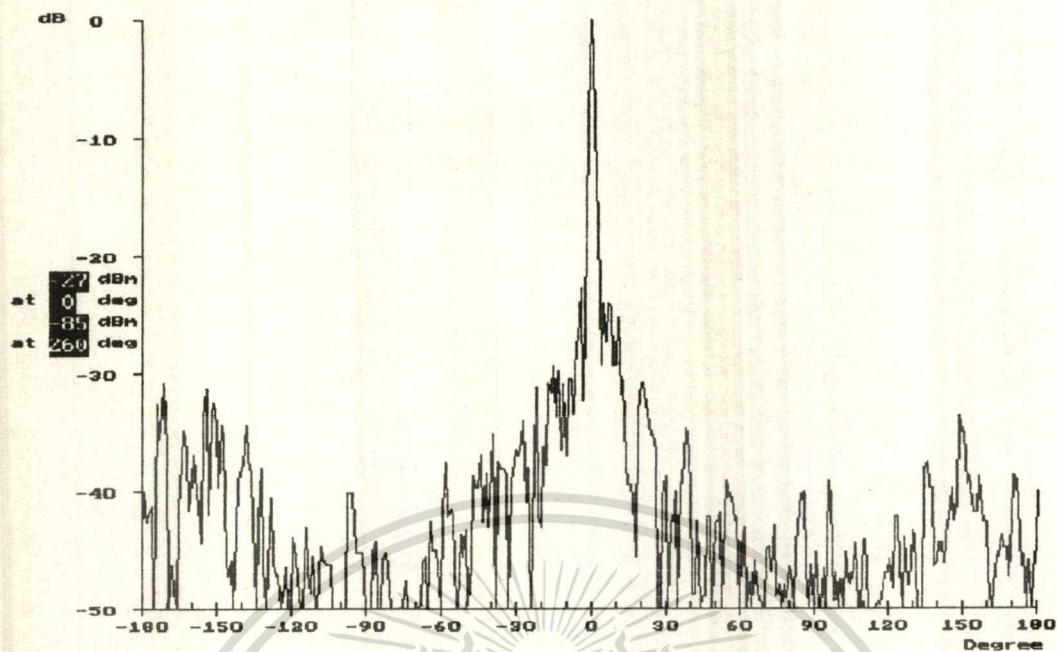
รูปที่ 4.28 สัญญาณที่วัดได้ ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคพ่นสีเมทัลลิกฝังลวดตาข่าย  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



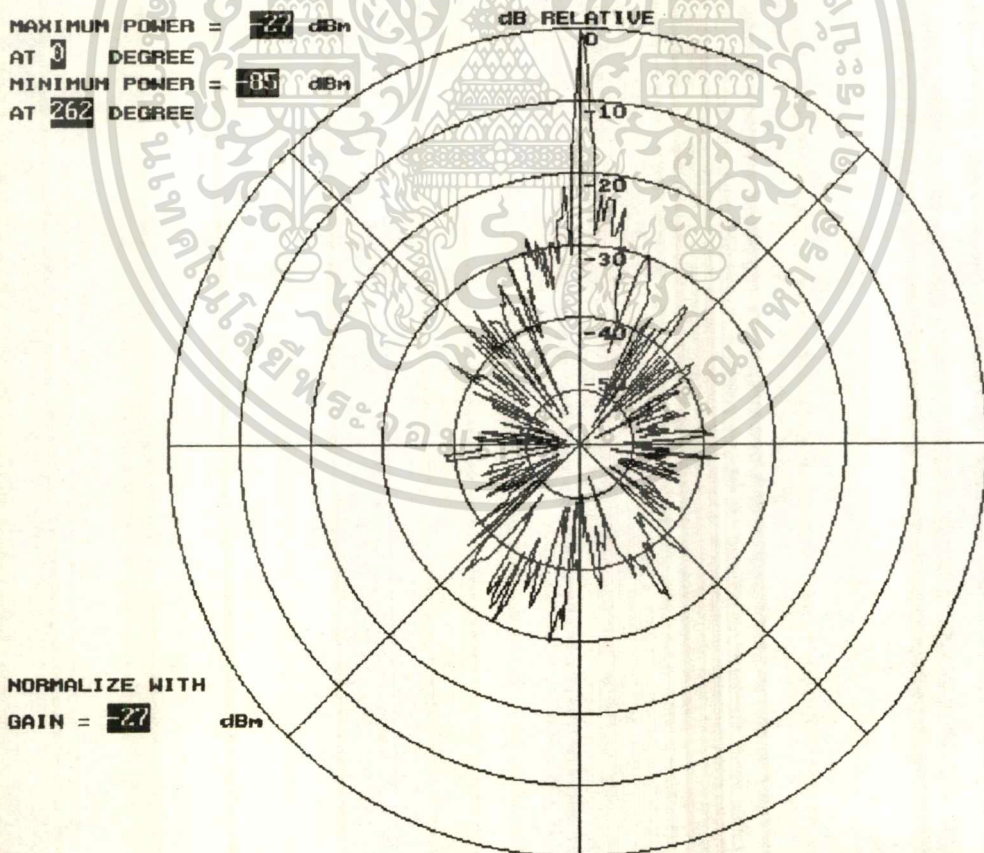
รูปที่ 4.29 สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคพ่นสีเมทัลลิกฝั่งลวดตาข่าย ที่ตำแหน่ง 0 องศาเมื่อส่งสัญญาณจากเรดแทนกูลาร์พีคอรันในแนวตั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

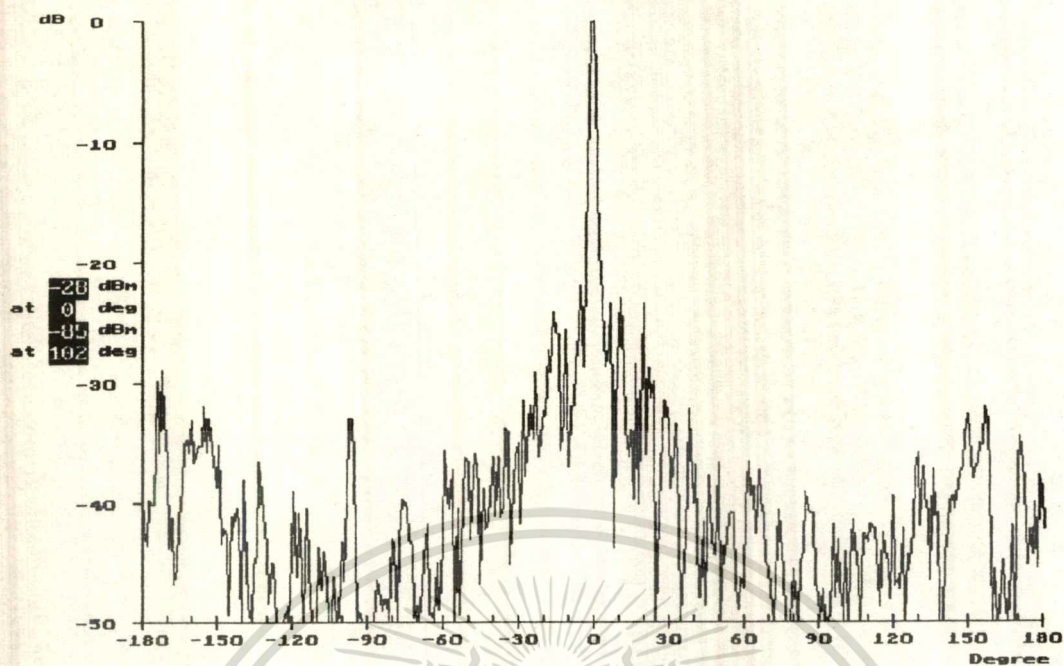


(ก) แพทเทอรันของการแพร่กระจายคลื่นแบบลิเนียร์ พล็อต

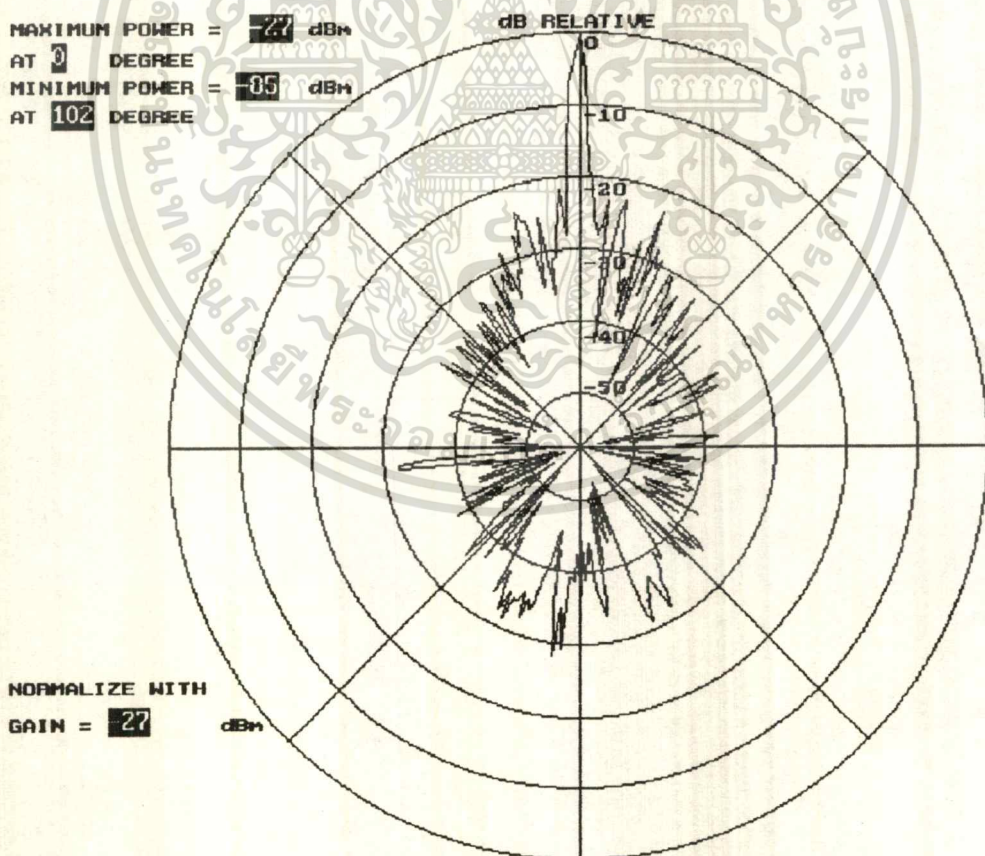


(ข) แพทเทอรันของการกระจายคลื่นแบบโพลาร์พล็อต

รูปที่ 4.30 แพทเทอรันของจานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกฟันสี่เหลี่ยมคางหมู  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้า  
 ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทอกร์พิคเจอร์ในแนวนอน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องยกย่องเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แพทเทอรันของการแพร่กระจายคลื่นแบบลิเนียร์ พล็อต



(ข) แพทเทอรันของการกระจายคลื่นแบบโพลาร์พล็อต

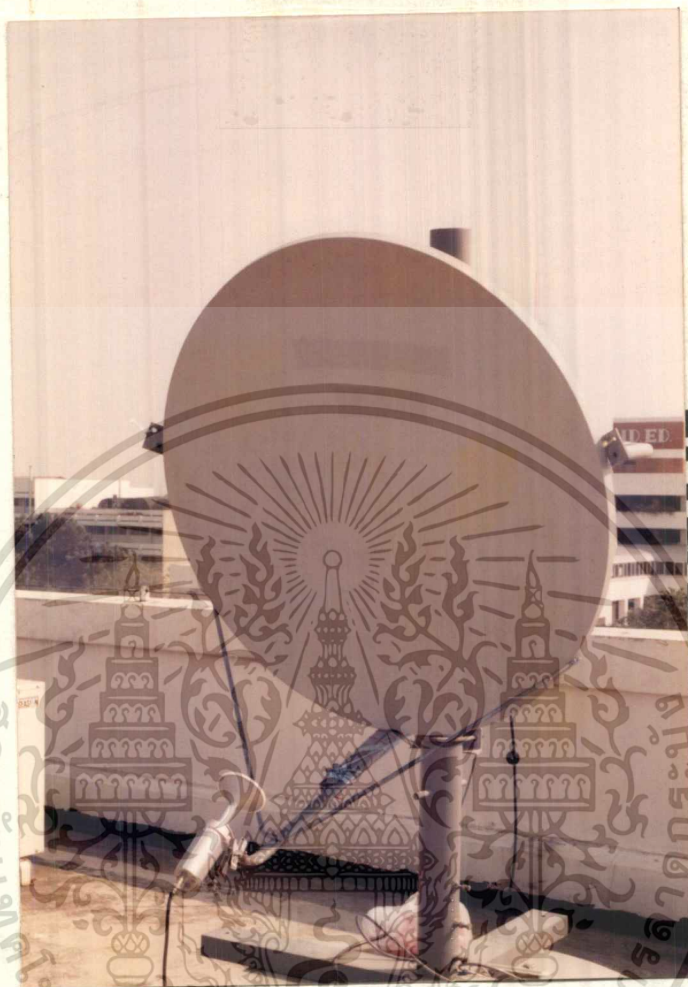
รูปที่ 4.31 แพทเทอรันของงานสายอากาศออปเพอร์ทูราโบลิกพื้นผิวทึบลิเนียร์  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เมื่อวางเรกเทกนูลาร์พีคฮอร์นในแนวตั้ง  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบยี่หื้อขันโย

จากงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลวดตาข่าย และงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสพื้นสีเมททลลิกฝั่งลวดตาข่าย ซึ่งงานสายอากาศทั้งสองได้จัดสร้างขึ้นในโครงการนี้ โดยนำต้นแบบมาจากงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบยี่หื้อขันโย เส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร งานสายอากาศทั้งสามจึงมีพารามิเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ประสิทธิภาพของงานสายอากาศ จุดโฟกัส และอัตราส่วน  $f/D$  รวมถึงความลึกของงานค่าเดียวกันทั้งหมด สำหรับการทดลองวัดแพทเทอร์นงานสายอากาศดังกล่าว จำจะทำการทดสอบที่บริเวณสนามระยะไกลเช่นกัน เพื่อนำมาเป็นมาตรฐานของงานสายอากาศที่ผลิตออกมาใช้งานจริง เปรียบเทียบกับงานสายอากาศที่ได้จัดสร้างขึ้นมาทั้งสองแบบ โดยขั้นตอนการทดลองนั้น มีขั้นตอนต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับการทดลองงานสายอากาศสองแบบข้างต้น การทดลอง และผลการทดลองงานสายอากาศต้นแบบ แสดงได้ดังนี้

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบยี่หื้อขันโยเข้ากับขาตั้ง
2. ติดตั้งฟีดฮอร์น และ LNB เข้ากับงานสายอากาศ
3. จากนั้นให้นำงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกที่ติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ไปไว้บนเทอร์นเทเบิล ดังแสดงในรูปที่ 4.32
4. ทำการต่อสายสัญญาณจาก LNB เข้าสู่เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม
5. ติดตั้งเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นเข้ากับขาตั้ง โดยติดตั้งในลักษณะแนวนอน
6. นำเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นที่ติดกับขาตั้งแล้วไปไว้ในบริเวณสนามระยะไกล สามารถหา ระยะได้จาก  $R \geq 2D^2/\lambda$  ซึ่งก็คือ ที่ระยะ 144.28 เมตรขึ้นไป
7. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้ากับเรคเทนกูลาร์ ฟีดฮอร์น
8. ทำการป้อนสัญญาณเข้าเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์น โดยตั้งค่าที่ความถี่ 11.9 GHz และตั้งค่ากำลังส่งที่ 1 dBm
9. ใช้เครื่องควบคุมเทอร์นเทเบิล ควบคุมการหมุนของเทอร์นเทเบิลโดยทำการหมุนตั้งแต่ 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา โดยตั้งค่าให้หยุดองศาละ 3 วินาที
10. ทำการวัดความแรงสัญญาณจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมในแต่ละองศา พร้อมทั้งทำการบันทึกสัญญาณที่วัดได้
11. นำค่าความแรงของสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละองศามาทำการพล็อตกราฟ เป็นการแสดงลักษณะแพทเทอร์นของงานสายอากาศ ในรูปแบบลิเนียร์พล็อต และ โพลาร์พล็อต
12. ทำการเปลี่ยนเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นจากแนวนอนมาเป็นแนวตั้ง แล้วทำการทดลองวัดสัญญาณอีกครั้ง และนำค่าสัญญาณที่วัดได้มาพล็อตกราฟแสดงแพทเทอร์นของงานสายอากาศ



รูปที่ 4.32 งานสายอากาศออปเทียพาราโบลิดันแบบยี่ห้อชั้นโย ที่ติดตั้งฟีดฮอร์น และ LNB เรียบร้อยแล้ว และนำไปวางไว้บนเทอร์นเทเบิล

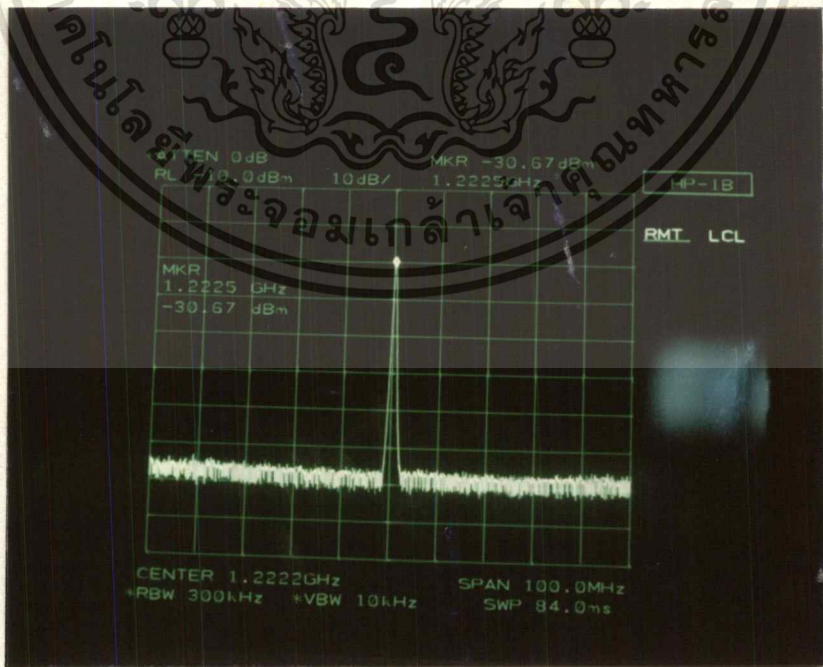
#### ผลการทดลอง

สำหรับการทดลองวัดเพทเทอร์นของงานสายอากาศออปเทียพาราโบลิดันแบบ โดยทำการส่งสัญญาณในบริเวณสนามระยะไกล ซึ่งมีระยะห่างระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับตั้งแต่ 114.28 เมตรขึ้นไป จึงทำการติดตั้งให้งานสายอากาศตั้งห่างจากเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นประมาณ 200 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่อยู่ในช่วงสนามระยะไกลดังกล่าว ในการทดลองวัดเพทเทอร์นแรก เป็นการส่งสัญญาณที่มีอัตราการเดินทางของคลื่นในแนวอน หรือเป็นการติดตั้งเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นในแนวอนนั่นเอง เมื่อทำการวัดความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่ง 0 องศา มีความแรงของสัญญาณที่รับได้  $-27.67$  dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.33 และเมื่อทำการหมุนเทอร์นเทเบิลไปประมาณ 2 องศา สัญญาณจะมีความแรงลดลงอยู่ในช่วง  $-60$  dBm ลงไป จนกระทั่งเทอร์นเทเบิลได้หมุนมาถึงที่ 358 องศา สัญญาณที่รับได้จะมีความแรงเพิ่มขึ้น จนถึงที่ตำแหน่ง 360 องศา สัญญาณที่รับได้จะมีระดับสัญญาณสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง

ไม่มีการเผยแพร่ข้อมูลนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

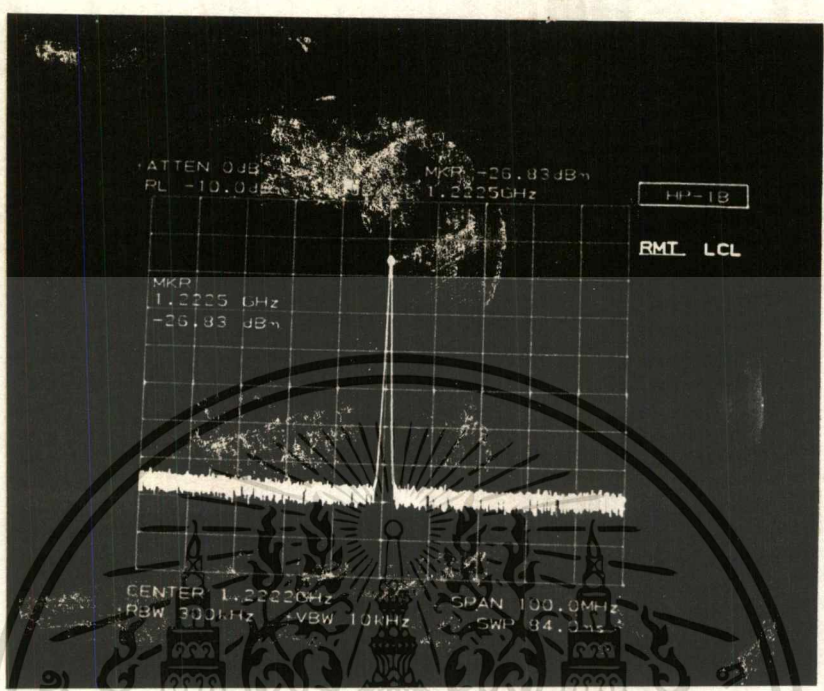
ส่วนในการวัดแพทเทอร์นที่สอง เปลี่ยนการส่งสัญญาณจากสัญญาณที่มีขั้วการเดินทางในแนวนอน เป็นการส่งสัญญาณที่มีขั้วการเดินทางของคลื่นในแนวตั้ง และทำการวัดสัญญาณที่รับได้จากงานสายอากาศใน ลักษณะเดียวกันกับข้างต้น โดยผลความแรงของสัญญาณที่รับได้มีระดับสัญญาณเป็น -26.83 dBm ณ ตำแหน่ง 0 องศา ดังรูปที่ 4.34 และเช่นเดียวกันกับการวัดสัญญาณข้างต้น คือ เมื่อทำการหมุนเทอร์นเทเบิลไป 2 องศา ระดับสัญญาณจะตกมาอยู่ในระดับค่าประมาณ -55 dBm เมื่อหมุนไปเรื่อย ๆ ความแรงของสัญญาณที่ วัดได้ก็จะมีระดับสัญญาณต่ำกว่า -60 dBm ลงไป โดยจะเริ่มทำการเพิ่มของระดับสัญญาณอีกครั้งที่ 358 องศา และมีค่าระดับสัญญาณสูงสุดที่ 360 องศา หรือที่ 0 องศา

