

เครื่องค้นหาทิศทาง
DIRECTION FINDING



โดย

นายรินทร์ วิริยะกุล
นายปฏิภาณ บุรณสัจจะ
นางสาวผกามาศ รัศมีจันทร์

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

ชื่อ.....

เลขทะเบียน..... 37116

เดือน, ปี..... 4 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องค้นหาทิศทาง
DIRECTION FINDING

โดย

นายนรินทร์	วิริยะกุล	39014247
นายปฏิภาณ	บูรณสัจจะ	39014290
นางสาวผกามาศ	รัศมีจันทร์	39014329

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วัลญญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องค้นหาทิศทาง

DIRECTION FINDING

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-----------------|-------------|----------|
| 1. นายนรินทร์ | วิริยะกุล | 39014247 |
| 2. นายปฏิภาณ | บูรณสัจจะ | 39014290 |
| 3. นางสาวพกามาศ | รัศมีจันทร์ | 39014329 |


----- อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วีรัญญ)

เครื่องค้นหาทิศทาง

DIRECTION FINDING

โดย	นายนรินทร์ วิริยะกุล	39014247
	นายปฏิภาณ บุรณัสจจะ	39014290
	นางสาวพกามาศ รัศมีจันทร์	39014329

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วรรณ

บทคัดย่อ

เครื่องค้นหาทิศทางนี้ สามารถทำการหาทิศทางของวัตถุ และจากนั้นจะแสดงผลเป็นองศาที่วัตถุตั้งอยู่ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งหลักการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนภาคส่ง และส่วนภาครับ โดยในส่วนภาคส่งจะส่งคลื่นในย่าน UHF ที่ทำการมอดูเลตมาด้วยความถี่ต่ำ และภาครับจะรับคลื่นเข้ามาโดยใช้สายอากาศแบบที่มีทิศทาง ค่อยๆหมุนรับสัญญาณไปที่ละองศา จากนั้นนำสัญญาณที่ได้มาดีมอดูเลตและไปประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 เพื่อหาทิศทางที่ได้รับสัญญาณแรงที่สุดแล้วทำการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ สำหรับในการต่อใช้งานจริงจะนำส่วนของภาคส่งไปติดใกล้ๆบริเวณของวัตถุที่ต้องการหาทิศทาง

ABSTRACT

This direction finding can find direction of the object and it will show the direction on degree scale through the computer monitor. Its working system consists of two parts which is the transmitter part and the receiver part. The transmitter part will send UHF signal modulated with the lower-frequency signal while the receiver part will receive the signal by yagi antenna which will rotate and receive the signal degree by degree , then this signal will be demodulated and processed by microcontroller 8951 to find the direction of the maximum voltage signal and show it on computer. In the real uses , the transmitter will be installed near the object that we want to find a direction .

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ทฤษฎีสายอากาศ	2
2.2 สายอากาศแบบยาก็	3
2.3 เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล	4
2.3.1 แอมพลิฟิเคชันพัลส์	6
2.3.2 ฟรีแควนซีพัลส์	6
2.3.3 เฟสพัลส์	7
2.4 อะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	7
2.5 วงจรขยายโดยใช้โอปแอมป์	8
2.6 วงจรออสซิลเลเตอร์โดยใช้ LC	11
2.7 ไดโอดตีเทคชั่น	12
2.8 สเต็ปเปอร์มอเตอร์	13
2.8.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	13
2.8.2 การทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	14
2.8.3 การควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	17
2.8.4 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	20
2.9 โครงสร้างภายในของ MCS-51 และการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น	23
2.9.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	23
2.9.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51	24
2.9.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51	27
2.9.4 การจัดหน่วยความจำ	27
2.9.5 หน่วยความจำโปรแกรม	29
2.9.6 หน่วยความจำข้อมูล	29
2.9.7 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ	29
2.9.8 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป	29
2.9.9 การอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม	31
2.10 ทฤษฎีการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลโดยใช้ ADC 0808	31
2.10.1 การทำงานของขา ADC 0808	33
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	37
3.1 หลักการทำงานของเครื่องหาทิศทาง	37
3.2 ชุดภาคส่ง	37

	หน้า
3.3 ชุดภาครับ	38
3.4 การออกแบบวงจรกรองช่วงความถี่	38
3.5 วงจรขยาย	41
3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล	41
3.7 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951	44
3.8 วงจรขับสเต็ปปีงมอเตอร์	45
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	48
4.1 วิธีการทดลอง	48
4.2 ผลการทดลอง	51
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	69
ภาคผนวก ก	
โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงาน	
โปรแกรมส่วนแสดงผล	
ภาคผนวก ข	
รายละเอียดของ MPSH 10	
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

สารบัญญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ (1) แบบมีทิศทางในระนาบเดียว (2) แบบมีทิศทาง	2
2.2	ลักษณะทั่วไปของสายอากาศยาคี	3
2.3	ระยะต่างๆของสายอากาศยาคี	4
2.4	รูปสัญญาณเบสแบนด์คี่จิตอล	5
2.5	แสดงแอมพลิจูดซิปต์คี่อิ่ง	6
2.6	แสดงฟรีแควนซีซิปต์คี่อิ่ง	6
2.7	แสดงเฟสซิปต์คี่อิ่ง	7
2.8	วงจรพื้นฐานของมัลติไวเบรเตอร์ซึ่งทำจากไอซี CMOS	8
2.9	ออปแอมป์กับการป้อนกลับแบบลบ	8
2.10	วงจรแบบไม่กลับเฟสและอัตราขยาย	10
2.11	วงจร LC เกิดการออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่เรโซแนนซ์ได้อย่างไร	11
2.12	(ก) วงจรไดโอดคี่เทคเตอร์ (ข) รูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุตคร่อมตัวเก็บประจุ	13
2.13	ทิศทางการหมุนโรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส	15
2.14	ไบโพลาร์สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 2 เฟส	15
2.15	ยูนิโพลาร์สเต็ปเปอร์มอเตอร์	16
2.16	(ก) แสดงการกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็ก 1 ขั้ว (ข) แสดงการกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กพร้อมกัน 2 ขั้ว	17
2.17	วงจรทดลองการทำงานของสเต็ปเปอร์	18
2.18	บล็อกไดอะแกรมควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์	20
2.19	การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์และไบโพลาร์	21
2.20	การใช้กระแสขับเพื่อเพิ่มโมเมนต์เมื่อมีอัตราเร่งสูง	22
2.21	แสดงการจัดตำแหน่งขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	26
2.22	แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	27
2.23	แสดงการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งในส่วน of หน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูล	28
2.24	แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่างๆ	30
2.25	แสดงรูปโครงสร้างของ ADC 0808	31
2.26	แสดงลักษณะของ ADC แบบ Successive Approximation Register	32
2.27	เป็นรูปแสดงขาของ IC ADC 0808	32
2.28	การทำงานตามแผนผังเวลา	34

เอกสารนี้เป็นระบบการแปลงแบบเป็นอัตราส่วนงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
2.30 การอินเทอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์	36
3.1 บล็อกไดอะแกรมของภาครับและภาคส่ง	37
3.2 วงจรภาคส่ง	38
3.3 วงจรรวมภาครับ	39
3.4 คุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่ผ่าน	40
3.5 วงจร Positive Feedback Band – Pass Filter	40
3.6 วงจรขยายสัญญาณ	41
3.7 แสดงรูปความถี่คัตออฟของวงจรกรองช่วงความถี่ผ่านที่ 1.25 kHz	42
3.8 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล	43
3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	44
3.10 สัญญาณของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมโมเด็ม 1	44
3.11 การต่อคอนเนคเตอร์ DB9	45
3.12 รูปวงจรรวมของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951	46
3.13 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์	47
4.1 แสดงรูปเครื่องส่ง	49
4.2 แสดงรูปเครื่องรับ	49
4.3 แสดงรูปสายอากาศพร้อมแท่นวางและสเต็ปมอเตอร์	50
4.4 แสดงรูปสายอากาศยาก็	50
4.5 แพทเทิร์นของสายอากาศยาก็ที่ออกแบบ	51
4.6 สเปคตรัมของภาคส่ง	52
4.7 (1) แสดงรูปความถี่ IF 1.25 kHz	
(2) สัญญาณหลังจากทำการมอดูเลตแบบ ASK กับความถี่ RF 400 MHz	53
4.8 (1) แสดงรูปสัญญาณหลังผ่านวงจรกรองช่วงความถี่	
(2) สัญญาณเมื่อผ่านวงจรขยายตัวแรก	53
4.9.1 แสดงรูปสัญญาณเมื่อผ่านวงจรขยายตัวที่ 2	54
4.9.2 (1) แสดงรูปสัญญาณเมื่อผ่านตัวขยายตัวที่ 3	
(2) แสดงรูปสัญญาณเมื่อเปลี่ยนเป็นไฟดีซี	54
4.10 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศยาก็ที่ออกแบบ	55
4.11 แสดงค่า RETURN LOSS ของสายอากาศยาก็ที่ออกแบบ	56
4.12 แสดงค่า VSWR ของสายอากาศยาก็ที่ออกแบบ	57
4.13 ผลการทดลองโปรแกรม Visual Basic หน้าจอแรก	58

