ตัวควบคุมปรับเฟสของสายอากาศอาร์เรย์

PHASE ARRAY CONTROLLER

โดย

นาย นิรันต์ บัวทอง

นาย ศุภชัย ศุภลักษณ์เมธา

นาย เศกสรรค์ วงษ์ปัญญา

วัน เดือน ปี 22 ตค 2541

เลขทะเบียน 039106

เลขเรียกหนังสือ T ออมน น๖๗๗

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ฉกาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039106

ตัวควบคุมปรับเฟสของสายอากาศอาร์เรย์

PHASE ARRAY CONTROLLER

โดย

นายนิรันต์	บัวทอง	38013058
นายศุภชัย	ศุภลักษณ์เมธา	38013073
นายเศกสรรค์	วงษ์ปัญญา	38013074

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ตัวควบคุมปรับเฟสของสายอากาศอาร์เรย์

PHASE ARRAY CONTROLLER

ผู้จัดทำ

1. นายนิรันต์	บัวทอง	38013058
2. นายศุภชัย	ศุภลักษณ์เมธา	38013073
3. นายเศกสรรค์	วงษ์ปัญญา	38013074

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุมเฟสของสายอากาศอาร์เรย์
PHASE ARRAY CONTROLLER

โดย นายนิรันต์ บัวทอง 38013058
นายศุภชัย ศุภลักษณ์เมธา 38013073
นายเศกสรรค์ วงษ์ปัญญา 38013074

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ไมไทย ไกรฤกษ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษา สายอากาศอาร์เรย์ทรงกลมที่สามารถควบคุมโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับออกแบบตัวควบคุมเฟสของสายอากาศอาร์เรย์ โดยใช้ดีเทคเตอร์ และ การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล รับสัญญาณส่งให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ประมวลผลเพื่อให้สายอากาศรับสัญญาณสูงสุดตลอดเวลา ที่เขียนโปรแกรมใน หน่วยความจำ ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวควบคุมเฟสของสายอากาศอาร์เรย์ นี้ใช้ควบคุมกับสายอากาศอาร์เรย์แบบกวาดลำคลื่นได้

ABSTRACT

This project describes the studying of spherical array antenna which is controlled phase by microcontroller for design phase array controller . By using detector and analog digital converter receive signal transfer to microcontroller process for antenna receive highest signal all the time. Which is programming in memory of microcontroller. Phase array controller used control antenna type scan beam.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 สายอากาศอาร์เรย์ 2 เอเลเมนท์	2
2.2 สายอากาศ N เอเลเมนท์ เมื่อขนาดของกระแสที่ป้อนแต่ละเอเลเมนท์และระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์มีค่าสม่ำเสมอ	9
2.3 สายอากาศอาร์เรย์แบบวงกลม	18
2.4 การวิเคราะห์สายอากาศอาร์เรย์บนผิวทรงกลม	20
2.5 การติดตามเป้าหมาย(เทคนิค)	21
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์AT89c51	23
2.7 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ADC0804 ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์MCS 51	25
2.8 การดีเทคสัญญาณและดีเทคเตอร์	25
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ	29
3.2 วงจรที่เชื่อมต่อ	29
3.3 การออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมเฟสอาร์เรย์	34
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองเรื่องการวัดกระแสของรีเลย์ขณะที่ทำงานเพื่อนำไปออกแบบสวิทช์ทรานซิสเตอร์	45
4.2 การทดลองเรื่องการทดลองแรงดันไฟกระแสตรงจากดีเทคเตอร์ผ่านวงจรขยายกระแสตรง	46
4.3 การทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	48
4.4 การทดลองตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม	50
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	60
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	ชื่อรูป	หน้าที่
รูปที่ 2.1a	ไดโพลจิ๋วสองตัว	2
รูปที่ 2.2b	การสังเกตุสนามระยะไกล	3
รูปที่ 2.2	เอเลเมนท์เฟคเตอร์, อาร์เรย์เฟคเตอร์ และสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ของไดโพลจิ๋วสองตัวที่มี ($\beta = 0°, d = \lambda/4$)	6
รูปที่ 2.3a	เอเลเมนท์เฟคเตอร์, อาร์เรย์เฟคเตอร์ และสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ของไดโพลจิ๋วสองตัวที่มี ($\beta = +90°, d = \lambda/4$)	7
รูปที่ 2.3b	เอเลเมนท์เฟคเตอร์, อาร์เรย์เฟคเตอร์ และสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ของไดโพลจิ๋วสองตัวที่มี ($\beta = -90°, d = \lambda/4$)	8
รูปที่ 2.4	รูปการหาสนามระยะไกลของอาร์เรย์ N เอเลเมนท์ของไอโซโทรปิคซอร์สวางตามแนวแกน Z	10
รูปที่ 2.5	แพทเทอร์นของยูนิฟอร์มบรอดไซค์อาร์เรย์ ที่มี 10 เอเลเมนท์ ($N = 10, \beta = 0$)	15
รูปที่ 2.6	แพทเทอร์นของยูนิฟอร์มเอนด์ไฟร์อาร์เรย์ ที่มี 10 เอเลเมนท์ ($N = 10, D = \lambda/4$)	16
รูปที่ 2.7	แพทเทอร์นของยูนิฟอร์มแสกนนิ่งอาร์เรย์ ที่มี 10 เอเลเมนท์	17
รูปที่ 2.8	แสดงอาร์เรย์แบบวงกลม	18
รูปที่ 2.9	แพทเทอร์นของอาร์แบบวงกลม 10 เอเลเมนท์	19
รูปที่ 2.10	แสดงอาร์เรย์แบบทรงกลม	20
รูปที่ 2.11	การเปรียบเทียบสัญญาณของซีเควนเชียล-โลบ	22
รูปที่ 2.12	การจัดวางขาของ AT89c51	24
รูปที่ 2.13	วงจรเชื่อมต่อ MCS51 กับ ADC0804	26
รูปที่ 2.14	วงจรคีเทคเตอร์	27
รูปที่ 2.15	กราฟคุณลักษณะ I-V ของไดโอด	27
รูปที่ 3.1	บล๊อกไดอะแกรมของระบบ	29
รูปที่ 3.2	วงจรทรานซิสเตอร์เฟสชิฟเตอร์	30
รูปที่ 3.3	วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	31
รูปที่ 3.4	วงจรแสดงผลแอลอีดี และ สวิทซ์โหมดเลือกเฟส	32
รูปที่ 3.5	วงจรขยายแรงดับดีซี แบบกลับเฟสและแพทเทอร์นตัวอย่างของสายอากาศอาร์เรย์แบบวงกลมที่ใช้เพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมควบคุม	33
รูปที่ 3.6	โฟลว์ชาจท์แสดงการทำงานของโปรแกรม	36
รูปที่ 4.1	การวัดกระแสรีเลย์ที่ใช้แรงดัน 9 V	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2	การวัดกระแสรีเลย์ที่ใช้แรงดัน 48 V	46
รูปที่ 4.3	กราฟเสดงค่าเอ๊าท์พุทของดีเทคเตอร์ที่ผ่านวงจรขยาย	48
รูปที่ 4.4	แสดงรูปผลการทดลอง A/D ที่อินพุทเข้า A/D 0.2 V	49
รูปที่ 4.5	แสดงรูปผลการทดลอง A/D ที่อินพุทเข้า A/D 0.4 V	50
รูปที่ 4.6	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 45 องศา	51
รูปที่ 4.7	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 90 องศา	52
รูปที่ 4.8	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 135 องศา	53
รูปที่ 4.9	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 180 องศา	54
รูปที่ 4.10	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 225 องศา	55
รูปที่ 4.11	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 270 องศา	56
รูปที่ 4.12	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 315 องศา	57
รูปที่ 4.13	แสดงรูปแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 360 องศา	58
รูปที่ 4.14	แสดงการต่อเครื่องควบคุมเฟสเข้ากับเน็ทเวิร์คอนาไลเซอร์	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	ชื่อตาราง	หน้าที่
ตารางที่ 2.1	ตรางการล็อกบิท	24
ตารางที่ 2.2	แสดงการจัดสัญญาณการเขียนข้อมูลลง EEPROM	24
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าการสวิทซ์เฟสชิฟเตอร์	34
ตารางที่ 3.2	แสดงค่าเฟสของสายอากาศอาร์เรย์แต่ละปีม	35
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการวัดกระแสของรีเลย์	46
ตารางที่ 4.2	ตารางผลการทดลองแรงดันไฟกระแสตรงจากดีเทคเตอร์ผ่านวงจรขยายกระแสตรง	47
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าของรหัสที่ได้เมื่อป้อนอินพุทค่าต่างๆ	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเดี่ยวนั้นจะมีแพทเทอร์ค่อนข้างกว้างและมีเกนต่ำ แต่ว่าในงานบางอย่างต้องการใช้สายอากาศที่มีเกนสูง ซึ่งการที่จะเพิ่มแกนทำโดยการเพิ่มขนาดของสายอากาศ โดยคุณสมบัติในการชี้ทิศทางจะดีขึ้น แต่ก็มีวิธีอื่นที่จะเพิ่มแกนของสายอากาศ โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของสายอากาศ ซึ่งจะทำการวัดเอเลเมนท์ (Element) ที่แพร่กระจายคลื่นให้เหมาะสมที่ทางไฟฟ้าและรูปทรงซึ่งเรียกว่า อาร์เรย์ (Array)

ลักษณะรูปแบบของการกระจายพลังงานของคลื่น หรือที่เรียกกันเป็นคำศัพท์เฉพาะว่า "แพทเทอร์นการกระจายคลื่น" ของสายอากาศ ทิศทางที่สายอากาศจะแผ่กระจายคลื่นออกไปนั้น อาจจะพุ่งขึ้นไปในท้องฟ้าหรือพุ่งไปในทิศทางต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศนั้น คุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งอย่างหนึ่งของสายอากาศก็คือ แพทเทอร์แสดงความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้กระจายออกไปจากสายอากาศในทิศทางต่าง ๆ ตามธรรมชาติแล้วแพทเทอร์นี้จะมีลักษณะกระจายไปในทั้ง 3 มิติ แต่การเขียนรูปการแสดงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นในลักษณะ 3 มิตินั้นทำได้ลำบาก ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วการเขียนรูปแสดงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศจึงมักนิยมแบ่งเขียนกันอยู่ในสองระนาบเท่านั้น คือการเขียนรูปแสดงแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน และในระนาบแนวตั้ง

สายอากาศปรับเฟสอาร์เรย์ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดคือ เมื่อนำสายอากาศชนิดนี้ติดตั้งบนรถ เมื่อรถนั้นเกิดการเคลื่อนที่ ดังนั้น ทิศทางของการแพร่กระจายคลื่นย่อมเปลี่ยนไปมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับมุมหรือองศาที่เปลี่ยนไปเมื่อทำการเลี้ยวรถ แต่นั้นก็ไม่ใช่ปัญหาสำคัญ เพราะจะมีอุปกรณ์ชุดหนึ่งที่สามารถทำการปรับเฟสโดยส่วนของโปรแกรม จะสั่งการให้สวิทช์นั้นทำการเลื่อนเฟสหรือปรับเฟสไปที่ตำแหน่งที่มีการแพร่กระจายคลื่นสูงที่สุด

รายงานฉบับนี้จะกล่าวถึง หลักการทำงาน โครงสร้างและหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่สั่งการอย่างไรเช่นเมื่อรับข้อมูลมาแล้วว่า ณ. ตำแหน่งนั้น ๆ มีการแพร่กระจายคลื่นมากหรือน้อย ถ้าน้อยหรือเห็นสมควรแล้ว จะสามารถทำการปรับเฟสของสายอากาศได้อย่างไร ให้ได้ทิศทางที่มีการแพร่กระจายคลื่นสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ
อาร์เรย์

คุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเดี่ยว ซึ่งมีแพทเทอร์นค่อนข้างกว้างและมีเกนต่ำ แต่ในงานบางอย่างต้องการใช้สายอากาศที่มีเกนสูง การเพิ่มเกนนี้อาจทำได้โดยเพิ่มขนาดของสายอากาศ

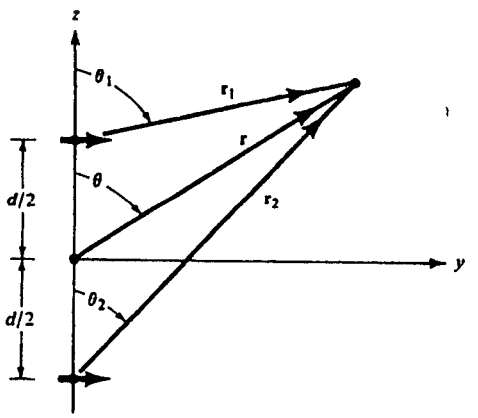
แม้ว่าการเพิ่มขนาดของสายอากาศเดี่ยวจะทำให้คุณสมบัติในการชี้ทิศทางดีขึ้นก็ตาม แต่ก็มีวิธีอื่นที่จะเพิ่มขนาดของสายอากาศ โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของสายอากาศที่นำมาทำเป็นเอเลเมนท์ (Element) ซึ่งทำได้โดยจัดเอเลเมนท์ที่แพร่พระจายคลื่นให้เหมาะสมทั้งทางไฟฟ้า และรูปทรง ซึ่งเรียกว่า อาร์เรย์ (Array) ปกติแล้วจะเลือกให้แต่ละเอเลเมนท์ของอาร์เรย์เหมือนกัน

เมื่อตัดการคัปปลิง (Coupling) ระหว่างเอเลเมนท์ทิ้ง จะหาสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ได้โดยบวกเวคเตอร์ของสนามที่แพร่กระจายจากแต่ละเอเลเมนท์ สนามจะรวมกันในทิศทางที่ต้องการติดต่อสื่อสาร และหักล้างกันในทิศทางที่ไม่ต้องการติดต่อสื่อสาร

มีอยู่ 5 วิธีด้วยกันที่จะควบคุมแพทเทอร์นของสายอากาศ ซึ่งทำได้โดยควบคุมสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้ คือ

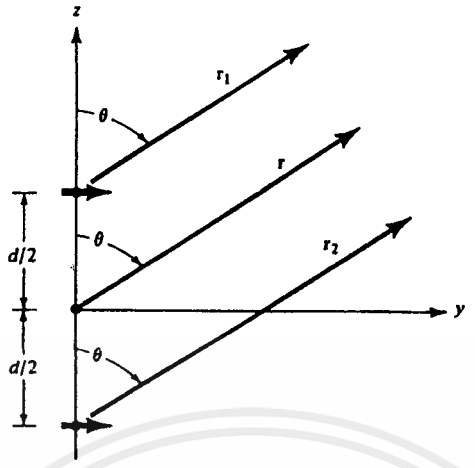
1. การจัดเรียงเอเลเมนท์ของอาร์เรย์ (เป็นเส้นตรง , วงกลม , สี่เหลี่ยม ฯลฯ)
2. ระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์
3. ขนาดของกระแสที่ป้อนแต่ละเอเลเมนท์
4. เฟสของกระแสที่ป้อนแต่ละเอเลเมนท์
5. แพทเทอร์นของแต่ละเอเลเมนท์

2.1 อาร์เรย์สองเอเลเมนท์



a) ไดโพลจิ๋วสองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



b) การสังเกตสนามระยะไกล

รูป 2.1 รูปของอาร์เรย์ 2 เอเลเมนท์ ที่วางตามแนวแกน z

สมมติว่ามีไดโพลจิ๋ว 2 ตัว (ตามที่กล่าวมาแล้วว่าไดโพลจิ๋ว คือไดโพลที่มีความยาวน้อยมากเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น) วางตามแนวนอนและเรียงตามแกน z ดังแสดงในรูป 2.1a) และสมมติว่าไม่มีดัปปลิงระหว่างเอเลเมนท์ทั้งสอง ดังนั้นสนามที่แพร่พระจายจากสายอากาศจิ๋วทั้งสองจะเป็นผลรวมของสนามจากสายอากาศทั้งสองนั้น เมื่อคิดในระนาบ yz จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\overline{E}_t = \overline{E}_1 + \overline{E}_2 = \overline{a}_\theta j\eta \frac{kI \cdot 2}{4\pi}\left\{\frac{e^{-j[kr_1-(\beta/2)]}}{r_1}\left|\cos\theta_1\right| + \frac{e^{-j[kr_2+(\beta/2)]}}{r_2}\left|\cos\theta_2\right|\right\} \qquad (2.1)$$

เมื่อ B เป็นความต่างเฟสของกระแสที่ป้อนให้แก่เอเลเมนท์ทั้งสอง โดยที่ป้อนให้มีขนาดของกระแสเท่ากัน ถ้าทำการสังเกตหาสนามที่ระยะทางไกล ๆ ดังแสดงในรูป 2.1b จะสามารถประมาณค่าได้ดังต่อไปนี้

$$\theta_1 \cong \theta_2 \cong \theta \qquad (2.2a)$$

$$\left.\begin{aligned} r_1 &\cong r - \frac{d}{2}\cos\theta \\ r_2 &\cong r + \frac{d}{2}\cos\theta \end{aligned}\right\} \text{สำหรับการแปรผันของเฟส} \qquad (2.2b)$$

$$r_1 \cong r_2 \cong r \quad \text{สำหรับการแปรผันของขนาด} \qquad (2.2c)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.1) จะกลายเป็นดังนี้

$$\overline{E}_t = \overline{a}_\theta j\eta \frac{kI \cdot le^{-1kr}}{4\pi r}|\cos\theta|\left[e^{+j(kd\cos\theta+\beta)/2} + e^{-j(kd\cos\theta+\beta)/2}\right]$$

$$= \overline{a}_\theta j\eta \frac{kI \cdot le^{-jkr}}{4\pi r}|\cos\theta|2\cos\left[\frac{1}{2}(kd\cos\theta+\beta)\right] \qquad (2.3)$$

จาก (2.3) จะเห็นว่าสนามลัพธ์ของอาร์เรย์มีค่าเท่ากับสนามของเอเลเมนท์เดี่ยวที่วางอยู่ที่ ออริจิน คูณด้วยแฟคเตอร์ ซึ่งเรียกว่าอาร์เรย์แฟคเตอร์ (Array Factor) เพราะฉะนั้นอาร์เรย์แฟคเตอร์ของอาร์เรย์ 2 เอเลเมนท์ ที่มีขนาดของกระแสที่ป้อนให้แต่ละเอเลเมนท์เท่ากันจะมีค่าดังนี้คือ

$$AF = 2\cos\left[\frac{1}{2}(kd\cos\theta+\beta\right] \qquad (2.4)$$

ซึ่งนอร์มอไลซ์อาร์เรย์แฟคเตอร์นี้จะมีค่าดังนี้

$$(AF)_n = \cos\left[\frac{\eta}{2}(kd\cos\theta+\beta)\right] \qquad (2.4a)$$

จะเห็นว่าอาร์เรย์แฟคเตอร์เป็นฟังก์ชันของรูปทรงอาร์เรย์ และเฟสของการป้อนกระแสให้กับเอเลเมนท์ของอาร์เรย์ เราสามารถควบคุมสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ได้โดยเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์ d และ / หรือเฟส B ซึ่งสนามระยะไกลของอาร์เรย์ 2 เอเลเมนท์ที่เหมือนกัน และมีขนาดของการป้อนกระแสสม่ำเสมอจะมีค่าดังต่อไปนี้

$\overline{E}$ (ลัพธ์) = | $\overline{E}$ (เอเลเมนท์เดี่ยวอยู่ที่ออริจิน)] x [อาร์เรย์แฟคเตอร์] (2.5)

เรียก (2.5) ว่าหลักการคูณแพทเทอร์น (Pattern Muliplication)

ตัวอย่าง 2.1 จงหานัลของสนามที่แพร่กระจายจากอาร์เรย์ในรูป 2.1 เมื่อ d = λ/4 และ (a) β = 0 , (b) $\beta = \frac{+\pi}{2}$, (c) $\beta = \frac{-\pi}{2}$

วิธีทำ (a) β = 0 สนามนอร์มอไลซ์มีค่าดังนี้

$$E_m = |\cos\theta|\cos\left(\frac{\pi}{4}\cos\theta\right)_{\theta=\theta_n} = 0$$

$$\cos\theta_n = 0 \rightarrow \theta_n = 90°$$

และ $\cos\left(\frac{\pi}{4}\cos\theta_n\right) = 0 \rightarrow \frac{\pi}{4}\cos\theta_n = \frac{\pi}{2}, \frac{-\pi}{2} \rightarrow \theta_n$ ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นจะมีนัลเกิดขึ้นเฉพาะที่ $\theta = 90^\circ$ และเป็นนัลที่เกิดจากเอเลนท์แพทเทอร์น อาร์เรย์แฟคเตอร์จะไม่ทำให้เกิดนัล เพราะระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความต่างเฟส 180° ระหว่างเอเลเมนท์

b) $\beta = \frac{+\pi}{2}$ สนามนอร์มอไลซ์มีค่าดังนี้

$$E_{in} = |\cos\theta| \cos\left(\frac{\pi}{4}(\cos\theta + 1)\right)\Big|_{\theta=\theta_n} = 0$$

$$\cos\theta_n = 0 \rightarrow \theta_n = 90^\circ$$

และ $$\cos\left(\frac{\pi}{4}(\cos\theta + 1)\right)\Big|_{\theta=\theta_n} = 0 \rightarrow \frac{\pi}{4}(\cos\theta_n + 1) = \frac{\pi}{2} \rightarrow \theta_n = 0^\circ$$

และ $$\rightarrow \frac{\pi}{4}(\cos\theta_n + 1) = \frac{-\pi}{2} \rightarrow \theta_n \text{ ไม่มี}$$

จะเห็นว่านัลของอาร์เรย์จะเกิดขึ้นที่ $\theta = 90^\circ$ และ 0° นัลที่ 0° เกิดจากอาร์เรย์แฟคเตอร์ เพราะเอเลเมนท์ที่แกน -z มีเฟสตามหลังอีกเอเลเมนท์อยู่ 90° เมื่อคลื่นจากเอเลเมนท์นั้นเดินทางไปตามแกน +z จะทำให้เกิดความหน่วงเฟสไปอีก 90° เมื่อไปถึงอีกเอเลเมนท์หนึ่งบนแกน +z จะมีเฟสทั้งหมด 180° และคลื่นทั้งสองจะมีเฟสเดียวกัน เมื่อเดินทางไปตามแกน -z ($\theta = 180^\circ$)

c) $\beta = \frac{-\pi}{2}$ สนามนอร์มอไลซ์มีค่าดังนี้

$$E_{in} = |\cos\theta| \cos\left(\frac{\pi}{4}(\cos\theta - 1)\right)\Big|_{\theta=\theta_n} = 0$$

$$\cos\theta_n = 0 \rightarrow \theta_n = 90^\circ$$

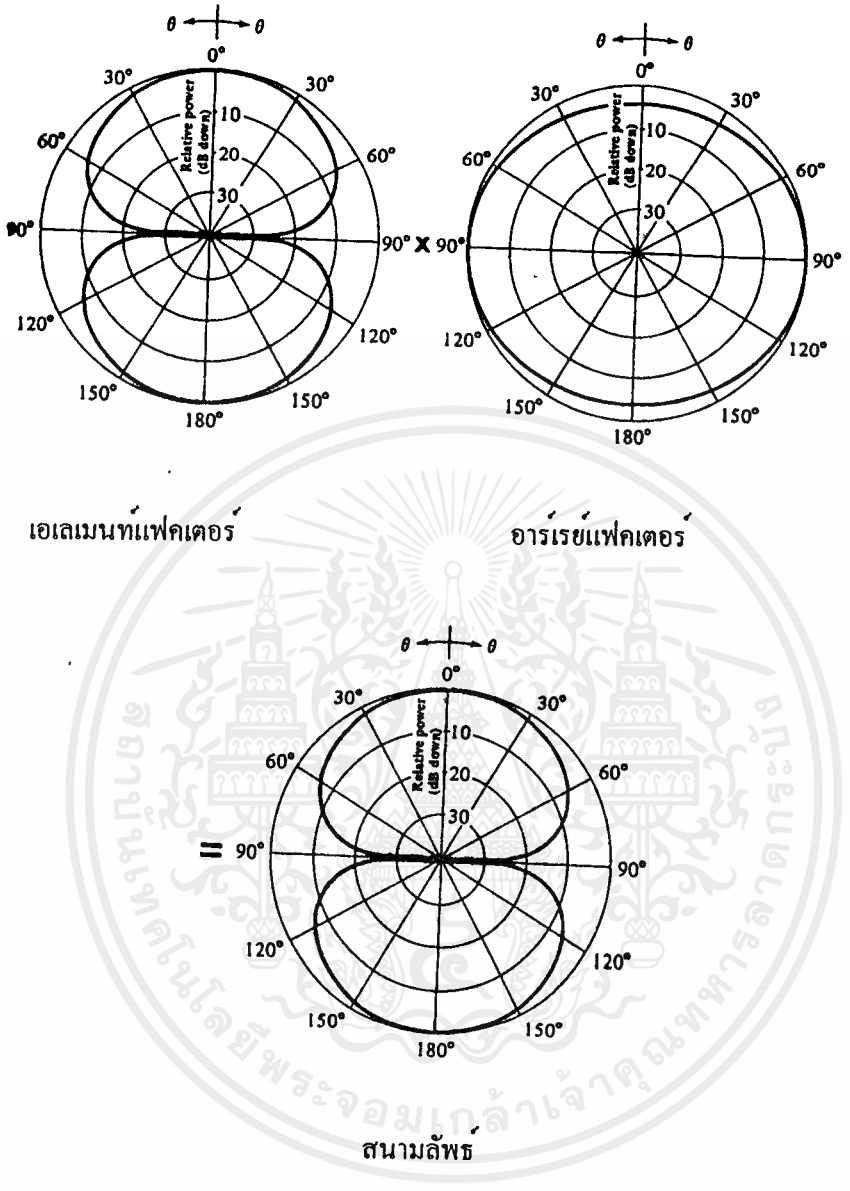
และ $$\cos\left(\frac{\pi}{4}(\cos\theta - 1)\right) = 0 \rightarrow \frac{\pi}{4}(\cos\theta_n - 1) = \frac{\pi}{2} \rightarrow \theta_n \text{ ไม่มี}$$

และ $$\rightarrow \frac{\pi}{4}(\cos\theta_n - 1) = \frac{-\pi}{2} \rightarrow \theta_n = 180^\circ \text{ ไม่มี}$$