หลังจากวัดค่าระดับสัญญาณที่รับได้ที่ตำแหน่งองศาต่าง ๆ และนำมาพล็อตแพทเทอร์น สามารถ แสดงได้ดังรูปที่ 4.35 เป็นแพทเทอร์นเมื่อส่งสัญญาณที่มีขั้วการเดินทางของคลื่นในแนวนอน และรูปที่ 4.36 เป็นแพทเทอร์นเมื่อส่งสัญญาณที่มีขั้วการเดินทางของคลื่นในแนวตั้ง โดยจากแพทเทอร์นทั้งสองแบบจะเห็น ได้ว่า มีลักษณะของโลบลึกที่ค่อนข้างแคบ และมีสาดไฟเพาเวอร์บีบวิคต์เพียงประมาณ 2 องศาเท่านั้น ซึ่งถือ ได้ว่ามีบีมการรับสัญญาณที่แคบมาก ทั้งยังมีระดับความแรงของสัญญาณของโลบลึกสูงกว่าระดับความแรง ของโลบย่อยประมาณ 40 dB และมีระดับของโลบข้างอยู่ที่ตำแหน่งประมาณ 90 องศา และ 270 องศา แต่ก็มี ระดับสัญญาณที่ต่ำกว่าโลบลึกถึง 30 dB รวมถึงโลบลึกที่ก็มีระดับสัญญาณต่ำกว่าโลบลึกประมาณ 30 dB เช่นกัน



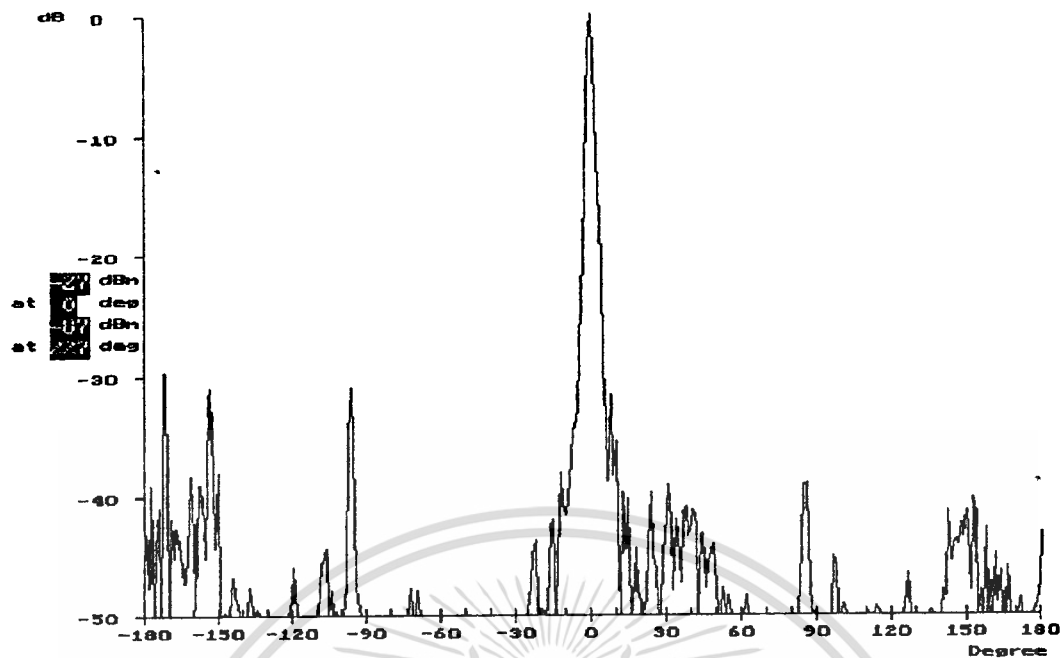
รูปที่ 4.33 สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบ ที่ตำแหน่ง 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

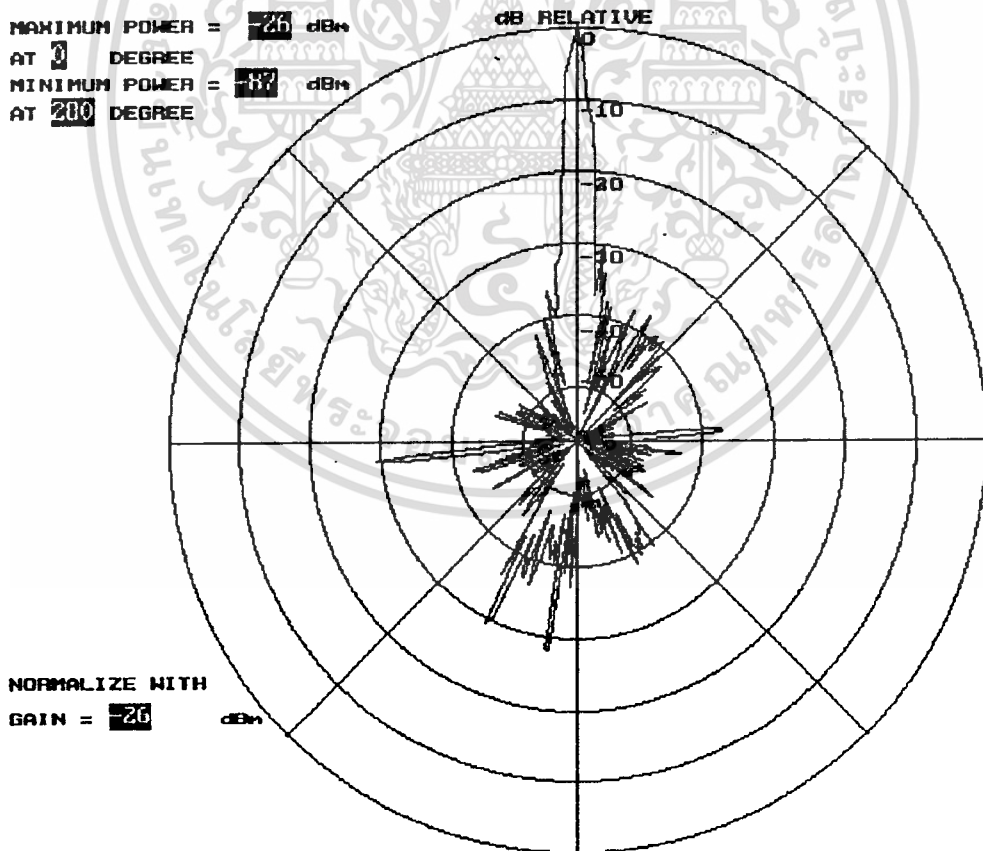


รูปที่ 4.34 สัญญาณที่วัดได้ของงานสายอากาศออปเซทิพาราโบลิตันแบบ ที่ตำแหน่ง 0 องศา เมื่อส่งสัญญาณจากเรดเทรนกูลาร์พีคออร์นในแนวตั้ง





(ก) แพทเทอรันของการแพร่กระจายคลื่นแบบลิเนียร์ ฟลีด



(ข) แพทเทอรันของการกระจายคลื่นแบบโพลาร์ฟลีด

รูปที่ 4.36 แพทเทอรันของงานสายอากาศต้นแบบ ที่วัดได้ในบริเวณสนามระยะไกล เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เมื่อวางเรคเทนกูลาร์ฟีดฮอร์นในแนวตั้ง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

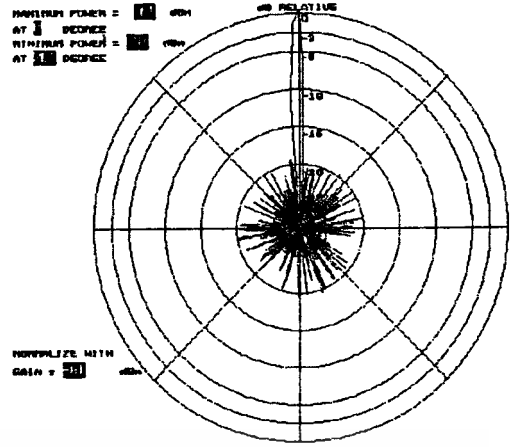
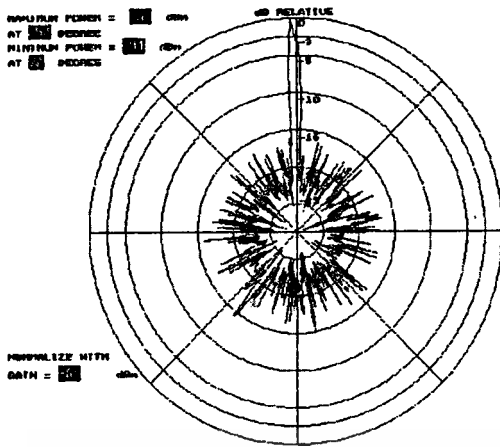
#### 4.1.5 ผลเปรียบเทียบงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกทั้งสามแบบ

จากการทดลองวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกทั้งสามแบบ ได้แก่ งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่าย, งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสพื้นสีเมทัลลิกฟิงลวดตาข่าย และงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบยี่ห้อฮันโซ โดยทั้งสามแบบมีเส้นผ่าศูนย์กลางออฟเซ็ท 1.2 เมตร ซึ่งทำให้มีพื้นที่ในการรับสัญญาณเท่ากัน ค่า  $f/D$  ก็มีค่าเดียวกัน กล่าวคือ มีระยะโฟกัสเดียวกัน จึงเห็นได้ว่างานสายอากาศทั้งสามแบบ แตกต่างกันเพียงที่วัสดุที่ใช้ในการทำตัวงานสะท้อนสัญญาณ โดยจากผลการทดลองที่บริเวณสนามระยะไกล อันเป็นระยะที่ระยะทางไม่มีผลต่อการรับ-ส่งสัญญาณ จากการพล็อตแพทเทิร์นแบบโพลาร์พล็อตสามารถนำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

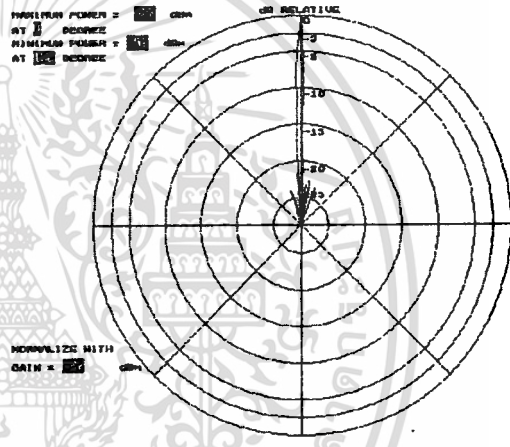
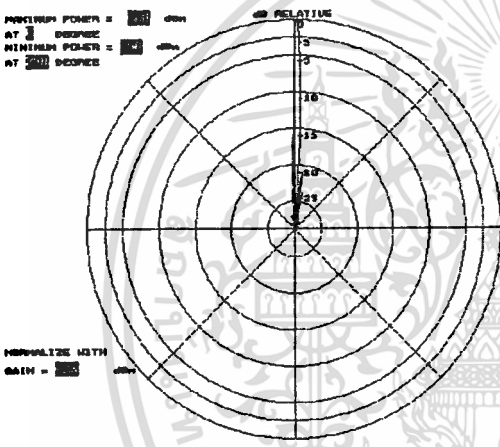
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบผลจากแพทเทิร์นงานสายอากาศทั้งสามแบบ

	แบบของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิก					
	ไฟเบอร์กลาสฟิงลวดตาข่าย		ไฟเบอร์กลาสพื้นสีเมทัลลิก ฟิงลวดตาข่าย		งานสายอากาศต้นแบบ	
ลักษณะการส่งคลื่น	แนวนอน	แนวตั้ง	แนวนอน	แนวตั้ง	แนวนอน	แนวตั้ง
ระดับสัญญาณตั้ง (dBm)	1	1	1	1	1	1
ระดับสัญญาณของโลบหลัก (dBm)	-65	-61	-32	-27	-28	-26
ระดับสัญญาณของโลบย่อย (dBm)	~-85	~-86	~-75	~-67	~-75	~-74
ความต่างระดับสัญญาณของโลบหลัก และ โลบย่อย (dB)	20	25	43	40	47	48
ตำแหน่งที่มีระดับสัญญาณสูงสุด (องศา)	358	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่มีระดับสัญญาณต่ำสุด (องศา)	72	201	26	102	118	280
อาร์ฟเพนเวอร์บีเมนต์ (องศา)	3	3	2	1.5	2	1.5

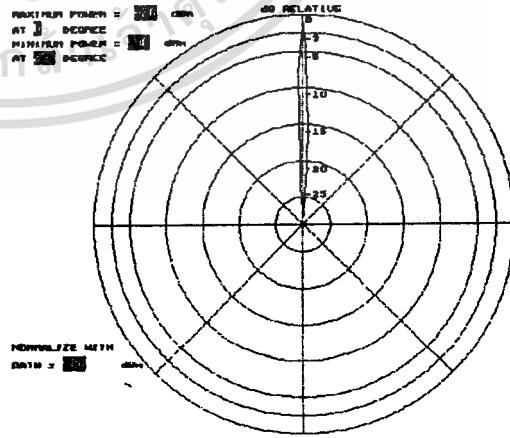
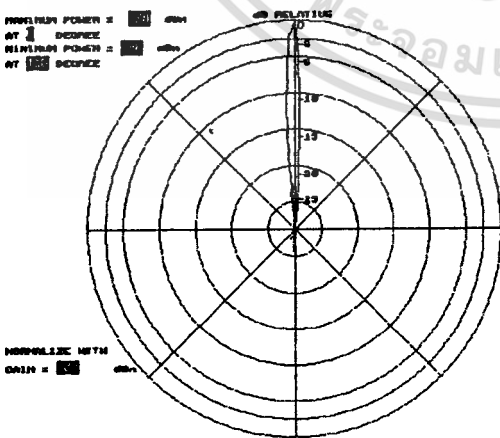
จากค่าต่าง ๆ ที่ได้สรุปผลการทดลองวัดแพทเทิร์นของงานสายอากาศดังตารางข้างต้น จะเห็นได้ว่างานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสพื้นสีเมทัลลิกฟิงลวดตาข่าย จะมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับงานสายอากาศต้นแบบมาก เพียงแต่เมื่อดูจากแพทเทิร์นจะมีระดับของโลบข้างมากกว่า สำหรับส่วนของงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์ฟิงลวดตาข่ายระดับของสัญญาณที่รับได้ค่อนข้างต่ำ และความต่างของระดับสัญญาณของโลบหลัก และ โลบย่อยก็มีค่าต่ำกว่างานสายอากาศอีกสองแบบ คือ มีค่าเพียง 20 dB ในขณะที่อีกสองแบบมีค่าความต่างดังกล่าวตั้งแต่ 40 dB ขึ้นไป มีผลต่อการรับสัญญาณที่การรบกวนของสัญญาณรบกวนจะมีน้อยมาก ด้วยระดับของโลบหลักที่สูงกว่าโลบย่อยมากกว่า 20 dB นี้เอง นอกจากนี้งานนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝั่งลาวดาข่าย



(ข) งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสท่นติมทลลิกฝั่งลาวดาข่าย



(ค) งานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกต้นแบบขี้อุ่นโย

รูปที่ 4.37 แสดงโพลลิก และตำแหน่งฮาล์ฟเพาเวอร์บีมิวิตที่จากแพทเทอร์นของงานสายอากาศ

ที่รับสัญญาณที่มีขั้วการเคลื่อนทางของคลื่นทั้งแนวนอน และแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รับสัญญาณที่มีขั้วการเคลื่อนทางของคลื่นทั้งแนวนอน และแนวตั้ง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศทั้งสามยังมีลักษณะของบีมวิคท์ที่แคบมาก คือ มีค่าฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิคท์เพียง 1.5 องศาถึง 3 องศา ซึ่งเป็นมุมที่วัดได้ ณ จุดที่มีความเข้มของการแพร่กระจายคลื่นในโลบหลักมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความเข้มสูงสุดของโลบหลัก หรือเป็นจุดที่มีระดับสัญญาณลดลง 3 dB นั่นเอง แสดงคังรูปที่ 4.37 ที่แสดงแพทเทิร์นที่ได้จากการทดลองของงานสายอากาศแต่ละแบบ โดยเป็นแพทเทิร์นที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากสัญญาณที่มีขั้วการเดินทางของคลื่นเป็นแนวนอน และแนวตั้ง อันจะแสดงให้เห็นลักษณะของโลบหลัก รวมถึงตำแหน่งของค่าฮาล์ฟเพาเวอร์บีมวิคท์ด้วย ซึ่งโลบหลักจะมีลักษณะที่เป็นบีมเรียวแคบมากไปในทิศทางเดียว ซึ่งเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นงานสายอากาศได้เป็นอย่างดี

#### 4.2 การทดลองเครื่องส่ง และเครื่องรับ

สำหรับการทดลองในส่วนที่สองนี้ เป็นการทดลองเครื่องส่ง และเครื่องรับ ที่ใช้ในการควบคุมการเปิดของงานสายอากาศดาวเทียม โดยวงจรของเครื่องส่ง และเครื่องรับที่จัดสร้างขึ้นนี้ เป็นเพียงการจำลองในการส่งสัญญาณ เพื่อไปส่งยังเครื่องรับทำหน้าที่ขั้วรีเลย์จ่ายกระแสไฟไปยังสติกเปิดงานสะท้อนสัญญาณ โดยขั้นตอนในการทดลอง และผลการทดลองของเครื่องส่ง และเครื่องรับแสดงได้ดังนี้

##### 4.2.1 เครื่องส่ง

จากวงจรเครื่องส่งคังรูปที่ 3.19 และรูปที่ 3.20 ซึ่งเป็นเครื่องส่งที่ใช้การเข้ารหัส 9 บิต 3สถานะ และส่งที่ย่านความถี่ UHF โดยสามารถนำมาทดสอบการทำงานของเครื่องส่งได้ดังนี้

##### 4.2.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. วงจรเครื่องส่ง
2. การ์ดอินเทอร์เฟซ
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม และออสซิลโลสโคป
5. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง

##### 4.2.1.2 การทดลอง และผลการทดลองเครื่องส่ง

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการทดลองการทำงานของเครื่องส่ง โดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลท์ เป็นแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่วงจรเครื่องส่ง
2. วัดเอาท์พุทจากไอซี 1 (MC145026) โดยที่ยังไม่ต้องเข้ารหัสที่ขาแอดเดรสทั้งเก้า คือ ให้มีสถานะเปิดทั้งหมด และลองเปลี่ยนการเข้ารหัสที่มีสถานะสูง สถานะต่ำ และสถานะเปิดให้ในแต่ละแอดเดรส
3. ทำการวัดสัญญาณออสซิลเลทของภาคกำเนิดความถี่ที่ส่งสัญญาณรหัสออกไป
4. จากนั้นให้ทดลองเครื่องส่งกับการ์ดอินเทอร์เฟซ โดยมีลักษณะวงจรคังรูปที่ 3.20 ซึ่งขึ้น

เอกสแรกทำการต่อการ์ดอินเทอร์เฟซเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ (ต้องปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ก่อนเสียบการ์ดอินเทอร์เฟซ) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์เฟสลงบนสล็อต) จากนั้นทำการต่อวงจรเครื่องส่งเข้ากับคาร์ดิอินเทอร์เฟส โดยที่ต่อขาในการเข้ารหัสของ ไอซีเข้ากับพอร์ท PA0-PA7 และ PBO โดยใช้คิปสวิทช์ต่อขั้วอยู่ด้วย

5. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เรียกโปรแกรมสั่งงาน พร้อมทั้งใส่รหัส และป้อนคำสั่งให้มีการ ส่งสัญญาณออกพอร์ทไปยังเครื่องส่ง

4. เปิดคิปสวิทช์ทุกตัว และทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตของไอซี 1

5. ให้ทดลองอีกครั้ง โดยเปิดคิปสวิทช์เพียงบางตัวจากนั้นทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตของไอ ซี 1 อีกครั้ง

6. วัดเอาต์พุตสเปคตรัมความถี่ในการส่งออกอากาศที่วงจรแทรกซ์ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ สเปคตรัมในการวัดค่าความถี่ดังกล่าว

#### ผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องส่ง ในขั้นแรกจะทำการทดลองโดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์เป็น แหล่งจ่ายไฟให้แก่วงจร โดยทำการทดสอบสัญญาณรหัสที่ขา 15 ของไอซี 1 (MC145026) เป็นไอซีเข้ารหัส 9 บิต โดยรหัสสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีทั้ง 3 สถานะ คือ ระดับสูง และระดับต่ำ เมื่อทำการป้อนไฟเลี้ยงแก่ เครื่องส่งแล้ว และทำการเข้ารหัสให้แก่ไอซี 1 ดังตารางที่ 4.2 และทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตได้ดังรูปที่ 4.38 จะเห็นได้ว่า ลักษณะของขบวนสัญญาณรหัสที่ได้สำหรับสถานะเปิด จะเป็นสัญญาณรหัสพัลส์ยาว 1 พัลส์ ตามด้วยพัลส์สั้น 1 พัลส์ สำหรับสถานะต่ำ จะเป็นพัลส์สั้น ๆ ติดกัน 2 พัลส์ ส่วนสถานะสูงจะเป็นพัลส์ยาว 2 พัลส์ติดกัน โดยพัลส์แต่ละบิตทั้ง 9 จะถูกส่งออกมาในลักษณะสัญญาณอนุกรมดังรูป ทั้งนี้จากรูปดังกล่าวจะ เห็นได้ว่า ใน 1 รหัสที่เข้ารหัสออกมาเป็นขบวนสัญญาณรหัสจะมีช่วงเวลา 8.4 ms หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าการเข้ารหัสแต่ละบิตจะมีความถี่  $1/8.4 \times 10^{-3}$  Hz ซึ่งมีค่าเท่ากับ 119.05 Hz ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณได้ 115.14 Hz ในหัวข้อที่ 3.2.2