4.14.1	แสดงผลการทดลองแบบโพลาร์เมื่อวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 210 องศา	59
4.14.2	แสดงผลการทดลองแบบระนาบ X – Y เมื่อวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 210 องศา	59
4.15.1	แสดงผลการทดลองแบบโพลาร์เมื่อวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 80 องศา	61
4.15.2	แสดงผลการทดลองแบบระนาบ X – Y เมื่อวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 80 องศา	61
4.16.1	แสดงผลการทดลองแบบโพลาร์เมื่อวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 130 องศา	63
4.16.2	แสดงผลการทดลองแบบระนาบ X – Y เมื่อวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 130 องศา	63
5.1	เปรียบเทียบแพทเทอร์นสายอากาศยาก็แบบ 1 ตัว กับ แบบ 2 ตัว	66
5.2	แสดงการวัดแพทเทอร์นของสายอากาศยาก็ 2 ตัว ในแบบเฟสเดียวกัน และ แบบต่างเฟสกัน 180 องศา	67
5.3	แสดงการเปรียบเทียบรูปแพทเทอร์นสายอากาศยาก็ 2 ตัว ในแบบเฟสเดียวกัน และ แบบต่างเฟสกัน 180 องศา	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบวิธีการมอดูเลตแบบดิจิตอลและอนาลอก	5
2.2	แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ	18
2.3	แสดงขั้นตอนการกระตุ้นแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส	19
2.4	แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป	19
2.5	แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51	24
2.6	ตารางหน้าที่ของพอร์ต 3	25
2.7	แสดงอินพุตสำหรับการมัลติเพล็กซ์	33
3.1	การมัลติเพล็กซ์เลือกช่องสัญญาณที่ต้องการแปลงสัญญาณ	42
3.2	การกระตุ้นขดลวดด้วยสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์	44

บทที่ 1

บทนำ

จากการศึกษาเกี่ยวกับการส่งและการรับสัญญาณ พบว่าเราสามารถนำการส่งและรับสัญญาณนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเป็นอุปกรณ์ต่างๆ ได้มากมาย ดังเช่น โครงการนี้ “เครื่องค้นหาทิศทาง” มีหลักการทำงานดังนี้ อุปกรณ์ทางด้านภาคส่งจะส่งสัญญาณในย่านความถี่ UHF ที่มีคุณสมบัติกับสัญญาณความถี่ต่ำ และอุปกรณ์ทางด้านภาครับจะรับสัญญาณนี้เข้ามาโดยใช้เสาอากาศแบบที่มีทิศทาง ค่อยๆ หมุนไปที่ละองศาเพื่อหาทิศทางที่มีความแรงของสัญญาณมากที่สุด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 มาช่วยในการประมวลผล เครื่องค้นหาทิศทางนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็น “อุปกรณ์ติดตามสัตว์” โดยตัวส่งจะมีขนาดเล็กและติดไว้กับตัวสัตว์ ส่วนตัวรับจะอยู่กับเจ้าหน้าที่ เมื่อต้องการจะทราบข้อมูลเกี่ยวกับตัวสัตว์นั้นก็จะนำภาครับมาหาสัญญาณที่แรงที่สุดว่ามาจากทิศทางใด อุปกรณ์นี้เป็นประโยชน์มากเมื่อต้องการจะเก็บข้อมูลของสัตว์ตัวเดิมในโอกาสต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อหาทิศทางของสิ่งที่ต้องการ ได้อีกมากมาย