จะมีนัลเกิดที่ $\theta = 90^\circ$ และ 180° ตามลำดับ

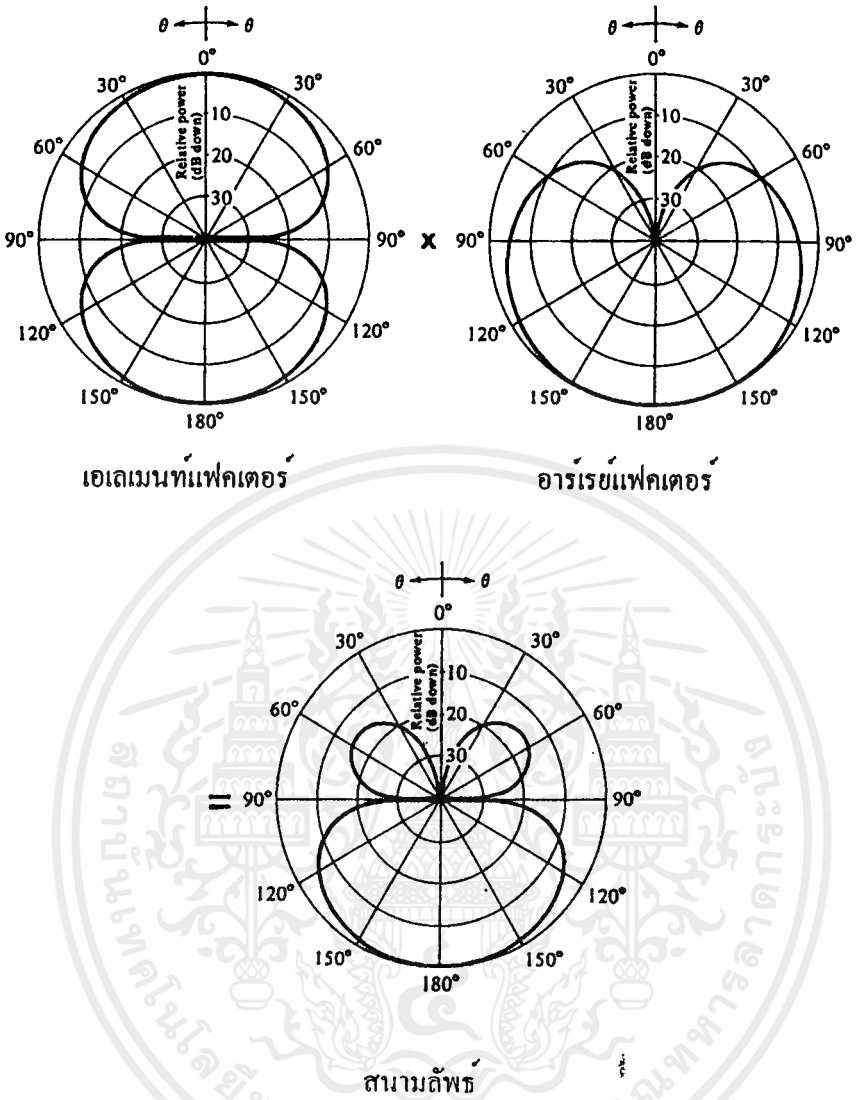
ขอให้ดูรูปการคูณแพทเทอร์นในรูป 2.2 , 2.30 และ 2.3 b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 เอเลเมนท์แฟคเตอร์ , อาร์เรย์แฟคเตอร์ และสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ของไดโพลจำนวนสองตัวที่มี $\beta = 0°, d = \lambda / 4$

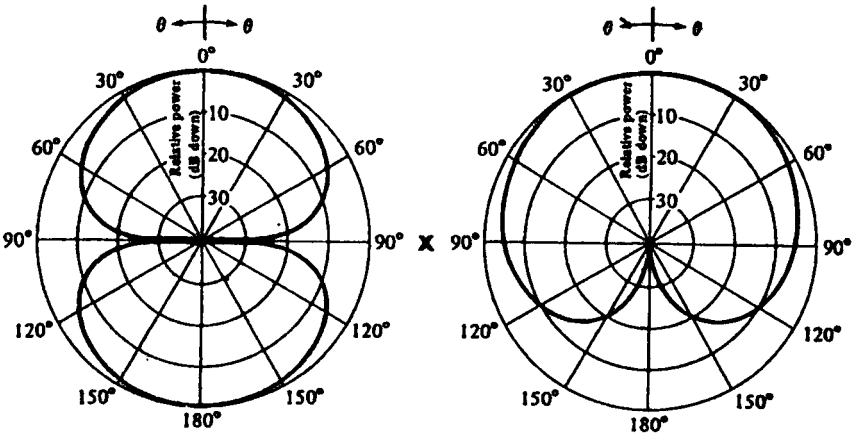
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



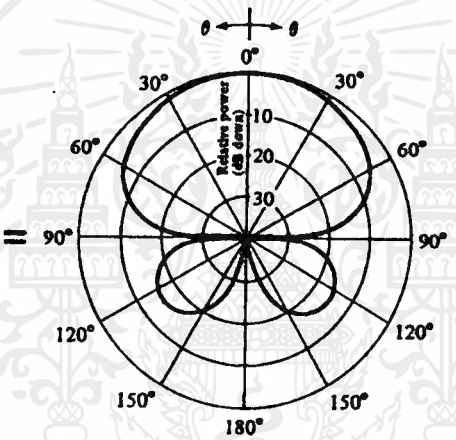
รูป 2.3a การคูณแพทเทอร์นของเอเลเมนท์แฟคเตอร์ , อาร์เรย์แฟคเตอร์และสนามลัพธ์ของไดโพลจำ้สองตัวที่มี

a) β=+90° ,d =λ/4 b) β=+90° ,d =λ/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอเลเมนท์แฟคเตอร์ อาร์เรย์แฟคเตอร์



สนามลัพธ์

รูป 2.3b (ต่อ)

ตัวอย่าง 2.2 จากอาร์เรย์เหมือนในรูป 2.1 a,b ที่วางแต่ละเอเลเมนท์ห่างกัน d และความต่างเฟสของการป้อนกระแสเป็น β จงหามุมที่เกิดนัล เมื่อขนาดของการป้อนกระแสเท่ากัน

วิธีทำ จาก (2.3)

$$E_{tn} = |\cos\theta|\cos\left[\frac{1}{2}(kd\cos\theta + \beta)\right]_{\theta=\theta_n=0}$$

เพราะฉะนั้น $\cos\theta_n = 0 \rightarrow \theta_n = 90°$

และ $$\cos\left[\frac{1}{2}(kd\cos\theta_n + \beta)\right] = 0 \rightarrow \frac{1}{2}(kd\cos\theta_n + \beta) = \pm\left(\frac{2n+1}{2}\right)\pi$$

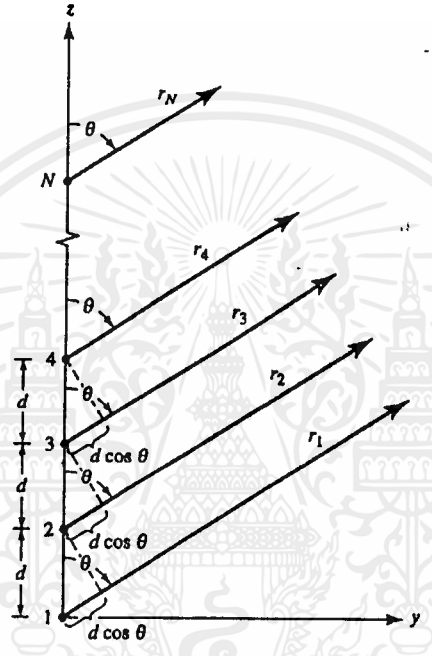
$$\rightarrow \theta_n = \cos^{-1}\left(\frac{\lambda}{2\pi d}[-3 \pm (2n+1)\pi]\right), n = 0,1,2....$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีนัลเกิดที่ $\theta = 90^\circ$ ซึ่งเกิดจากเอเลเมนท์แพทเทอร์น ในขณะที่นัลที่เหลือเกิดจากอาร์เรย์แฟคเตอร์ ถ้า $\beta = 0^\circ$ ในที่นี้ d ต้อง $\geq \frac{\lambda}{2}$ ถึงจะเกิดอย่างน้อย 1 นัล

2.2 อาร์เรย์ N เอเลเมนท์

เมื่อขนาดของกระแสที่ป้อนแต่ละเอเลเมนท์และระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์มีค่าสม่ำเสมอ



รูป 2.4 รูปการหาสนามระยะไกลของอาร์เรย์ N เอเลเมนท์ของไอโซโทรปิคซอร์สวางตามแนวแกน Z

ตามรูป 2.4 มีเอเลเมนท์ที่เหมือนกันอยู่ N ตัว แต่ละเอเลเมนท์มีเฟสต่างกัน β จะเรียกอาร์เรย์แบบนี้ว่ายูนิฟอร์มอาร์เรย์ (Uniform Array)

สนามลัพธ์ของอาร์เรย์นี้จะเป็นการคูณแพทเทอร์นระหว่างเอเลเมนท์แพทเทอร์นกับอาร์เรย์แฟคเตอร์ ในกรณีนี้อาร์เรย์แฟคเตอร์จะมีค่าดังต่อไปนี้

$$AF = 1 + e^{+j(kd\cos\theta+\beta)} + e^{+j2(kd\cos\theta+\beta)} + \ldots + e^{j(N-1)(kd\cos\theta+\beta)}$$

$$AF = \sum_{n=1}^{N} e^{j(N-1)(kd\cos\theta+\beta)} \qquad (2.6)$$

ซึ่งเขียนได้ว่า

$$AF = \sum_{n=1}^{N} e^{j(n-1)\varphi} \qquad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\varphi = kd\cos\theta + \beta$ (2.7a)

เมื่อคูณทั้งสองข้างของ (2.7) ด้วย $e^{j\varphi}$ จะได้

$$(AF)e^{j\varphi} = e^{j\varphi} + e^{j2\varphi} + e^{j3\varphi} + \ldots + e^{j(N-1)\varphi} + e^{jN\varphi} \quad (2.8)$$

และเมื่อลบ (2.7) ออกจาก (2.8) จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$AF(e^{j\varphi} - 1) = (-1 + e^{jN\varphi}) \quad (2.9)$$

หรือเขียนได้ว่า

$$AF = \left[\frac{e^{jN\varphi} - 1}{e^{j\varphi} - 1}\right] = e^{j[N-1)/2]\varphi}\left[\frac{e^{j(N/2)\varphi} - e^{-j(N/2)\varphi}}{e^{j\left(\frac{1}{2}\right)\varphi} - e^{-j\left(\frac{1}{2}\varphi\right)}}\right]$$

$$= e^{j[(N/1)/2]\varphi}\left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\varphi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\varphi\right)}\right] \quad (2.10)$$

ถ้าจุดเปรียบเทียบเฟสเป็นจุดกึ่งกลางของอาร์เรย์ (2.10) จะกลายเป็นดังนี้

$$AF = \left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\varphi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\varphi\right)}\right] \quad (2.10a)$$

ถ้าค่า φ มีค่าน้อย ๆ จะประมาณ (2.10a) ได้ว่า

$$AF \cong \left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\varphi\right)}{\left(\frac{\varphi}{2}\right)}\right] \quad (2.10b)$$

(2.10a) และ (2.10b) มีค่าสูงสุดเท่ากับ N และค่านอร์มอไลซ์อาร์เรย์แฟคเตอร์จะมีค่าดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(AF)_n = \frac{1}{N}\left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\varphi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\varphi\right)}\right] \qquad (2.10c)$$

และ

$$(AF)_n \cong \frac{1}{N}\left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\varphi\right)}{\frac{N\varphi}{2}}\right] \qquad (2.10d)$$

ถ้าจะหานัลจะกำหนดให้ (2.10c) และ (2.10d) เท่ากับศูนย์ เพราะฉะนั้น

$$\sin\left(\frac{N\varphi}{2}\right) = 0 \rightarrow \frac{N\varphi}{2}\bigg|_{\theta=\theta_n} = \pm n\pi \rightarrow \theta_n = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta + \frac{2n\pi}{N}\right)\right] \qquad (2.11)$$

n = 1 , 2 , 3 ,.....

$n \neq N , 2N , 3N$ พร้อมกับ (2.10c)

เมื่อ n = N , 2N , 3N , ... (2.10c) จะมีค่าสูงสุด เพราะจะอยู่ในรูปแบบ $\frac{\sin(0)}{0}$ ค่า n เป็นตัวกำหนดกำลังของนัล (ที่หนึ่ง , ที่สอง ฯลฯ) สำหรับในกรณีที่มีค่าเป็นศูนย์ อาร์คิวเมนท์ของอาร์คโคไซน์ (ArcCrosine) ไม่สามารถเป็นหนึ่ง ดังนั้นจำนวนนัลที่ได้จะเป็นฟังก์ชั่นของระยะระหว่างเอเลเมนท์ d และความต่างเฟส β

นอกจากนี้ค่าสูงสุดของ (2.10c) จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$\frac{\varphi}{2} = \frac{1}{2}(kd\cos\theta + \beta)\bigg|_{\theta=\theta_m} = \pm m\pi \rightarrow \theta_m = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}(-\beta \pm 2m\pi)\right]$$

m = 0 , 1 , 2 , ... (2.12)

อาร์เรย์แฟคเตอร์ใน (2.10c) มีค่าสูงสุดค่าเดียว ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ m = 0 ใน (2.12) นั่นคือ

$$\theta_m = \cos^{-1}\left(\frac{\lambda\beta}{2\pi d}\right) \qquad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นมุมที่ทำการสังเกตที่ทำให้ $\varphi = 0$

จุด - 3dB ของอาร์เรย์แฟคเตอร์ใน (2.10d) จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$\frac{N\varphi}{2} = \frac{N}{2}(kd\cos\theta + \beta)\Big|_{\theta=\theta_h} = \pm 1.391$$

$$\rightarrow \theta_h = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta \pm \frac{2.782}{N}\right)\right] \qquad (2.14)$$

ซึ่งอาจเขียนได้ว่า

$$\theta_h = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta \pm \frac{2.782}{N}\right)\right] \qquad (2.14a)$$

ถ้า d >> λ จะได้ค่า

$$\theta_h \cong \left[\frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta \pm \frac{2.782}{N}\right)\right] \qquad (2.14b)$$

จะหาค่า HPBW θ_h ได้เมื่อหามุมของ θ_m แรก และ HPWB (θ_h) ได้ ซึ่งถ้าแพทเทอร์นมีลักษณะสมมาตรตรงบริเวณมีหลัก จะได้ว่า

$$\theta_h = 2|\theta_m - \theta_h| \qquad (2.14c)$$

สำหรับอาร์เรย์แฟคเตอร์ใน (2.10d) จะมีค่าสูงสุดค่าที่สอง (ค่าสูงสุดของไซด์โลบ) ซึ่งเกิดขึ้นโดยประมาณ เมื่อเศษของ (2.10d) มีค่าสูงสุดนั่นคือ

$$\sin\left(\frac{N\varphi}{2}\right) = \sin\left[\frac{N}{2}(kd\cos\theta + \beta)\right]_{\theta=\theta_s} \cong \pm 1$$

$$\rightarrow \left[\frac{N}{2}(kd\cos\theta + \beta)\right]_{\theta=\theta_s} \cong \pm\left(\frac{2S+1}{2}\right)\pi$$

$$\rightarrow \theta_S \cong \cos^{-1}\left\{\frac{\lambda}{2\pi d}\left[-\beta \pm \frac{2S+1}{N}\right]\pi\right\}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S = 1, 2, 3, \ldots \quad (2.15)$$

ซึ่งอาจเขียนได้ว่า

$$\theta_s \cong \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left\{\frac{\lambda}{2\pi d}\left[-\beta \pm \frac{2S+1}{N}\right]\pi\right\}, S = 1,2,3,\ldots \quad (2.15a)$$

ถ้า $d >> \lambda$ จะหาค่า θ ได้ดังนี้

$$\theta_S \cong \frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2\pi d}\left[-\beta \pm \left(\frac{2S+1}{N}\right)\pi\right], S = 1,2,3.... \quad (2.15b)$$

ส่วนค่าสูงสุดของไซด์โลบแรกของ (2.10c) เกิดขึ้นโดยประมาณเมื่อ

$$\frac{N\varphi}{2} = \frac{N}{2}(kd\cos\theta + \beta)\Big|_{\theta=\theta_s} \cong \pm\left(\frac{3\pi}{2}\right) \quad (2.16)$$

หรือเมื่อ

$$\theta_S \cong \cos^{-1}\left\{\frac{\lambda}{2\pi d}\left[-\beta \pm \frac{2S+1}{N}\right]\right\} \quad (2.16)$$

ที่จุดนั้น ขนาดของ (2.10d) มีค่าดังนี้

$$(AF)_n \cong \frac{1}{N}\left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\varphi\right)}{\frac{N\varphi}{2}}\right]_{\theta=\theta_s} = \frac{2}{3\pi} = 0.212 \quad (2.17)$$

$$(AF)_n = 20\log_{10}\left(\frac{2}{3\pi}\right) = -13.46dB \quad (2.17a)$$

บรอดไซด์อาร์เรย์

บรอดไซด์อาร์เรย์ (Broadside Array) เป็นอาร์เรย์ที่มีการแพร่กระจายคลื่นมากที่สุดในทิศทางตั้งฉากกับแกนของอาร์เรย์

จาก (2.10c) และ (2.10d) ค่าสูงสุดของอาร์เรย์แฟคเตอร์ จะเกิดขึ้นเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\varphi = kd\cos\theta + \beta = 0 \qquad (2.18)$$

เนื่องจากต้องการให้มีค่าสนามสูงสุดที่ $\theta = 90^\circ$ ดังนั้น

$$\varphi = kd\cos\theta + \beta\big|_{\theta=90^\circ} = \beta = 0 \qquad (2.18a)$$

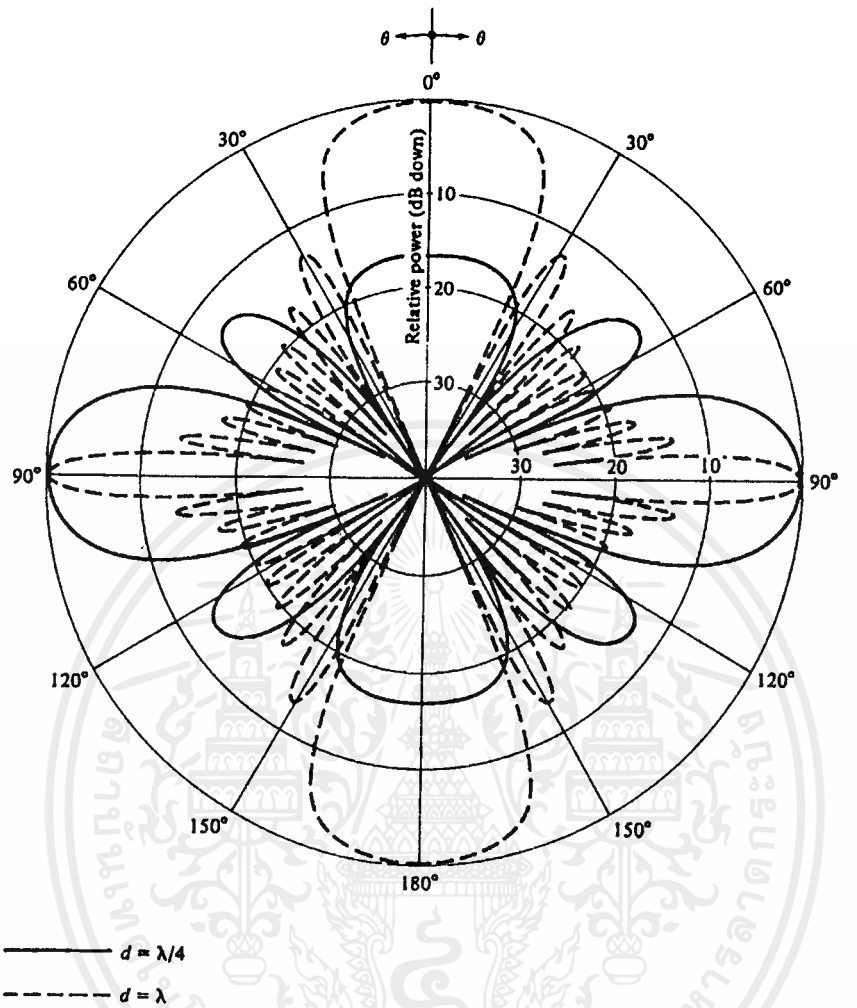
เพราะฉะนั้นเพื่อจะทำให้อาร์เรย์แฟคเตอร์ของยูนิฟอร์มลิเนียร์อาร์เรย์มีค่าสูงสุด ชี้ในทิศทางบรอดไซด์กับแกนของอาร์เรย์ทุกเอเลเมนท์จะต้องมีเฟสเดียวกัน โดยที่ระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์จะเป็นเท่าไรก็ได้

เพื่อให้มั่นใจว่าสนามไม่มีค่าสูงสุดในทิศทางอื่น d ต้องไม่เท่ากับ $D\lambda(n = 1,2,3,\ldots)$ เมื่อ β=0 ถ้า $d = n\lambda$, n = 1 , 2 , 3 , ... และ $\beta = 0$ จะได้

$$\varphi = kd\cos\theta + \beta\big|_{\substack{d=n\lambda \\ \beta=0 \\ n=1,2,3,\ldots}} = 2n\pi\cos\theta\big|_{\theta=0^\circ,180^\circ} = \pm 2n\pi \qquad (2.19)$$

ค่าของ φ นี้เมื่อถูกแทนเข้าใน (2.10c) จะทำให้อาร์เรย์แฟคเตอร์มีค่าสูงสุด ดังนั้นสำหรับยูนิฟอร์มอาร์เรย์ ที่มี $\beta = 0$ และ $d = n\lambda$ นอกจากสนามจะมีค่าสูงสุดในทิศทางบรอดไซด์ ($\theta = 90^\circ$) แล้วสนามจะมีค่าสูงสุดชี้ในทิศทางตามแกนของอาร์เรย์ ($\theta = 0^\circ, 180^\circ$) อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.5 แพทเทอร์นของยูนิฟอร์มบรอดไซด์อาร์เรย์ ที่มี 10 เอเลเมนท์ (N = 10 , $\beta = 0$)

เอนด์ไฟร์อาร์เรย์

เอนด์ไฟร์อาร์เรย์ (End-fire Array) เป็นอาร์เรย์ที่มีการแพร่กระจายคลื่นค่าสูงสุดในทิศทางตามแกนของอาร์เรย์ สามารถกำหนดให้แพทเทอร์นมีค่าสูงสุดชี้ในทิศทาง $\theta = 0^\circ$ หรือ $\theta = 180^\circ$ ก็ได้

ในกรณีที่ชี้ในทิศทาง $\theta = 0^\circ$

$$\varphi = kd\cos\theta + \beta\big|_{\theta=0^\circ} = kd + \beta = 0$$
$$\rightarrow \beta = -kd \qquad (2.20a)$$

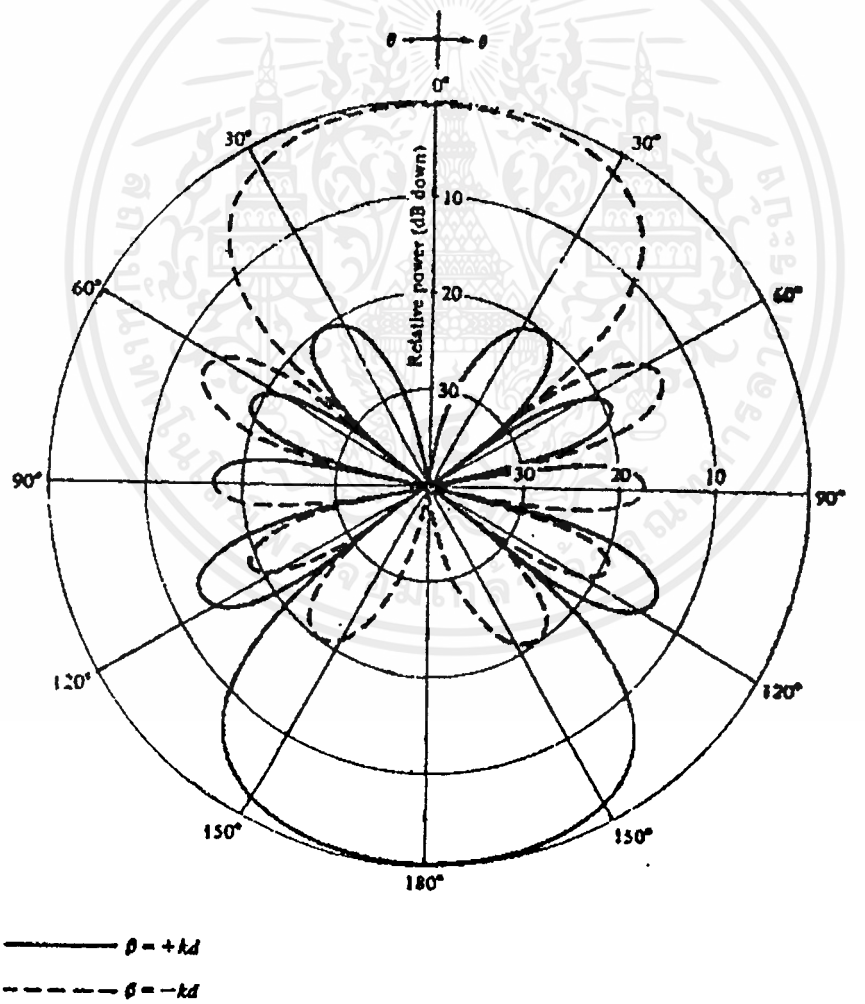
ส่วนในกรณีที่ชี้ในทิศทาง $\theta = 180^\circ$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\varphi = kd\cos\theta + \beta\big|_{\theta=180^\circ} = -kd + \beta = 0$$
$$\rightarrow \beta = +kd \qquad (2.20b)$$

ถ้าระยะห่างระหว่างเอเลเมนท์เป็น d = nλ (n= 1,2,3...) นอกจากจะเป็นเอนด์ไฟร์แล้ว ยังมีค่าสูงสุดของแพทเทอร์นในทิศทางบรอดไซด์อีกด้วย นอกจากนี้ในทิศทางเอนด์ไฟร์ยังชี้ทั้งในทิศทาง $\theta = 0^\circ$ และ $\theta = 180^\circ$ อีกด้วย ดังนั้นเมื่อ d = nλ , n = 1,2,3... สนามจะมีค่าสูงสุดอยู่ในทั้งสี่ทิศทาง

ได้แสดงแพทเทอร์นการแพร่กระจายคลื่นของอาร์เรย์ 10 เอเลเมนท์ เมื่อ $d = \frac{\lambda}{4}$ และ $\beta = \pm$ kd ไว้ในรูป 2.6 เมื่อ β = - kd สนามค่าสูงสุดจะอยู่ในทิศทาง $\theta = 0^\circ$ และเมื่อ β = +kd สนามค่าสูงสุดจะอยู่ในทิศทาง $\theta = 180^\circ$



รูป 2.6 แพทเทอร์นของยูนิฟอร์มเอนด์ไฟร์อาร์เรย์ที่มี 10 เอเลเมนท์ (N=10,d=λ/4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