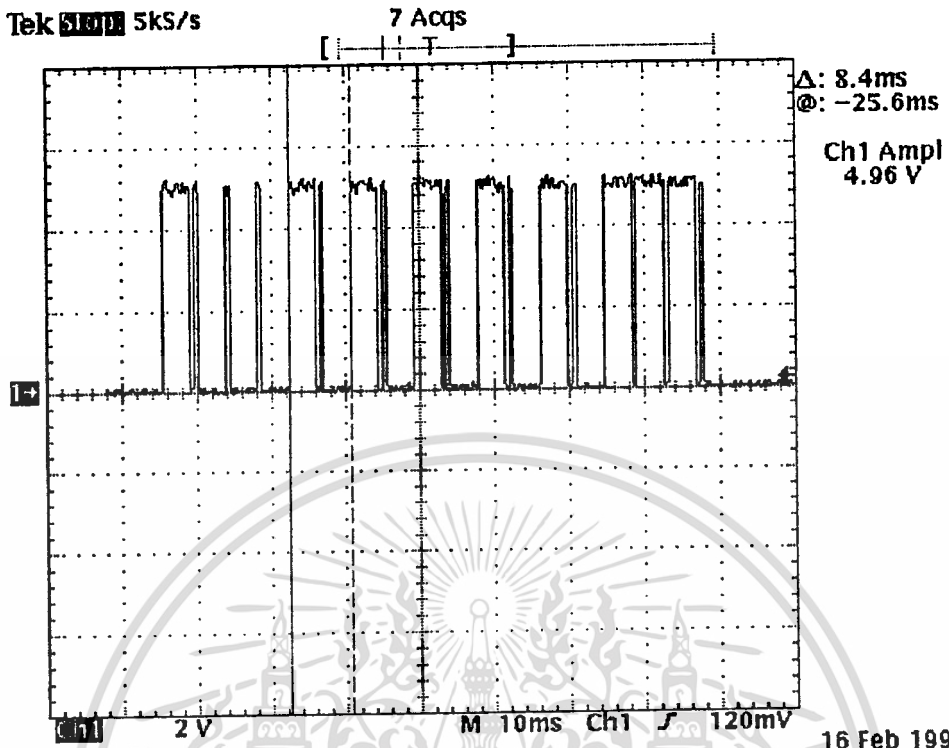
ตารางที่ 4.2 แสดงรหัสที่ป้อนให้แก่แอดเดรสต่าง ๆ ของไอซี 1 (MC145026)

แอดเดรส	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
สถานะ	เปิด	ต่ำ	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด	เปิด	สูง	เปิด

จากรูปที่ 4.39 ได้ทำการวัดสัญญาณที่เอาต์พุตของไอซี 1 เช่นกัน โดยแสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาในการ ส่งขบวนสัญญาณรหัส 1 ชุด ได้เป็น 101.5 ms หรือมีความถี่เป็น 9.85 Hz และในรูปที่ 4.40 แสดงช่วงเวลาที่ เป็นระดับต่ำอันเป็นช่วงที่บอกว่าเป็นช่วงระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด วัดค่าได้ 29.5 ms หรือ 33.9 Hz

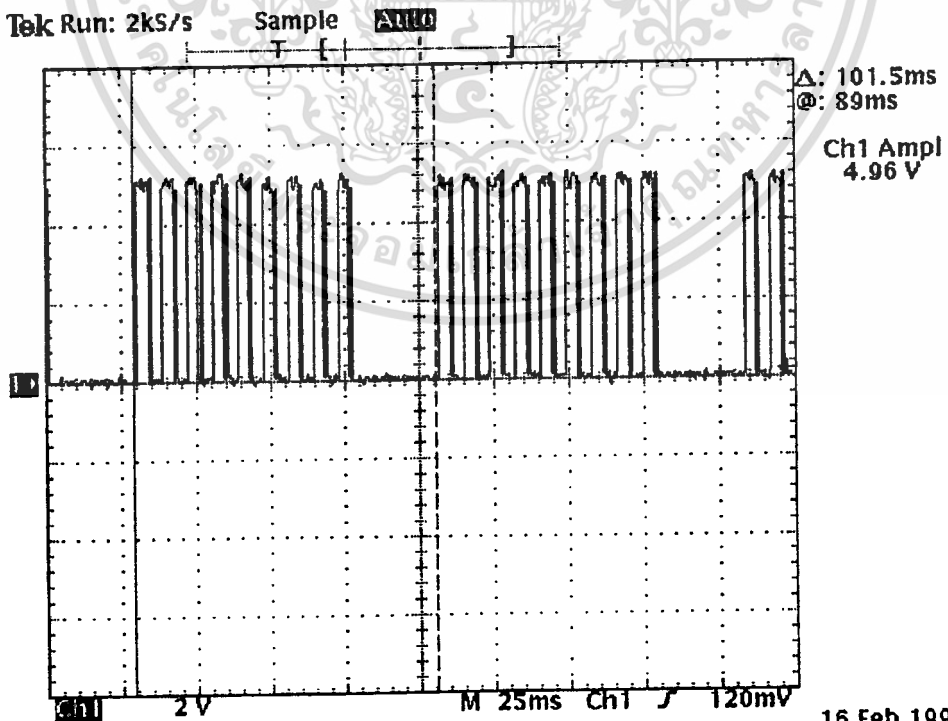
ทำการวัดสัญญาณนาฬิกาของไอซี 1 จะได้เป็นพัลส์สี่เหลี่ยม โดยเมื่อเปรียบเทียบกับขบวนสัญญาณ รหัสจะเห็นได้ดังรูปที่ 4.41 จะมีสัญญาณนาฬิกา 8 ถูกต่อสัญญาณรหัส 1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



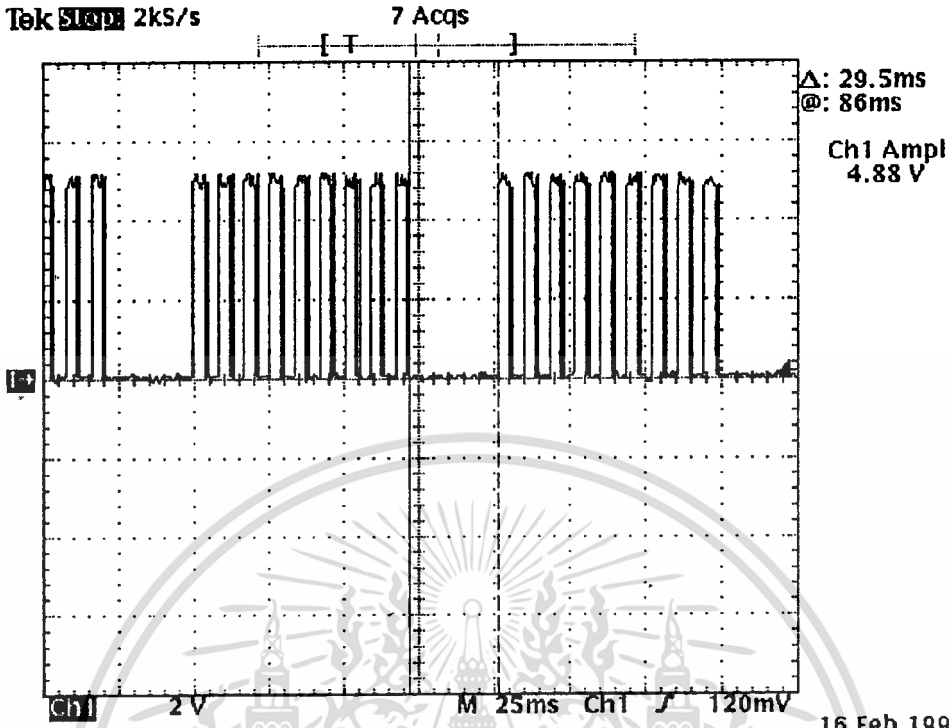
16 Feb 1998 15:59:16

รูปที่ 4.38 แสดงรหัสที่เอาท์พุทของไอซี 1 เมื่อกำหนดสถานะแก๊นแอดเรสดังตารางที่ 4.2



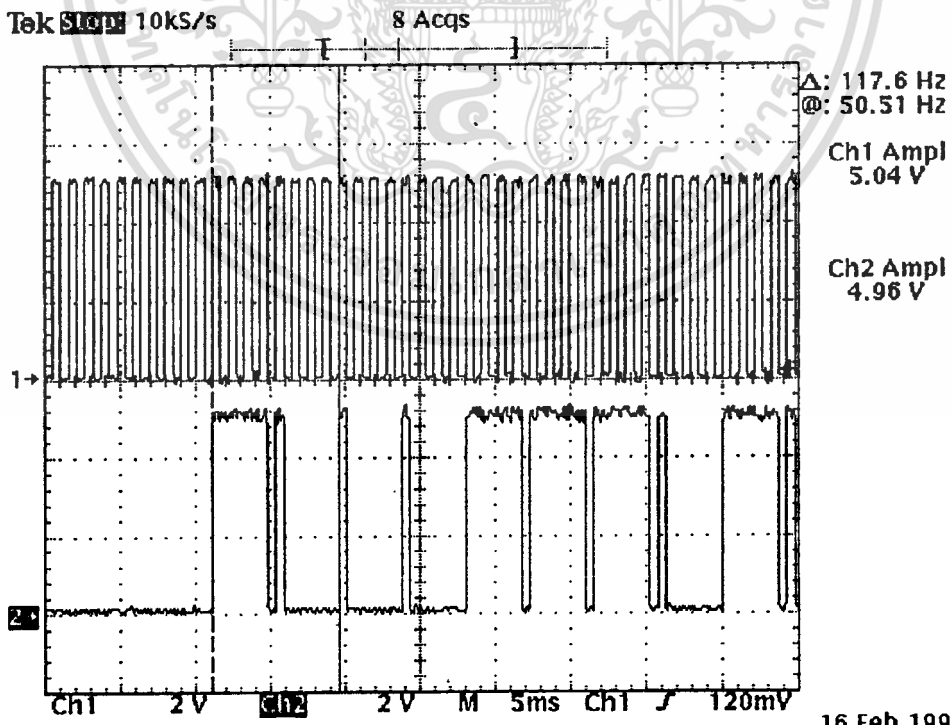
16 Feb 1998 15:51:17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ...  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16 Feb 1998 15:52:56

รูปที่ 4.40 แสดงช่วงเวลาของสัญญาณระดับต่ำที่เป็นช่วงระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด

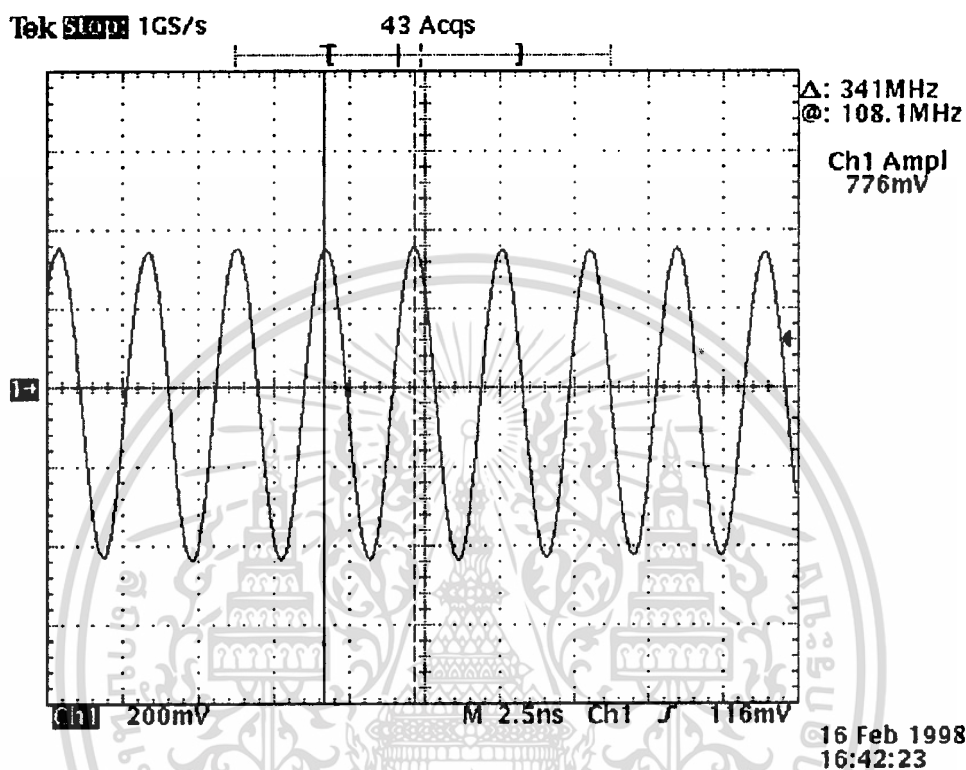


16 Feb 1998 16:32:16

รูปที่ 4.41 แสดงสัญญาณนาฬิกาของไอซี 1 เทียบกับขบวนสัญญาณรหัส

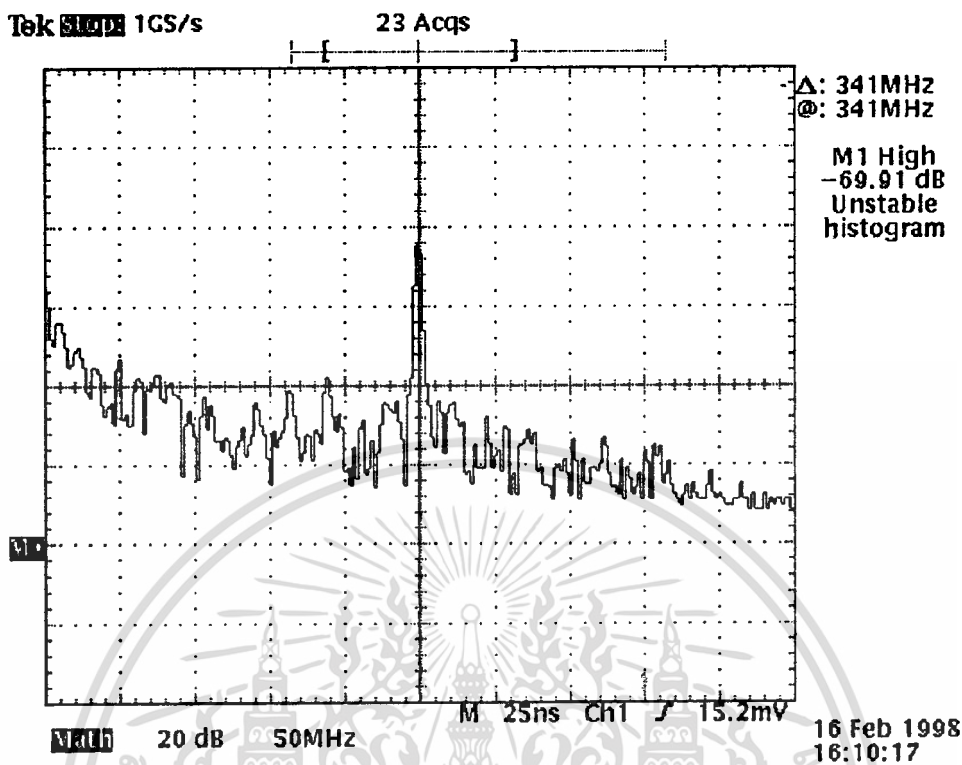
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการทดลองในภาคออสซิลเลเตอร์ ที่เป็นตัวในการส่งสัญญาณรหัสออกไป โดยทำการวัดสัญญาณออสซิลเลทที่วงจรแท่งกึ่ง ซึ่งได้สัญญาณดังรูปที่ 4.42 สัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณรูปซายน์ความถี่ 341 MHz

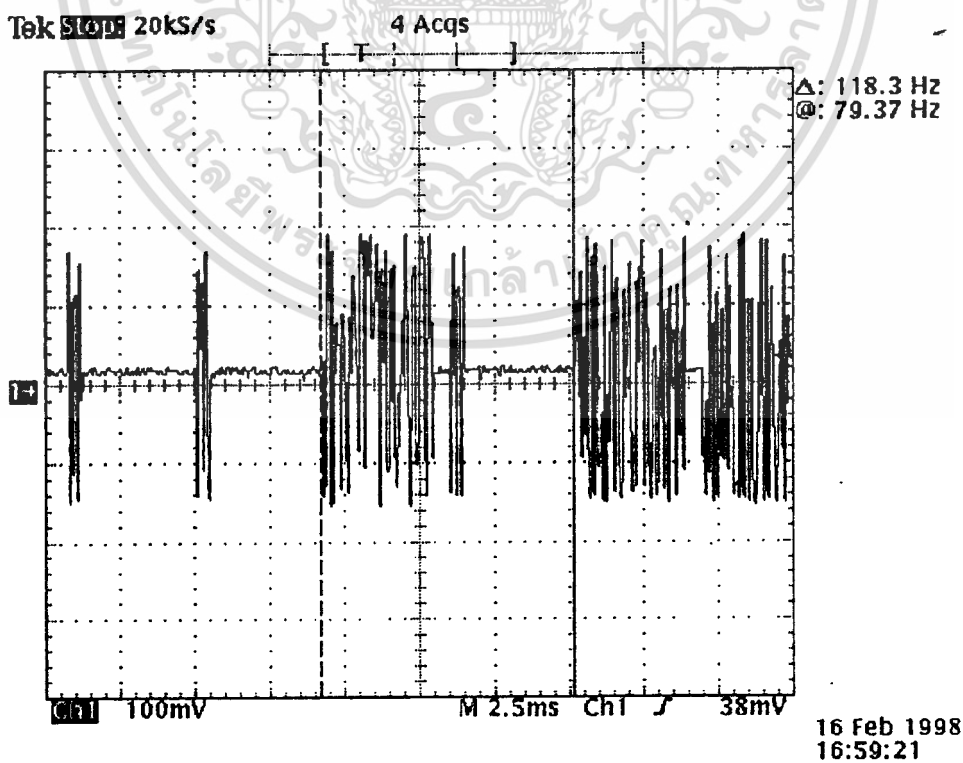


รูปที่ 4.42 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่ส่งสัญญาณออกอากาศ

และเมื่อทำการวัดสัญญาณที่ทำการส่งออกอากาศโดยวัดในแกนความถี่จะได้รูปสเปกตรัมสัญญาณดังรูปที่ 4.43 โดยสัญญาณสเปกตรัมที่วัดได้ สามารถวัดได้ที่ความถี่ 341 MHz โดยสเปกตรัมดังกล่าวจะมีระดับสัญญาณขึ้นมา ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณออสซิลเลทส่งออกมาจากวงจรแท่งกึ่งของเครื่องส่งเท่านั้น เนื่องจากว่า ในการส่งสัญญาณออกป้อนั้น จะเป็นไปตามสัญญาณรหัสที่ได้เข้ารหัสเป็นสัญญาณอนุกรมมาแล้ว โดยในช่วงที่มีระดับแรงดันสูงของขบวนสัญญาณรหัส ก็จะมีการออสซิลเลทส่งสัญญาณออกอากาศไป ในทางตรงกันข้าม ส่วนที่มีระดับแรงดันต่ำของขบวนสัญญาณรหัส ก็จะไม่มีการออสซิลเลท จึงเป็นช่วงที่จะไม่มีการส่งสัญญาณออกป้อน จึงเป็นเสมือนว่าจะมีการส่งสัญญาณออสซิลเลทความถี่ 341 MHz ออกไปในช่วงที่ขบวนสัญญาณรหัสมีระดับสูงนั่นเอง ซึ่งการส่งสัญญาณออสซิลเลทออกอากาศไปตามขบวนสัญญาณรหัสแสดงดังรูปที่ 4.44 ตามที่แสดงไว้จะเป็นการออสซิลเลทของรหัสที่มีสถานะต่ำ สถานะเปิด และสถานะสูง เรียงตามลำดับ



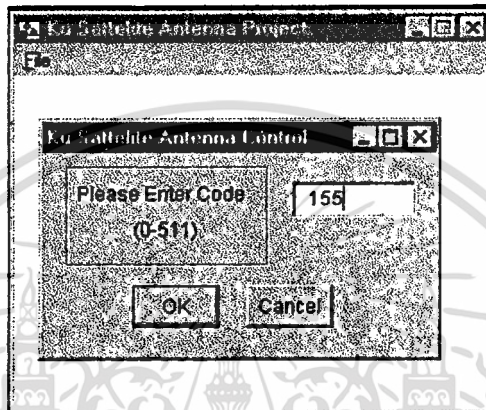
รูปที่ 4.43 แสดงสเปกตรัมสัญญาณที่ส่งออกอากาศ



รูปที่ 4.44 แสดงการส่งสัญญาณออสซิลเลทออกอากาศตามขบวนสัญญาณรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

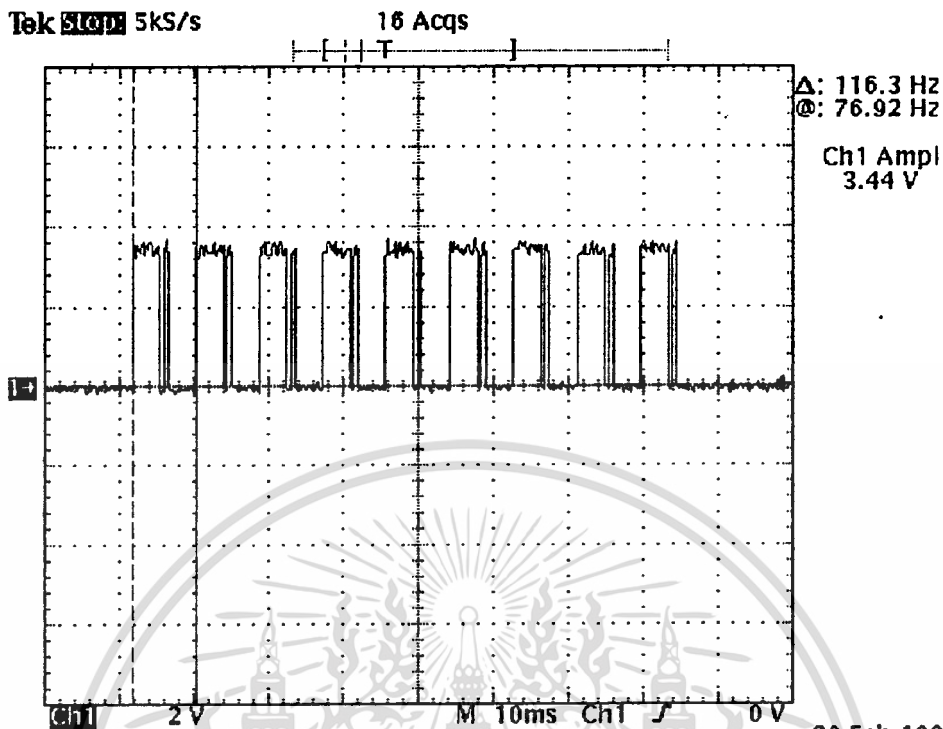
จากนั้นจะทำการทดลองเครื่องส่ง โดยทำการต่อเข้ากับการ์ดอินเตอร์เฟส โดยทำการเข้ารหัสจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้น ซึ่งได้เขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซี ที่ใช้ในระบบปฏิบัติการดอส เมื่อทำการเรียกโปรแกรม satdos.c ในภาคผนวก ก็จะสามารถป้อนรหัส และสั่งให้เครื่องส่งทำงานได้ แต่หากต้องการใช้งานในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ก็ได้ทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซีบอร์ดแลนด์ โดยเรียกโปรแกรม sat.cpp ก็จะได้ลักษณะของหน้าต่างคำสั่ง แสดงดังรูปที่ 4.45



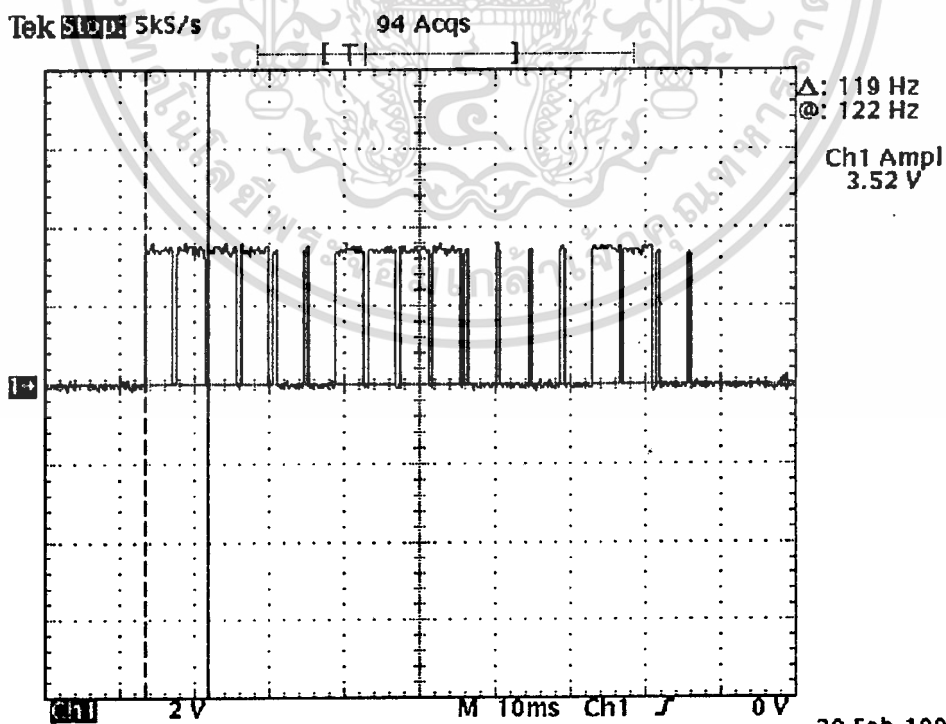
รูปที่ 4.45 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการป้อนรหัส และสั่งให้เครื่องส่งทำงาน

ซึ่งทำการเข้ารหัสโดยโปรแกรมภาษาซีจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และสถานะเปิดวงจรซึ่งเข้ารหัสโดยคิฟสวิทช์ เมื่อป้อนคำสั่งให้เครื่องส่งทำงาน โดยที่ทำการเปิดคิฟสวิทช์ที่ใช้ในการเข้ารหัสแก่แอดเดรสทุกบิต และทำการวัดเอาท์พุทของไอซี 1 จะได้ขบวนสัญญาณรหัสนี้มีลักษณะสถานะเปิดทุกบิต ดังรูปที่ 4.46 และจะเห็นได้ว่าระดับแรงดันของสัญญาณเป็น 3.44 โวลท์ ส่วนความถี่ของรหัสดังกล่าวจะวัดได้ 116.3 Hz ที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำการคำนวณได้ จากนั้นเมื่อทำการปิดคิฟสวิทช์ทุกตัว และเรียกโปรแกรมสั่งงาน ป้อนรหัส 155 ซึ่งก็คือ 010011011 และป้อน 0 เพื่อสั่งให้เครื่องส่งเริ่มทำงาน แต่หากใช้โปรแกรมบนวินโดวส์ ก็คลิกที่ปุ่ม OK เป็นการสั่งให้เครื่องส่งทำงาน และส่งรหัสที่ป้อนให้แก่แอดเดรสต่าง ๆ ของไอซี 1 สัญญาณที่วัดได้จากเอาท์พุทของไอซีดังกล่าวจะเป็น 010011011 ซึ่งก็คือ รหัส 155 ที่ได้ทำการป้อนรหัสเข้าไปนั่นเอง ผลของเอาท์พุทแสดงได้ดังรูปที่ 4.47 จะเห็นได้ว่าเอาท์พุทของสัญญาณที่วัดได้จะมีสัญญาณเป็นรหัสของสถานะสูงสูง ต่ำ สูง สูง ต่ำ ต่ำ สูง ต่ำ ตามลำดับ ซึ่งก็คือ 110110010 จะเห็นว่าขบวนสัญญาณที่ได้กลับกับสัญญาณรหัสนี้ที่เราป้อนเข้าไปเป็น 010011011 เนื่องจากเอาท์พุทของตัวเข้ารหัสจะเรียงรหัสจากบิตหลังมายังบิตหน้า (บิตที่มีความสำคัญน้อย ไปยังบิตที่มีความสำคัญสูงสุด) กล่าวคือ จะมีการเรียงรหัสอนุกรมออกมาเป็น A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 นั่นเอง นอกจากนี้ จากรูปที่ 4.47 เรายังจะเห็นได้ว่าความถี่ของสัญญาณรหัสดังกล่าวเป็น 119 Hz และมีระดับแรงดันของสัญญาณรหัสดังกล่าวถึงยอดที่ 3.52 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



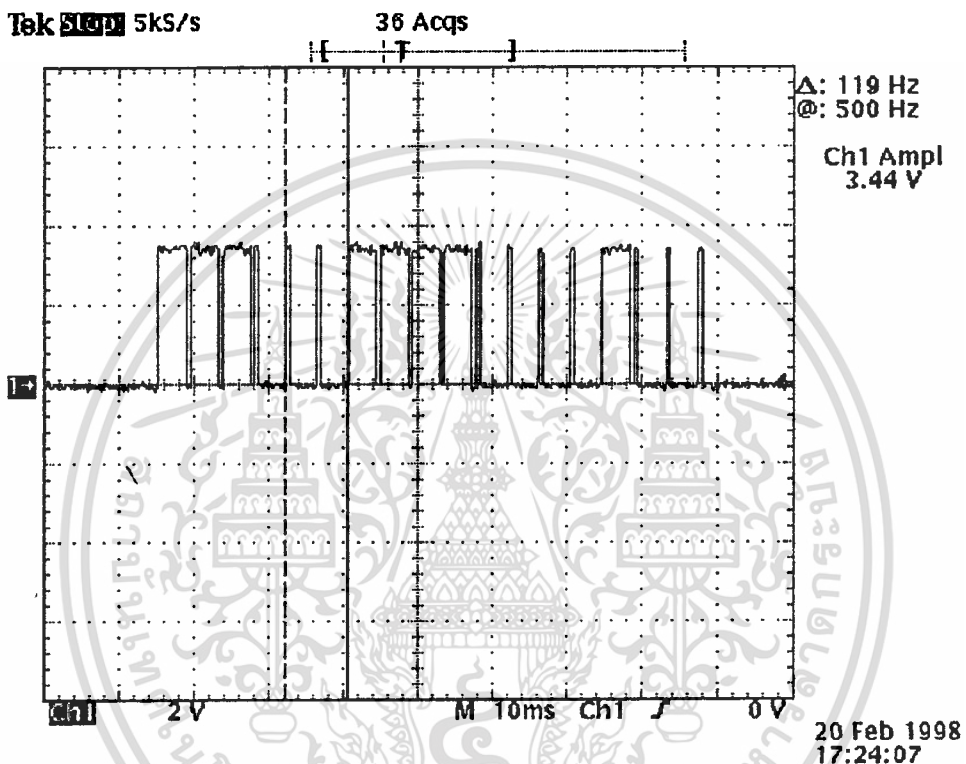
รูปที่ 4.46 แสดงขบวนสัญญาณรหัสเอาท์พุทของไอซี 1 เมื่อเปิดคิปลิวท์ทุกตัว



รูปที่ 4.47 แสดงขบวนสัญญาณรหัสเอาท์พุทของไอซี 1 เมื่อป้อนรหัส 155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทดลองทำการเปิดคิปลิวซ์ตัวที่ 2 และตัวที่ 8 (A2 และ A8) และป้อนคำสั่งส่งรหัส 155 เซ่นเดิม ทำให้จะได้สัญญาณที่เราเข้ารหัสเป็น 0 เปิด 00110 เปิด 1 จะได้เอาท์พุทขบวนสัญญาณรหัสแสดงดังรูปที่ 4.48 จะเห็นว่าขบวนสัญญาณรหัสที่ได้จะต่างจากรูปที่ 4.47 คือในบิทที่ 2 และบิทที่ 8 จะมีสถานะเป็นสถานะเปิด จะเห็นว่าขบวนสัญญาณรหัสเป็น 1 เปิด 01100 เปิด 0 ตามลำดับ อันเป็นการส่งอนุกรมของสัญญาณรหัสจากบิทต่ำไปก่อนนั่นเอง

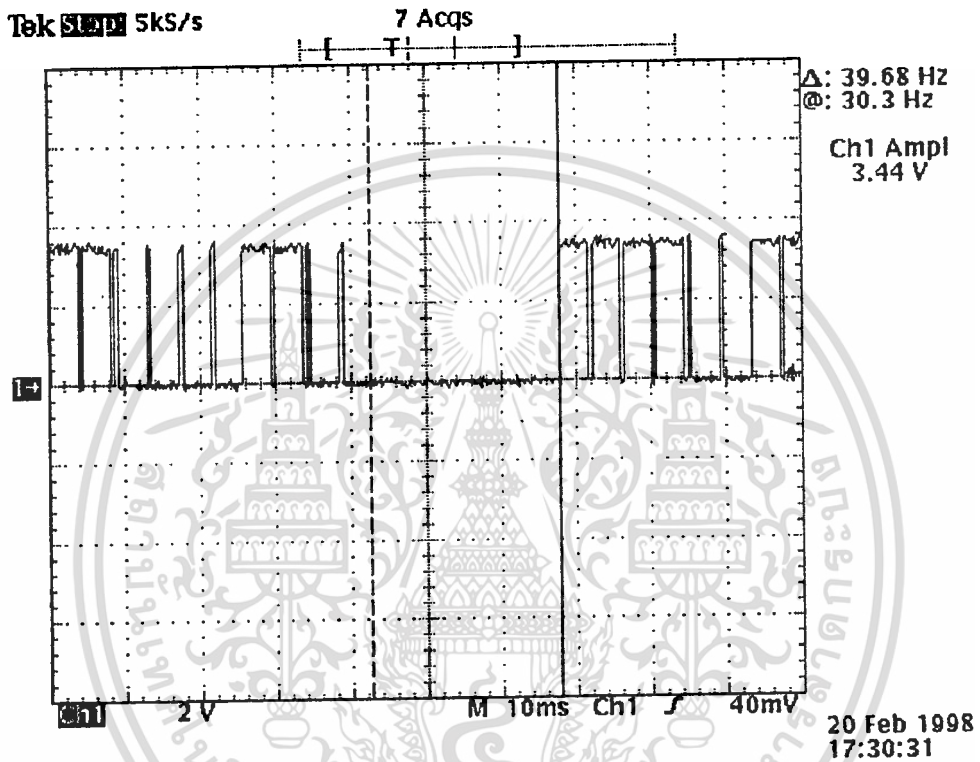


รูปที่ 4.48 แสดงขบวนสัญญาณรหัสเอาท์พุทของไอซี 1 เมื่อป้อนรหัส 155 และเปิดคิปลิวซ์ตัวที่ 2 และตัวที่ 8

จากนั้นทำการปรับช่วงเวลาต่อช่องของออสซิลโลสโคป เพื่อทำการวัดค่าความถี่ของช่วงระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด ผลที่ได้ดังรูปที่ 4.49 แสดงให้เห็นว่าขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุดจะมีระดับสัญญาณแรงดันต่ำติดต่อกัน 39.68 Hz หรือ 25.2 ms นั้น ซึ่งสัญญาณระดับต่ำนี้เองที่เป็นตัวบ่งบอกจุดเริ่มต้นของขบวนสัญญาณรหัส หรือระบุตำแหน่งของ A1 นั้นเอง

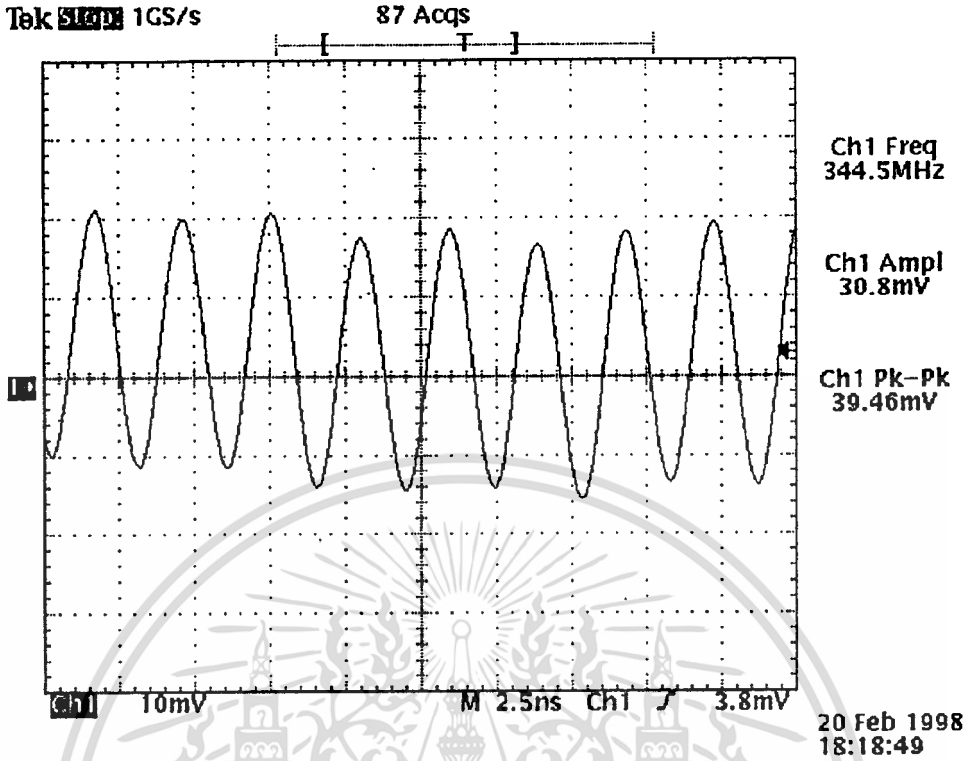
การทดลองสำหรับเครื่องส่งในส่วนสุดท้ายก็คือ ส่วนภาคกำเนิดความถี่วิทยุย่าน UHF ซึ่งเป็นภาคของการผลิตคลื่นพาหะความถี่ย่าน UHF ที่จะส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ โดยจะวัดสัญญาณออสซิลเลทที่ผลิตออกมาจากวงจรแทงก์ได้ดังรูปที่ 4.50 และเมื่อใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมวัดความถี่ที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งที่เอาท์พุทของวงจรแทงก์ แสดงดังรูปที่ 4.51 ซึ่งในการทดลองจะทำการเชื่อมต่อจุดเอาท์พุทหลัง D1 ออกกับไฟเลี้ยงที่ออกมาจากคาร์ดิอเทอร์เฟส เพื่อเป็นการทำให้ภาคกำเนิดความถี่วิทยุทำงานส่งสัญญาณอยู่ตลอดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา หากไม่ได้ต่อจุดทั้งสองเข้าด้วยกัน เอาน้ำพุที่ออกมาจากเครื่องส่งจะออกมาเป็นช่วง ๆ ตามสัญญาณรหัสที่เข้ามายังภาคกำเนิดความถี่วิทยุแต่ละขบวน ซึ่งในขบวนสัญญาณรหัสจะมีช่วงแรงดันระดับต่ำทั้งในการเข้ารหัสต่าง ๆ และระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด ซึ่งทำให้ภาคกำเนิดความถี่วิทยุไม่ทำงาน จึงทำให้ยากต่อการวัดสัญญาณ ค่าความถี่วิทยุที่สามารถวัดได้จากเครื่องส่งที่ส่งออกอากาศมาสามารถวัดความถี่ได้ 440 MHz แสดงดังรูปที่ 4.50 และรูปที่ 4.51 โดยมีระดับความแรงของสัญญาณที่ส่งออกมา -22.33 dB

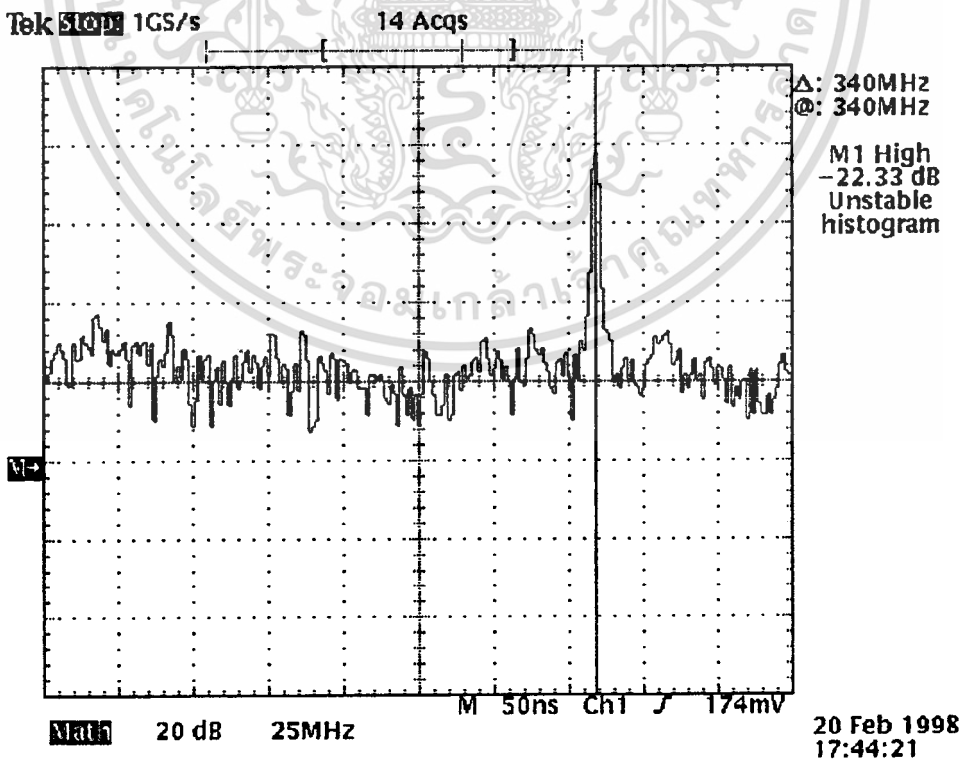


รูปที่ 4.49 แสดงสัญญาณระดับต่ำระหว่างขบวนสัญญาณรหัสแต่ละชุด

นอกจากนี้ เมื่อทำการวัดสัญญาณที่ส่งออกอากาศจากเครื่องส่ง ตามขบวนสัญญาณรหัสที่ทำการเข้ารหัสมา ซึ่งความถี่ออสซิลเลทจะถูกผลิตส่งออกอากาศไปในช่วงเวลาที่ขบวนสัญญาณรหัสมีระดับแรงดันสูง และจะไม่มีกรออสซิลเลทส่งสัญญาณออกอากาศในช่วงเวลาที่ขบวนสัญญาณรหัสมีระดับแรงดันต่ำ แสดงในรูปที่ 4.52 จะเห็นว่า เป็นสัญญาณออสซิลเลทของขบวนสัญญาณรหัสในช่วงที่มีสถานะของรหัสเป็นสถานะสูงสถานะเปิด และสถานะต่ำ ตามลำดับ

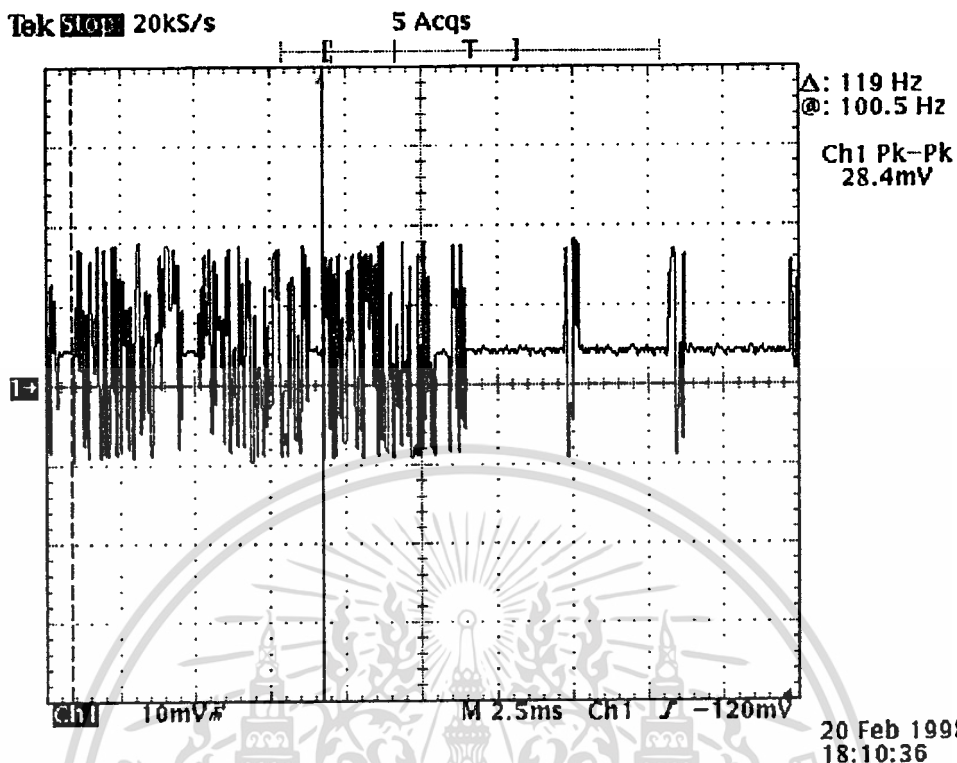


รูปที่ 4.50 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่ผลิตออกมาจากวงจรแกงค์ของเครื่องส่ง



รูปที่ 4.51 แสดงสเปกตรัมความถี่ในการส่งสัญญาณของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.52 แสดงสัญญาณออกสวิตช์เลขที่ส่งออกอากาศตามรหัสที่เข้ามา

#### 4.2.2 เครื่องรับ

จากวงจรเครื่องรับที่แสดงดังรูปที่ 3.24 ซึ่งเป็นเครื่องรับสัญญาณวิทยุที่เป็นวงจรแบบเขียนเนอเรทีฟที่มีการตีเทคสัญญาณในตัวเอง นำมาสัญญาณที่ตีเทคได้มาขยายสัญญาณ และจัดระดับสัญญาณโดยผ่านวงจรขมึนที่ทรานซิสเตอร์ ส่งเข้าสู่ภาคถอดรหัสสัญญาณ เพื่อไปทำการควบคุมการขับสวิตช์รีเลย์ โดยสามารถทดสอบการทำงานของเครื่องรับได้ดังนี้