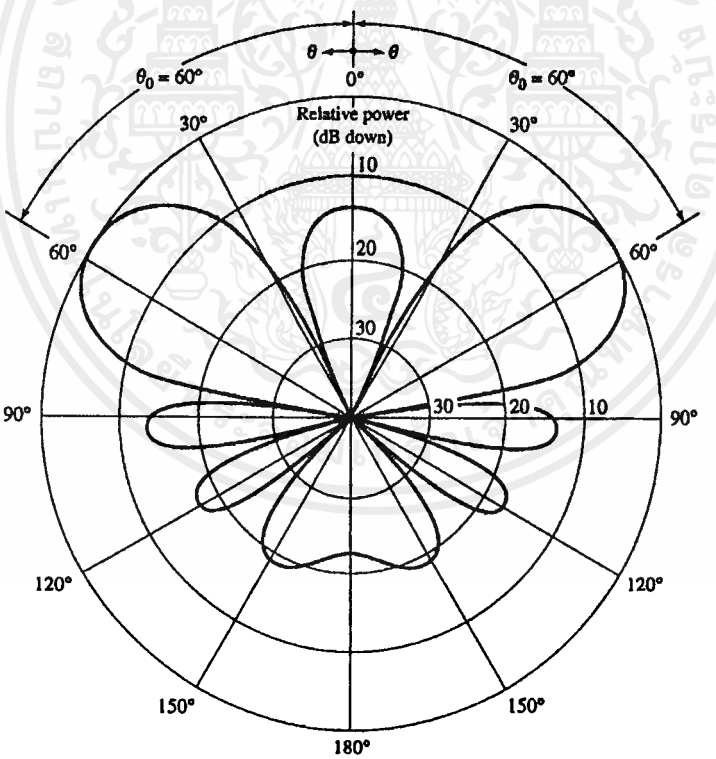
เฟสอาร์เรย์

ในเรื่องของสายอากาศเฟสอาร์เรย์ (Phased Array) ค่าสูงสุดของการแพร่กระจายคลื่น จะเกิดขึ้นในทิศทางใด ๆ ซึ่งสมมติว่าเป็นมุม $\theta(0° \le \theta \le 180°)$ ในที่นี้จะทำได้โดยปรับเฟส β ให้เป็นดังนี้

$$\varphi = kd\cos\theta + \beta = 0 \rightarrow \beta = -kd\cos\theta \qquad (2.21)$$

ดังนั้นโดยการควบคุมความต่างเฟสระหว่างเอเลเมนท์ จะทำให้ได้การแพร่กระจายคลื่นค่าสูงอยู่ในทิศทางใด ๆ ตามต้องการได้ อันนี้เป็นพื้นฐานของอิเล็กทรอนิกส์สแกนนิ่งเฟสอาร์เรย์ (Electronic Scanning Phased Array) ปกติต้องการสแกนอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องทำตัวปรับเฟสอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำได้โดยใช้เฟอร์ไรท์เฟสชิฟเตอร์

รูป 2.7 แสดงพื้นฐานของการสแกน โดยมีอาร์เรย์ 10 เอเลเมนท์ d = $\frac{\lambda}{4}$ ให้สนามมีค่าสูงสุดอยู่ที่มุม $\theta = 60°$



รูป 2.7 แพทเทอร์นของยูนิฟอร์มสแกนนิ่งอาร์เรย์ที่มี 10 เอเลเมนท์

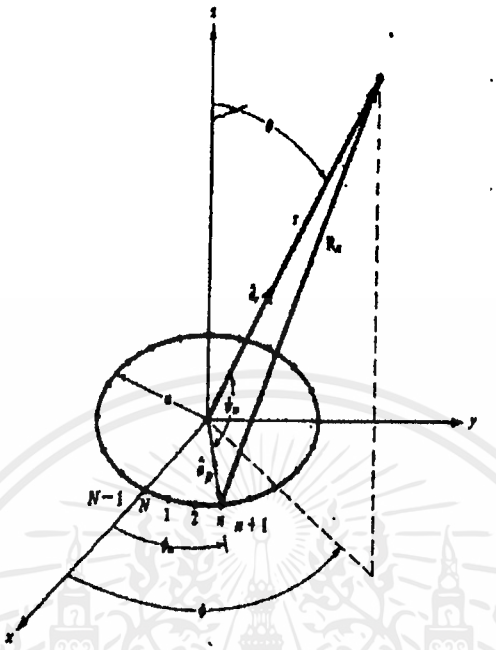
(N=10 ,β = -kdcosθ , θ = 60° , d = λ/4)

$$\text{HPBW} = \theta_h = \cos^{-1}\left[\cos\theta - 0.443\frac{\lambda}{(L+d)}\right] - \cos^{-1}\left[\cos\theta - 0.443\frac{\lambda}{(L+d)}\right] \qquad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3อาร์เรย์แบบวงกลม

อาร์เรย์แบบวงกลมมีโครงสร้างดังรูปที่2.8 มีแต่ละเอเลเมนท์วางอยู่ที่เส้นรอบวงกลมของอาร์เรย์แบบวงกลม



รูปที่ 2.8

อาร์เรย์แฟคเตอร์

อาร์เรย์แบบวงกลม มี N เอเลเมนท์ ที่เหมือนกันและมีระยะห่างแต่ละเอเลเมนท์เท่ากัน อยู่บนระนาบ xy ตามเส้นรอบวงกลมที่รัศมี a สนามไฟฟ้านอร์มอลไลซ์ ของสายอากาศแบบวงกลมคือ

$$En(r,\theta,\phi) = \sum_{n=1}^{n} an(e^{-jkRn}/Rn) \qquad (2.23)$$

Rn คือ ระยะห่างจาก เอเลเมนท์ที่ n ถึงจุดที่สังเกตุ

$$Rn = (n^2+a^2-2a\cos\psi)^{1/2} \qquad (2.24)$$

ถ้า r >> a

$$Rn \cong r-a\cos\psi n = r-a(\overline{ap}.\overline{ar}) = r-a\sin\theta\cos(\phi-\phi n) \qquad (2.25)$$

ขณะที่

ดังนั้นสำหรับการแปรผันของแอมปลิจูด $Rn \cong r$

$$En(r,\theta,\phi) = (e^{-jkr}/r)\sum_{n=1}^{N} an e^{jka\sin\theta\cos(\phi-\phi n)} \qquad (2.26)$$

an : สัมประสิทธิ์การป้อนกระแสให้กับสายอากาศ(แอมปลิจูด และ เฟส) ของ เอเลเมนท์ที่ n

ϕn : $2\pi(n/N)$ = ตำแหน่งมุมของเอเลเมนท์ที่ n บนระนาบ xy

สัมประสิทธิ์การป้อนกระแสที่ n คือ

$$an = Ine^{jn\alpha n} \qquad (2.27)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In : แอมปลิจูด การป้อนกระแสของ เอเลเมนท์ที่ n

α_n : เฟส ของกระแสของเอเลเมนท์ ที่ n สัมพันธ์กับจุดกึ่งกลางของอาเรย์

จาก (2.26),(2.27) จะได้

$$En(r,\theta,\phi) = (e^{-jkr}/r)[AF(\theta,\phi)] \tag{2.28}$$

ขณะที่

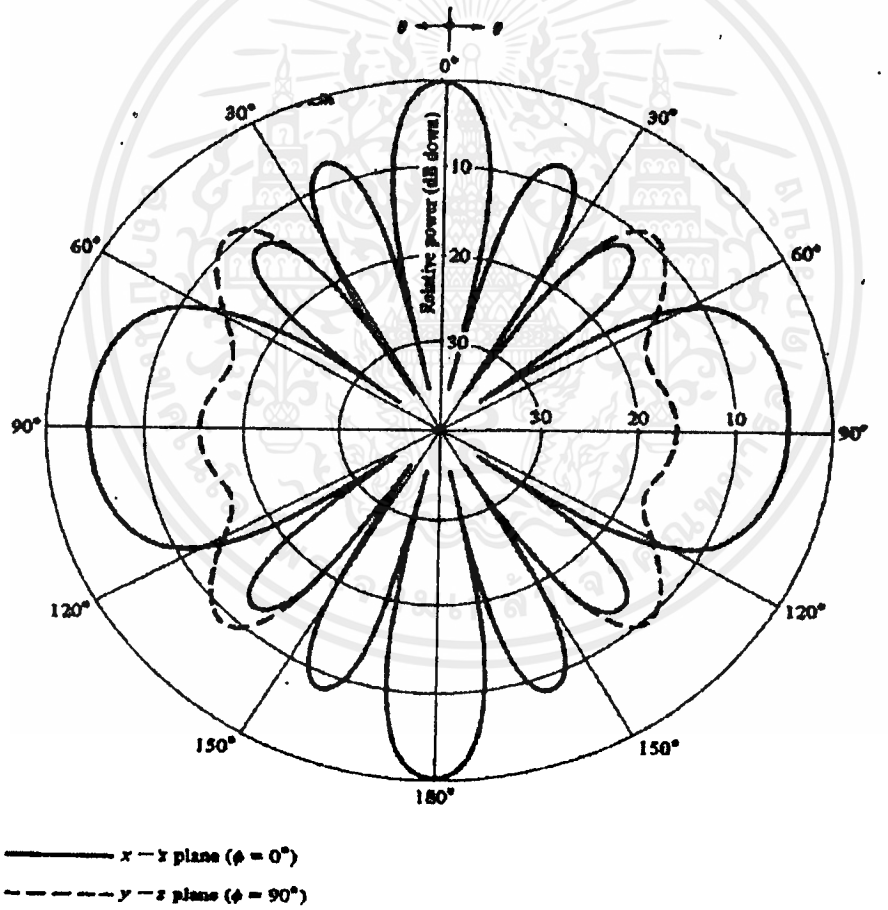
$$AF(\theta,\phi) = e^{j[ka\sin\theta\cos(\phi-\phi_n)+\alpha_n]} \tag{2.29}$$

สมการ 7) แสดงให้เห็นอาร์เรย์แฟคเตอร์ของอาร์แบบวงกลมของ N เอเลเมนท์ ถ้าทิศทางของเมนบีมในทิศทาง (θ,ϕ) เฟสของกระแส ของเอเลเมนท์ที่ n มีสมการดังนี้

$$\alpha_n = -ka\sin\theta_0\cos(\phi_0-\phi_n) \tag{2.30}$$

ดังนั้นอาร์แฟคเตอร์ สมการ 7) จะเป็นดังนี้

$$AF(\theta,\phi) = In e^{jka[\sin\theta\cos(\phi-\phi_n)-\sin\theta_0\cos(\phi_0-\phi_n)]}$$
$$= In e^{jka[\cos\psi-\cos\psi_0]} \tag{2.31}$$



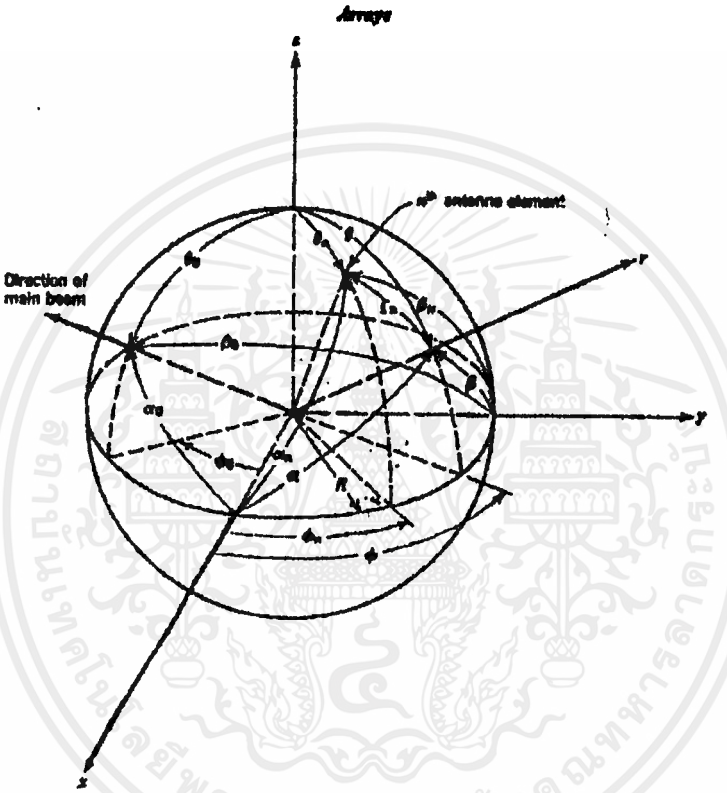
รูปที่ 2.9 แสดงแพทเทอน์ของสายอากาศอาร์เรย์แบบวงกลม 10 เอเลเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
039106

2.4 การวิเคราะห์สายอากาศอาร์เรย์ผิวทรงกลม

การวิเคราะห์นี้ได้กล่าวถึง การวางตัวเรียงกันของอาร์เรย์บนผิวทรงกลม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของสนามมาเสริมกันที่ตำแหน่งสนามระยะไกล(Far-Field Point)

ในการคำนวณแพทเทอร์นของอาร์เรย์ของเอเลเมนท์ทั้งหมด ที่วางตัวอยู่บนพื้นผิวทรงกลม พบว่าจุดหรือตำแหน่งต่างๆ ที่อยู่ใกล้ตำแหน่งสนามระยะไกล ที่จุดนี้จะมีหน้าคลื่น(Wavelet) เดินทางไปได้เร็วกว่ากับจุดอื่นๆ บนผิวเดียวกัน ดังนั้นเราให้จุดที่ใกล้ที่สุดนี้เป็นจุดอ้างอิง และส่วนความแตกต่าง(Path Difference) lkr ระหว่างคลื่นจากจุดอ้างอิงและเอเลเมนท์ของสายอากาศ



รูปที่ 2.10 แสดงรูปแบบสายอากาศแบบทรงกลม

จากรูปจะได้ว่า

$$lkr = (R - R\cos\theta) \tag{2.32}$$

R : รัศมีของทรงกลม

เนื่องจากส่วนความแตกต่าง ทำให้เกิดเฟส แตกต่างกันขึ้นฉ. ตำแหน่งสนามระยะไกล

$$\psi kr = (2\pi/\lambda)lkr = (2\pi/\lambda)R(1-\cos\zeta_n) \tag{2.33}$$

สามารถเขียนเฟสให้อยู่ในเทอมของเอ็กซ์โปเนนเชียล

$$e^{j\psi kr} = e^{j(2\pi klkr)/\lambda} = e^{[j(2\pi/\lambda)R(1-\cos\zeta_n)} \tag{2.34}$$

โดยที่ λ คือความยาวคลื่นใน สุญญากาศ(Free Space)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามระยะไกลของสายอากาศอาร์เรย์ทรงกลมคือ

$$En(\theta,\phi) = (\theta,\phi)(e^{jkrn})/rn \quad (2.35)$$

an : กระแสในเอเลเมนท์ที่ n

fn(θ,ϕ): แสดงการเปลี่ยนแปลงของเอเลเมนท์แพทเทอร์น

เพราะฉะนั้น

$$E(\theta,\phi) = (e^{jkr}/r)\ (\theta,\phi)e^{jkR\cos\zeta} \quad (2.36)$$

ยูนิทเวคเตอร์ในทิศทางสนามระยะไกลคือ

$$ar = axsin\theta cos\phi + aysin\theta nsin\phi n + azcos\theta n \quad (2.37)$$

ยูนิทเวคเตอร์ในทิศทางของเอเลเมนท์ที่ n

$$aRn = axsin\theta ncos\phi n + aysin\theta nsin\phi n + azcos\theta n \quad (2.38)$$

ดังนั้น

$$cos\zeta n = ar.aRn = sin\theta sin\theta ncos(\phi-\phi n) + cos\theta cos\theta n \quad (2.39)$$

การคำนวณหาค่า Ak

เมื่อเราต้องการให้สนาม มาเสริมกันที่ สนามระยะไกล เราจะต้องทำให้เฟสที่เกิดจากอาร์เรย์แต่ละเอเลเมนท์ มีค่าต่างๆ กันแล้วแต่ตำแหน่งที่มันอยู่ ดังนั้นค่า an จะแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าของมุมระหว่างบีมสนามระยะไกลกับเอเลเมนท์ใดๆ (B)(ζkb)ต้องมีเฟสต่างไปเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงบนผิวทรงกลม

$$ak = Ak\, e^{[j(2\pi/\lambda)R(1-\cos\zeta kb)]} \quad (2.40)$$

ak : ขนาดของกระแสที่ป้อนให้เอเลเมนท์ ตัวที่ k ดังนั้นเมื่อเรานำสมการทั้งหมดมารวมกัน จะได้ว่า

$$fr = fn(\zeta k)\, e^{[j(2\pi/\lambda)R(1-\cos\zeta kB)]}\, e^{[-j(2\pi/\lambda)R(1-\cos\zeta kr)]} \quad (2.41)$$

$$fr = fn(\zeta k) e^{[j(2\pi/\lambda)R(\cos\zeta kr-\cos\zeta kb)]} \quad (2.42)$$

2.5 การติดตามเป้าหมาย (เทคกิ้ง)(Tracking)

การเทคกิ้งนั้นจะต้องทำการสแกน หาเป้าหมายที่ต้องการก่อนนั้นคือ การทำการค้นหา หลังจากนั้นก็จะไปทำงานในโหมด การเทคกิ้ง

การสแกนบีมค้นหา ได้แล้วจะได้ข้อมูลที่ต้องการ ถ้าในทางรับสัญญาณนั้นก็คือ ค่าระดับสัญญาณที่สูงที่สุด และจะพิจารณาตำแหน่งในอนาคตของสัญญาณ ถ้าสัญญาณเปลี่ยนตำแหน่ง โดยมีข้อมูลใช้ในการพยากรณ์ตำแหน่ง โดยมีข้อมูลใช้ในการพยากรณ์ ตำแหน่งในอนาคตของสัญญาณ

เทคนิคการเทคกิ้ง

มีพื้นฐานการเทคกิ้งอยู่ 2 แบบ

1. ซีเควนเชียล-โลบ คอมพาริชั่น (sequential-lob comparison)
2. ซิมูลเทนอัส-โลบ คอมพาริชั่น (simultaneous-lob comparison)

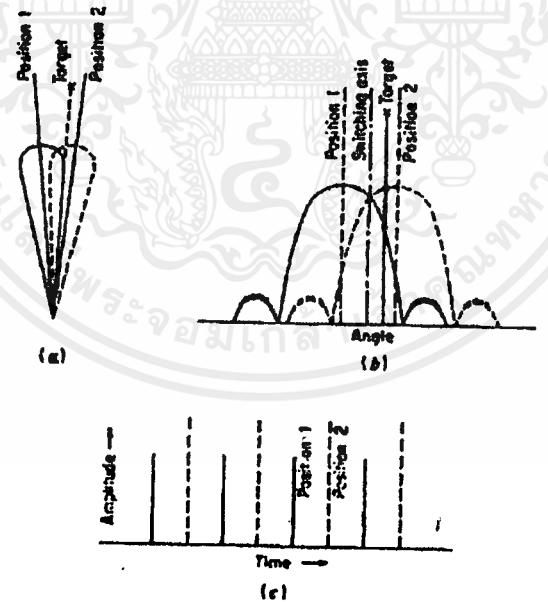
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 2 เทคนิค จะเตรียมขนาดและทิศทางของความแตกต่างของสัญญาณที่ได้มา และตำแหน่งบีมที่จำเป็นสำหรับหน้าที่ในการเทคกิ้ง

ซีเควนเชียล-โลบ คอมพาริซั่น

มีการทำงานโดยสัญญาณที่ต่อเนื่องกัน และทำการวัดผลต่างในความสัมพันธ์ของกำลังของไฟฟ้าที่ได้ของทั้งสองตำแหน่งของสัญญาณในรูปที่2.11a) การรับสัญญาณจะคนละตำแหน่งกันและทำการเปรียบเทียบระดับของสัญญาณทั้งสองว่ามีผลต่างกันเท่าไร นั้นคือ ค่ามุมของความแตกต่างระหว่างแกนทิศทางตำแหน่งเป้าหมายและตำแหน่งของสายอากาศ เทคนิคนี้จะต้องทำให้แกนของตำแหน่งเป้าหมายตรงกับตำแหน่งของสายอากาศนั้นคือ ผลต่างของแรงดันที่รับเข้ามาได้ เท่ากับ 0 จะได้สัญญาณที่เข้ามามีค่าสูงสุดนั่นเองดังรูปที่ 2.11b)

ในซีเควนเชียล-โลปยังมีเทคนิคอีกอย่างคือ คอนิคอล สแกนนิ่ง นั้นจะทำให้ฟีดนั้นคงที่ไว้และทำให้หมุนรีเฟคเตอร์ให้เอียงหมุนรอบๆแกน ของสายอากาศ (boresight axis) สายอากาศจะคงที่ก็ต่อเมื่อแกนของตำแหน่งแกนเป้าหมายกับแกนของสายอากาศนั้นทับตรงกัน การเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อแกนของเป้าหมายออกห่างจากแกนสายอากาศแอมปลิจูดของสัญญาณที่ได้มาจะชี้ขนาดของผลต่างระหว่างแกนเป้าหมายกับแกนสายอากาศ



รูปที่ 2.11

ซิมูลเทนอัส-โลบ คอมพาริซั่น

ใช้ประโยชน์ของผลต่างของบีมที่เวลาเดียวกัน รูปทรงของบีมทั้ง 2 ที่เหมือนกันจะเกิดขึ้นจาก สายอากาศรีเฟคเตอร์และ 2 ฟีดฮอนร์ ที่สมมาตรกันกับแกนของสายอากาศดังนั้นสัญญาณผลต่างที่ได้ จะรับได้ในเวลาเดียวกันและสามารถรับค่าผลต่างที่ได้นั้นมากกว่าสัญญาณช่องเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคที่ใช้วิธีการนี้ก็คือ โมโนพัลส์ นั้นก็คือ มีการได้ค่าผลรวมของสัญญาณ และ ผลต่างของสัญญาณ จากสายอากาศ แต่อย่างไรก็ยังอยู่บนพื้นฐาน ของผลต่างของแพทเทอร์นของสัญญาณ เทคนิคนี้จะมีการเปรียบเทียบ 2 ลักษณะ คือ

1. แอมปลิจูด คอมพาริซั่น

สัญญาณที่ได้จะต้องมีความต่างเฟสเพียงเล็กน้อย และฟีดฮอนร์ต้องอยู่ห่างจากกันไม่มากเมื่อเป้าหมายเลื่อนออกห่างจากแกนของสายอากาศจะใช้หลักการเปรียบขนาดของสัญญาณ

2. เฟส คอมพาริซั่น

สัญญาณที่จะมีความต่างเฟสกันมาก เนื่องจากระยะห่างของฟีดฮอนร์อยู่ห่างกันมาก เพราะฉะนั้นในการเปรียบเทียบสัญญาณ จะเปรียบเทียบความต่างกัน สำหรับเป้าหมายออกห่างจากแกนของสายอากาศจะเกิดความต่างเฟสกันจาก 2 สัญญาณ แสดงได้ดังนี้

$$\Delta\phi = (2\pi/\lambda)d\sin\theta \qquad (2.43)$$

d คือ ระยะห่างระหว่างสาอากาศ, λ คือ ความยาวคลื่น และ θ คือ มุมระหว่างทิศทางเป้าหมายกับแกนสายอากาศ สำหรับ มุมค่าน้อยๆ $\sin\theta$ จะมีค่าเท่ากับ θ และความต่างเฟสจะถูกใช้เป็นการประมาณค่าแบบลิเนียร์ ของความต่างกันระหว่าง ทิศทางแกนสายอากาศกับเป้าหมาย

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

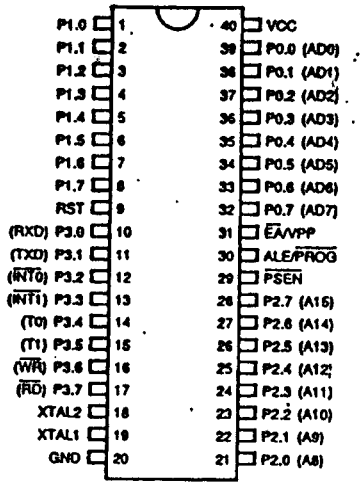
เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิท ที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ พีซี ทำการลบและเขียนโปรแกรมได้โดยตรง เรียกว่า "ซิสเต็มโปรแกรมมิ่ง" หรือใช้เครื่องโปรแกรม (ยูนิเวอร์แซล โปรแกรมเมอร์) ในตัว 89C51 มีหน่วยความจำแบบแฟลชอยู่ภายในขนาด 4 กิโลไบต์ สามารถโปรแกรมทับลงไปได้อีกนับพันครั้งเหมือนกับการโปรแกรมในลักษณะเดียวกับ EEPROM

AT89C51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิด (CMOS) 8 บิท ประสิทธิภาพสูงกินกำลังไฟต่ำ มีโครงสร้างที่ใช้งานได้เหมือนกับ 80C51, MCS51 ใช้ทดแทนได้ทั้งทางด้านชุดคำสั่งและการจัดเรียงขาโดยมีรูปแบบตัวถังบรรจุและการจัดเรียงขาในแบบ DIP,PLCC และ QFR ดังรูปที่ 2.12

นอกจากนี้ ไมโครโทรลเลอร์ AT89C51 มีโหมดการป้องกันการเลียนแบบด้วย "โปรแกรม เมมเมอรี ล็อก บิท" ดังแสดงการเซตรหัส การล็อคไว้ในตารางที่ 2.1 AT89C51 จะสามารถใช้โหมดการป้องกันได้ 3 ระดับ ความหมายในตารางที่ 2 อักษร U (UNPROGRAMED) หมายถึง การกำหนดไม่ให้ล็อค ส่วนอักษร P (PROGRAMED) คือเป็นการใช้คุณสมบัติของการป้องกันแบบล็อคบิทและ LB_1 คือการล็อคบิทที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ

ก่อนโปรแกรม AT89C51 ไลน์แอดเดรสข้อมูลและสัญญาณควบคุม จะต้องกำหนดกำหนดขึ้นตามตารางที่2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การจัดวางขาของAT89c51

การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C51/52				ประเภทของการป้องกัน	การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C1051/2051		
ระดับการล็อค	LB_1	LB_2	LB_3		ระดับการล็อค	LB_1	LB_2
1	U	U	U	ไม่มีการตั้งโปรแกรมล็อคใดๆ	1	U	U
2	P	U	U	ไม่สามารถใช้คำสั่ง MOVC จากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกมาอ่านรหัสคำสั่งภายในออกมาได้ นอกจากนี้การโปรแกรมหรือเขียนคำสั่งใดๆ ลงบนหน่วยความจำแฟลชจะทำไม่ได้อีก	2	P	U
3	P	P	P	เช่นเดียวกับแบบที่ 2 และการตรวจสอบรหัส (Verify) จะทำไม่ได้	3	P	P
4	P	P	P	เช่นเดียวกับแบบที่ 3 และการอ่านจากภายนอกเช่น ROM ทำไม่ได้			