##### 4.2.2.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. อุปกรณ์การทดลองของเครื่องส่งตามหัวข้อที่ 4.2.1.1
2. วงจรเครื่องรับ
3. วงจรป้อนกระแสไฟตรง 12 โวลต์
4. มอเตอร์ 12 โวลต์

##### 4.2.2.2 การทดลอง และผลการทดลองเครื่องรับ

###### ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อเครื่องส่ง และป้อนคำสั่งจากโปรแกรมให้เครื่องส่งทำงานส่งสัญญาณตลอดเวลา

โดยให้ทำการทดลอง 2 ส่วน คือ ส่งรหัสที่มีสถานะเปิดทั้งหมด และส่งรหัสที่มีรหัส 3 สถานะ

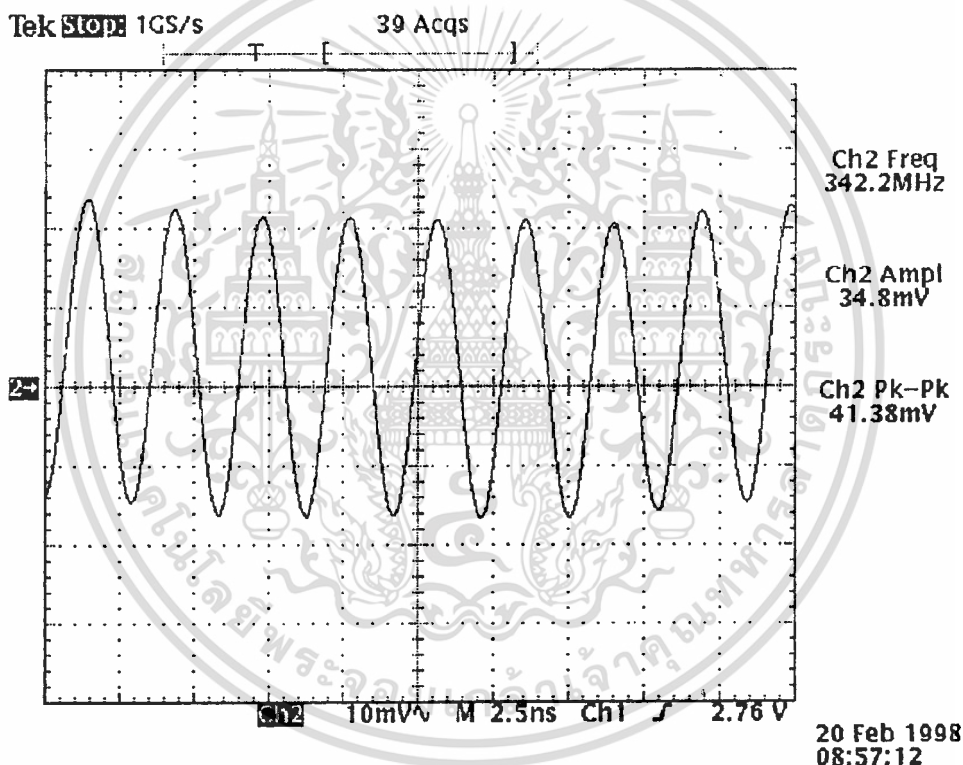
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จ่ายแรงดันไฟ 12 โวลต์ให้กับเครื่องรับ

3. ใช้ออสซิลอสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตที่วงจรต่าง ๆ เทียบกับอินพุตก่อนหน้าจะเข้าวงจรนั้น และทำการตรวจสอบการทำงานของวงจรในแต่ละส่วน บันทึกผลการทดลองที่ได้

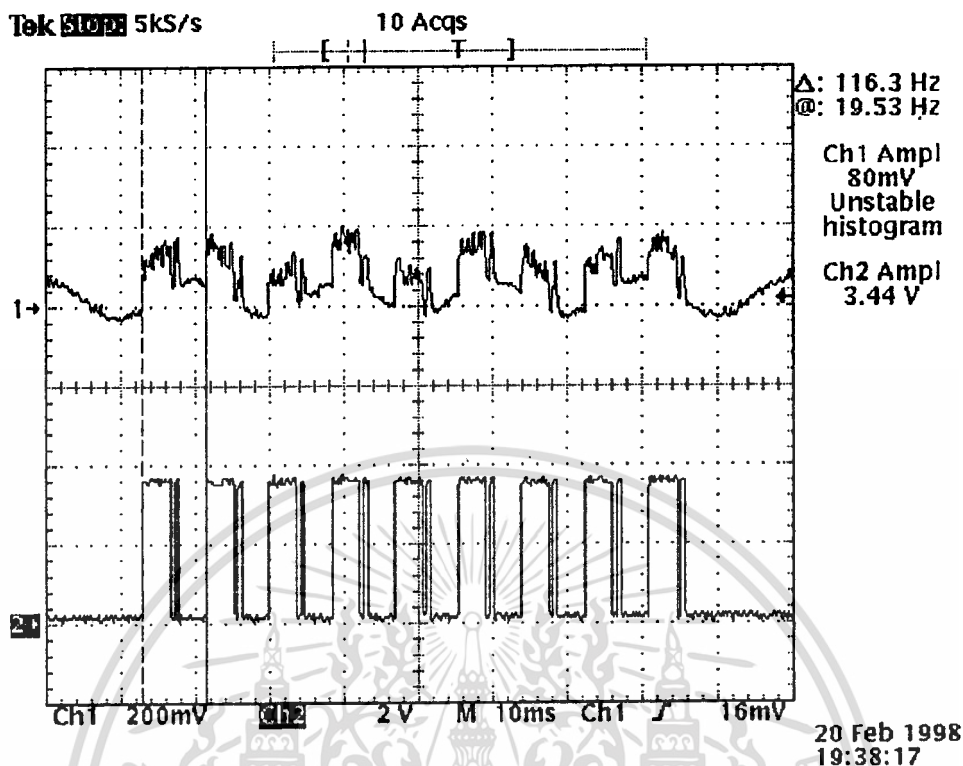
#### ผลการทดลอง

ในการทดลองเครื่องรับ ขั้นแรกจะเป็นการตรวจสอบการทำงานของแต่ละภาคในวงจรเครื่องรับซึ่งสัญญาณออสซิลเลทที่ทางเครื่องรับสามารถรับได้แสดงดังรูปที่ 4.53 คือ เมื่อมีการส่งสัญญาณจากเครื่องส่ง ทางเครื่องรับก็จะสามารถรับสัญญาณออสซิลเลทเข้ามาได้ ซึ่งมีระดับแรงดันขอดีถึงยอดของสัญญาณเป็น 41.38 มิลลิโวลต์



รูปที่ 4.53 แสดงสัญญาณออสซิลเลทที่รับได้

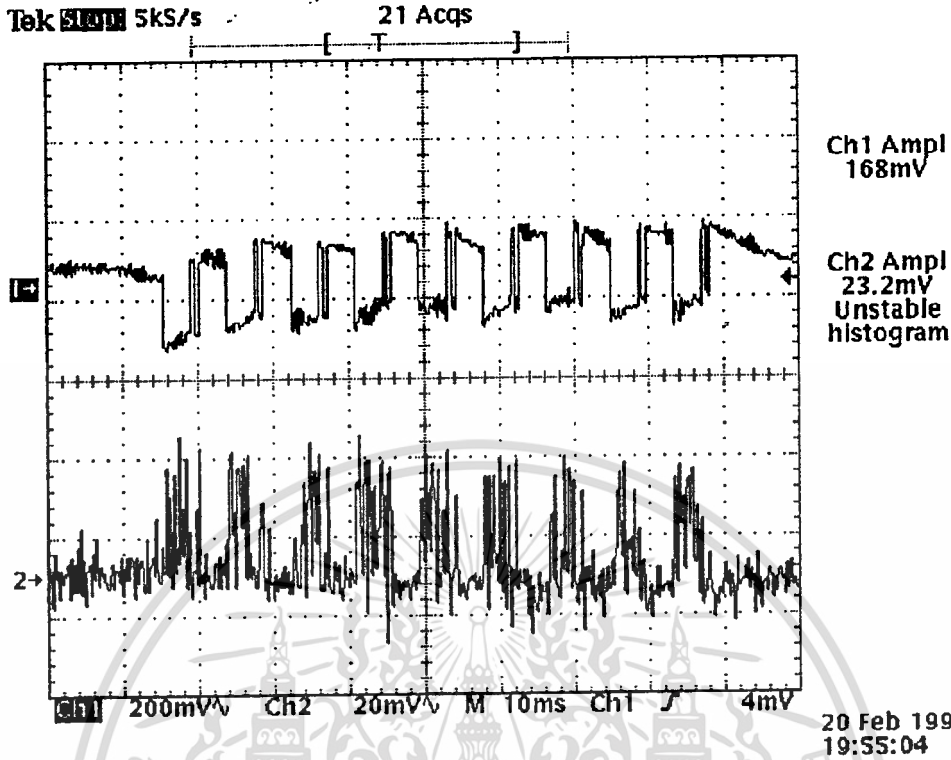
ในการทดลองเครื่องรับ ขั้นแรกจะทำการทดลองโดยส่งสัญญาณรหัสจากเครื่องส่งที่มีสถานะเปิดทุกบิต ในส่วนแรกจะเป็นการวัดสัญญาณที่เอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q1 (BF199) หลัง L1 เพื่อแสดงผลของการตีเทคสัญญาณของวงจรตีเทคสัญญาณในตัวเอง เปรียบเทียบกับสัญญาณรหัสจากเครื่องส่งที่ออกจากขา 15 ของไอซี MC145026 และหากมีการตีเทคสัญญาณออกมาได้ ก็จะมีสัญญาณรหัสในลักษณะมีระดับสถานะสูงและต่ำ ตามการออสซิลเลทของสัญญาณในแต่ละช่วงที่ส่งมาได้ แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.54 โดยช่องสัญญาณที่ 1 เป็นขบวนสัญญาณรหัสที่ตีเทคได้ จะเห็นว่าค่าแรงดันของสัญญาณรหัสที่ตีเทคมาได้มีค่าต่ำมาก ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 เป็นขบวนสัญญาณรหัสของเครื่องส่งที่นำมาเปรียบเทียบไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



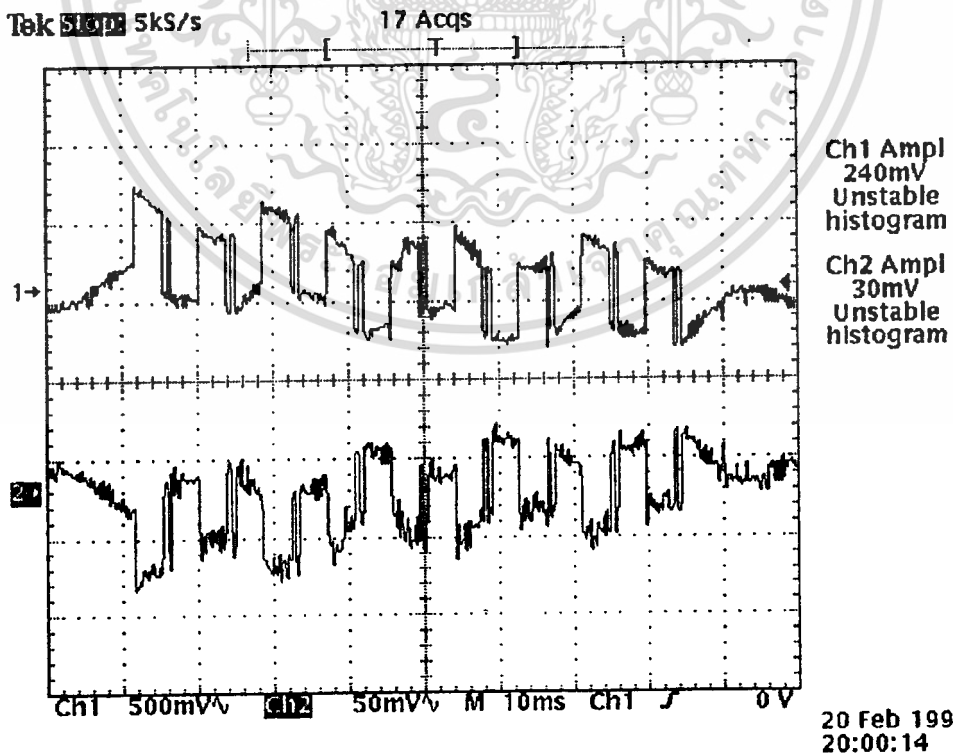
รูปที่ 4.54 แสดงขบวนการหีสัญญาณสถานะเปิดทุกบิตของเครื่องส่ง เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ตีเทคได้

เนื่องด้วยสัญญาณที่ตีเทคมาได้มีระดับแรงดันที่ต่ำมากจึงต้องนำมาผ่านวงจรขยาย โดยวงจรขยายตัวแรกเป็นทรานซิสเตอร์ Q2 (2N5551) ต่อวงจรอยู่เป็นแบบวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม ซึ่งเมื่อทำการขยายสัญญาณแล้วก็จะมีการกลับเฟสของสัญญาณด้วย แสดงดังรูปที่ 4.55 จะเห็นว่าสัญญาณที่ได้รับการขยายแล้วในช่องสัญญาณที่ 2 มีการกลับเฟส เปรียบเทียบกับสัญญาณรหัสของเครื่องส่งในช่องสัญญาณที่ 2 และจะเห็นว่าสัญญาณที่ขยายแล้วมีแรงดันถึง 168 มิลลิโวลท์ ในขณะที่สัญญาณตีเทคออกมาได้ 23.2 มิลลิโวลท์ กล่าวคือมีการขยายถึงกว่า 10 เท่าทีเดียว

จากนั้นสัญญาณที่ได้ออกมาจากขาคอมมอนของทรานซิสเตอร์ Q2 ซึ่งสัญญาณที่ออกมาถูกกลับเฟสก็จะถูกนำไปขยาย และกลับเฟสสัญญาณอีกครั้งโดยใช้ออปแอมป์เป็นวงจรขยาย สัญญาณที่ได้ออกมาแสดงดังรูปที่ 4.56 ในช่องสัญญาณที่ 2 เป็นสัญญาณที่ถูกกลับเฟส และขยายขึ้นโดยออปแอมป์ LM358 ส่วนในช่องสัญญาณที่ 1 เป็นสัญญาณรหัสที่ถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์ Q2 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ได้รับการขยายจากออปแอมป์นี้ มีระดับแรงดันขอดีขอดของสัญญาณอยู่ที่ 240 มิลลิโวลท์ ในขณะที่สัญญาณจากวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมของทรานซิสเตอร์ Q2 มีระดับแรงดันเข้ามาเพียง 30 มิลลิโวลท์ ก็จะทำให้มีการขยาย และกลับเฟสสัญญาณได้



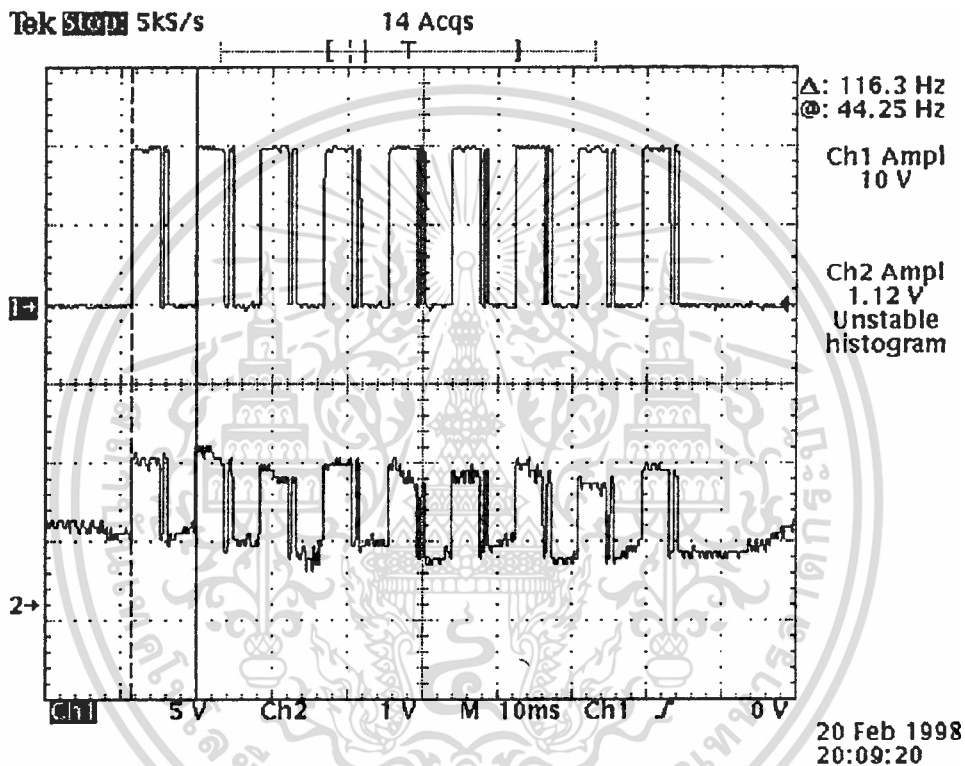
รูปที่ 4.55 แสดงสัญญาณที่ถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์ เปรียบเทียบกับสัญญาณที่คิดได้



รูปที่ 4.56 แสดงสัญญาณที่ถูกขยายโดยวงจรถออปแอมป์ และสัญญาณที่ผ่านการขยายครั้งแรกโดย Q2

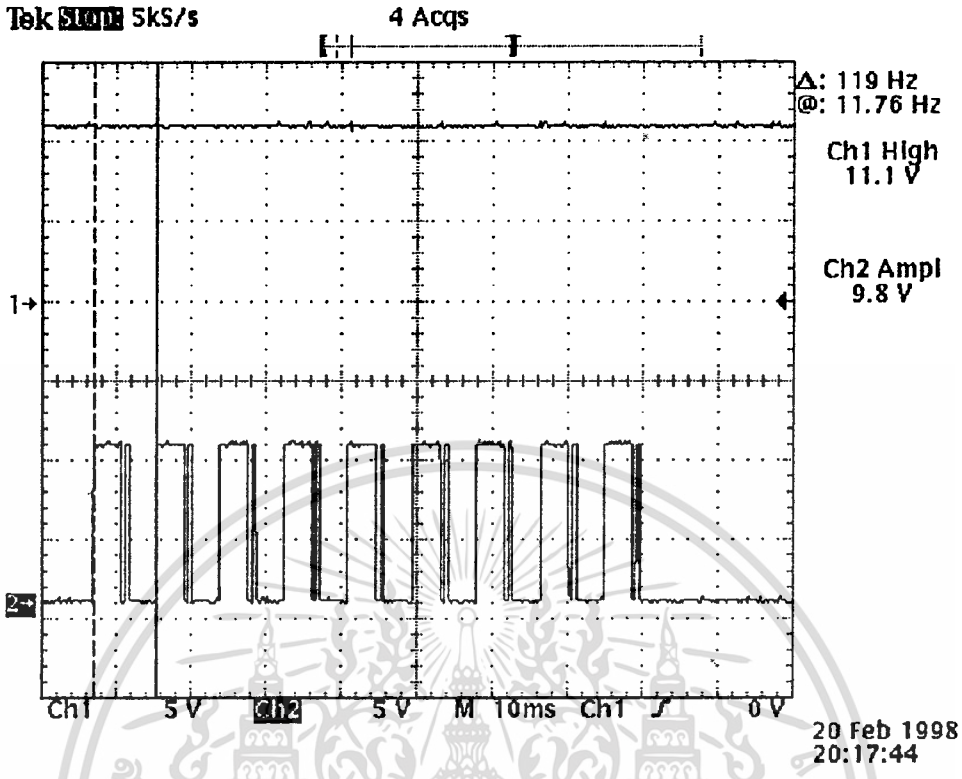
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นสัญญาณที่ได้รับการขยายกลับเฟสให้เหมือนทางค่านส่ง จะถูกป้อนเข้าสู่วงจรมีทริกเกอร์ ซึ่งเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อทริกกระดืบสัญญาณ เป็นการจักระดืบแรงดันของสัญญาณ ผลที่ได้จากการทริกสัญญาณนี้ แสดงคังรูปที่ 4.57 โดยช่องสัญญาณที่ 1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรมีทริกเกอร์ คือ เอาท์พุทที่ขา 7 ของไอซี LM358 นั่นเอง ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 เป็นสัญญาณที่ออกจากวงจขยายโดยออฟแอมป์ที่ขา 1 ของไอซี LM358 จะเห็นว่าเมื่อสัญญาณผ่านวงจรมีทริกเกอร์ ลักษณะของขบวนสัญญาณรหัสที่ได้จะเหมือนกับทางค่านเครื่องส่งที่ไอซี MC145026 เข้ารหัสออกมา และมีระดับแรงดันสัญญาณสูงถึง 10 โวลท์

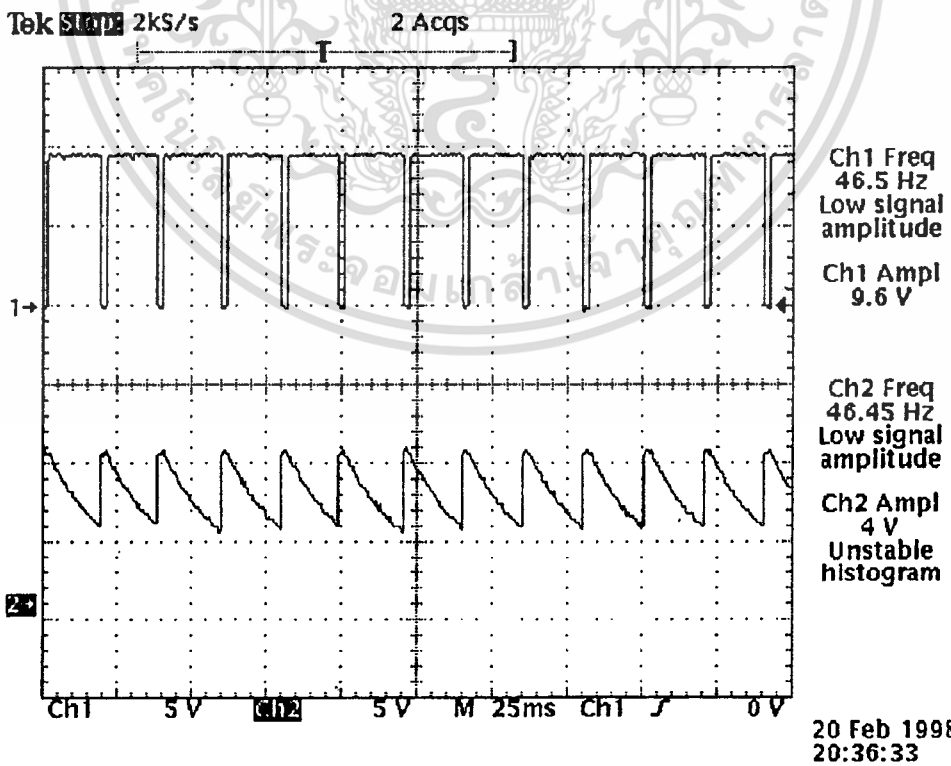


รูปที่ 4.57 แสดงสัญญาณเอาท์พุทจากจรมีทริกเกอร์ และสัญญาณเอาท์พุทของออฟแอมป์

หลังจากผ่านที่วงจรมีทริกเกอร์แล้ว สัญญาณที่ได้ออกมาจะมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับสัญญาณรหัสที่ส่งมาจากเครื่องส่ง ก็จะถูกป้อนเข้าสู่วงจรถอดรหัสของไอซี 2 (MC145028) และหากรหัสที่ส่งมาจากเครื่องส่ง เป็นรหัสเดียวกันกับรหัสที่ตั้งไว้ของไอซีถอดรหัสทั้ง 9 บิต เอาท์พุทของวงจรถอดรหัสก็จะออกมาเป็นแรงดันระดับสูง ซึ่งในยังไม่ได้ทำการเข้ารหัสแก่ไอซี 2 จึงเสมือนมีสถานะเปิดทุก ๆ บิต อันเป็นรหัสที่ทางเครื่องส่งส่งมา เมื่อมีการถอดรหัสทำการเปรียบเทียบรหัสที่ส่งมา กับรหัสที่ตั้งไว้ทางเครื่องรับแล้วรหัสตรงกัน เอาท์พุทของไอซี 2 (ขา 11) จะให้เอาท์พุทที่มีระดับแรงดันสูง แสดงได้คังรูปที่ 4.58 ช่องสัญญาณที่ 1 แสดงสถานะเอาท์พุทของไอซี MC145028 มีสถานะสูง คือ สัญญาณรหัสที่ส่งมาตรงกันกับทางค่านรับที่เข้ารหัสไว้ ซึ่งจะให้ระดับแรงดันกระแสตรงออกมา 11.1 โวลท์ ซึ่งระดับแรงดันนี้จะส่งเข้าไปยังวงจรมีทริกเกอร์เพื่อให้รีเลย์ทำงานต่อไป และเมื่อมีการหยุดการส่งรหัสจากเครื่องส่งมา ก็จะทำให้เอาท์พุทของไอซี 2 นี้มีระดับแรงดันต่ำ รีเลย์ก็จะหยุดทำงานไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.58 แสดงระดับสัญญาณเอาต์พุตของไอซี 2 เมื่อถอดรหัสได้ และรหัสที่ส่งเข้าไปถอดรหัส



รูปที่ 4.59 แสดงช่วงเวลาของการถอดรหัสที่วัดได้จากไอซี 2

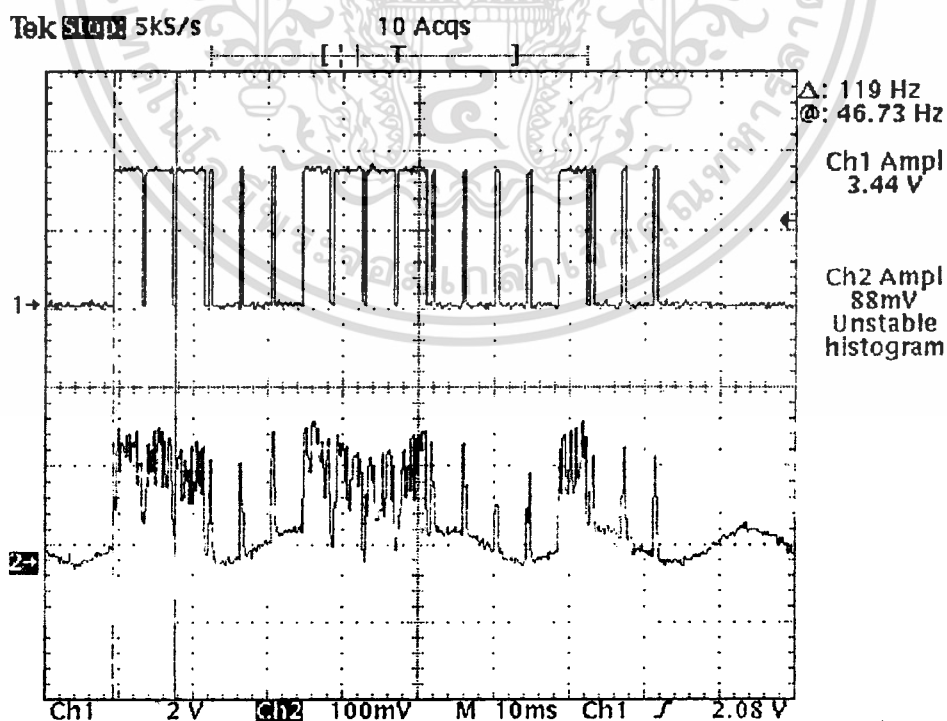
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.59 แสดงช่วงเวลาของการถอดรหัสที่วัดได้จากไอซี 2 โดยช่องสัญญาณที่ 1 จะวัดสัญญาณช่วงเวลาที่ยาว 7 หรือที่ C13 และช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณที่ยาว 10 หรือที่ R19/C14 ซึ่งเป็นการวัดสัญญาณช่วงเวลาในขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ มาจากเครื่องส่ง เป็นการแสดงว่า การกำหนดช่วงเวลาของไอซี 2 สามารถทำงานได้ ทั้งนี้สามารถเปรียบเทียบรูปสัญญาณที่วัดได้กับทฤษฎีที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.8.2 หรือทำการเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.35

ในการทดลองขั้นต่อไปจะทำการส่งสัญญาณที่ทำการเข้ารหัส 3 สถานะจากเครื่องส่งส่งออกอากาศมายังเครื่องรับ โดยทำการเข้ารหัสที่ไอซี 2 (MC145028) ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งการทดลองสามารถวัดสัญญาณ ณ จุดต่างได้ โดยเริ่มจากส่งสัญญาณรหัส 155 จากเครื่องส่ง และเปิดคิปลิวท์ให้มีสถานะเปิดที่บิตที่ 2 และมีบิตที่ 8 สามารถวัดสัญญาณโดยใช้ออสซิลโลสโคป แสดงดังรูปที่ 4.60 สัญญาณในช่องสัญญาณที่ 1 เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องส่ง โดยทำการวัดที่เอาต์พุตของไอซี MC145026 เปรียบเทียบกับในช่องสัญญาณที่ 2 เป็นสัญญาณที่ตีเทคได้โดย Q1 ซึ่งมีระดับแรงดันของสัญญาณที่ตีเทคได้ 88 มิลลิโวลท์

ตารางที่ 4.3 แสดงรหัสที่ป้อนให้แก่แอดเดรสต่าง ๆ ของไอซี 2 (MC145028)

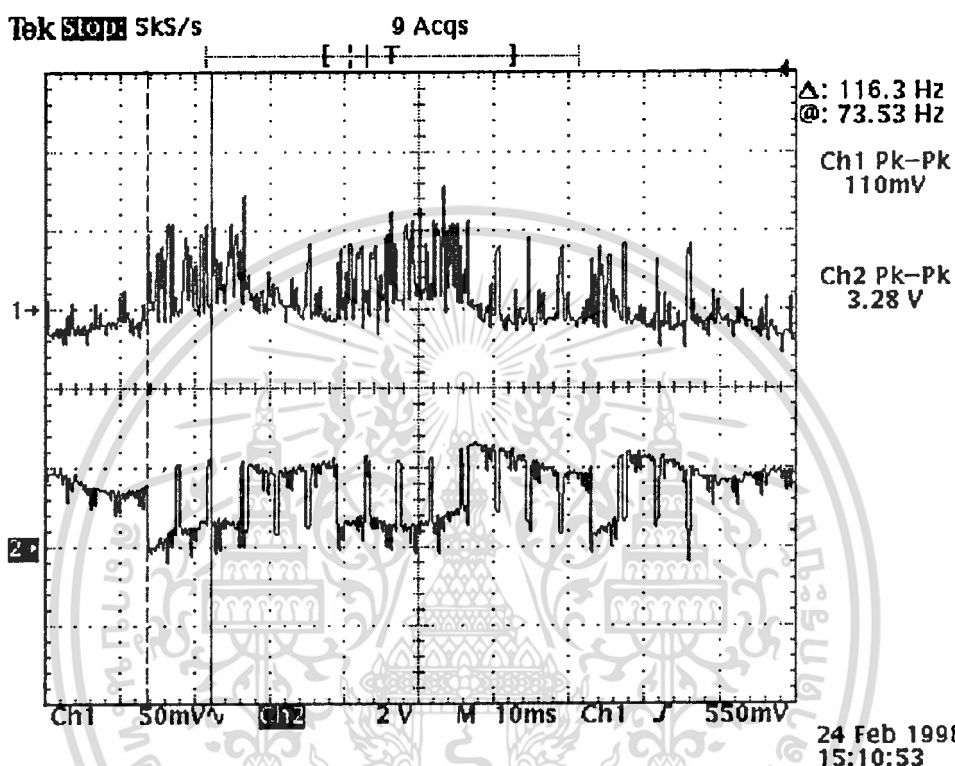
แอดเดรส	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
สถานะ	สูง	เปิด	ต่ำ	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ	เปิด	ต่ำ



24 Feb 1998  
14:37:32

รูปที่ 4.60 แสดงสัญญาณรหัส 3 สถานะที่เอาต์พุตของไอซี MC145026 และสัญญาณที่ตีเทคได้ที่เครื่องรับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณรับมาที่เป็นสัญญาณรหัส 3 สถานะ และสามารถตีเทคออกมาได้แล้ว ก็จะถูกนำไปเข้า วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม จะได้สัญญาณคังรูปที่ 4.61 โดยสัญญาณที่ถูกขยายแสดงในช่องสัญญาณที่ 2 เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ตีเทคมาได้ ในช่องสัญญาณที่ 1 เห็นได้ว่าสัญญาณได้รับการขยายขนาดขึ้น และมีการกลับเฟสของสัญญาณด้วย

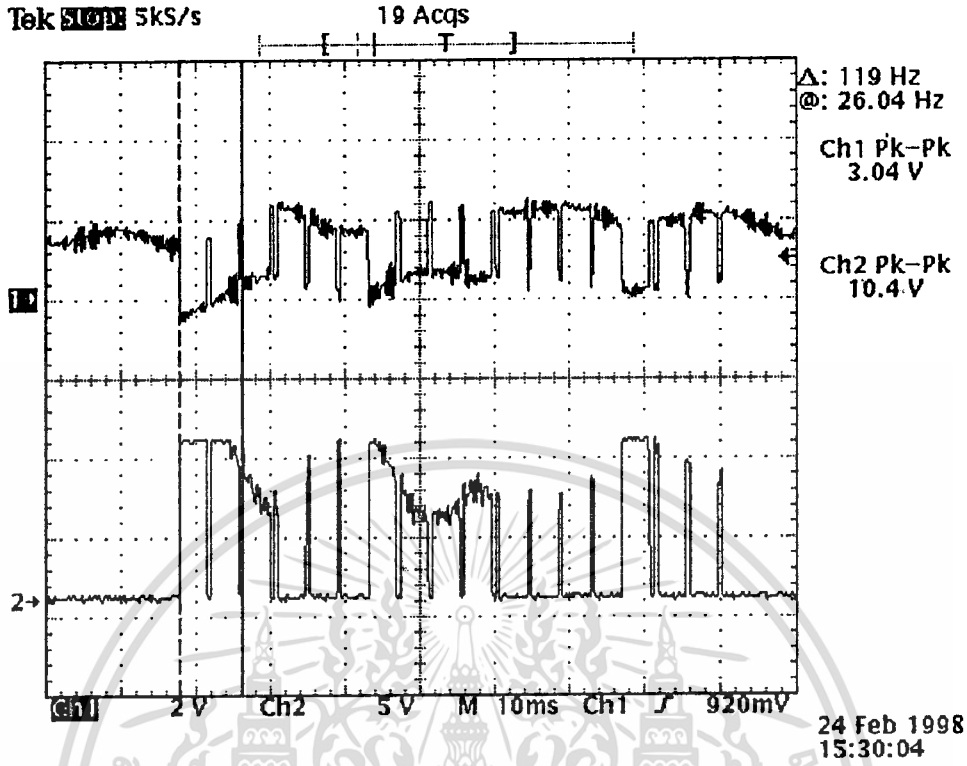


รูปที่ 4.61 แสดงสัญญาณที่ตีเทคได้ เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ขยายโดยวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

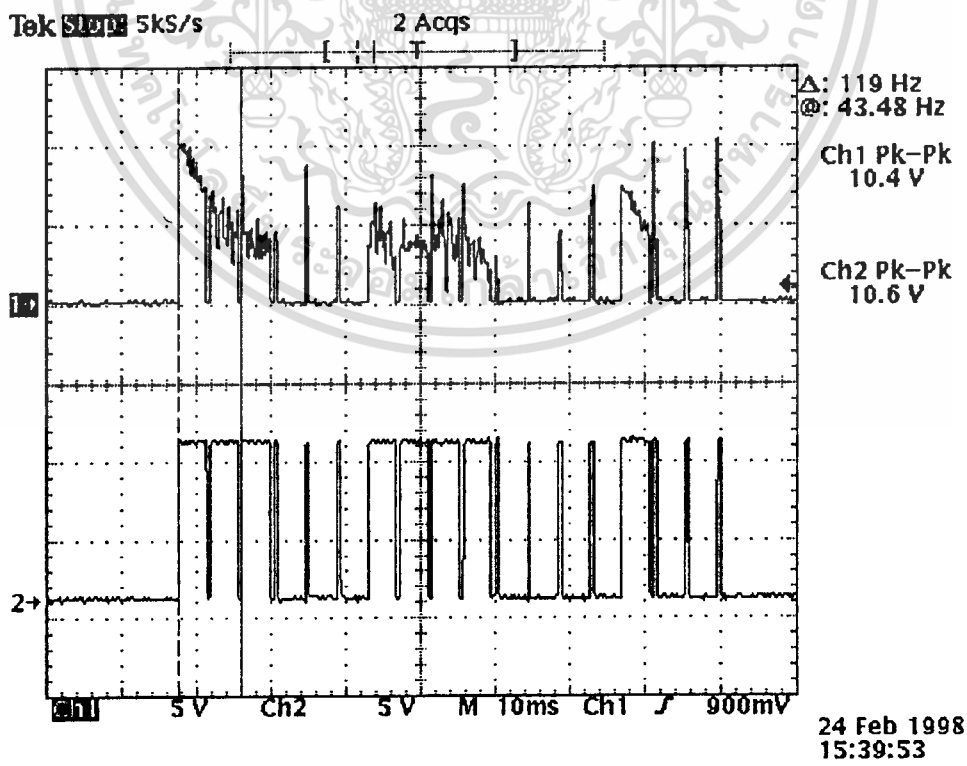
ทำการวัดสัญญาณที่ผ่านการขยายอีกครั้งหนึ่งโดยวงจรรอพแอมป์ จะได้สัญญาณที่แสดงในช่องสัญญาณที่ 2 แสดงในรูปที่ 4.62 เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่มาจาก การขยายสัญญาณของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม ที่แสดงในรูปอยู่ในช่องสัญญาณที่ 1

สัญญาณดังกล่าวก็จะถูกส่งผ่านเข้าวงจรมิกซ์ทริกเกอร์ เพื่อเป็นการจัดระดับแรงดันของสัญญาณ ได้เอาท์พุทของวงจรมิกซ์ทริกเกอร์คังรูปที่ 4.63 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรมิกซ์ทริกเกอร์ในช่องสัญญาณที่ 2 และสัญญาณอินพุตที่ส่งเข้ามาเพื่อจัดระดับแรงดันแสดงในช่องสัญญาณที่ 1

เมื่อสัญญาณที่ได้รับการจัดระดับแรงดันแล้ว ก็จะได้ขบวนสัญญาณรหัสออกมา ส่งเข้าสู่ไอซีถอดรหัส MC145028 ที่ได้ตั้งค่าแอดเดรสต่าง ๆ เอาไว้คังตารางที่ 4.3 ซึ่งมีรหัสตรงกับที่ได้เข้ารหัสในเครื่องส่ง เพื่อส่งสัญญาณมา ทำให้ไอซีนี้สามารถถอดรหัสของขบวนสัญญาณรหัสออกมาได้ จึงให้เอาท์พุทเป็นสัญญาณระดับสูงออกมา แสดงคังรูปที่ 4.64 ได้ระดับแรงดันไฟ 10.9 โวลท์ และเมื่อมีการหยุดส่งสัญญาณก็จะทำให้สัญญาณเอาท์พุทมีระดับแรงดันต่ำ



รูปที่ 4.62 แสดงสัญญาณที่ถูกขยายโดยวงจรอิมิตเตอร์ร่วม และสัญญาณที่ถูกขยายต่อโคขอฟแอมป์

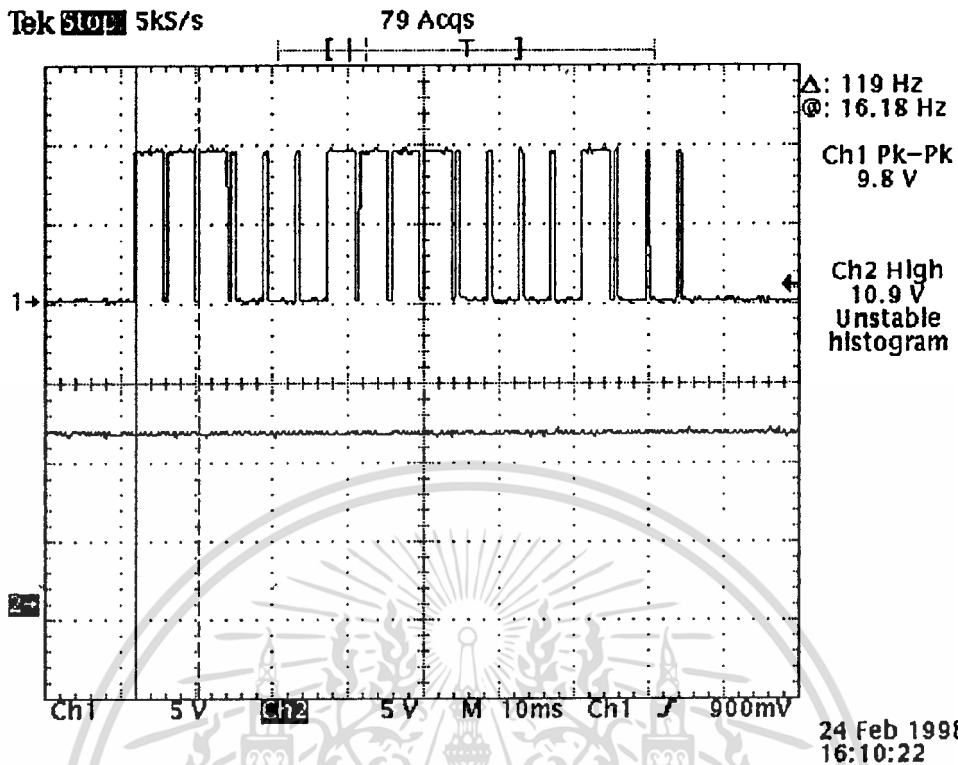


รูปที่ 4.63 แสดงสัญญาณที่ผ่านการขยายโคขอฟแอมป์ และสัญญาณที่ถูกจัดระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โดยวงจรมัลติเพล็กซ์ทริกเกอร์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.64 แสดงสัญญาณที่ส่งเข้าไอซีลอครหัส และเอาต์พุตของไอซีลอครหัส เป็นระดับแรงดันไฟตรง เมื่อสามารถลอครหัสได้

ระดับแรงดันเอาต์พุตที่ออกมาจากไอซีลอครหัส เมื่อสามารถลอครหัสได้ออกมาเป็นไฟตรงประมาณ 11 โวลต์ ก็จะถูกส่งเข้าสู่ฟลิปฟลอปแบบ D และส่งต่อไปยังวงจรรีบรีเลย์ทำให้รีเลย์ทำงาน และที่เอาต์พุต Q ของฟลิปฟลอปนี้ ก็จะคงสถานะระดับสูงไว้ เมื่อมีสัญญาณเข้าที่อินพุตอีกครั้งก็จะทำให้เกิดการที่ออกเกิดเอาต์พุต Q จะมีสถานะต่ำ สำหรับการต่อไขว้วงจรรีบรีเลย์ได้ต่อดูจุด B เข้ากับจุด M ในวงจรรีบรีเลย์รูปที่ 3.24(ข) ทำให้เครื่องรับมีการทำงานแบบพัลส์ ซึ่งทุกครั้งที่มีการส่งสัญญาณมาจากเครื่องส่ง และสามารถลอครหัสสัญญาณได้ รีเลย์สวิตช์จะทำงานอยู่ในสภาวะเปิดในเฉพาะช่วงเวลาที่มีการส่งสัญญาณมาจากเครื่องส่งเท่านั้น และรีเลย์สวิตช์จะหยุดทำงาน เมื่อหยุดการส่งสัญญาณจากเครื่องส่ง จึงได้นำเอาระดับแรงดันไฟตรงที่ออกจากรีเลย์สวิตช์ไปขับมอเตอร์ที่เป็นสลักซีจันสายอากาศดาวเทียม หากมีการส่งสัญญาณรหัสมาอย่างต่อเนื่อง และเครื่องรับสามารถลอครหัสได้ ก็จะได้เอาต์พุตออกมามีผลทำให้รีเลย์สวิตช์ทำงานได้กระแสไฟตรงไปขับมอเตอร์สลักให้หมุนเคลื่อนตัวออก เป็นการปลดสลักทำให้ระบบการเปิดจันสายอากาศดาวเทียมสามารถเปิดจันสายอากาศขึ้นจากตัวฐานได้

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์ และบทสรุป

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการจัดสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกตามขั้นตอนที่กล่าวถึงในบทที่ 3 นั้น ในการจัดสร้างโดยใช้ไฟเบอร์กลาส จะพบปัญหาในการลงเรซินที่เป็นตัวประสานใยแก้ว คือ จะไม่สามารถไล่ฟองอากาศออกได้หมด ซึ่งจุดนี้จะทำให้ชิ้นงานมีจุดอ่อน มีความแข็งแรงไม่เพียงพอ นอกจากนี้ ในการลงลวดตาข่ายในชิ้นงานนั้นเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากเกิดการโค้งตัวของลวดตาข่าย ไม่แนบสนิทติดกับชั้นเจลโคท จึงต้องใช้ความพยายามในการกดลวดตาข่ายให้สามารถฝังอยู่ในชั้นนี้ได้ดี ทั้งนี้ในช่องว่างของลวดตาข่ายนั้นก็จะเกิดปัญหาที่จะมีฟองอากาศอยู่ในบางจุดไม่สามารถไล่ฟองอากาศออกได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อทำชิ้นงานออกมาสำเร็จแล้ว ก็จะได้ผิวหน้าของงานสายอากาศที่โค้งเรียบ สามารถนำไปใช้งานได้