ตาราง 2.1 ตารางการล็อกบิท

ขาต่อใช้งาน / โหมดการทำงาน	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
เขียนรหัสข้อมูล	H	L	⌁	H/12V(1)	L	H	H	H
อ่านรหัสข้อมูล	H	L	H	H	L	L	H	H
ล็อคบิตการเขียน 1	H	L	⌁	H/12V	H	H	H	H
ล็อคบิตการเขียน 2	H	L	⌁	H/12V	H	H	L	L
ล็อคบิตการเขียน 3	H	L	⌁	H/12V	H	L	H	L
การลบข้อมูลในชิป	H	L	⌁(2)	H/12V	H	L	L	L
กำหนดไบต์การอ่าน	H	L	H	H	L	L	L	L

ตารางที่ 2.2 แสดงการจัดสัญญาณการเขียนข้อมูลลง EEPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์MCS51

การใช้ไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(ADC 0804) จำเป็นจะต้องรู้จักเกี่ยวกับการทำงานของ ADC 0804 ก่อน ดังนี้

- ADC 0804

เป็นไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แบบ successive approximation มีคุณสมบัติดังนี้

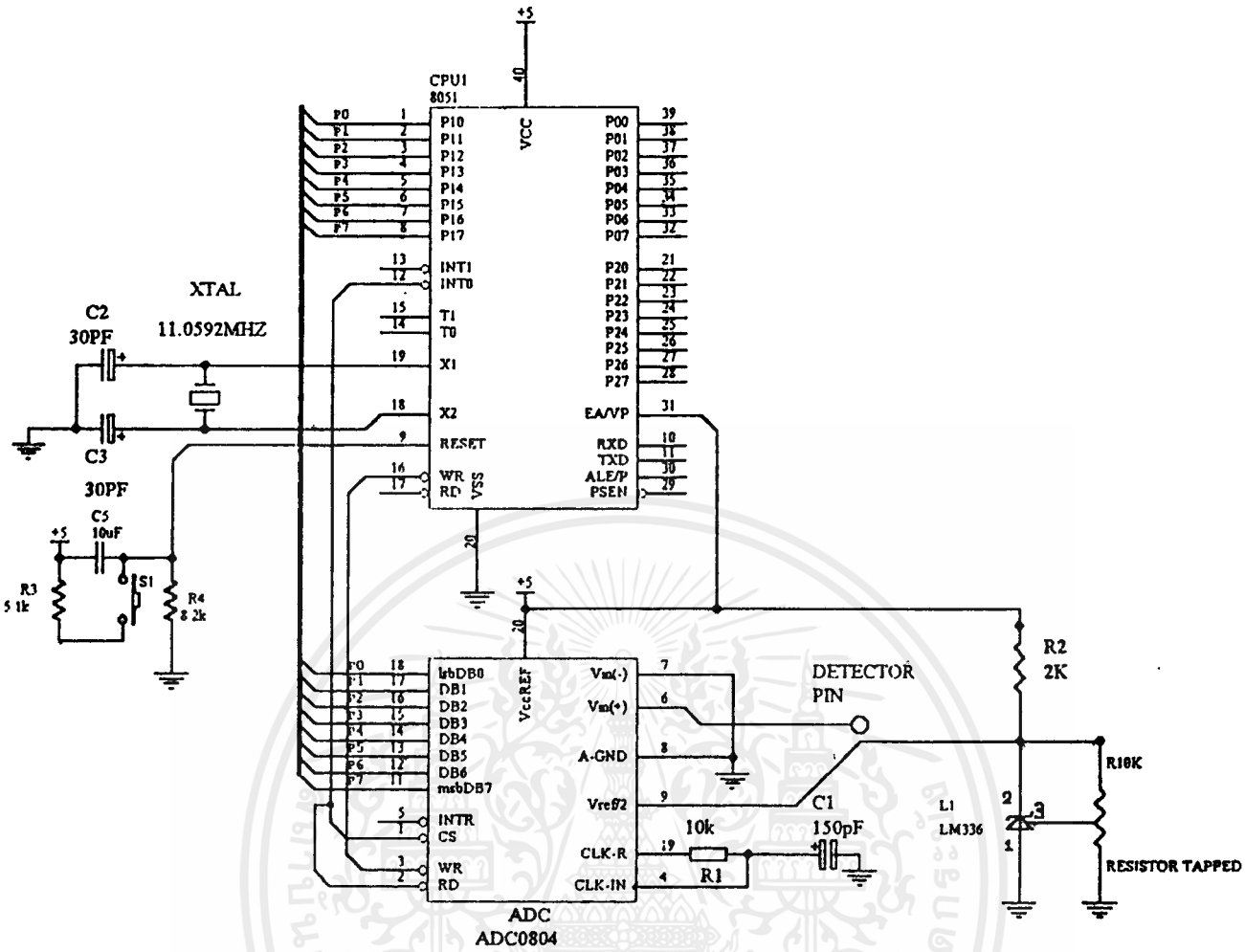
- ทำงานร่วมกันกับไมโครโปรเซสเซอร์ ได้ง่าย
- มีอินพุทผลต่างแรงดันอนาลอก
- ระดับสัญญาณทางด้าน อินพุท และเอาท์พุท สอดคล้องทั้งแรงดัน ทีทีแอลและมอส
- ทำงานด้วย แรงดันอ้างอิง 2.5 โวลต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัวไอซีเองเอง
- มีย่านระดับแรงดัน อินพุท 0 ถึง 5 โวลต์
- มี 20 ขา
- มีความเร็วในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (conversiontime) = 100μs

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ทำงานร่วมไมโครคอนโทเลเลอร์ MCS-51 นั้นมีการต่อวงจรร่วมกันดังรูป 2.13 ในการทำงานร่วมกันจำเป็นต้องเริ่ม start A/D ก่อน โดยทำให้ขา WR เป็น LOW ความเร็วในการแปลงสัญญาณเท่ากับ 100 μs เมื่อแปลงเสร็จแล้วก็จะมีสัญญาณออกมาที่ขา INTR เป็นระดับลอจิกสูง (high) ดังนั้น ในการเขียนโปรแกรม ต้องทำการเขียนพอร์ท A/D ก่อนนั้นคือทำให้ WR และ CS ของ A/D ทำงาน หลังจากนั้นก็รอขา INTR เป็นระดับลอจิกสูง (high) แล้วจึงอ่านข้อมูลเข้าไปเก็บเป็นการสิ้นสุดการทำงาน 1 รอบ หรืออีกวิธีหนึ่ง เมื่อทำการ start A/D แล้วให้วนลูปรอจนกว่าจะกินเวลาครบ 100 μs แล้วจึงมาอ่านค่า A/D ไปเก็บ

2.8 การดีเทคสัญญาณและดีเทคเตอร์

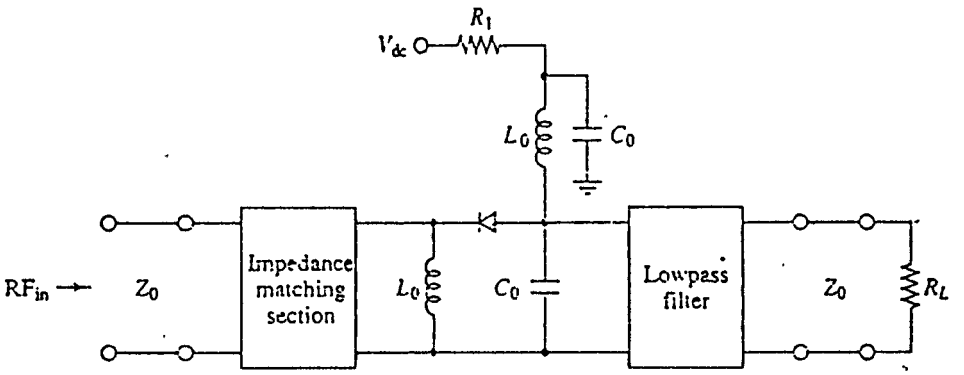
การดีเทคสัญญาณอาร์เอฟนั้น ทำได้ด้วยการนำสัญญาณเข้าอินพุทของอุปกรณ์ดีเทค ซึ่งเรียกว่า "ดีเทคเตอร์" ซึ่งประกอบด้วย วงจรแมตช์ชิ่งอิมพิแดนซ์ และ ไดโอด และวงรกรองความถี่ต่ำ ซึ่งส่วนวงจรกรองความถี่นั้นอาจจะไม่ใช่วงจรกรองความถี่ต่ำก็ได้ แล้วแต่ว่าต้องการสัญญาณอะไรออกมา ในส่วนวงจรแมตช์ชิ่งอิมพิแดนซ์นั้นเป็นการทำให้อิมพิแดนซ์ ดีเทคเตอร์กับสายนำสัญญาณเท่ากันเพื่อให้การส่งผ่านสัญญาณกันได้สูงสุด และไดโอดจะทำให้ความถี่ที่ผ่านเข้ามานั้น เมื่อไดโอดออกไปสัญญาณจะมีส่วนประกอบ ที่เป็น ดีซี, ฮาร์โมนิคต่างๆ ปรกติการดีเทคสัญญาณจะสนใจเพียงสัญญาณเดียวซึ่งจะใช้วงจรกรองความถี่ กรองสัญญาณที่ต้องการออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าในรูปนั้นใช้วงจรกรองความถี่ต่ำ ซึ่งสัญญาณที่ต้องการจะได้เป็นสัญญาณ ดีซี ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

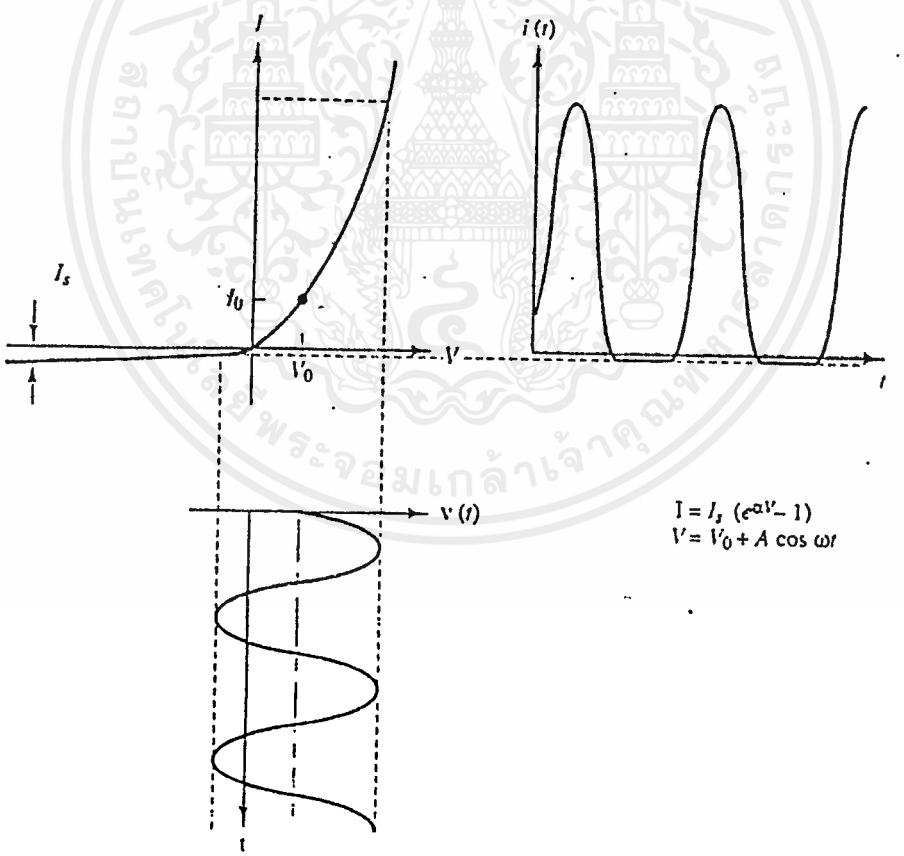


รูปที่ 2.13 วงจรเชื่อมต่อ MCS51 กับ ADC0804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 วงจรดีเทคเตอร์



รูปที่ 2.15 กราฟคุณลักษณะ I-V ของไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดระดับสัญญาณนั้น เราดีเทคสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณดีซี ซึ่งจะแปรผันตามระดับสัญญาณอาร์เอฟที่เข้ามา ดังการแสดงสมการต่อไปนี้

$$i(t) = Is(\exp(\alpha Vi(t) - 1) \quad (2.45)$$

ขณะที่

$$\alpha = q/(nkT) \quad (2.46)$$

Is : กระแสย้อนกลับอิ่มตัว

q : ประจุไฟฟ้า

k : ค่าคงที่ โบลต์มันน์

n : เฟคเตอร์คุณสมบัติของไดโอด

Vo,Io : จุดทำงาน ดีซีของไดโอด

ให้ $$Vi(t) = Vo + ACos\omega t \quad (2.47)$$

สมการ 2.47) แทนใน 2.45) และทำการขยายอนุกรมเทเลอร์ ของเอ็กซ์โปเนนเชียล จะได้

$$i(t) = Is(\exp(\alpha Vo)-1) = Io$$

$$i/Io = 1+\alpha ACos\omega t+(\alpha^2/2)(ACos\omega t)^2+..... \quad (2.48)$$

เราเลือกมาแค่ 3 เทอม

$$i/Io = 1+\alpha ACos\omega t+(\alpha^2 A^2)/2+ (\alpha^2 A^2)/2Cos2\omega t \quad (2.49)$$

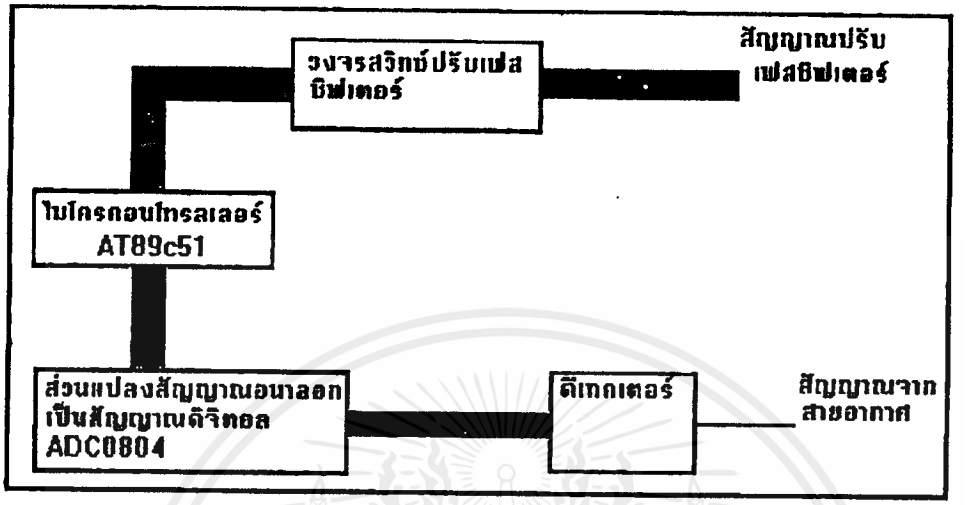
จะเห็นว่าถ้าเราต้องการเฉพาะ สัญญาณดีซี ก็ทำได้โดยกรองความถี่ที่ สูงออกไปโดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำที่ความถี่คัดออฟต่ำกว่า $\omega/(2\pi)$ จะได้สัญญาณออกมาเป็น ดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การคำนวนและการสร้าง

3.1บล๊อกไดอะแกรมของระบบ



รูปที่ 3.1 บล๊อกไดอะแกรมของระบบ

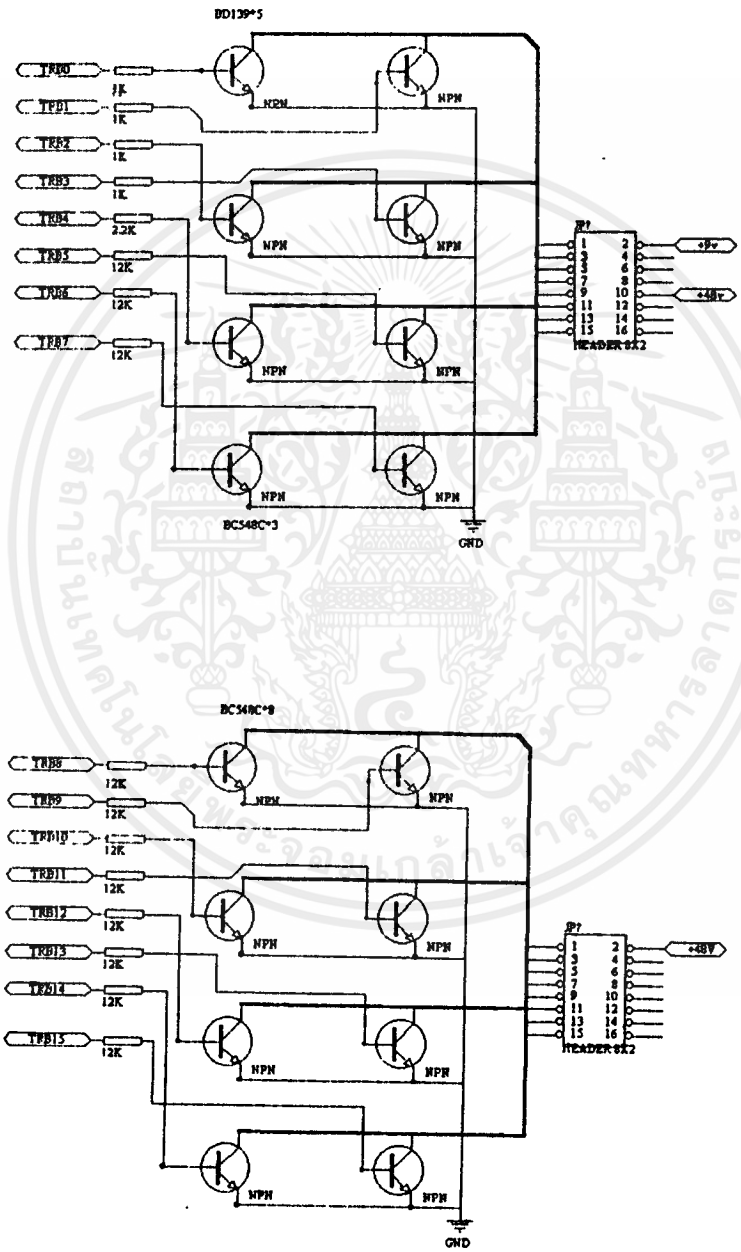
จากรูปที่ 3.1บล๊อกไดอะแกรมของระบบ สัญญาณจากสายอากาศจะเข้ามาที่ส่วนวงจรรับสัญญาณวงจรดีเทคเตอร์ เมื่อสัญญาณจากสายอากาศผ่านดีเทคเตอร์แล้ว จะได้ระดับแรงดันค่าหนึ่งส่งให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งค่าที่ได้มาเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลว่าสัญญาณที่รับได้มีระดับสูงสุดหรือไม่ โดยกระทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบระดับสัญญาณในแต่ละการเปลี่ยนเฟสของสายอากาศดาร์เรย์ ที่ทำให้กับสายอากาศนั้นรับสัญญาณได้สูงสุด แล้วเมื่อสัญญาณที่รับได้ต่อเนื่องมามีระดับต่ำลง โปรแกรมจะส่งสัญญาณไปให้วงจรสวิทช์เปลี่ยนเฟสของสายอากาศ สวิทช์ติดตามสัญญาณสูงสุดรับมาอีกตามการควบคุมของโปรแกรม หลังจากที่ทราบความสัมพันธ์ของระบบแล้ว จึงได้เลือกวงจร และออกแบบวงจรดังจะแสดงต่อไป

3.2วงจรที่ทำการเชื่อมต่อ

วงจรประกอบด้วย ส่วนที่เป็นการ[illegible]อนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลก็คือ วงจรที่ต่อร่วมกับ ไอซี ADC0804 และมีวงจรที่ควบคุมแรงดันอ้างอิง 2.5 โวลต์ ให้กับ ADC0804 โดยใช้ LM336 2.5V ซึ่งเป็นไดโอดแรงดันอ้างอิง(Voltage Reference Diode)ปรับระดับแรงดันอ้างอิง 2.5 V ที่ ขา Vref/2 ของ ADC0804 และ ADC0804 จะส่งสัญญาณที่แปลงมาได้ไปให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 จากขา D0 ถึง D7 ไปที่พอร์ทหนึ่ง ของ AT89C51 ซึ่งใน AT89C51จะมีโปรแกรมควบคุมวงจรสวิทช์ปรับเฟสชิฟเตอร์และ ติดตามระดับสัญญาณสูงสุด AT89C51จะส่งสัญญาณควบคุมวงจรสวิทช์ปรับเฟสชิฟเตอร์ออกทาง ผ่านทางเอาท์พุทที่ได้จากตำแหน่งที่ DECODE ที่ E000H และ E001H ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ 74LS374 เป็น (Octal D-Type Transparent Latches and-triggered Flip-Flops) ส่วนวงจรสวิทช์

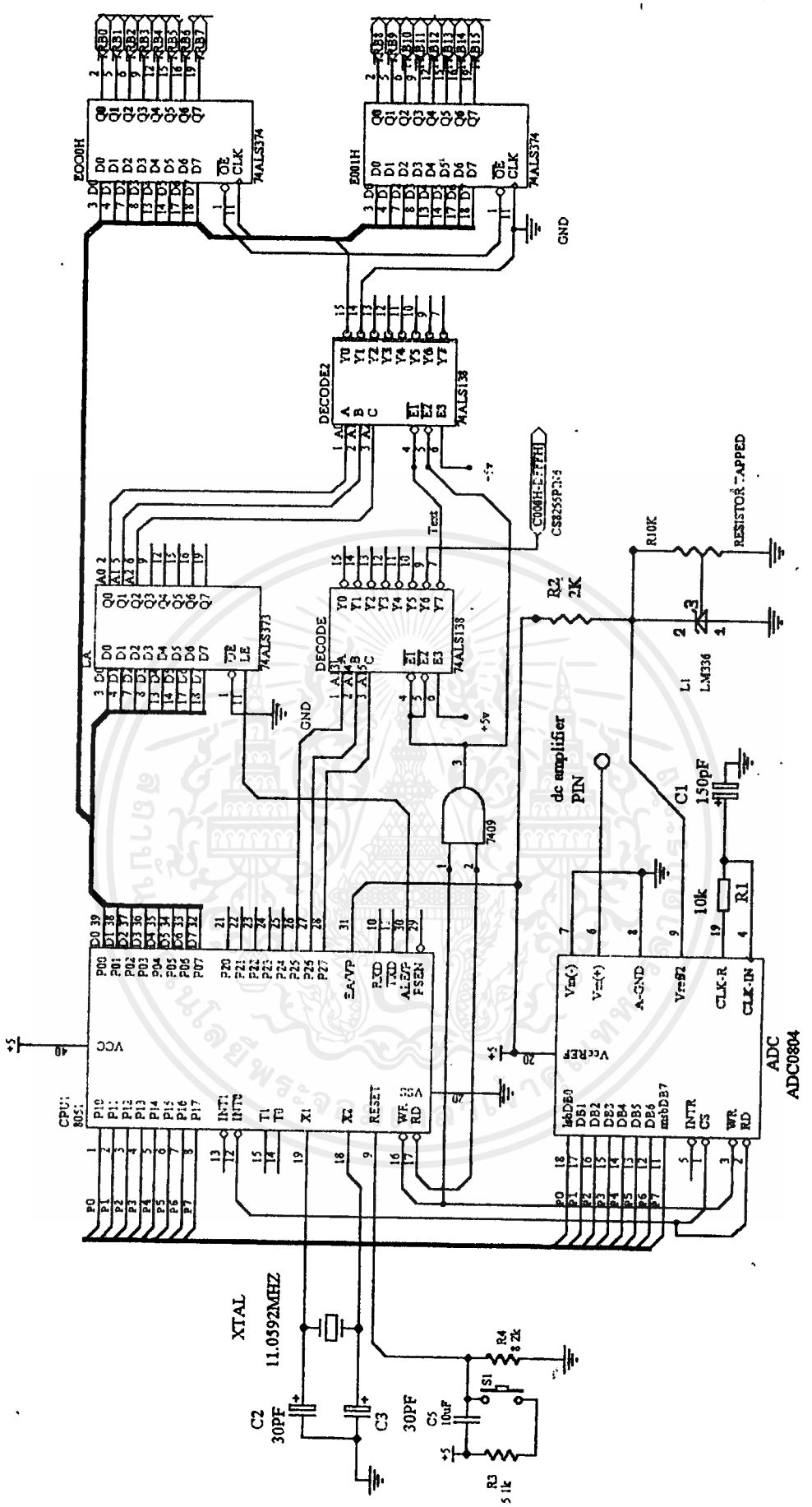
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับเฟสชิฟเตอร์ ประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ BC548C และ BD139 แล้วแต่ตัวเฟสชิฟเตอร์จะใช้ไฟเลี้ยงที่จะทำให้ทำงานเท่าไรจัดการไบอัส ให้อยู่ในการทำงานเป็นทรานซิสเตอร์สวิทช์ รูปวงจรการเชื่อมต่ออยู่ใน รูปที่ 3.2 และมีจอแอลอีดี แสดงผลว่าตอนนี้เฟสของสายอากาศมีผลทำให้บีมของสายอากาศอยู่ที่องศาที่เท่าไร และในระบบมีส่วนที่ ให้เลือกว่าจะเป็นระบบ อัตโนมัติหรือแบบเปลี่ยนเฟสสายอากาศเองโดยผู้ใช้เครื่องเอง วงจรส่วนนี้ใช้การขยายอินพุท,เอาท์พุท โดยใช้ไอซี 8255 ต่อรับค่าการกดสวิทช์เลือก



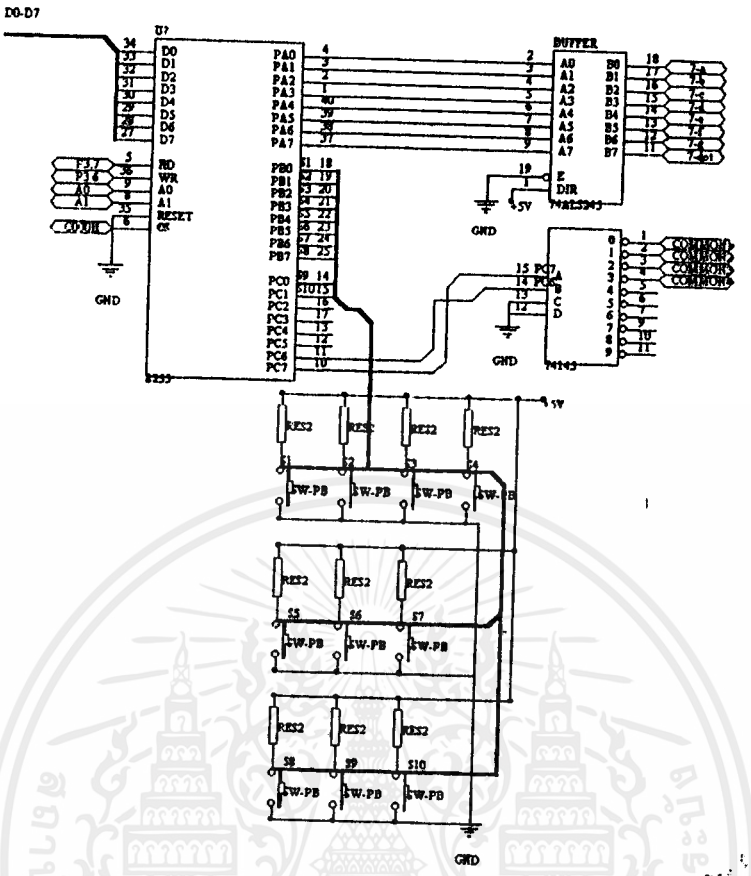
รูปที่ 3.2 วงจรทรานซิสเตอร์สวิทช์เฟสชิฟเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรแสดงผลแอลอีดี และ สวิทช์เลือกโหมดและเลือกเฟส