ในส่วนของการทดลองจะเห็นได้ว่าแพทเทอร์นที่วัดในบริเวณสนามระยะไกล ซึ่งเป็นระยะที่ใช้ในการส่งสัญญาณจริง โดยระยะทางระหว่างทางค่านส่ง และทางค่านรับ ไม่มีผลต่อการรับสัญญาณนั้น จะมีโลบหลักอยู่เพียงโลบเดียว ซึ่งมีสแกล์เพาเวอร์บีมวิดท์เพียงประมาณ 1.5-3 องศาเท่านั้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบแพทเทอร์นของงานสายอากาศทั้งสามแบบ ดังที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.1.5 จะเห็นได้ว่างานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสพ่นสีเมทัลลิกฝังลวดตาข่ายที่จัดสร้างขึ้น มีลักษณะของแพทเทอร์นที่ใกล้เคียงกับงานสายอากาศคั่นแบบมาก แต่จะมีโลบย่อยที่มีระดับสัญญาณสูงกว่าประมาณ 8 dB และเมื่อเปรียบเทียบกับงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิกไฟเบอร์กลาสฝังลวดตาข่าย เห็นได้ว่าเมื่อทำการพ่นสีเมทัลลิกลงบนผิวหน้างานสายอากาศ จะมีแพทเทอร์นดีขึ้นมาก คือ มีระดับสัญญาณของโลบหลักสูงขึ้น และความต่างระหว่างระดับสัญญาณของโลบหลักกับโลบย่อยก็จะเพิ่มขึ้นมาก โดยงานสายอากาศที่จัดสร้างขึ้นทั้งสองสามารถนำมาใช้งานได้ดี เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างระดับสัญญาณของโลบหลักกับโลบย่อยมากกว่า 20 dB อันเป็นขอบเขตการใช้งานได้ของงานสายอากาศ โดยงานสายอากาศที่ทำการพ่นสีเมทัลลิกแล้วจะทำให้งานสายอากาศมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นกว่างานสายอากาศที่มีเพียงลวดตาข่ายฝังอยู่เพื่อเป็นตัวสะท้อนสัญญาณเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ในส่วนของการจัดทำระบบเปิดงานสายอากาศ สำหรับการจัดสร้างเครื่องส่ง การทำงานในภาคต่าง ๆ ของวงจรเครื่องส่ง และเครื่องรับ สามารถทำงานได้ดี แต่จะมีปัญหาในการรับสัญญาณที่รับมาจากเครื่องส่งสัญญาณที่รับเข้ามาจะมีสัญญาณรบกวนมาก ทำให้เกิดความผิดพลาดในการตีเทคสัญญาณในบางครั้ง การรับส่งสัญญาณระหว่างเครื่องส่ง และเครื่องรับจึงยังไม่สามารถทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ในส่วนของการเปิดงานสายอากาศที่ได้ใช้เหล็กฉากมาจัดทำโครงยึดงาน ก่อให้เกิดปัญหา คือ เป็นการเพิ่มน้ำหนักให้แก่ตัวงานสายอากาศเป็นอย่างมาก ทำให้สปริงที่เป็นกลไกในการผลัดงานสายอากาศให้เปิดออกจากตัวฐานไม่สามารถผลัดงานสายอากาศให้เปิดออกมาถึงจุดที่ต้องการได้ จึงต้องแก้ไขโดยการหาสปริงที่สามารถรับภาระได้สูงขึ้น ให้เพียงพอต่อการผลัดงานสายอากาศเปิดไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 แนวทางการพัฒนา

จากการสร้างงานสายอากาศออฟเซ็ทพาราโบลิคในโครงการนี้ ในส่วนของการสร้างจันสะท้อนสัญญาณที่ใช้ไฟเบอร์กลาส หากเราจะจัดสร้างเป็นงานสายอากาศดาวเทียมจริง สามารถเปลี่ยนไปใช้สาร CFRP หรือ KFRP ที่เป็นสารที่ใช้ในการจัดสร้างงานสายอากาศดาวเทียมในปัจจุบันนี้ ซึ่งจะให้ความแข็งแรงของงานสายอากาศสูง เนื่องจากสารทั้งสองจะสามารถทนแรงกระแทก และแรงบิดได้สูง ทำให้มีการใช้งานได้คงทน และยาวนาน

ในส่วนของการติดตั้งพีคฮอร์น ก็ควรมีรูปร่างของพีคฮอร์นฉายลงบนพื้นที่ประสิทธิผลของงานสายอากาศได้ทั่ว และควรจะต้องติดตั้งตัวพีคฮอร์นให้คงที่มั่นคงด้วย ซึ่งในการติดตั้งพีคฮอร์นให้ถูกจุด และมีตัวพีคฮอร์นที่เหมาะสมกับงานสายอากาศที่สร้างขึ้น ก็จะทำให้สามารถรับสัญญาณได้ดียิ่งขึ้น และยังมีผลต่อบีมวิคต์ของงานสายอากาศอีกด้วย

สำหรับการส่งสัญญาณเพื่อควบคุมการเปิดงานสายอากาศ ในโครงการนี้เป็นเพียงการจำลองระบบการส่งสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุย่าน UHF โดยใช้การเข้ารหัส เพื่อส่งสัญญาณให้เครื่องรับทำงานควบคุมการเปิดงานสายอากาศ ซึ่งสามารถใช้ส่งสัญญาณได้เพียงในระยะใกล้ ๆ ในการออกแบบการส่งสัญญาณควบคุมการเปิดงานสายอากาศในการใช้งานจริง เราจะต้องทำการส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นไมโครเวฟส่งขึ้นไปยังดาวเทียม จึงจะต้องปรับปรุงการรับ-ส่งสัญญาณให้ส่งสัญญาณควบคุมไปยังเครื่องรับที่ดาวเทียมผ่านคลื่นวิทยุย่านไมโครเวฟ และสำหรับกลไกการเปิดงานสายอากาศก็อาจจะหาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพนำมาประยุกต์ใช้แทนสปริงที่นำมาใช้ในโครงการนี้ นอกจากนี้สำหรับโครงที่ใช้ยึดตัวงานสายอากาศก็ควรใช้วัสดุที่มีความเบา และมีความแข็งแรงสูงด้วย



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

gotoxy(13,10);
printf(" (Yes = 0, No = 1) : ");
scanf("%d",&check);
}
if(check == 0) /* ถ้าทำการส่งสัญญาณ จะนำรหัสที่ป้อนไปเปลี่ยนเป็นข้อมูล */
{
code_data(code);
gotoxy(35,13);
printf("Now operating.");
for (i=0; i<2; i++)
{
outport(ctrl_port,128); /* ส่งเวร็ดควบคุมไปที่พอร์ทควบคุม */
outport(port_a,data_a); /* ทำการส่งข้อมูล */
outport(port_b,data_b);
delay(2000);
outport(port_a,0); /* หยุดส่งข้อมูล */
outport(port_b,0);
delay(2000);
}
}
clrscr();
return 0;
}

void code_data(int code) /* ฟังก์ชันทำการเปลี่ยนรหัสเป็นข้อมูล */
{
code = code-256;
if(code>=0)
{
data_a = code;
data_b = 0x07;
}
if(code<0)
{
code = code+256;
data_a = code;
data_b = 0x06;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม sat.cpp

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <dos.h>
#include <owl\applicat.h>
#include <owl\framewin.h>
#include <owl\dialog.h>
#include <owl\edit.h>
#include "sat.rc"
#include "ports.h"

#define port_a 0x27C
#define port_b 0x27D
#define ctrl_port 0x27F

int code,data_a,data_b,i;
char transBuf[5];

class TApp : public Tapplication
{
public:
    TApp(): TApplication() {}
    void InitMainWindow();
};

class TDlg : public TDialog
{
public:
    TDlg(TWindow *parent, TResId resId);
};

TDlg::TDlg(TWindow *parent, TResId resId):
    TDialog(parent, resId)
{
    new TEdit(this, IDC_EDIT1, sizeof(transBuf));

    TransferBuffer = &transBuf;
}

class TWin : public TFrameWindow
{
public:
    TWin(TWindow *parent, const char far *title);
protected:
    void Run();
private:
    DECLARE_RESPONSE_TABLE(TWin);
};

DEFINE_RESPONSE_TABLE1(TWin, TFrameWindow)
    EV_COMMAND(RUN, Run),
END_RESPONSE_TABLE;

TWin::TWin(TWindow *parent
           , const char far *title):TFrameWindow(parent,title)
{
    AssignMenu(MENU_1);
    Attr.Style &~(WS_MAXIMIZEBOX|WS_THICKFRAME);

```

```
Attr.X = 20;
Attr.Y = 20;
Attr.W = 300;
Attr.H = 250;
```

```
}
```

```
void TApp::InitMainWindow()
{
    TFrameWindow *pWin = new TWin(0, "Ku Sattelite Antenna Project.");
    SetMainWindow(pWin);
    EnableBWCC();
}
```

```
int OwlMain(int, char*[])
{
    return TApp().Run();
}
```

```
//*****
*****//
```

```
void code_data(int code) /*ส่วนของการเปลี่ยนรหัสเป็นข้อมูล*/
{
    code = code-256;
    if(code>=0)
    {
        data_a = code;
        data_b = 0x07;
    }
    if(code<0)
    {
        code = code+256;
        data_a = code;
        data_b = 0x06;
    }
}
```

```
void TWin::Run() /*ส่วนของการรันโปรแกรม*/
{
    TDialog *pDialog = new TDlg(this, DIALOG_1);
    int result = pDialog->Execute();
    if (result == IDOK)
    {
        code = atoi(transBuf); /*รับรหัสเข้ามา*/
        code_data(code); /*นำรหัสไปเปลี่ยนเป็นข้อมูล*/
        for (i=0; i<2; i++)
        {
            outportb (ctrl_port,128); /*ส่งคอนโทรลเวิร์ดไปคอนโทรลพอร์ต*/
            outportb (port_a,data_a); /*ส่งข้อมูลออกพอร์ต A และ พอร์ต B*/
            outportb (port_b,data_b);
            Sleep(2000);
            outportb (port_a,0);
            outportb (port_b,0);
            Sleep(2000);
        }
    }
}
```

```
MessageBox("Send Now..", "Send", MB_OK);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม sat.rc

```
#ifndef WORKSHOP_INVOKED
#include "windows.h"
#endif

#define IDC_EDIT1 101
#define DIALOG_1 1
#define MENU_1 100
#define RUN 102
#define CM_EXIT 24310

#ifdef RC_INVOKED

MENU_1 MENU /*กำหนดเมนู*/
{
POPUP "&File"
{
MENUITEM "&Run", RUN
MENUITEM "E&xit", CM_EXIT
}
}

DIALOG_1 DIALOG 3, 6, 139, 66 /*กำหนดไดอะล็อก*/
STYLE DS_SYSMODAL | DS_MODALFRAME | DS_3DLOOK | DS_CONTEXTHELP | WS_POPUP
| WS_VISIBLE | WS_CAPTION | WS_SYSMENU | WS_MINIMIZEBOX | WS_MAXIMIZEBOX
CAPTION "Ku Sattelite Antenna Control"
FONT 9, "Arial"
{
DEFPUSHBUTTON "OK", IDOK, 32, 43, 30, 14
PUSHBUTTON "Cancel", IDCANCEL, 72, 43, 30, 14
CONTROL "code", IDC_EDIT1, "edit", ES_LEFT | WS_CHILD | WS_VISIBLE |
WS_BORDER | WS_TABSTOP, 88, 9, 44, 12
CONTROL "Please Enter Code", -1, "static", SS_LEFT | WS_CHILD |
WS_VISIBLE, 12, 9, 60, 12
CONTROL "(0-511)", -1, "static", SS_LEFT | WS_CHILD | WS_VISIBLE, 32,
21, 36, 12
CONTROL "Frame1", -1, "static", SS_ETCHEDFRAME | WS_CHILD | WS_VISIBLE,
8, 4, 72, 33
}

#endif
```

## 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.

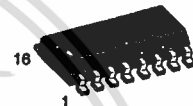
The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- 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  $\pm 5\%$  Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- For Infrared Applications, See Applications Notes AN1016 and AN1126
- 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

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



**P SUFFIX**  
PLASTIC DIP  
CASE 648



**D SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751B

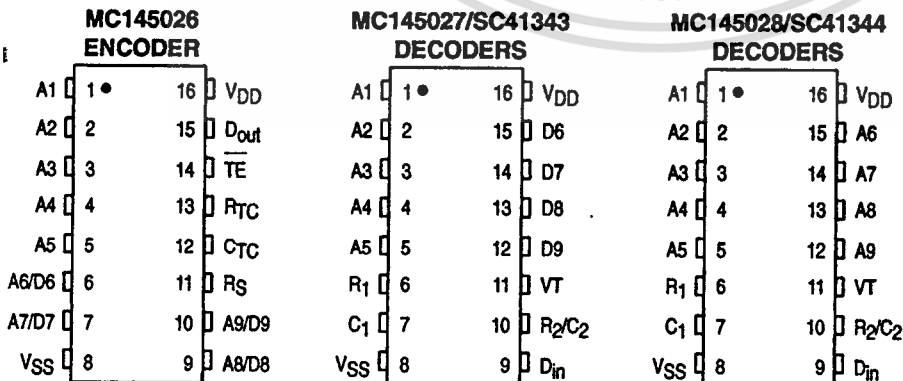


**DW SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751G

### 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



\* 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 will be discontinued.



## Encoder and Decoder Pairs CMOS

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

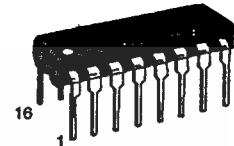
The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable (TE) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

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.

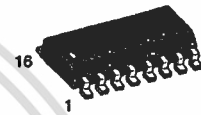
The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- 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  $\pm 5\%$  Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- For Infrared Applications, See Applications Notes AN1016 and AN1126
- 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

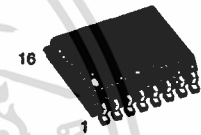
**MC145026**  
**MC145027**  
**MC145028**  
**SC41343**  
**SC41344**



**P SUFFIX**  
PLASTIC DIP  
CASE 648



**D SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751B

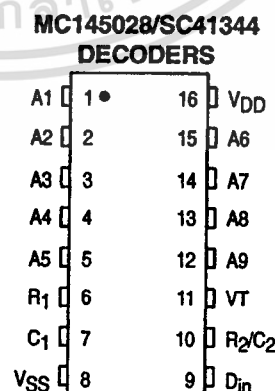
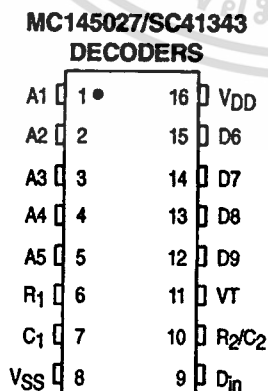
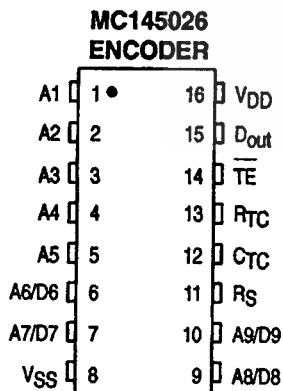


**DW SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751G

### 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



\* All MC145026 devices manufactured after data 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 will be discontinued.



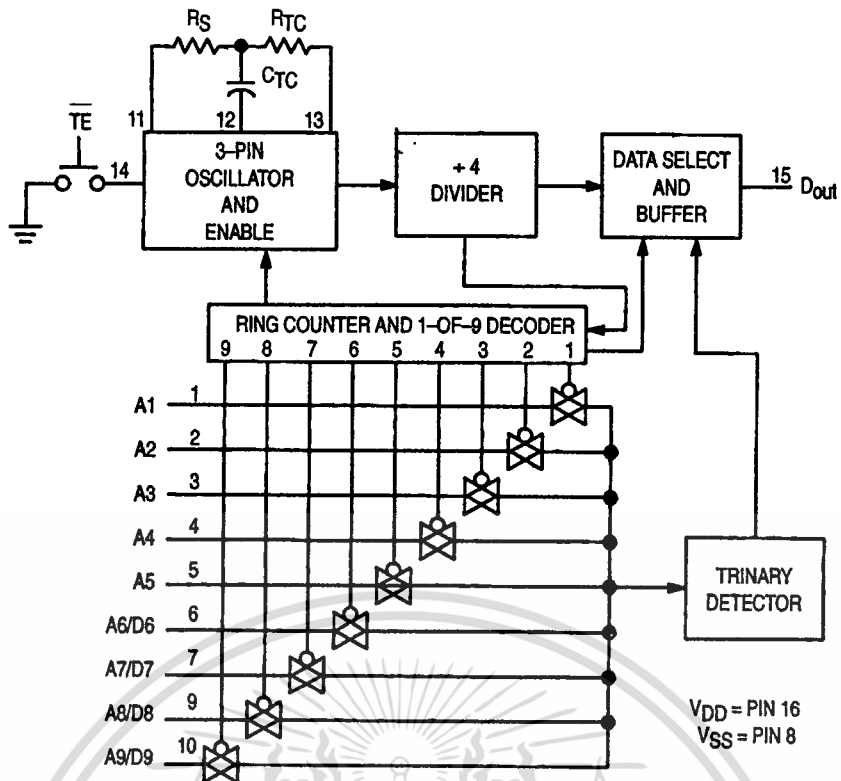


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

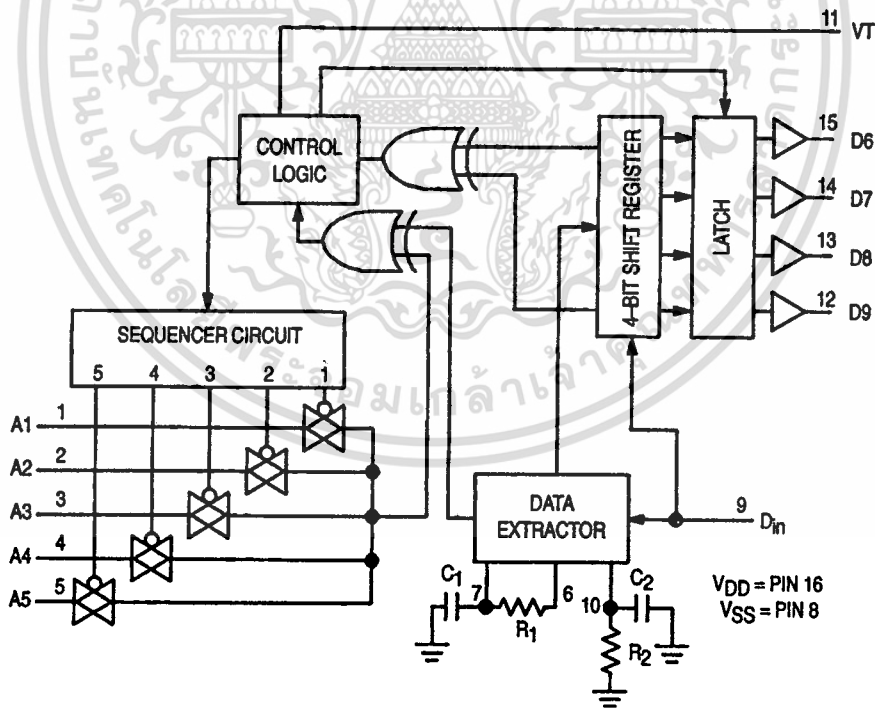


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram



**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<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> = 0 V or V <sub>DD</sub> )	2.5	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
V <sub>OH</sub>	High-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = 0 V or V <sub>DD</sub> )	2.5	2.45	—	2.45	—	2.45	—	V
V <sub>IL</sub>	Low-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 V or 2.0 V)	2.5	—	0.3	—	0.3	—	0.3	V
V <sub>IH</sub>	High-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 V or 2.0 V)	2.5	2.2	—	2.2	—	2.2	—	V
I <sub>OH</sub>	High-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 1.25 V)	2.5	0.28	—	0.25	—	0.2	—	mA
I <sub>OL</sub>	Low-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 0.4 V)	2.5	0.22	—	0.2	—	0.16	—	mA
I <sub>in</sub>	Input Current (TE — Pull-Up Device)	2.5	—	—	0.09	1.8	—	—	μA
I <sub>in</sub>	Input Current (A1–A5, A6/D6–A9/D9)	2.5	—	—	—	± 25	—	—	μA
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current	2.5	—	—	—	0.05	—	—	μA
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	2.5	—	—	—	40	—	—	μA

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS — SC41343 and SC41344 (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> = 0 V or V <sub>DD</sub> )	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 <sub>OH</sub>	High-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = 0 V or V <sub>DD</sub> )	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 <sub>IL</sub>	Low-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 2.3 V or 0.5 V) (V <sub>out</sub> = 4.5 V or 0.5 V) (V <sub>out</sub> = 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 <sub>IH</sub>	High-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 V or 2.3 V) (V <sub>out</sub> = 0.5 V or 4.5 V) (V <sub>out</sub> = 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 <sub>OH</sub>	High-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 1.4 V) (V <sub>out</sub> = 4.5 V) (V <sub>out</sub> = 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 <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> = 1.0 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 <sub>in</sub>	Input Current — D <sub>in</sub>	10	—	± 0.3	—	± 0.3	—	± 1.0	μA
I <sub>in</sub>	Input Current A1 – A5 (SC41343) A1 – A9 (SC41344)	2.8	—	—	—	± 30	—	—	μA
		5.0	—	—	—	± 140	—	—	
		10	—	—	—	± 600	—	—	
C <sub>in</sub>	Input Capacitance (V <sub>in</sub> = 0)	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current	2.8	—	—	—	60	—	—	μA
		5.0	—	—	—	75	—	—	
		10	—	—	—	150	—	—	
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	2.8	—	—	—	300	—	—	μA
		5.0	—	—	—	500	—	—	
		10	—	—	—	1000	—	—	

**SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028 (C<sub>L</sub> = 50 pF, T<sub>A</sub> = 25°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 10 15	—	200 100 80	ns
t <sub>r</sub>	D <sub>in</sub> Rise Time — Decoders	5	5.0 10 15	—	15 15 15	μs
t <sub>f</sub>	D <sub>in</sub> Fall Time — Decoders	5	5.0 10 15	—	15 5.0 4.0	μs
f <sub>osc</sub>	Encoder Clock Frequency	6	5.0 10 15	0.001 0.001 0.001	2.0 5.0 10	MHz
f	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	5.0 10 15	1.0 1.0 1.0	240 410 450	kHz
t <sub>w</sub>	TE Pulse Width — Encoders	7	5.0 10 15	65 30 20	— — —	ns

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

**SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026 (C<sub>L</sub> = 50 pF, T<sub>A</sub> = 25°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<sub>L</sub> = 50 pF, T<sub>A</sub> = 25°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 5.0 10	—	320 200 100	ns
t <sub>r</sub>	D <sub>in</sub> Rise Time	5	2.8 5.0 10	—	15 15 15	μs
t <sub>f</sub>	D <sub>in</sub> Fall Time	5	2.8 5.0 10	—	15 15 5.0	μs
f	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	2.8 5.0 10	1.0 1.0 1.0	100 240 410	kHz

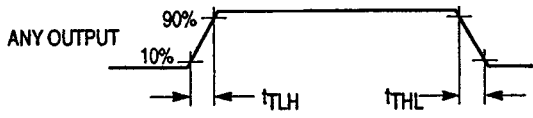


Figure 4.