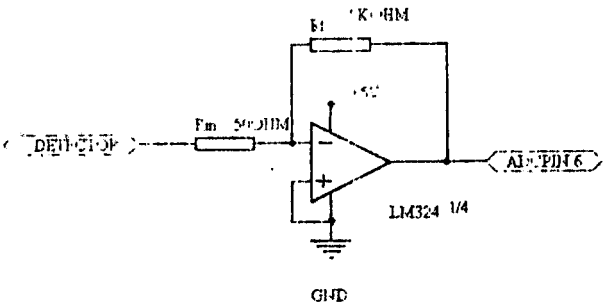
หลังจากที่ได้ประกอบวงจรที่ต้องการใช้ประมวลผล และควบคุมสวิทช์เฟสชิฟเตอร์แล้วต่อมาเป็นส่วนของวงจรรับสัญญาณ ซึ่งเราจะใช้ ดีเทคเตอร์ เบอร์ 75KC50 ซึ่งมีการดีเทคเตอร์ สัญญาณอาร์เอฟในความถี่ที่ต้องการได้ คือ ความถี่ที่ 2.45 GHz แต่เนื่องจากเอาท์พุทที่ออกมาจาก ดีเทคเตอร์นั้น มีระดับแรงดันที่ต่ำเพราะฉะนั้น เราต้องมี วงจรขยายแรงดัน ดีซี ก่อนที่จะเข้า วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล วงจรขยายแรงดันดีซีนั้นใช้ ออปแอมป์ เบอร์ LM324 ที่ใช้ไฟเลี้ยงเดียวได้(+5V) ต่อเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟส เพราะเนื่องจากว่า ดีเทคเตอร์นั้นเป็นแบบลบก็คือระดับดีซีที่ออกมาทางเอาท์พุทนั้นเป็นค่าลบ จึงต้องขยายกลับมาให้เป็นบวก

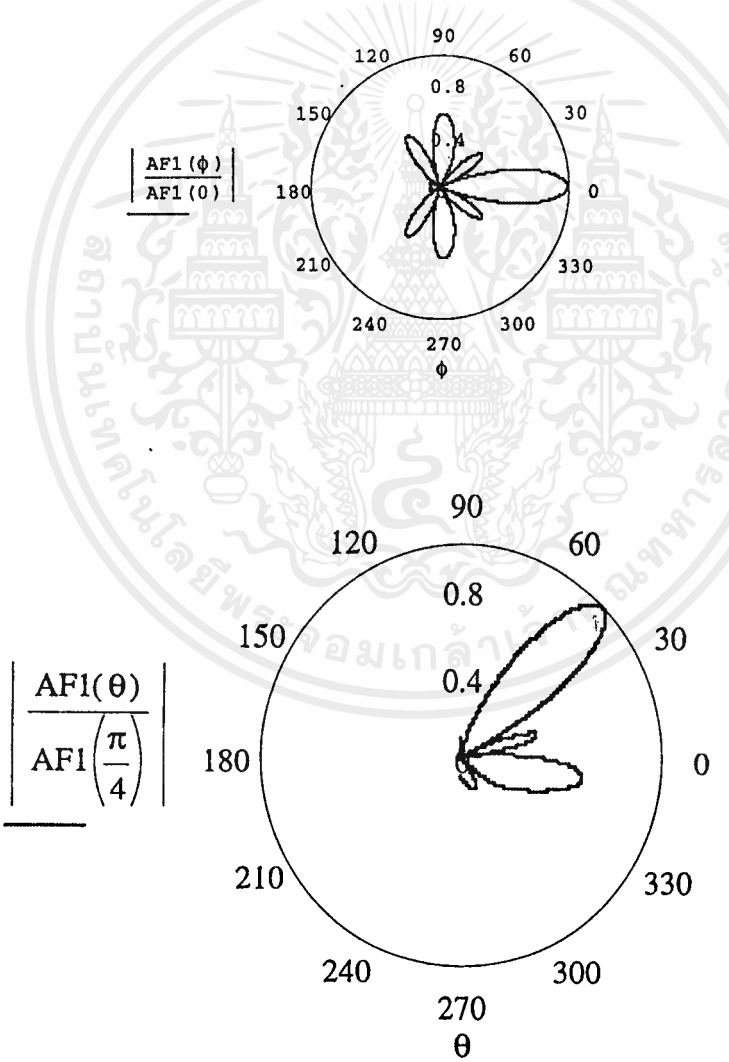
วงจรขยายจะใช้การขยาย 100 เท่าตามสูตร อัตราการขยายของวงจรขยายแบบกลับเฟสของออปแอมป์นั้นก็คือ

$$-R_f/R_{in} \qquad (3.1)$$

ดังรูปวงจรที่3.4ได้ $R_f = 5k\Omega$ และ $R_{in} = 50\Omega$ เพราะฉะนั้นจะได้ อัตราการขยายเท่ากับ 100 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.5 วงจรขยายแรงดัน ดีซี แบบกลับเฟสและแพทเทอร์นตัวอย่างของสายอากาศอาร์เรย์แบบวงกลมที่ใช้เพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมเฟสอาร์เรย์

จุดประสงค์หลักของโปรแกรมคือ สำหรับควบคุมสวิทช์ที่ได้สำหรับปรับเฟสชิฟเตอร์ ซึ่งสายอากาศที่ใช้สำหรับโปรเจคนี้มีทั้งหมด 8 เอเลเมนท์ ถ้าจะให้บีมชี้ไปทางใดจะต้องปรับเฟสชิฟเตอร์ตามตาราง 3.1 ซึ่งจะต้องควบคุมโดยส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปที่ตำแหน่ง E000H และ E001H โดยกำหนดลอจิกควบคุมไว้ดังนี้

ตาราง 3.1 ตารางแสดงการกำหนดสัญญลักษณ์ของสวิทช์

สวิทช์	สวิทช์1,สวิทช์2 เปิด	สวิทช์1 - ปิด สวิทช์2 - เปิด	สวิทช์1 - ปิด สวิทช์2 - ปิด
A	1	2	3
B	3	2	1
1	1	2	3
2	1	2	3
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	2	3
6	1	2	3

หมายเหตุ

1. คือ สายที่มี เฟส 0 องศา
2. คือ สายที่มี เฟส $+\sqrt{2\pi}$, -105 องศา
3. คือ สายที่มี เฟส $-\sqrt{2\pi}$,+105 องศา

โดย 1 เอเลเมนท์ จะควบคุมโดยบิทที่ 0 กับ บิทที่ 1 เช่น เอเลเมนท์ที่ 2 ควบคุมโดย บิทที่2 กับ บิทที่3 ของตำแหน่ง E000H และเอเลเมนท์ที่เหลือ จะเรียงต่อไปเรื่อยจนถึง บิทที่ 6 กับ บิทที่ 7 ของตำแหน่ง E001H เป็นเอเลเมนท์ที่ 8 ซึ่งเป็นเอเลเมนท์สุดท้าย โดยจะปรับให้บีมชี้ไปที่ไหนนั้นจะต้องปรับตามตาราง 3.2 โดยจะปรับบีมไปที่ 45^0, 90^0, 135^0, 180^0, 225^0, 270^0, 315^0, 360^0 ซึ่งหลักการของโปรแกรมคือ จะรับค่ามาจากวงจร เอทูดี นำค่าเข้ามาจากพอร์ต 1 แล้วนำค่านี้มาประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งสัญญาณควบคุมให้กับเฟสชิฟเตอร์ผ่านตำแหน่ง E000H และ E001H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.2 แสดงค่าของเฟสแต่ละเอเลเมนท์ที่เปลี่ยนไปเมื่อต้องการชี้ไปที่ทิศทาง($\varnothing_{/n}$)

θ_0	$\varnothing_{/n}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	π	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{7\pi}{4}$	2π
n	$\downarrow \varnothing_0$								
1	$\pi/4$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$
2	$\pi/2$	$-\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0
3	$(3\pi/4)$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$
4	π	$\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0
5	$(5\pi/4)$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$
6	$(3\pi/2)$	$\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0
7	$(7\pi/4)$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$
8	2π	$-\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$\sqrt{2\pi}$	0	$-\sqrt{2\pi}$	0

<u>การทำงานของโปรแกรม</u>

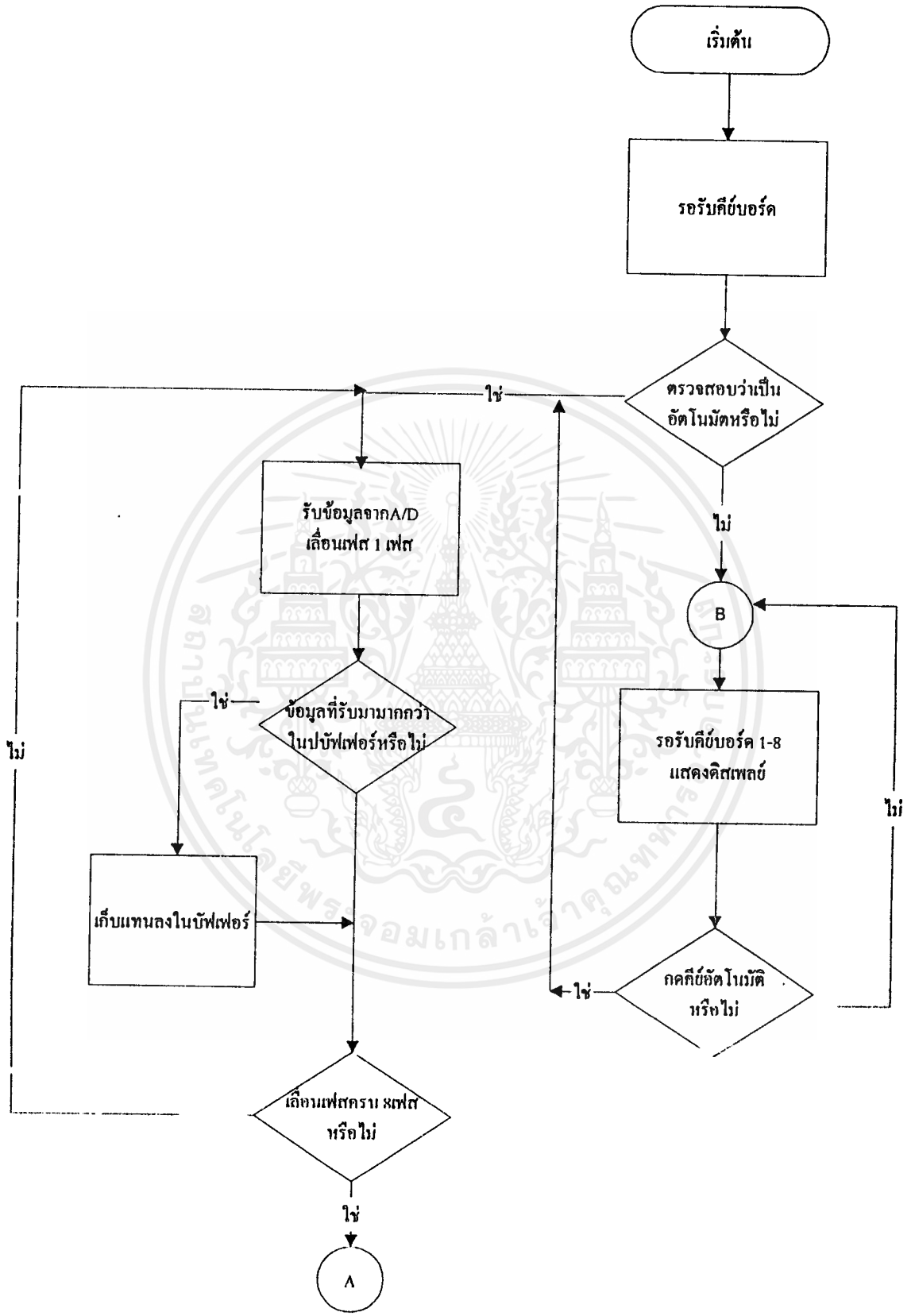
แบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนของอัตโนมัติกับกึ่งอัตโนมัติ

1. แบบกึ่งอัตโนมัติ คือ รอรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดว่ามีการกดคีย์บอร์ดที่เฟสใด ถ้ากดเฟสใดก็ให้เปลี่ยนเฟสไปตามตารางที่ 3.2

2. แบบอัตโนมัติ

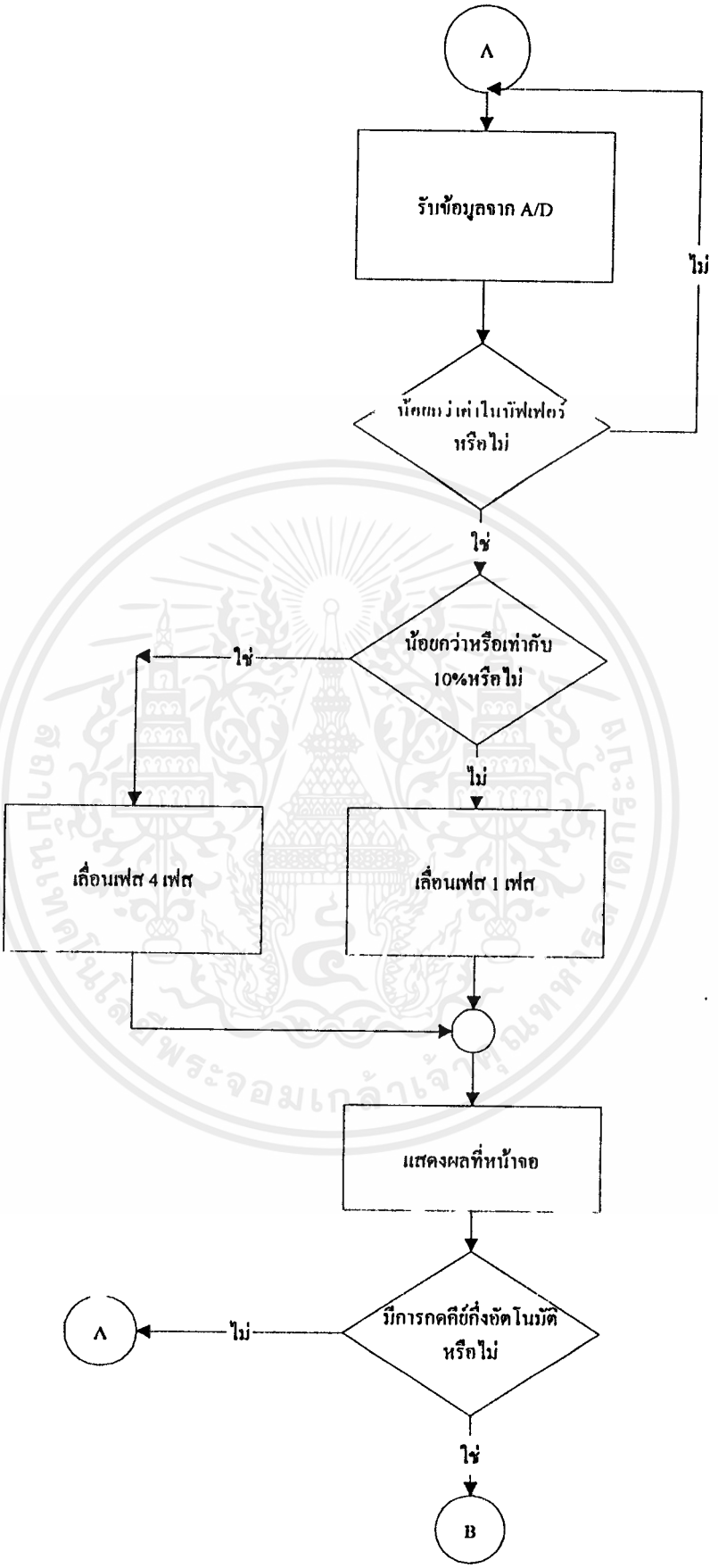
ในตอนแรกให้รับข้อมูลจาก เอทูดี แล้วเก็บค่าไว้จนกระทั่งเปลี่ยนเฟสครบ 8 เฟส แล้วเราจะเก็บค่าเฟสที่มีค่าสูงสุดไว้ และก็ให้เปลี่ยนเฟสไปที่เฟสที่เก็บไว้ในขั้นตอนต่อไป จะตรวจสอบรับสัญญาณที่รับจากเอทูดี มาว่ามีค่าน้อยกว่าระดับที่พอยอมรับได้หรือไม่ ถ้าอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ จะให้เฟสคงที่อยู่ที่เดิม แต่ถ้าสมมติว่าระดับสัญญาณที่รับจาก เอทูดี มีค่าน้อยกว่า จะให้เปลี่ยนเฟสต่อไปทีละเฟส จนกระทั่งค่าเฟสที่มีระดับสัญญาณอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ แต่ในระหว่างนี้เราจะมีการตรวจสอบด้วยว่าระดับสัญญาณที่รับเข้ามามีค่าน้อยเกินไปหรือไม่ ถ้าน้อยเกินไปให้เปลี่ยนทีเดียว 4 เฟส และจะกระทำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบค่าเฟสที่ให้สัญญาณอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาจท์แสดงการทำงานของโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมเฟสอาร์เรย์กึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ

```
        ORG 0000h
;ตั้งค่าโหมด 8255 A:O/P B:I/P CL:I/P CH:O/P
        MOV A,#83H
        MOV DPTR,#0C003H      ;ตั้งค่าพอร์ทควบคุม
        MOVX @DPTR,A
START:  MOV R1,#30H           ;สำหรับเก็บค่าแสดงผล
        MOV R3,#04H
        MOV 70H,#00H          ;สำหรับเก็บค่าของสัญญาณ
        MOV R2,#08H
        MOV R4,#00H
INCLED: MOV @R1,#00H          ;เคลียร์จอแสดงผล
        INC R1
        DJNZ R3,INCLED
S:      MOV DPTR,#0C002H      ;ตรวจสอบการกดสวิทซ์เลือกโหมด
        MOVX A,@DPTR
        CJNE A,#0BH,KEYAUTO
        JMP S
KEYAUTO:CALL KEYDOWN

;ตรวจสอบว่ากดคีย์ที่โหมดใด
AUTO:   CJNE A,#0AH,MANUL
        LCALL DAUTO
        JMP INIT
MANUL:  CJNE A,#09H,CB
        LCALL DMANUL
        JMP MMANUL
CB:     JMP S

;ส่วนโปรแกรมอัตโนมัติ
INIT:       MOV   70H,#00H
            MOV   R2,#09H
            MOV   R4,#00H
INIT1:      INC R4
            LCALL SHOLED
            LCALL DELAY1
            LCALL SWITCH
            CLR P3.2
            MOVX @DPTR,A
            CALL DELAY100
            MOV A,P1
            CJNE A,70H,NOT_EQ
            MOV 70H,A
NOT_EQ:     JC PHV
            MOV 70H,A
            MOV 0F0H,#09H
            DIV AB
            MOV 0F0H,#07H
            MUL AB
            MOV 75H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL DELAY1
                MOV 0F0H,R4
PHV:            DJNZ R2,INIT1
                MOV  R4,0F0H
                LCALL SWITCH
                LCALL SHOLED
                MOV A,70H
                MOV 0F0H,#0AH
                DIV AB
                MOV 72H,A
MAINAU:         LCALL DELAY1
                CLR P3.2
                MOVX  @DPTR,A
                CALL DELAY100
                MOV A,P1
                CJNE A,75H,CH
                SJMP MAINAU
CH:             JC MOVESW
                CLR C
                SJMP MAINAU
MOVESW:         CLR C
                CJNE A,72H,ADJ4
                JNC AD4
ADJ4:           JC AD4
                INC R4
                JNC CH8
AD4:            INC R4
                INC R4
                INC R4
                INC R4
CH8:            CJNE R4,#09H,CONV
                MOV R4,#01H
                JNC CON
CONV:           JC  CON
                MOV 73H,A
                MOV A,R4
                SUBB A,#08H
                MOV R4,A
                MOV A,73H
CON:            LCALL SWITCH
                MOV DPTR,#0C002H
                MOVX A,@DPTR
                CJNE A,#09H,BA
                LCALL KEYDOWN
                LCALL DMANUL
                JMP   MMANUL
BA:             JMP MAINAU
DELAY1:     MOV  R0,#99H
LOOPJ:      MOV  R7,#00H
LOOP3:      DJNZ R7,LOOP3
            LCALL SHOLED
            NOP
            NOP
            NOP
            DJNZ R0,LOOPJ
            RET
```

;ส่วนโปรแกรมกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MMANUL: LCALL SHOLED
        MOV DPTR,#0C001H
        MOVX A,@DPTR
        CJNE A,#0FFH,KEYMANUL
        MOV DPTR,#0C002H
        MOVX A,@DPTR
        CJNE A,#0B,ITRA
        JMP MMANUL
KEYMANUL:LCALL KEYDOWN
        LCALL CHGVA1
        MOV 30H,#37H
        JMP MMANUL
ITRA:   LCALL KEYDOWN
        CJNE A,#0AH,MMANUL
        LCALL DAUTO
        LJMP INIT
```

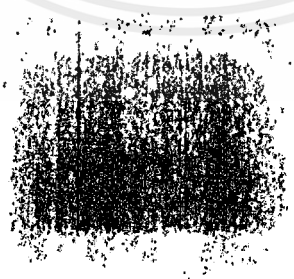
;แสดงผล 7 เซกเมนท์

```
SHOLED: MOV R1,#30H
        MOV DPTR,#0C000H
        MOV A,@R1
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#0C002H
        MOV A,#0C0H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DELAY

        INC R1
        MOV DPTR,#0C000H
        MOV A,@R1
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#0C002H
        MOV A,#70H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DELAY

        INC R1
        MOV DPTR,#0C000H
        MOV A,@R1
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#0C002H
        MOV A,#80H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DELAY

        INC R1
        MOV DPTR,#0C000H
        MOV A,@R1
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#0C002H
        MOV A,#00H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DELAY
        RET
```



;ส่วนแก้ความผิดพลาดการกดคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEYDOWN:MOV 60H,A
        LCALL DELAY
        MOVX A,@DPTR
        CJNE A,60H,RETURN

BACK:   MOVX A,@DPTR
        MOV 61H,A
        LCALL DELAY
        MOVX A,@DPTR
        CJNE A,61H,BACK
RELEASE:MOV A,60H
RETURN: RET
```

;ตรวจสอบค่าในโหมดกึ่งอัตโนมัติ

```
CHGVA1: CJNE A,#0FEH,CHGVA2
        MOV R4,#01H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA2: CJNE A,#0FDH,CHGVA3
        MOV R4,#02H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA3: CJNE A,#0FBH,CHGVA4
        MOV R4,#03H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA4: CJNE A,#0F7H,CHGVA5
        MOV R4,#04H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA5: CJNE A,#0EFH,CHGVA6
        MOV R4,#05H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA6: CJNE A,#0DFH,CHGVA7
        MOV R4,#06H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA7: CJNE A,#0BFH,CHGVA8
        MOV R4,#07H
        CALL SWITCH
        RET
CHGVA8: CJNE A,#7FH,TURN
        MOV R4,#08H
        CALL SWITCH
TURN:   RET
```

;โปรแกรมย่อยสำหรับควบคุมสวิทช์

```
SWITCH: CJNE R4,#01H,C2
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV A,#80H
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV A,#0C8H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN45
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET
C2:     CJNE R4,#02H,C3
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#3FH
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV  A,#22H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN90
        RET
C3:     CJNE R4,#03H,C4
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#0C0H
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV  A,#88H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN135
        RET
C4:     CJNE R4,#04H,C5
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#3EH
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV  A,#23H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN180
        RET
C5:     CJNE R4,#05H,C6
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#0C8H
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV  A,#8CH
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN225
        RET
C6:     CJNE R4,#06H,C7
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#2EH
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV  A,#33H
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN270
        RET
C7:     CJNE R4,#07H,C8
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#88H
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
        MOV  A,#0CCH
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DAN315
        RET
C8:     CJNE R4,#08H,COME
        MOV  DPTR,#0E000H
        MOV  A,#2FH
        MOVX @DPTR,A
        INC  DPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          MOV  A,#32H
          MOVX @DPTR,A
          LCALL DAN360
COME:     RET
```

;ส่วนข้อมูลแสดงผล

```
DAN45:    MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#00H
          MOV 32H,#66H
          MOV 33H,#6DH
          RET
DAN90:    MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#00H
          MOV 32H,#6FH
          MOV 33H,#3FH
          RET
DAN135:   MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#06H
          MOV 32H,#4FH
          MOV 33H,#6DH
          RET
DAN180:   MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#06H
          MOV 32H,#7FH
          MOV 33H,#3FH
          RET
DAN225:   MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#5BH
          MOV 32H,#5BH
          MOV 33H,#6DH
          RET
DAN270:   MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#5BH
          MOV 32H,#07H
          MOV 33H,#3FH
          RET
DAN315:   MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#4FH
          MOV 32H,#06H
          MOV 33H,#6DH
          RET
DAN360:   MOV 30H,#00H
          MOV 31H,#4FH
          MOV 32H,#7DH
          MOV 33H,#3FH
          RET
DAUTO:    MOV 30H,#77H
          MOV 31H,#3EH
          MOV 32H,#31H
          MOV 33H,#3FH
          RET
DMANUL:   MOV 30H,#37H
          MOV 31H,#77H
          MOV 32H,#3EH
          MOV 33H,#38H
          RET

DELAY:    MOV R5,#07h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LOOP2:   MOV R6,#00h
LOOP1:   DJNZ R6,LOOP1
         DJNZ R5,LOOP2
         RET

DELAY100:MOV R5,#44H
LOOPA:   DJNZ R5,LOOPA
         NOP
         NOP
         RET
         END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

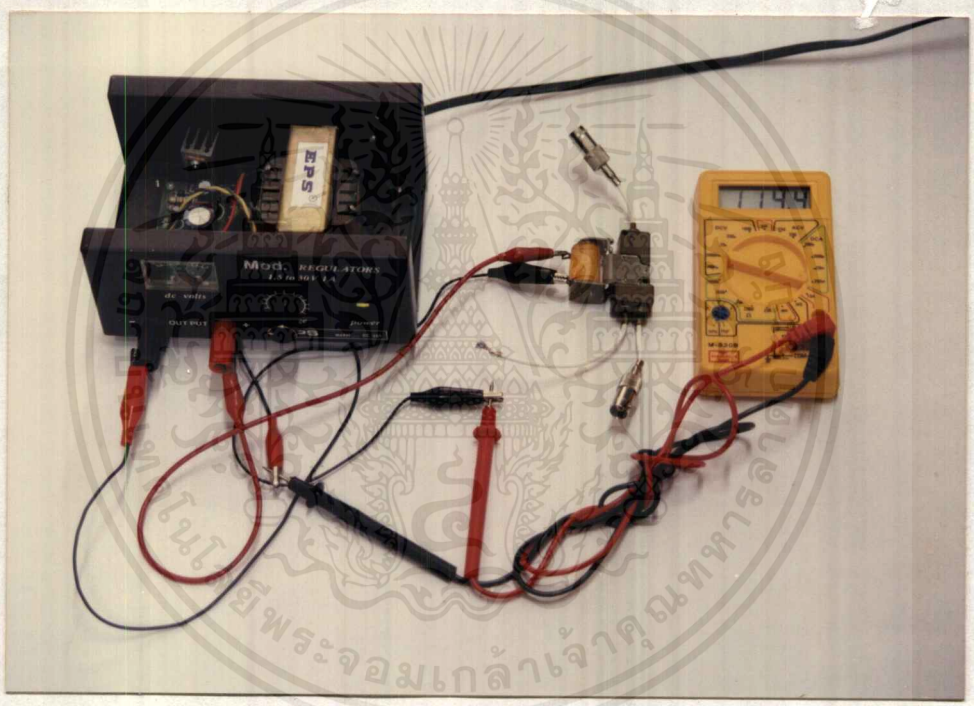
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

เรื่องการวัดกระแสของรีเลย์ขณะที่ทำงานเพื่อนำไปออกแบบสวิทช์ทรานซิสเตอร์

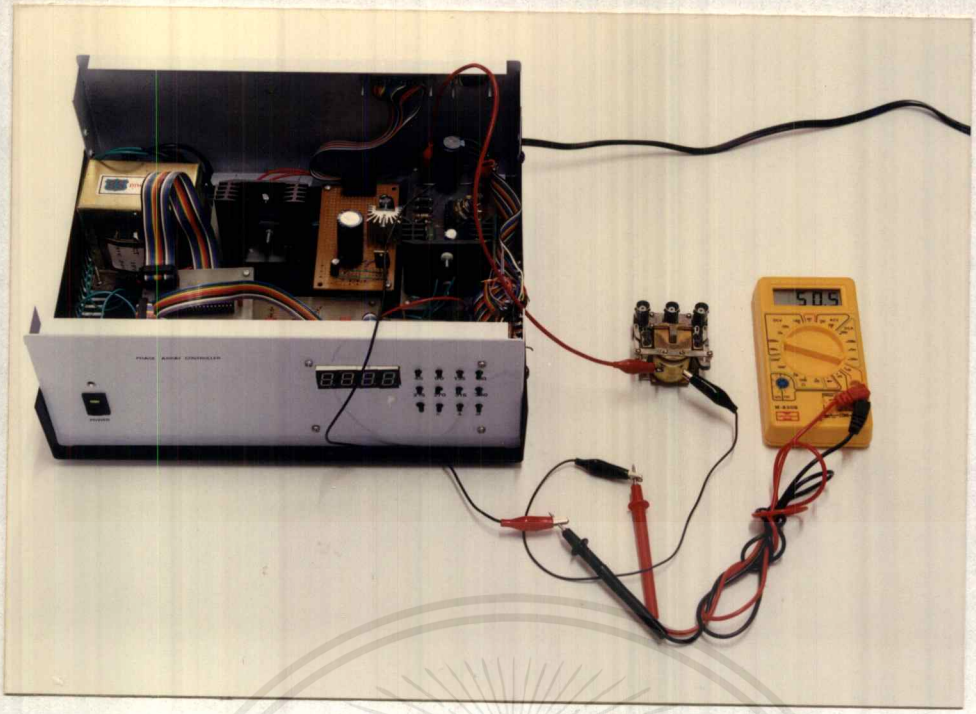
4.1.1 วิธีการทดลองที่ 1

1. ต่อวงจรวัดกระแสรีเลย์ดังรูปที่ 4.1, 4.2
2. อ่านค่ากระแสจากแอมป์มิเตอร์และบันทึกผล
3. นำค่าที่ได้ไปออกแบบโดยกระแสที่ได้คือ กระแสคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์นั้นเอง



รูปที่ 4.1 การวัดกระแสรีเลย์ที่ใช้แรงดัน 9 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การวัดกระแสรีเลย์ที่ใช้แรงดัน 48 V

ผลการทดลอง

จะได้ตามตารางที่ 4.1

แบบรีเลย์	แรงดันที่รีเลย์ใช้	กระแสที่วัดได้
รีเลย์แบบที่ 1	48V	49.7mA
รีเลย์แบบที่ 2	9V	114.4mA

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดกระแสของรีเลย์

4.2 การทดลอง

เรื่องการทดลองแรงดันไฟกระแสตรงจากดีเทคเตอร์ผ่านวงจรขยายกระแสตรง

4.2.1 วิธีการทดลองที่ 1

1. ต่อดีเทคเตอร์เข้ากับวงจรขยาย
2. ต่อดีเทคเตอร์เข้ากับเครื่องเน็ตเวิร์คอนาไลเซอร์โดยตั้งความถี่ที่ 2.45 GHz
3. ตั้งค่ากำลังงาน 10 dBm
4. วัดแรงดันเอ๊าท์พุทของดีเทคเตอร์ และเอ๊าท์พุทของวงจรขยายโดยใช้ดิจิตอลมิเตอร์ บันทึกผล
5. ลดค่าเกนเพาเวอร์ลงทีละ 1 dBm จนกระทั่งวัดค่าที่เอ๊าท์พุทของดีเทคเตอร์ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

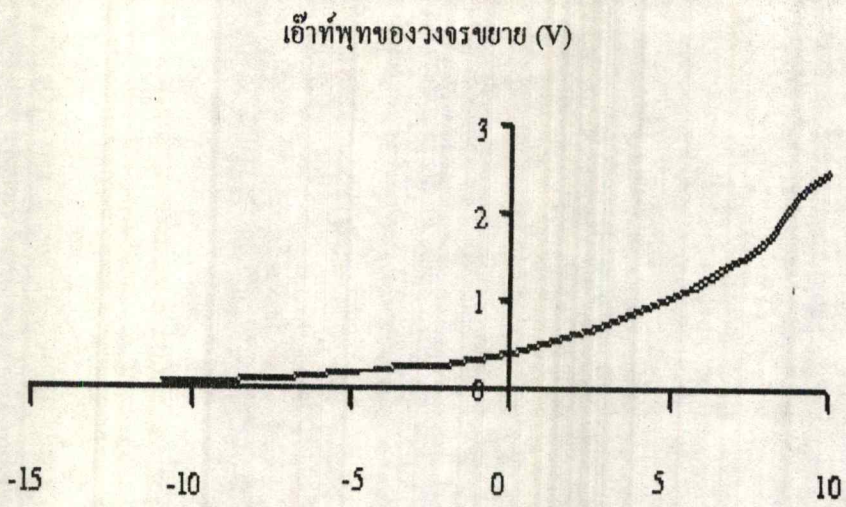
ผลการทดลอง

จะได้ตามตารางที่ 4.2

เอ๊าท์พุทของเน็ตเวิร์คอนาไลเซอร์(dBm)	เอ๊าท์พุทของดีเทคเตอร์ (mV)	เอ๊าท์พุทของวงจรขยาย (V)
10	-24.4	2.48
9	-21.4	2.18
8	-18.7	1.66
7	-16.2	1.43
6	-14	1.2
5	-11	1.04
4	-10	0.878
3	-8	0.733
2	-6.9	0.605
1	-5.7	0.499
0	-4.6	0.406
-1	-3.7	0.33
-2	-2.9	0.26
-3	-2.2	0.26
-4	-1.7	0.21
-5	-1.3	0.1706
-6	-0.9	0.1359
-7	-0.7	0.1083
-8	-0.4	0.0865
-9	-0.3	0.692
-10	-0.1	0.056
-11	-0.1	0.056

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเอ๊าท์พุทที่ออกจากดีเทคเตอร์และวงจรขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าเอ๊าท์พุทของดีเทคเตอร์ที่ผ่านวงจรขยาย

4.3 การทดลอง

การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

4.3.1 วิธีการทดลองที่ 1

นำเอาไอซีเบอร์ ADC0804 ต่อดังรูปที่ 2.13 ที่แสดงรูปการทดลองในรูปที่ 4.4 และ 4.5 ปรับค่าที่แรงดันที่ขา 9 เป็น 2.45 โวลท์ โดยปรับที่ ตัวความต้านทานปรับค่าได้ที่ควบคุมอยู่กับ ไอซีแรงดันอ้างอิง LM336 2.5 V

จากนั้นนำ LED มาต่อที่ เอ๊าท์พุทของตำแหน่ง E000 บิทที่0-7(74LS374) จากนั้นเขียนโปรแกรมโดยให้ค่าที่รับจากเอทูดี แสดงค่าออกที่ เอ๊าท์พุทของตำแหน่ง E000 บิทที่0-7(74LS374)

โดยป้อนค่าอินพุทจากเรคกูเรเตอร์เข้าที่ขาอินพุทของไอซีโดยปรับค่าตั้งแต่ 0-3โวลท์ โดย ปรับค่าแรงดันขึ้นครั้งละ 0.2 โวลท์

ผลการทดลอง

จะได้ค่าตามตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงค่ารหัสที่ได้จากอินพุทค่าต่างๆ

อินพุทที่ป้อนให้เอทูดี(โวลท์)	ค่ารหัสที่แสดงออกมาที่แอลอีดี
0	00000000
0.2	00001010
0.4	00010100
0.6	00011111
0.8	00101001

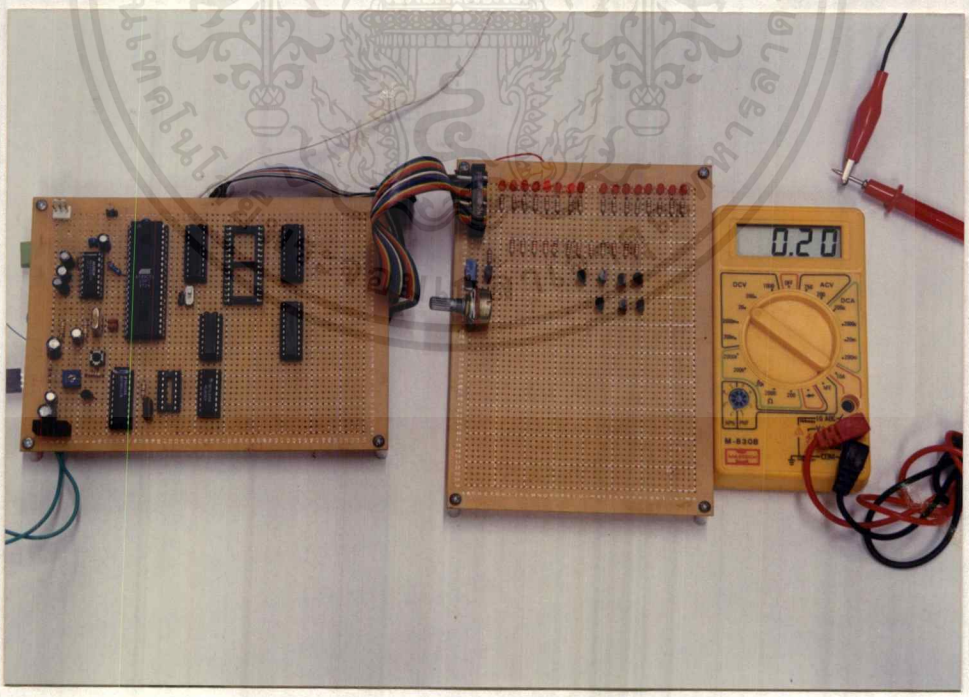
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	00110011
1.2	00111101
1.4	01000111
1.6	01010011
1.8	01011100
2	01100111
2.2	01110000
2.4	01111010
2.6	10000101
2.8	10001111
3	10011001

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าของรหัสที่ได้เมื่อป้อนอินพุทค่าต่างๆ

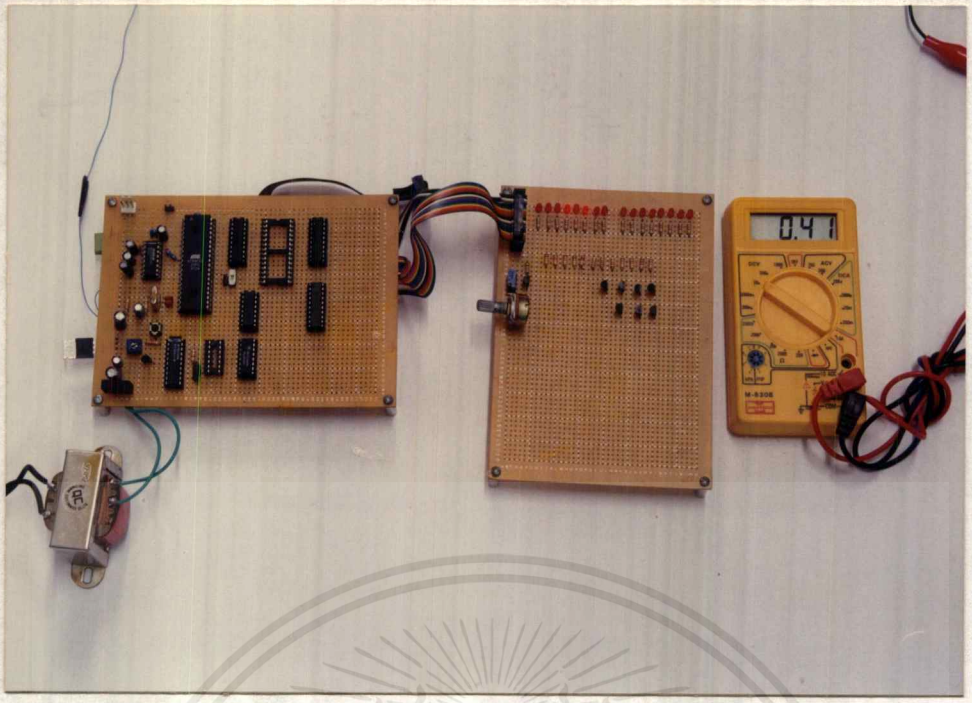
หมายเหตุ 1 แทน สภาวะหลอดแอลอีดีติด

0 แทน สภาวะหลอดแอลอีดีดับ



รูปที่ 4.4 แสดงรูปผลการทดลอง A/D ที่อินพุทเข้า A/D 0.2 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงรูปผลการทดลอง A/D ที่อินพุทเข้า A/D 0.4 V

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองที่ 4.3