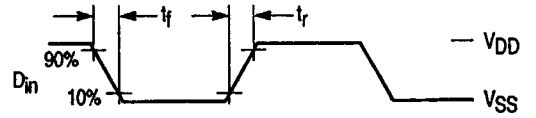


Figure 5.

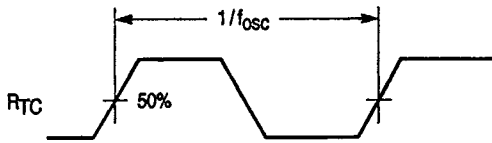


Figure 6.

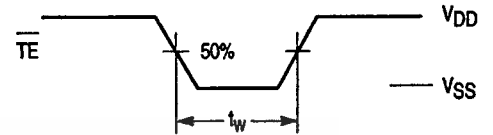
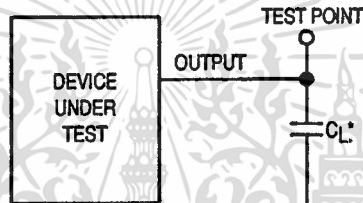


Figure 7.



\* 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, 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.

#### R<sub>S</sub>, C<sub>TC</sub>, R<sub>TC</sub> (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 R<sub>S</sub> input and the R<sub>TC</sub> and C<sub>TC</sub> 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.

#### D<sub>out</sub> Data Out (Pin 15)

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

#### V<sub>SS</sub> Negative Power Supply (Pin 8)

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

#### V<sub>DD</sub> 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).

**D<sub>in</sub>**  
**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<sub>in</sub> 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.

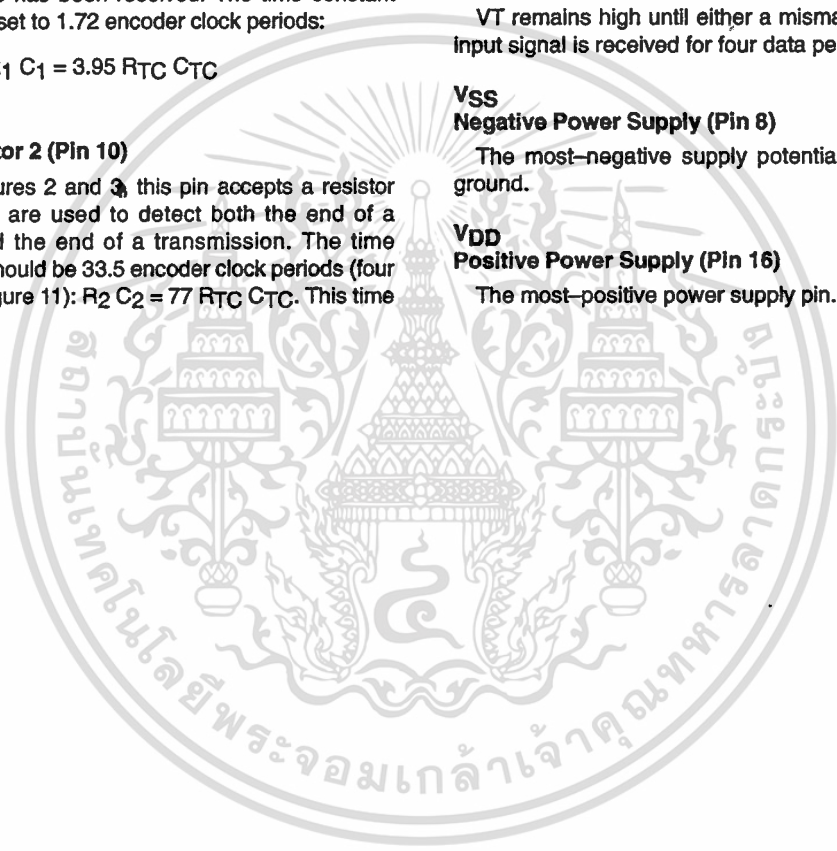
VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

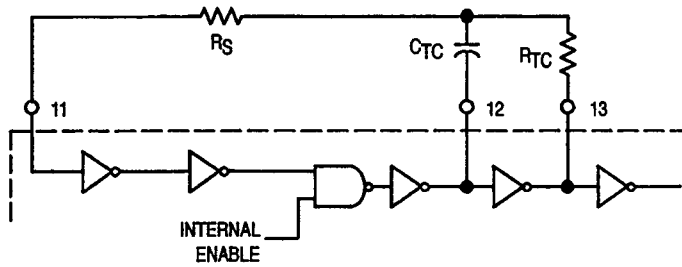
**V<sub>SS</sub>**  
**Negative Power Supply (Pin 8)**

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

**V<sub>DD</sub>**  
**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:  $C_{TC'} = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12 \text{ pF}$

$R_S \approx 2 R_{TC}$

$R_S \geq 20 \text{ k}$

$R_{TC} \geq 10 \text{ k}$

$400 \text{ pF} < C_{TC} < 15 \text{ }\mu\text{F}$

The value for  $R_S$  should be chosen to be ≥ 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 MΩ.

Figure 9. Encoder Oscillator Information

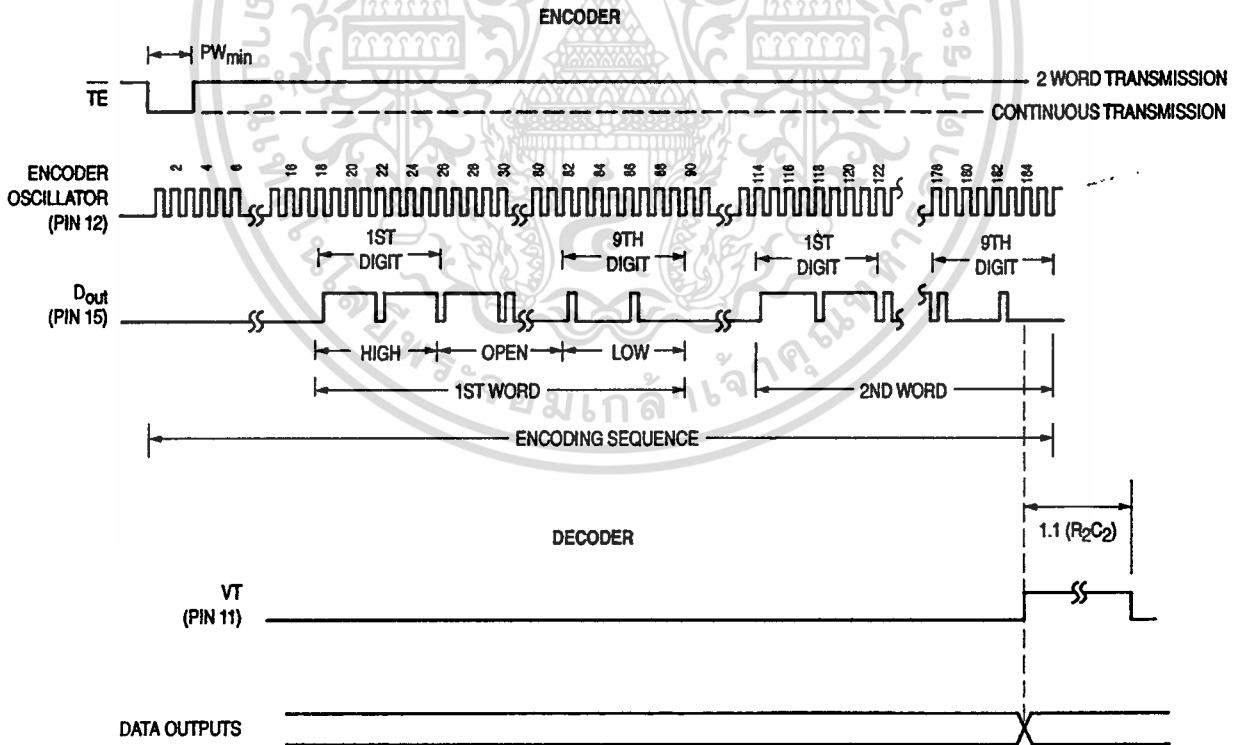


Figure 10. Timing Diagram

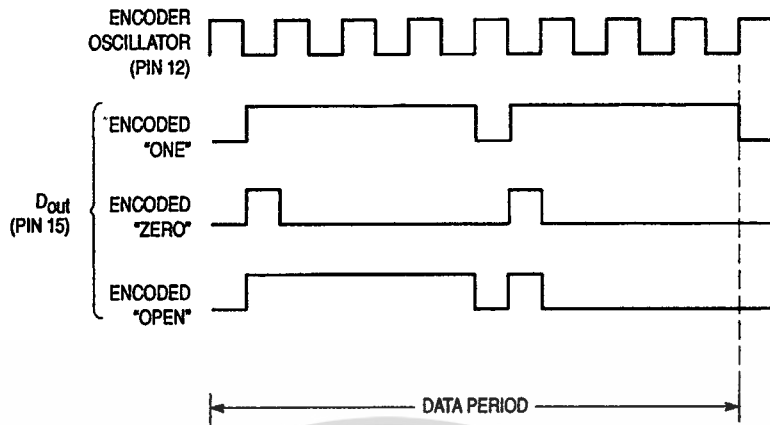


Figure 11. Encoder Data Waveforms

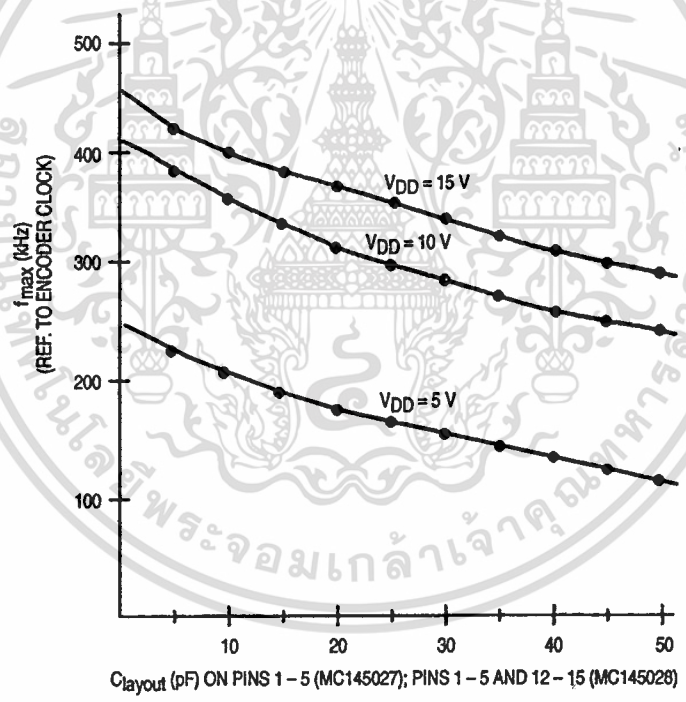


Figure 12.  $f_{max}$  vs Clayout — Decoders Only

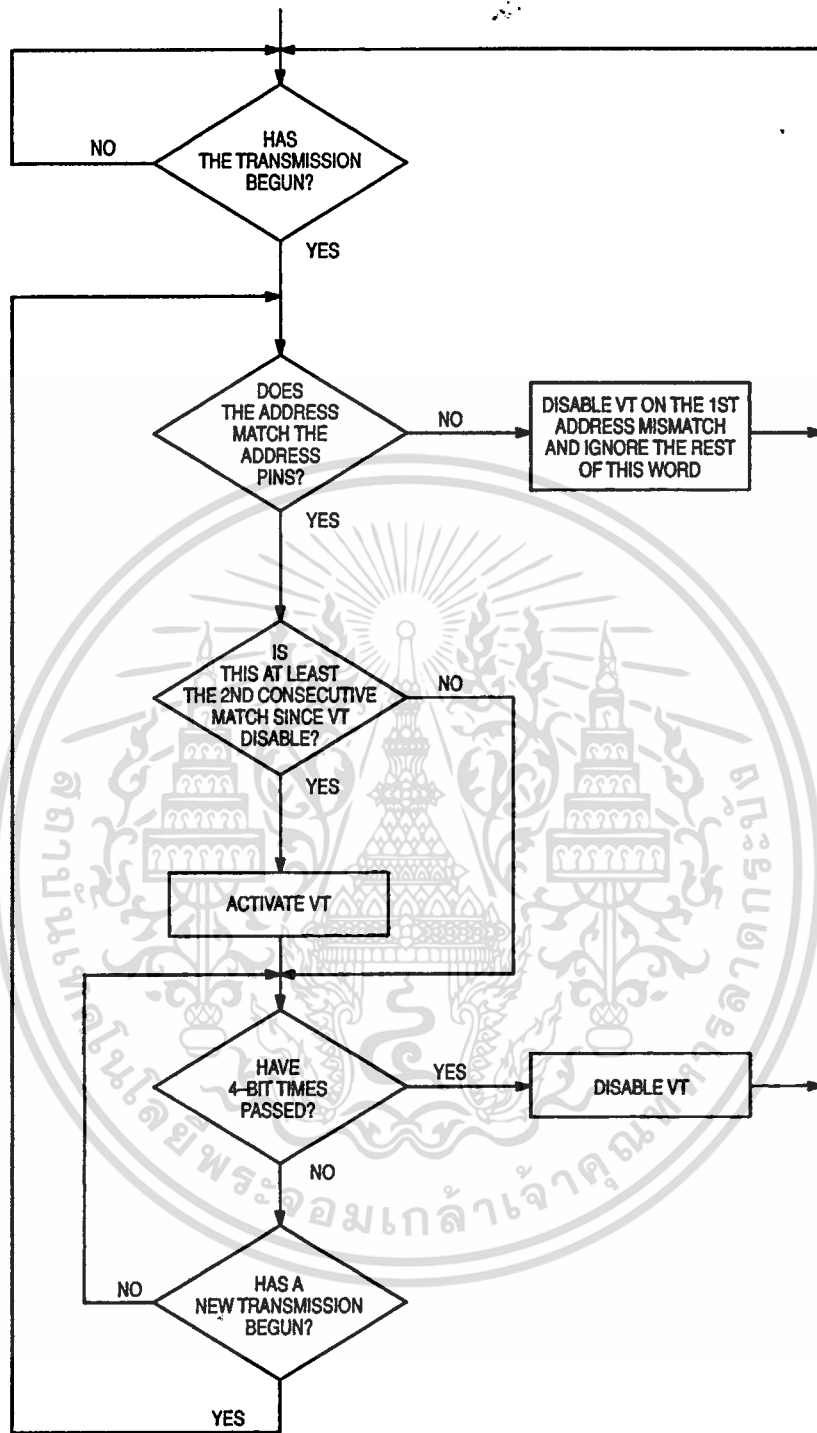


Figure 14. MC145028 Flowchart

## 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.

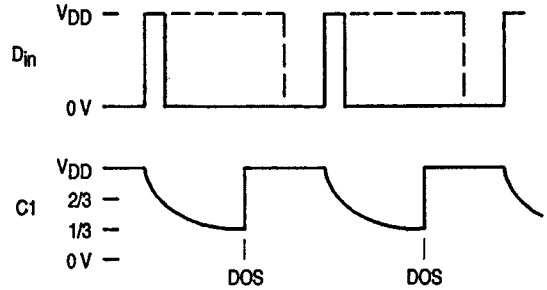


Figure 15. R-C Decay on Pin 7 (C1)

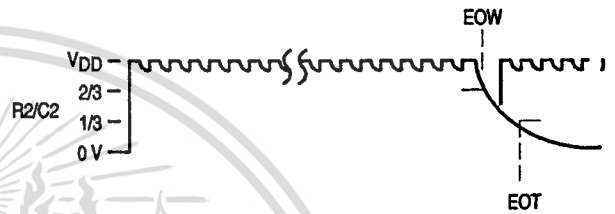
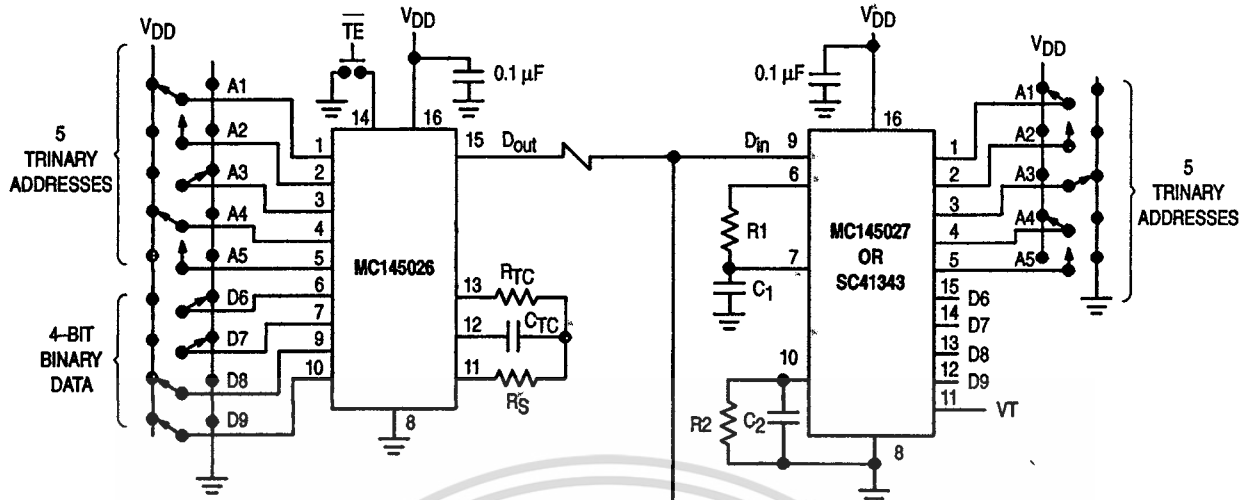


Figure 16. R-C Decay on Pin 10 (R2/C2)



$$f_{osc} = \frac{1}{2.3 R_{TC} C_{TC}'}$$

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

$$R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}'$$

$C_{TC}' = C_{TC} + C_{layout} + 12 \text{ pF}$   
 $100 \text{ pF} \leq C_{TC} \leq 15 \text{ }\mu\text{F}$   
 $R_{TC} \geq 10 \text{ k}\Omega$ ;  $R_S \approx 2 R_{TC}$   
 $R_1 \geq 10 \text{ k}\Omega$   
 $C_1 \geq 400 \text{ pF}$   
 $R_2 \geq 100 \text{ k}\Omega$   
 $C_2 \geq 700 \text{ pF}$

REPEAT OF ABOVE

REPEAT OF ABOVE

**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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการงานสายอากาศความถี่มิกซ์ย่าน Ku นี้สำเร็จลงได้ ก็ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ทั้งในด้านความรู้ ประสบการณ์ เครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนเป็นที่ปรึกษา แนะนำ ทั้งยังคอยเป็นกำลังใจในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงลงได้ ซึ่งต้องขอกล่าวถึงบุคคลเหล่านั้น ไม่ว่าจะเป็

อาจารย์ณรงค์ เหมกรณ์ และอาจารย์ภา ทิลาวัจ ที่คอยให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาในการทำงาน และหาข้อมูล รวมถึงให้อุปกรณ์ใช้ในการจัดสร้าง และทดลองโครงการนี้

อาจารย์ปราโมทย์ วาดเขียน ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องออสซิลโลสโคป และเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ในการบันทึกผลการทดลอง

คุณเอนก มิมุขอ, คุณพิรพล บัวแก้ว, คุณประยุกต์ รัตนวิทย์ และเจ้าหน้าที่หน่วยปฏิบัติการวิจัย และบริการทดสอบคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility Research and Service Laboratory : EMI/EMC Lab) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่ช่วยเหลือในการใช้ห้องปฏิบัติการ และแนะนำในการทดลองวัดแพทเทิร์นงานสายอากาศ

ฝ่ายประชาสัมพันธ์ บริษัท จินวัตรแซทเทลไลท์ จำกัด (มหาชน), เจ้าหน้าที่กรมความถี่ การสื่อสารแห่งประเทศไทย และคุณยุพินพร จินระนาท บริษัท สามารดเทลคอม จำกัด (มหาชน) ที่ช่วยให้ข้อมูลเกี่ยวกับงานสายอากาศความถี่

คุณจุน จุนริกษ์ ที่ให้คำแนะนำในการสร้างงานด้วยไฟเบอร์กลาส

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] บรรเจิด ดันติภักษยาภรณ์, "เครื่องรับส่ง เล่ม 7," กรุงเทพฯ
- [2] บรรเจิด ดันติภักษยาภรณ์, "เครื่องรับส่ง เล่ม 8," กรุงเทพฯ
- [3] บัณฑิต จามรภูติ, "เข้าใจการทำงานคอสอินเทอร์เฟซ," กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดบุ๊คเซ็น, 2539
- [4] ไมโนะ ไกรฤกษ์ และวิวัฒน์ ภิรานนท์, "ทฤษฎีสายอากาศ," พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538
- [5] สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพฝรั่งเศส, "โทรคมนาคมยุคดาวเทียม," พิมพ์ครั้งที่ 1, ปทุมธานี, เม็คทราย, 2538
- [6] สุชิน จิตรานนท์, "Earth Station Technology (Thai Version)," สถานีดาวเทียมศรีราชา, กองฝึกอบรมการสื่อสารแห่งประเทศไทย
- [7] Bruce R. Elbert, "Introduction to Satellite Communication," MA, USA, Artech House, 1987
- [8] Gerald L. Steele, "Fiber Glass - Projects and Procedures," 1st edition, Illinois, U.S.A., McKnight & McKnight Publishing, 1962
- [9] John Breeds, "The Satellite Book : A Complete Guide to Satellite TV Theory and Practice," 2nd edition, Wilts, England, Swift Television Publications, 1992
- [10] Mark Long and Jeffrey Keating, "โลกของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม," แปลจาก The World of Satellite TV, โดย รังสรรค์ วงศ์สรรคร์, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, นิตยสาร "ซีคิว," 2536
- [11] Takeshi Kitsuregawa, "Advanced Technology in Satellite Communication Antennas : Electrical and Mechanical Design," MA, USA, Artech House, 1990