```
MAIN:   CLR   P3.2              ; เริ่มต้น A/D
        MOVX  @DPTR, A
        CALL  DELAY
        MOV   A, P1
        MOV   DPTR, #0E000H     ;ตั้งค่าตำแหน่งเอ๊าท์พุท
        MOVX  @DPTR, A          ;นำค่าที่ได้ออกเอ๊าท์พุท
        SJMP  MAIN
DELAY:  MOV   R5, #44H          ;หน่วงเวลา 100µs
LOOPA:  DJNZ  R5, LOOPA
        NOP
        NOP
        END
```

4.4 การทดลอง

ตรวจสอบทำงานของโปรแกรม

4.4.1 วิธีการทดลองที่ 1

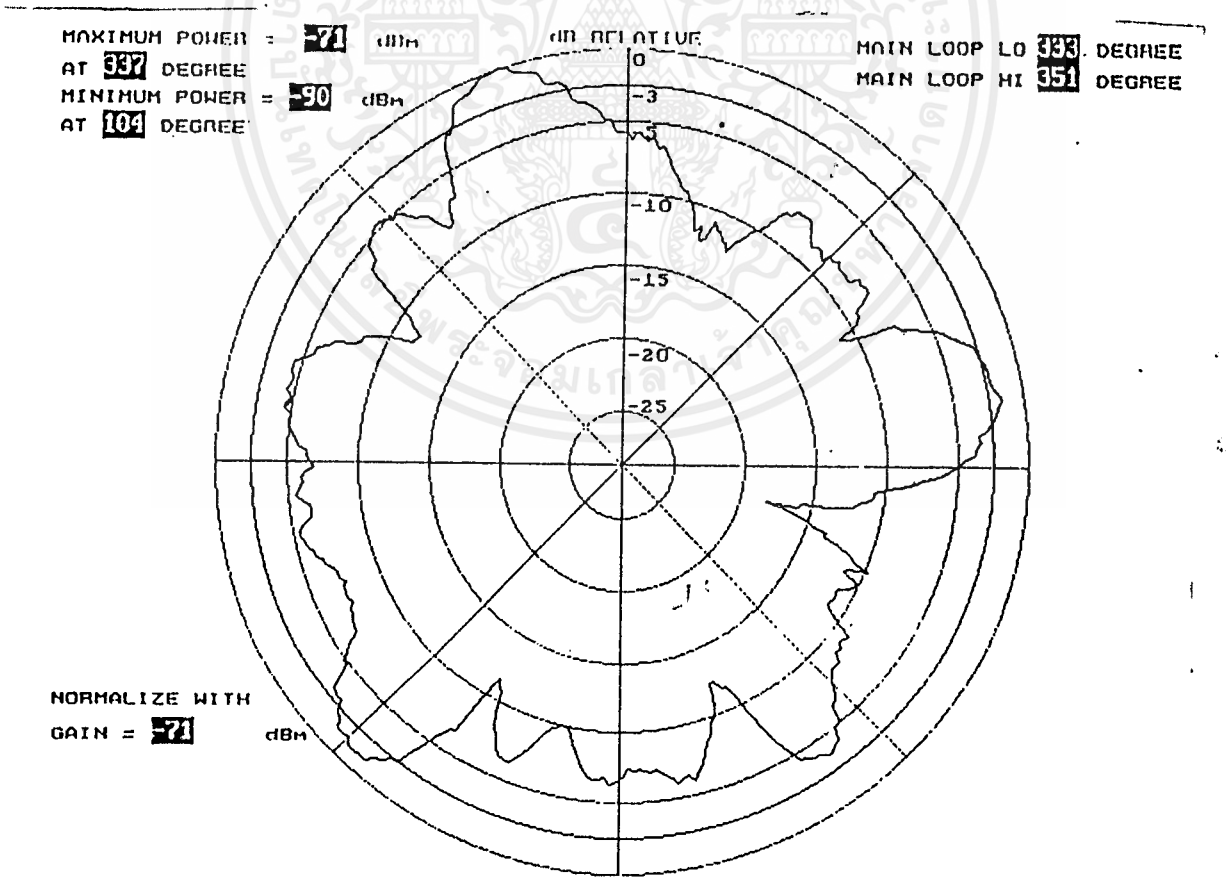
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเครื่องควบคุมเฟสของสายอากาศต่อกับสายอากาศ แล้วนำไปต่อกับเครื่องวัดแพทเทอร์นของสายอากาศ โดยตั้งตัวส่งอยู่ห่างจากสายอากาศ ประมาณ 3-4 เมตร โดยหันทิศทางของสายอากาศตัวรับมาที่เอเลเมนท์แรก คือที่ 45 องศา แล้วทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ปรับโหมดการรับให้อยู่ในโหมดกึ่งอัตโนมัติ
2. แล้วกดสวิทช์ปรับเฟสไปที่ 45 องศา
3. ทำการวัดแพทเทอร์นแล้วบันทึกผลการทดลอง
4. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 90 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง
5. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 135 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง
6. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 180 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง
7. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 225 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง
8. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 270 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง
9. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 315 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง
10. ทำการปรับสวิทช์ไปที่ 360 องศา ทำการวัดแพทเทอร์น แล้วบันทึกผลการทดลอง

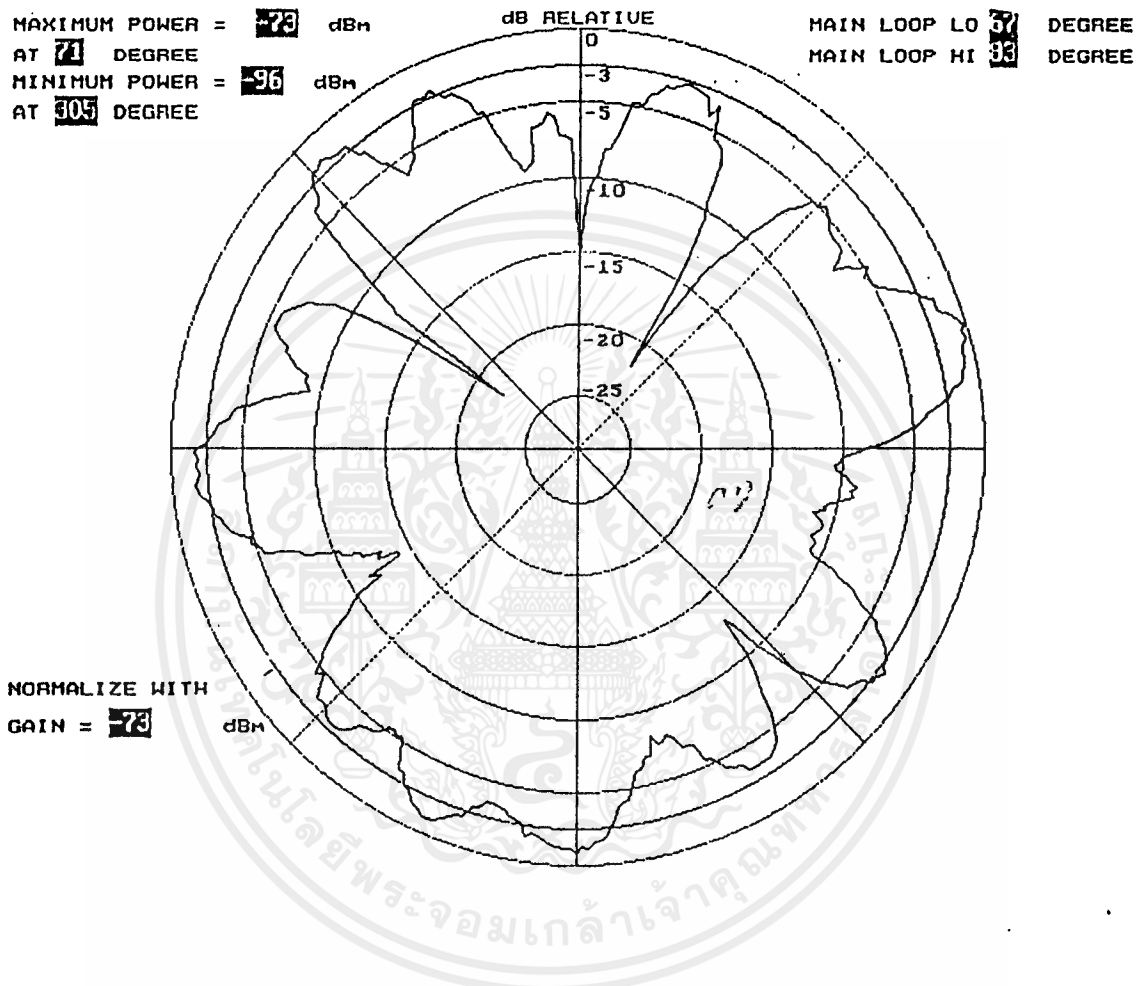
ผลการทดลอง

เมื่อทำการวัดแพทเทอร์นจะได้รูปดังต่อไปนี้



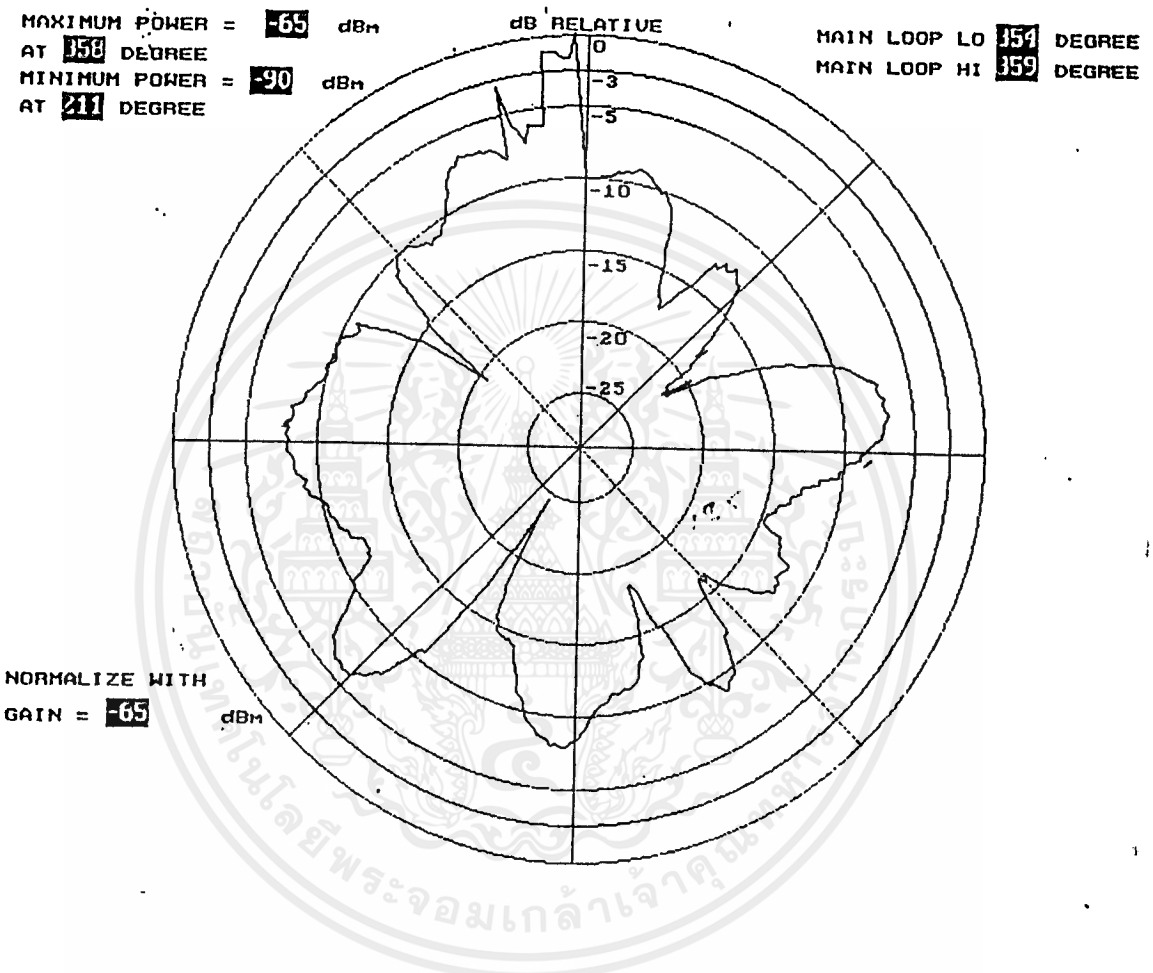
รูปที่ 4.6 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



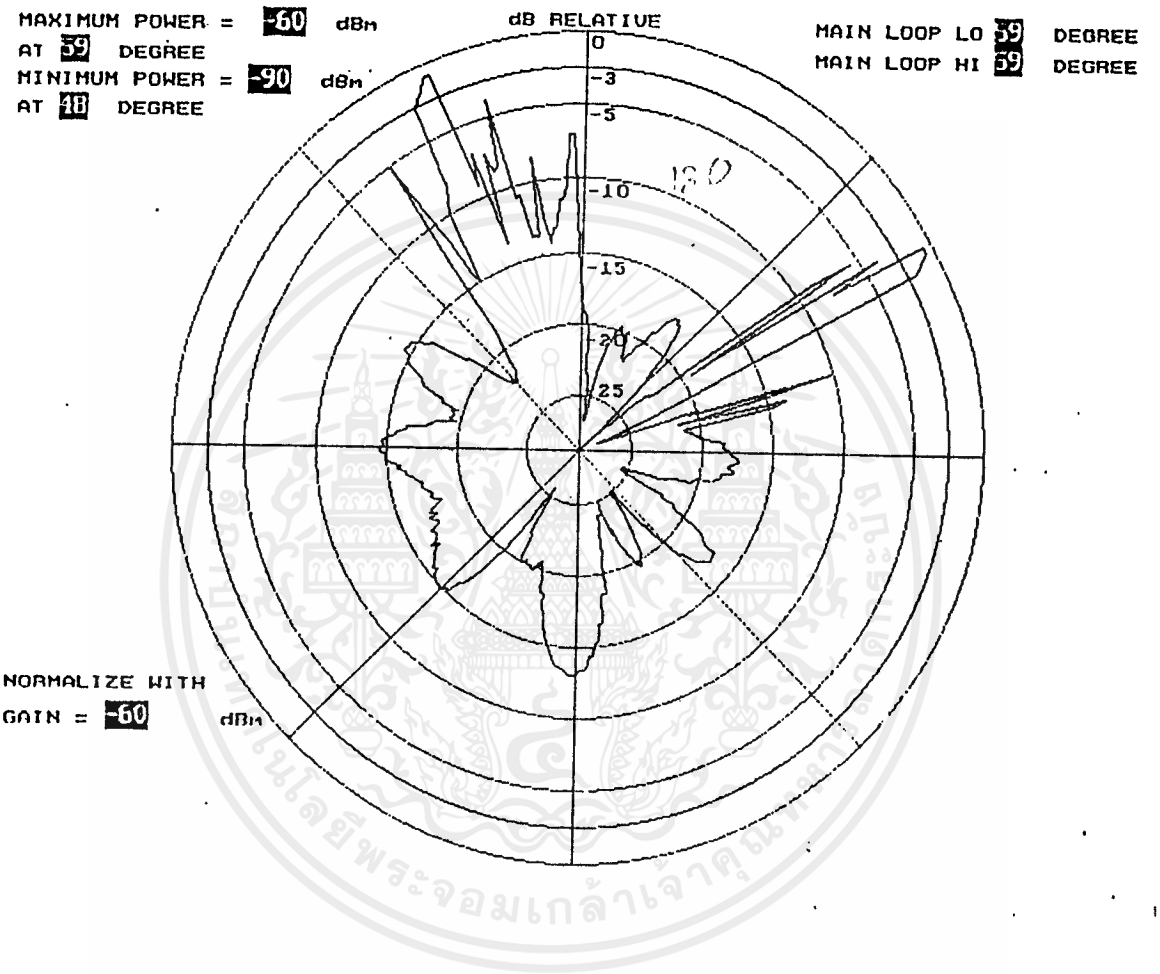
รูปที่ 4.7 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



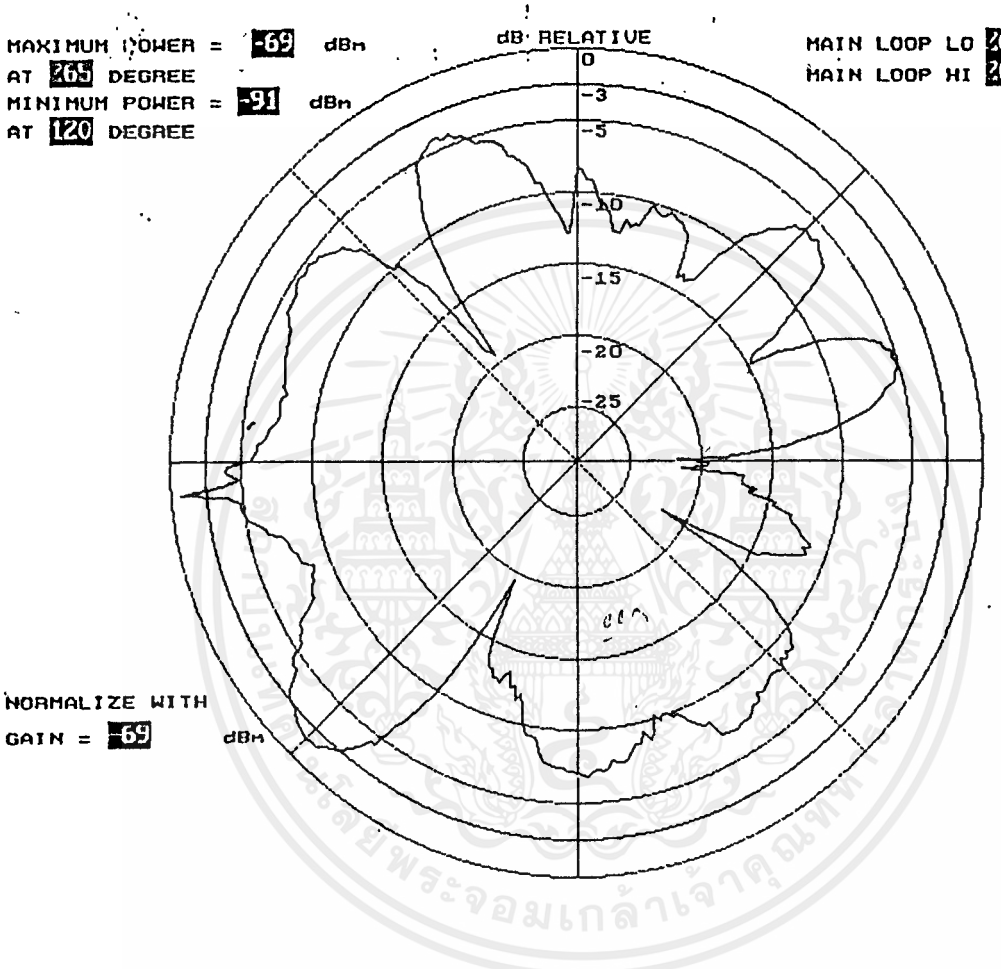
รูปที่ 4.8 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 135 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



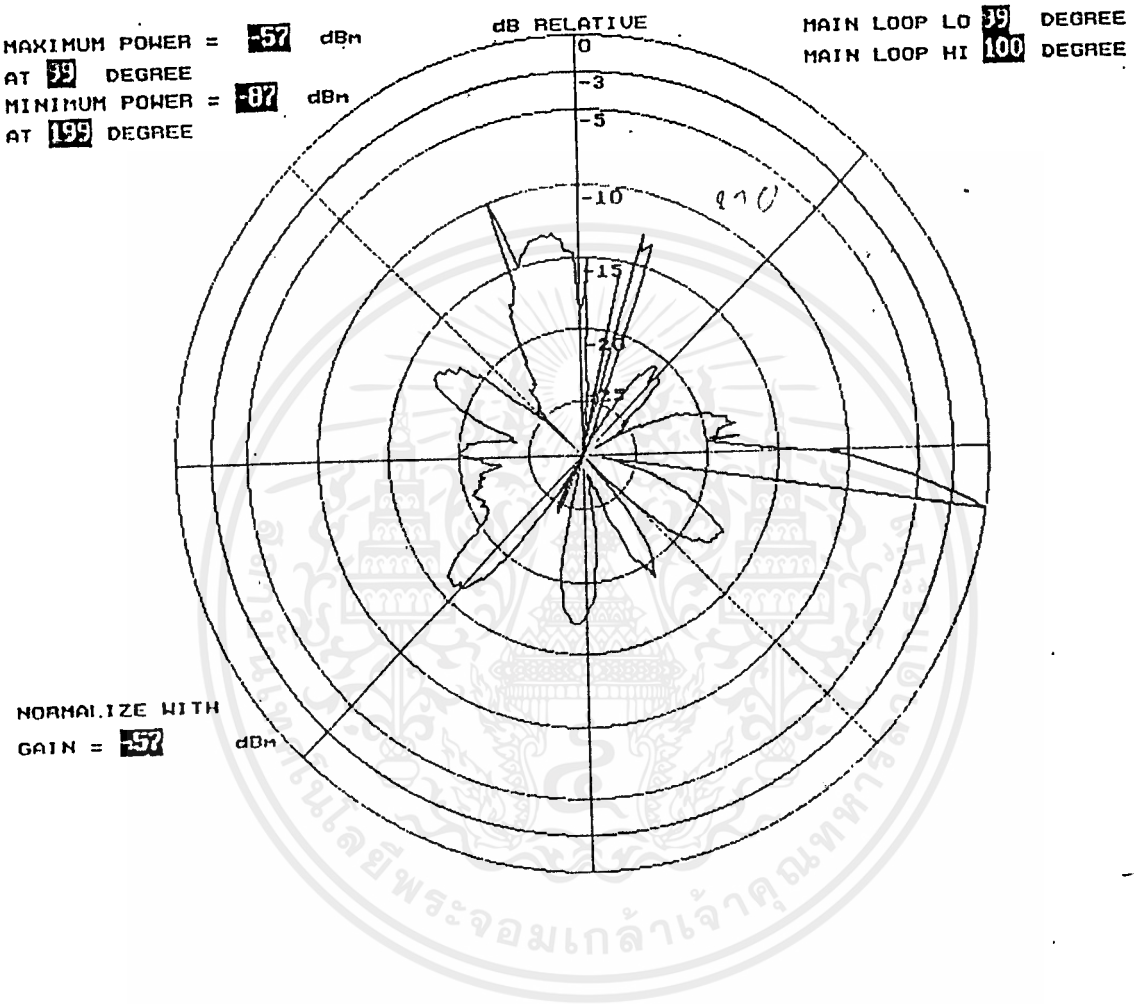
รูปที่ 4.9 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



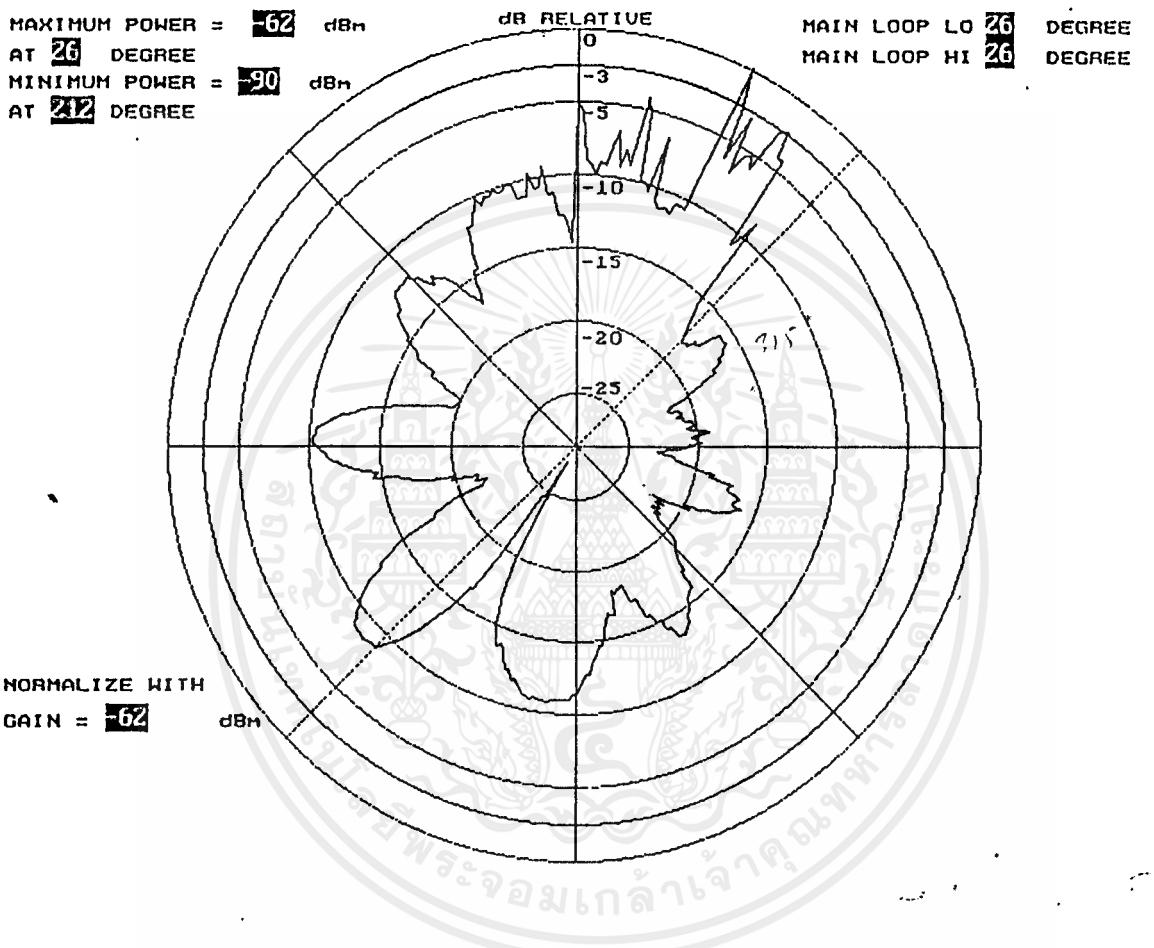
รูปที่ 4.10 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 225 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



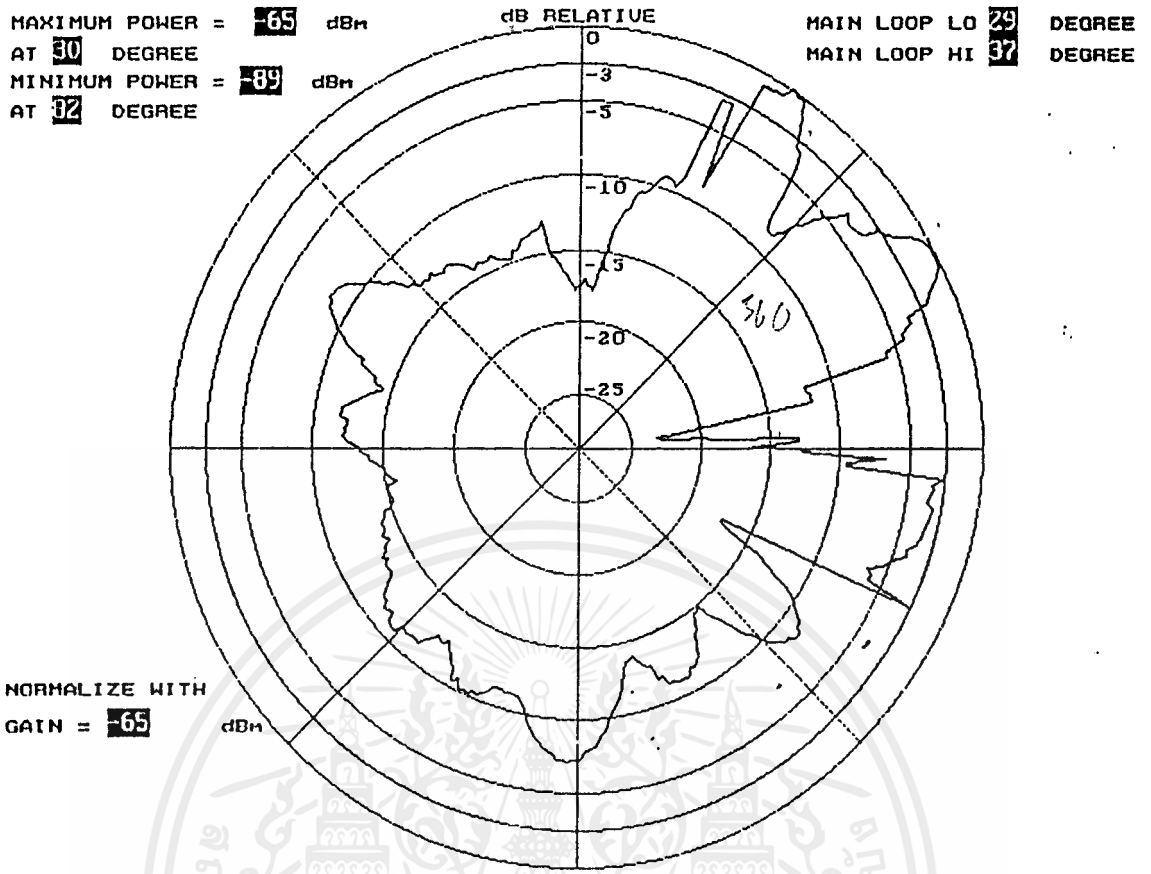
รูปที่ 4.11 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 270 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงรูปของแพทเทอร์นเมื่อปรับเฟสที่ 360 องศา

4.4.2 วิธีการทดลองที่ 2

1. ต่อเครื่องควบคุมเฟสอัตโนมัติเข้ากับสายอากาศ

ต่อดีเทคเตอร์เข้ากับเน็ตเวิร์คอนาไลเซอร์ แล้วนำเอ้าท์พุตของดีเทคเตอร์ต่อเข้ากับอินพุทของเครื่องควบคุมเฟส ดังรูปที่ 4.14

2. ตั้งค่าเพาเวอร์ของเน็ตเวิร์คอนาไลเซอร์ที่ 6 dBm.

3. เปิดสวิตช์ที่เครื่องควบคุมเฟสแล้วเลือกไปที่โหมดอัตโนมัติ สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

4. รอจนกว่าเฟสเปลี่ยนไปที่ 90 องศา โดยดูจากตัวเลขที่แสดงอยู่บนเครื่องควบคุมเฟสอัตโนมัติ จากนั้นเพิ่มค่าเพาเวอร์ที่เน็ตเวิร์คอนาไลเซอร์ เป็น 10 dBm จากนั้นสังเกตและบันทึกผล

5. จากนั้นเมื่อเฟสเปลี่ยนไปถึง 135 องศา ให้ลดเพาเวอร์ลงเหลือ 6 dBm และสังเกตผล บันทึกผลเมื่อเปลี่ยนเฟสไปจนครบ 360 องศา

6. เพิ่มค่าเพาเวอร์เป็น 10 dBm และต่อจากนั้น ลดค่าเพาเวอร์เป็น 8 dBm สังเกตผล

7. จากนั้นเพิ่มค่าเพาเวอร์ให้ขึ้นเป็น 10 dBm สังเกตผล

8. ปรับค่าเพาเวอร์ให้ลดลงเหลือ 1 dBm สังเกตผลการเปลี่ยนเฟส

9. จากนั้นเพิ่มกลับมาที่มากกว่า 8 dBm สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 แสดงการต่อเครื่องควบคุมเฟสเข้ากับเน็ตเวิร์คอนาไลเซอร์

ผลการทดลอง

เมื่อเริ่มต้นหลังจากเลือกโหมดอัตโนมัติ เครื่องจะเริ่มเปลี่ยนเฟสแรกที่ 45 องศา ซึ่งจะแสดงให้เห็นบนเครื่องปรับเฟสอัตโนมัติ พร้อมทั้งจะทำการเปลี่ยนสวิทช์บนสายอากาศไปตามตารางที่ 3.1

ต่อไปเมื่อเปลี่ยนไปที่ 90 องศาแล้ว เราทำการทดลองข้อ 5, 6 เสร็จ เฟสจะเปลี่ยนมาที่ 90 องศาเลย จากนั้นเฟสจะคงที่อยู่ที่ 90 องศาไปตลอดเวลา จนกระทั่งเราทำการทดลองข้อ 7 และ ข้อ 8 เสร็จ เฟสก็ยังคงที่อยู่ที่เดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อทำการทดลองข้อ 9 แล้วปรากฏว่าจะเกิดการเลื่อนเฟสจาก 90 องศาไปเป็นเฟสที่ 270 องศา และ ต่อจากนั้นจะเปลี่ยนเฟสไปเรื่อย ๆ ทีละ 45 องศา จนกระทั่งเราทำการทดลองข้อ 10 ในขณะนั้นเฟสเปลี่ยนไปอยู่ที่เฟสเท่าใด จะคงที่อยู่เฟสนั้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทดลองในบทที่ 4 จะพบว่าโปรแกรมสามารถควบคุมการปรับเฟสได้จริง โดยเมื่อสัญญาณมีระดับคงที่จะไม่มีการปรับเฟสชิฟเตอร์ แต่พอสัญญาณมีระดับลดลงจะมีการสแกน เฟสชิฟเตอร์ ไปที่ค่าต่างๆเพื่อหาระดับสัญญาณสูงสุด เมื่อพบแล้วจะหยุดการสแกนเฟสชิฟเตอร์ เนื่องจากทดลองกับสายอากาศจริงๆ แต่ไม่สามารถที่จะหาตัวดีเท็คเตอร์ที่มีประสิทธิภาพพอที่จะรับสัญญาณที่ระดับนี้ได้ รวมทั้งเมื่อดูแพทเทอร์นของสายอากาศที่ใช้ทดลองแล้ว ก็จะเห็นว่าไม่เป็นไปใกล้เคียงกับทฤษฎีจึงทำให้ยังไม่ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของโปรแกรมและวงจรควบคุมเนื่องจากเวลาทดลองจะต้องจำลองระดับสัญญาณที่ค่าต่างๆ ซึ่งอาจจะทำให้ผลการทดลองที่ได้นี้ไม่ค่อยชัดเจนนัก ซึ่งในโอกาสต่อไป เมื่อนำสายอากาศที่ปรับปรุงจนดี รวมถึงสามารถหาตัวดีเท็คเตอร์ที่มีความไวในการรับสัญญาณมากกว่านี้หรือมีเครื่องขยายกำลังสัญญาณอาร์เอฟ 2.45 GH_z เราก็สามารถจะทดลองและปรับปรุงโปรแกรมควบคุมตามแพทเทอร์นในทางปฏิบัติที่ใกล้เคียงกับทฤษฎี ซึ่งจะทำให้เครื่องควบคุมเฟสอันนี้สามารถที่จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

LM136-2.5/LM236-2.5/LM336-2.5V Reference Diode

General Description

The LM136-2.5/LM236-2.5 and LM336-2.5 integrated circuits are precision 2.5V shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low-temperature-coefficient 2.5V zener with 0.2Ω dynamic impedance. A third terminal on the LM136-2.5 allows the reference voltage and temperature coefficient to be trimmed easily.

The LM136-2.5 series is useful as a precision 2.5V low voltage reference for digital voltmeters, power supplies or op amp circuitry. The 2.5V make it convenient to obtain a stable reference from 5V logic supplies. Further, since the LM136-2.5 operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

The LM136-2.5 is rated for operation over −55°C to +125°C while the LM236-2.5 is rated over a −25°C to +85°C temperature range.

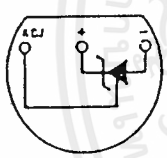
The LM336-2.5 is rated for operation over a 0°C to +70°C temperature range. See the connection diagrams for available packages.

Features

- Low temperature coefficient
- Wide operating current of 400 μA to 10 mA
- 0.2Ω dynamic impedance
- ±1% initial tolerance available
- Guaranteed temperature stability
- Easily trimmed for minimum temperature drift
- Fast turn-on
- Three lead transistor package

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package

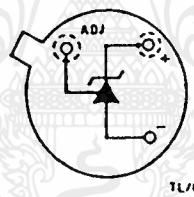


TL/H/5715-8

Bottom View

Order Number LM236Z-2.5, LM236AZ-2.5, LM336Z-2.5 or LM336BZ-2.5
See NS Package Number Z03A

TO-46
Metal Can Package

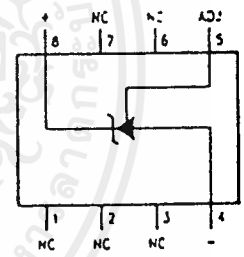


TL/H/5715-7

Bottom View

Order Number LM136H-2.5, LM136H-2.5/883, LM236H-2.5, LM136AH-2.5, LM136AH-2.5/883 or LM236AH-2.5
See NS Package Number H03H

SO Package



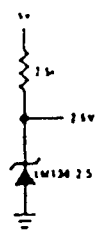
TL/H/5715-12

Top View

Order Number LM236M-2.5, LM236AM-2.5, LM336M-2.5 or LM336BM-2.5
See NS Package Number M08A

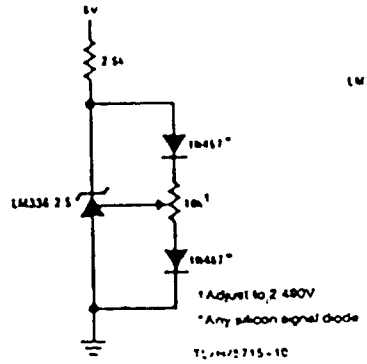
Typical Applications

2.5V Reference



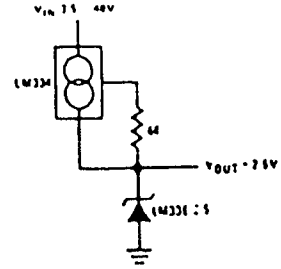
TL/H/5715-9

2.5V Reference with Minimum Temperature Coefficient



TL/H/5715-10

Wide Input Range Reference



TL/H/5715-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	−60°C to +150°C
Operating Temperature Range (Note 2)	
LM136	−55°C to +150°C
LM236	−25°C to +85°C
LM336	0°C to +70°C

Soldering Information

TO-92 Package (10 sec.)	260°C
TO-46 Package (10 sec.)	300°C
SO Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" (Appendix D) for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM136A-2.5/LM236A-2.5 LM136-2.5/LM236-2.5			LM336B-2.5 LM336-2.5			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reverse Breakdown Voltage	$T_A = 25°C$, $I_R = 1$ mA LM136, LM236, LM336 LM136A, LM236A, LM336B	 2.440 2.465	 2.490 2.490	 2.540 2.515	 2.390 2.440	 2.490 2.490	 2.590 2.540	 V V
Reverse Breakdown Change With Current	$T_A = 25°C$, 400 μA ≤ I_R ≤ 10 mA		2.6	6		2.6	10	mV
Reverse Dynamic Impedance	$T_A = 25°C$, $I_R = 1$ mA, f = 100 Hz		0.2	0.6		0.2	1	Ω
Temperature Stability (Note 4)	V_R Adjusted to 2.490V $I_R = 1$ mA, *(Figure 2)* 0°C ≤ T_A ≤ 70°C (LM336) −25°C ≤ T_A ≤ +85°C (LM236H, LM236Z) −25°C ≤ T_A ≤ +85°C (LM236M) −55°C ≤ T_A ≤ +125°C (LM136)		 3.5 7.5 12	 9 18 16		1.8	6	mV mV mV mV
Reverse Breakdown Change With Current	400 μA ≤ I_R ≤ 10 mA		3	10		3	12	mV
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 1$ mA		0.4	1		0.4	1.4	Ω
Long Term Stability	$T_A = 25°C \pm 0.1°C$, $I_R = 1$ mA, t = 1000 hrs		20			20		ppm

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: For elevated temperature operation, T_j max is:

LM136	150°C
LM236	125°C
LM336	100°C

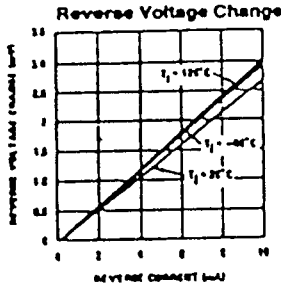
Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{jA} (Junction to Ambient)	180°C/W (0.4" leads) 170°C/W (0.125" lead)	440°C/W	165°C/W
θ_{jC} (Junction to Case)	n/a	80°C/W	n/a

Note 3: Unless otherwise specified, the LM136-2.5 is specified from −55°C ≤ T_A ≤ +125°C, the LM236-2.5 from −25°C ≤ T_A ≤ +85°C and the LM336-2.5 from 0°C ≤ T_A ≤ +70°C.

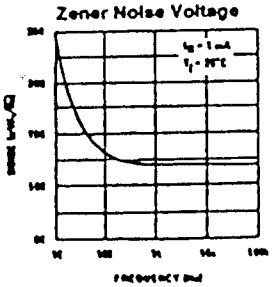
Note 4: Temperature stability for the LM336 and LM236 family is guaranteed by design. Design limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels. Stability is defined as the maximum change in V_{ref} from 25°C to T_A (min) or T_A (max).

Typical Performance Characteristics

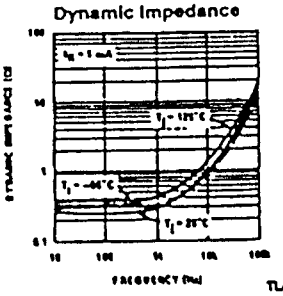
Reverse Voltage Change



Zener Noise Voltage



Dynamic Impedance

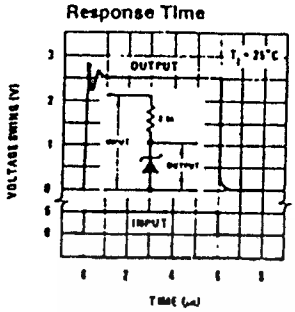


TL/H/5715–2

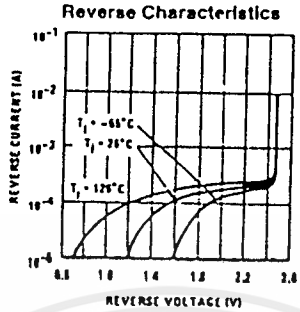
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

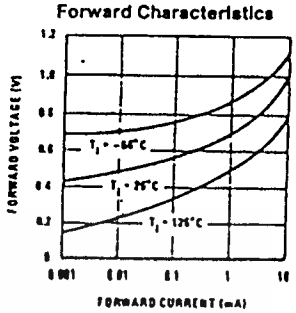
Response Time



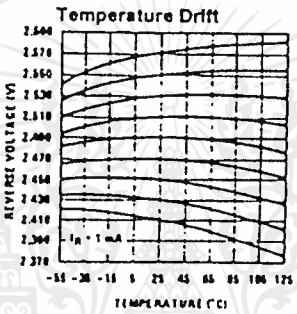
Reverse Characteristics



Forward Characteristics



Temperature Drift



TL/H/5715-3

Application Hints

The LM136 series voltage references are much easier to use than ordinary zener diodes. Their low impedance and wide operating current range simplify biasing in almost any circuit. Further, either the breakdown voltage or the temperature coefficient can be adjusted to optimize circuit performance.

Figure 1 shows an LM136 with a 10k potentiometer for adjusting the reverse breakdown voltage. With the addition of R1 the breakdown voltage can be adjusted without affecting the temperature coefficient of the device. The adjustment range is usually sufficient to adjust for both the initial device tolerance and inaccuracies in buffer circuitry.

If minimum temperature coefficient is desired, two diodes can be added in series with the adjustment potentiometer as shown in *Figure 2*. When the device is adjusted to 2.490V the temperature coefficient is minimized. Almost any silicon signal diode can be used for this purpose such as a 1N914, 1N4148 or a 1N457. For proper temperature compensation the diodes should be in the same thermal environment as the LM136. It is usually sufficient to mount the diodes near the LM136 on the printed circuit board. The absolute resistance of R1 is not critical and any value from 2k to 20k will work.

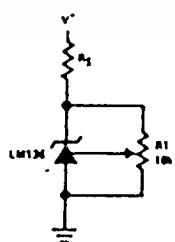
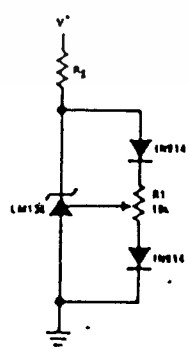


FIGURE 1. LM136 With Pot for Adjustment of Breakdown Voltage (Trim Range = ± 120 mV typical)



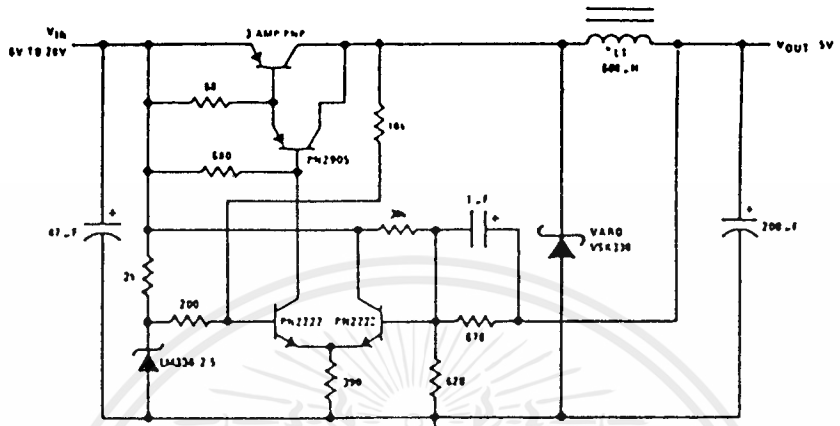
TL/H/5715-4

FIGURE 2. Temperature Coefficient Adjustment (Trim Range = ± 70 mV typical)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Low Cost 2 Amp Switching Regulator†

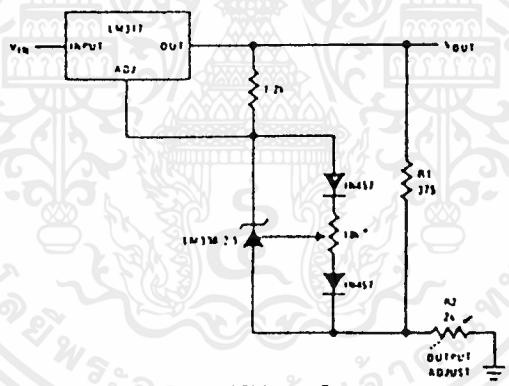


*L1 60 turns #16 wire on Arnold Core A-254168-2

†Efficiency = 80%

TL/H/5715-5

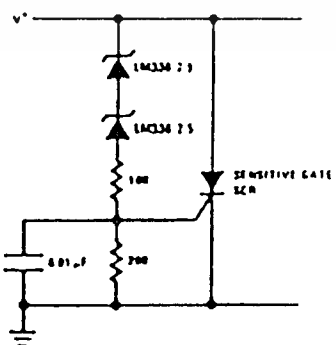
Precision Power Regulator with Low Temperature Coefficient



*Adjust for 3.75V across R1

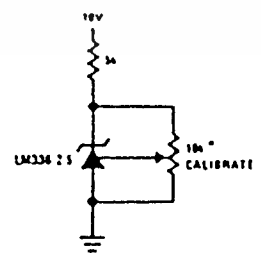
TL/H/5715-13

5V Crowbar



TL/H/5715-14

Trimmed 2.5V Reference with Temperature Coefficient Independent of Breakdown Voltage



*Does not affect temperature coefficient

TL/H/5715-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1994

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

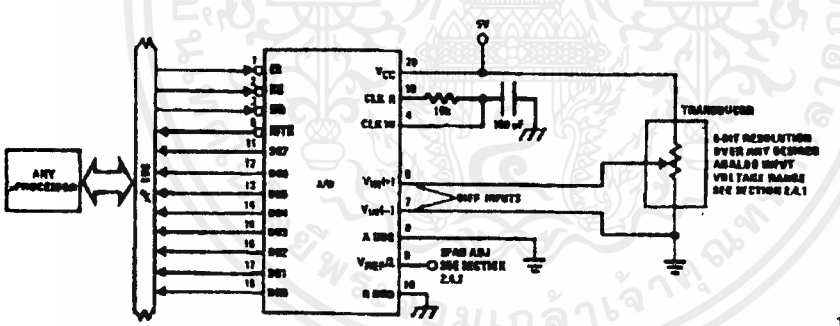
Features

- Compatible with 8080 μP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

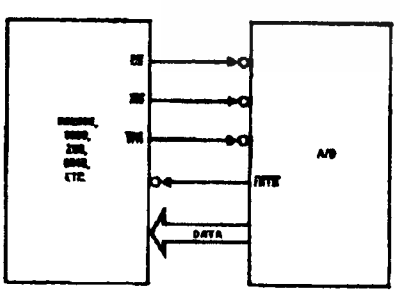
- Resolution: 8 bits
- Total error: ±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
- Conversion time: 100 μs

Typical Applications



TL/H/5671–1

8080 Interface



TL/H/5671–31

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)			
Part Number	**Full-Scale Adjusted**	**$V_{REF}/2 = 2.500\ V_{DC}$ (No Adjustments)**	**$V_{REF}/2$ = No Connection (No Adjustments)**
ADC0801	±¼ LSB		
ADC0802		±½ LSB	
ADC0803	±½ LSB		
ADC0804		±1 LSB	
ADC0805			±1 LSB

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

©1995 National Semiconductor Corporation

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

LM136-2.5/LM236-2.5/LM336-2.5V Reference Diode

General Description

The LM136-2.5/LM236-2.5 and LM336-2.5 integrated circuits are precision 2.5V shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low-temperature-coefficient 2.5V zener with 0.2Ω dynamic impedance. A third terminal on the LM136-2.5 allows the reference voltage and temperature coefficient to be trimmed easily.

The LM136-2.5 series is useful as a precision 2.5V low voltage reference for digital voltmeters, power supplies or op amp circuitry. The 2.5V make it convenient to obtain a stable reference from 5V logic supplies. Further, since the LM136-2.5 operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

The LM136-2.5 is rated for operation over −55°C to +125°C while the LM236-2.5 is rated over a −25°C to +85°C temperature range

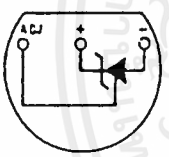
The LM336-2.5 is rated for operation over a 0°C to +70°C temperature range. See the connection diagrams for available packages

Features

- Low temperature coefficient
- Wide operating current of 400 μA to 10 mA
- 0.2Ω dynamic impedance
- ±1% initial tolerance available
- Guaranteed temperature stability
- Easily trimmed for minimum temperature drift
- Fast turn-on
- Three lead transistor package

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package

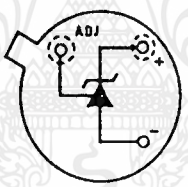


TL/H/5715-8

Bottom View

Order Number LM236Z-2.5,
LM236AZ-2.5, LM336Z-2.5 or
LM336BZ-2.5
See NS Package Number Z03A

TO-46
Metal Can Package

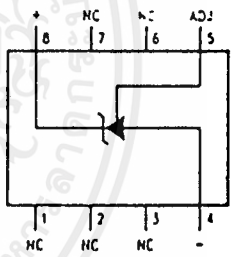


TL/H/5715-2

Bottom View

Order Number LM136H-2.5,
LM136H-2.5/883, LM236H-2.5,
LM136AH-2.5, LM136AH-2.5/883
or LM236AH-2.5
See NS Package Number H03H

SO Package



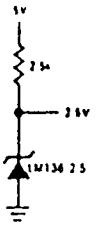
TL/H/5715-12

Top View

Order Number LM236M-2.5,
LM236AM-2.5, LM336M-2.5
or LM336BM-2.5
See NS Package Number M08A

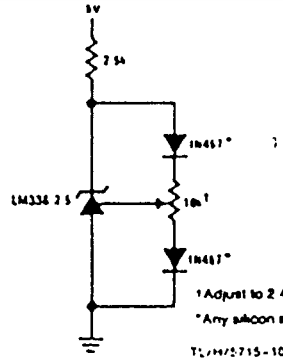
Typical Applications

2.5V Reference



TL/H/5715-9

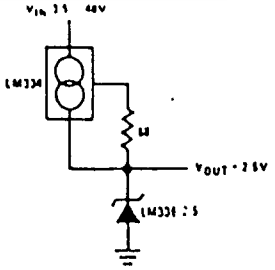
2.5V Reference with Minimum Temperature Coefficient



†Adjust to 2.490V
*Any silicon signal diode

TL/H/5715-10

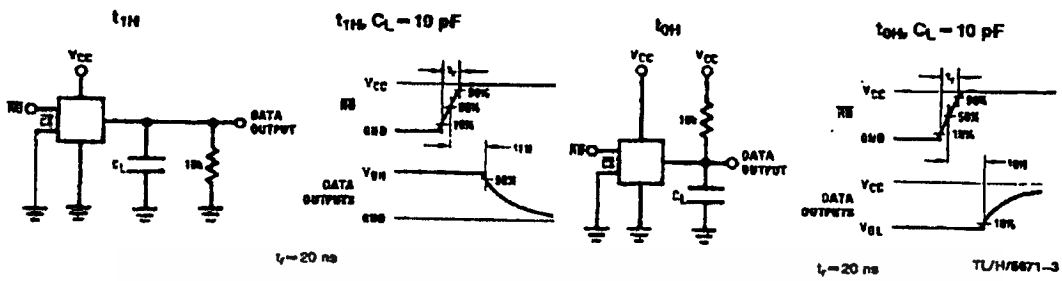
Wide Input Range Reference



TL/H/5715-11

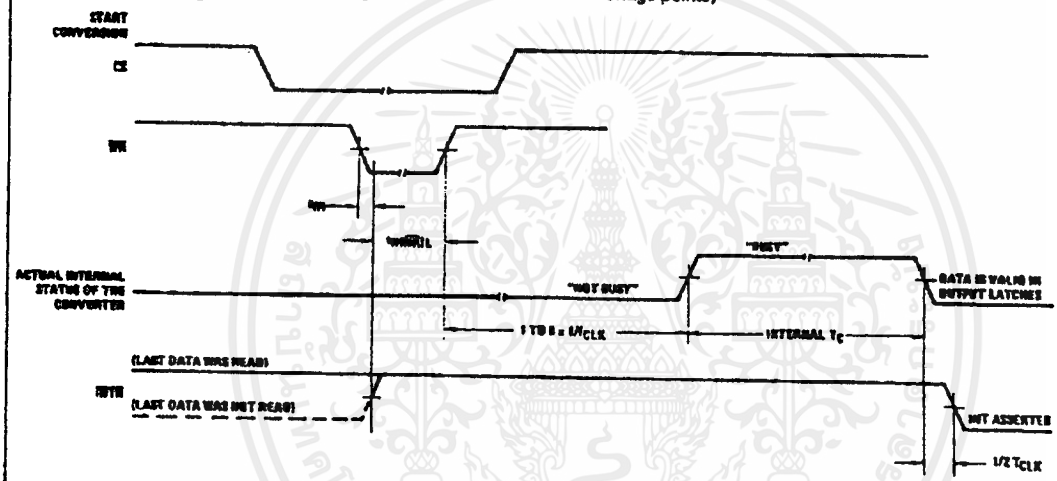
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms

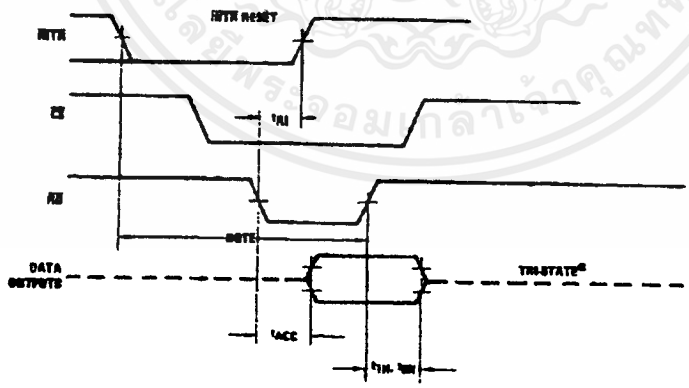


TL/H/5671–3

Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



Output Enable and Reset INTR



Note: Read strobe must occur 8 clock periods (8/f_{CLK}) after assertion of interrupt to guarantee reset of $\overline{INTR}$.

TL/H/5671–4

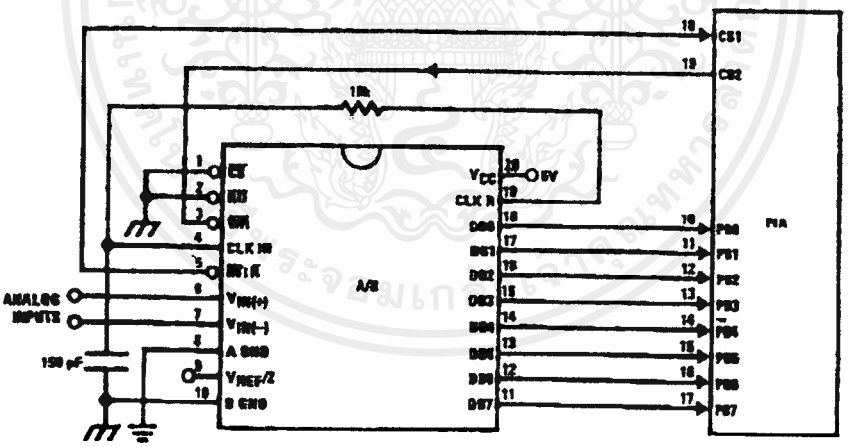
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

SAMPLE PROGRAM FOR *FIGURE 14* ADC0801-MC6800 CPU INTERFACE

```
0010  DF 36    DATAIN  STX   TEMP2    ; Save contents of X
0012  CE 00 2C        LDX   #$002C     ; Upon IRQ low CPU
0015  FF FF F8        STX   $FFF8      ; jumps to 002C
0018  B7 50 00        STAA  $5000      ; Start ADC0801
001B  0E              CLI
001C  3E      CONVRT  WAI              ; Wait for interrupt
001D  DE 34           LDX   TEMP1
001F  8C 02 0F        CPX   #$020F     ; Is final data stored?
0022  27 14           BEQ   ENDP
0024  B7 50 00        STAA  $5000      ; Restarts ADC0801
0027  08              INX
0028  DF 34           STX   TEMP1
002A  20 F0           BRA   CONVRT
002C  DE 34   INTRPT  LDX   TEMP1
002E  B6 50 00        LDAA  $5000      ; Read data
0031  A7 00           STAA  X          ; Store it at X
0033  3E              RTI
0034  02 00   TEMP1   FDB   $0200      ; Starting address for
                                       ; data storage
0036  00 00   TEMP2   FDB   $0000
0038  CE 02 00 ENDP   LDX   #$0200     ; Reinitialize TEMP1
003B  DF 34           STX   TEMP1
003D  DE 36           LDX   TEMP2
003F  39              RTS              ; Return from subroutine
                                       ; To user's program
```

Note 1: In order for the microprocessor to service subroutines and interrupts, the stack pointer must be dimensioned in the user's program.



TL/H/5671–25

FIGURE 15. ADC0801–MC6820 PIA Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

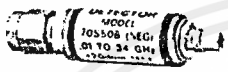
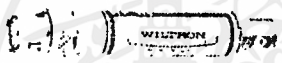
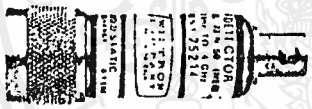
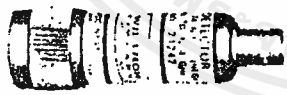
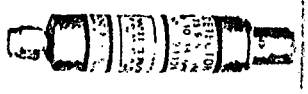
INSTRUCTION SHEET FOR WILTRON RF DETECTORS

1. GENERAL INFORMATION

WILTRON RF Detectors are available in a variety of frequency ranges, impedances, output polarities, and connector types. The WILTRON Series includes general purpose, extended bandwidth, instrumentation, and OEM detectors.

Table 1 contains a brief description of each series of RF Detectors. Table 2 provides detailed specifications.

Table 1. RF Detector Series, Summary

SERIES MODEL NUMBER		DESCRIPTION
70 SERIES		Extended Bandwidth. Frequency range, 10 MHz to 40 GHz. K male input connector. SMC male output connector.
71 SERIES		General Purpose. Frequency range, 100 kHz to 3 GHz with 50-ohm impedance and 100 kHz to 2 GHz with 75-ohm impedance. Positive or Negative output voltage. BNC input and output connectors.
73 SERIES		General Purpose. Frequency range, 100 kHz to 4 GHz with 50-ohm impedance and 100 kHz to 2 GHz with 75-ohm impedance. Type N input connector, BNC output connector.
74 SERIES		General Purpose. Wideband frequency range, 10 MHz to 12.4 GHz. 50-ohm impedance. Type N input connector, BNC output connector.
75 SERIES		Extended Bandwidth. Frequency range, 10 MHz to 40.0 GHz. Type N, GPC-7 or K male input connector. BNC output connector. 50-ohm impedance.

490 JARVIS DRIVE, MORGAN HILL, CA 95037-2809
TEL. (408) 778-2000, TELEX 285227 WILTRON MH, FAX 408-778-0239

PRINTED: DECEMBER 1989
COPYRIGHT 1977 WILTRON COMPANY

P/N: 10100-00010
REVISION: I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2. Specifications

Model	Frequency Range	Flatness (dB)	Connectors		Impedance (Ohms)	SWR Maximum	Low Level Sensitivity at −30 dBm (mV/μW)	High Level Sensitivity at +13 dBm (Volts, Min.)	Input Max. (mW)	Output Capacitance (pF)
			In	Out						
70KA50	0.01–20 GHz	± 0.5	K(m)	SMC(m)	50	1.33	0.5	1	100	30
70KB50	0.01–26.5 GHz	±0.5 to 20 GHz	K(m)	SMC(m)	50	1.33 to 20 GHz 1.5 to 26.5 GHz	0.5	1	100	30
70KC50	0.01–40 GHz	± 0.5 to 20 GHz ±1 to 26.5 GHz ±1.5 to 40 GHz	K(m)	SMC(m)	50	1.33 to 20 GHz 1.5 to 26.5 GHz 1.9 to 40 GHz	0.5	1	100	30
71B50	100 kHz–3 GHz	±0.5	BNC(m)	BNC(f)	50	1.2	0.35	1	100	500
71B75	100 kHz–2 GHz	±0.5	BNC(m)	BNC(f)	75	1.25	0.35	1	100	500
73N50	100 kHz–4 GHz	±0.5	N(m)	BNC(f)	50	1.2	0.35	1	100	500
73N75	100 kHz–2 GHz	±0.5	N(m)	BNC(f)	75	1.2	0.35	1	100	500
74N50B	0.01–12.4 GHz	±0.5	N(m)	BNC(f)	50	1.25 to 4.5 GHz 1.35 to 7 GHz 1.5 to 12.4 GHz	0.4	1	100	20
75A50	0.01–18.5 GHz	±0.5 to 12.4 GHz ±1 to 18.5 GHz	GPC–7	BNC(f)	50	1.25 to 4.5 GHz 1.35 to 7 GHz 1.5 to 12.4 GHz 1.6 to 18.5 GHz	0.4	1	100	20
75N50B	0.01–18.5 GHz	±0.5 to 12.4 GHz ±1 to 18.5GHz	N(m)	BNC(f)	50	1.25 to 4.5 GHz 1.35 to 7 GHz 1.5 to 12.4 GHz 1.6 to 18.5 GHz	0.4	1	100	20
75KA50	0.01–20 GHz	±0.5	K(m)	BNC(f)	50	1.33	0.4	1	100	20
75KB50	0.01–26.5 GHz	±0.5 to 20 GHz ±1 to 26.5 GHz	K(m)	BNC(f)	50	1.33 to 20 GHz 1.5 to 26.5 GHz	0.4	1	100	20
75KC50	0.01–40 GHz	±0.5 to 20 GHz ±1 to 26.5 GHz ±1.5 to 40 GHz	K(m)	BNC(f)	50	1.33 to 20 GHz 1.5 to 26.5 GHz 1.9 to 40 GHz	0.4	1	100	20

2. HANDLING PRECAUTIONS

CAUTION

Static electricity can damage the RF detector. Before picking up the RF detector, discharge body static electricity by touching the grounded chassis of the instrument used with the detector. Also, check that interconnecting cables and associated equipment are discharged before connecting them to the RF detector.

3. DIODE REPLACEMENT

WILTRON RF Detector Series 70, 71,73, 74, and 75 have field-replaceable diodes. Table 3 lists the diode part numbers. To replace a diode, follow the steps in the applicable RF detector series diode replacement procedure.

Table 3. Diode Part Numbers

Series	Negative Polarity	Positive Polarity
70K Series (≤20 GHz)	A16177	A18948
70K Series (>20 GHz)	A16176	A18873
71 and 73 Series	10–A2X985	10A2X985
74N50B	A18735	A18736
75A50	10–75	10–75
75N50B	B16132	A18694
75K Series (≤20 GHz)	A16177	A18948
75K Series (>20 GHz)	A16176	A18873

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากท่านอาจารย์โมไนย ไกรฤกษ์ ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้ให้คำปรึกษา วิชาความรู้ พร้อมให้คำแนะนำ และกำลังใจ ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงงานนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และ ขอขอบคุณชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ และ คุณคมสักดิ์ เมฆสมุทร ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ประจำห้อง EMI/EMC ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์การวัดต่างๆ อีกทั้งขอขอบคุณบิดา มารดา และเพื่อนๆ ตลอดจนผู้มีอุปการะคุณทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ถ้าหากมีข้อบกพร่องสิ่งหนึ่งประการใดแล้ว ข้าพเจ้าในนามของผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] Constantine A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 2nd ed. John Wiley & Sons,Inc

[2] Hurray Hoffman,"Convention for the Analysis of Spherical Array"IEEE TRANS. Antenna and Propagation,Vol.30 ,PP 390-393,July 1963

[3] Josh T. Nessmith,Willard T. Patton,"Tracking Antenna",Chapter 34 of Antenna Handbook,2nd ed, R.C. John New York: Mcgraw-hill Book CO., 1984

[4] Merrill, Skolnik,"Introduction to Radar System"Artech House, Norwood, MA 1994

[5] Robert Boylestad, Louis Nashelsky, Electronic Devices and Circuit Theory, 5th ed Prentice Hall International, Inc 1992

[6] รศ. ดร. โมไนย ไกรฤกษ์,"ทฤษฎี สายอากาศ",ฟิสิกส์ เซนเตอร์

[7] รศ. สมยศ จุฉะปิยะ,"การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51"สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้