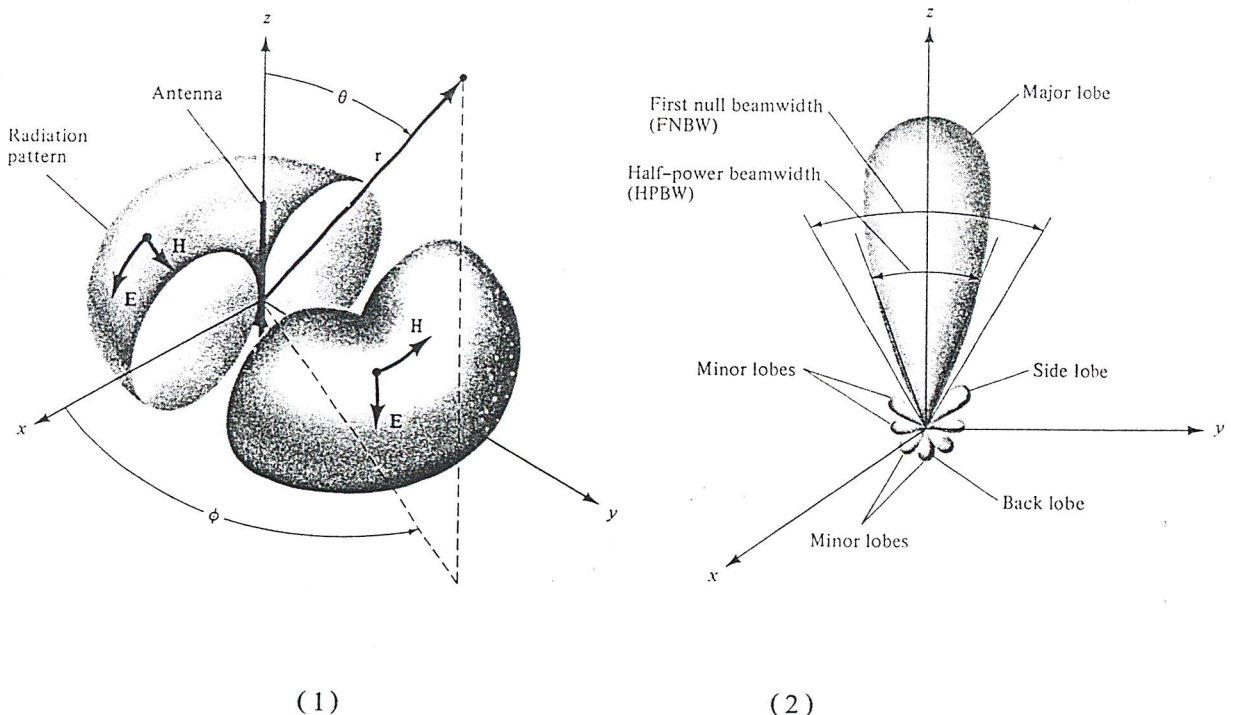
บทที่ 2 ทฤษฎี และ หลักการ

2.1 ทฤษฎีสายอากาศ

เราสามารถแบ่งชนิดของสายอากาศ โดยใช้ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นเป็นแกนจะสามารถแบ่งได้ดังนี้

(1) สายอากาศแบบไอโซโทรปิก (Isotropic Antenna) เป็นสายอากาศที่มีการแพร่กระจายคลื่นได้ดีเท่ากันในทุกทิศทาง เป็นสายอากาศในอุดมคติ ใช้เป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบอัตราขยาย (Gain) กับ สายอากาศอื่น มีลักษณะเป็นตัวกำเนิดคลื่นแบบจุด (Point Source)

(2) สายอากาศแบบมีทิศทางในระนาบเดียว (Omnidirectional Antenna) เป็นสายอากาศที่มีการแพร่กระจายคลื่นในแนวมุมกวาด (Azimuth plane) ได้ดีเท่ากันทุกทิศทาง แต่มีการแพร่กระจายคลื่นในแนวมุม ก้ม-เงย (Elevation Plane) ได้ดีในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้นดังรูปที่ 2.1 (1) ตัวอย่างสายอากาศแบบนี้ เช่น สายอากาศไดโพล เป็นต้น



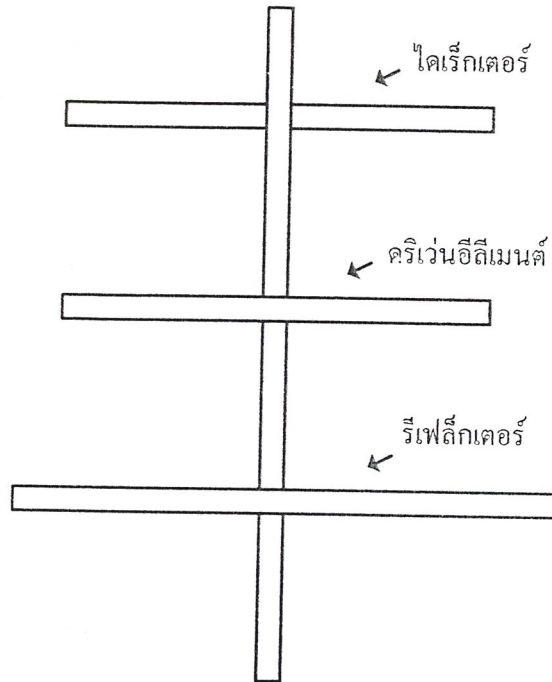
รูปที่ 2.1 ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ (1) แบบมีทิศทางในระนาบเดียว
(2) แบบมีทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สายอากาศแบบยาคี (Yagi Antenna)

สายอากาศยาคีประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ไคเร็กเตอร์ ครีเวนอิลีเมนต์ และรีเฟล็กเตอร์ ดังรูปที่

2.2

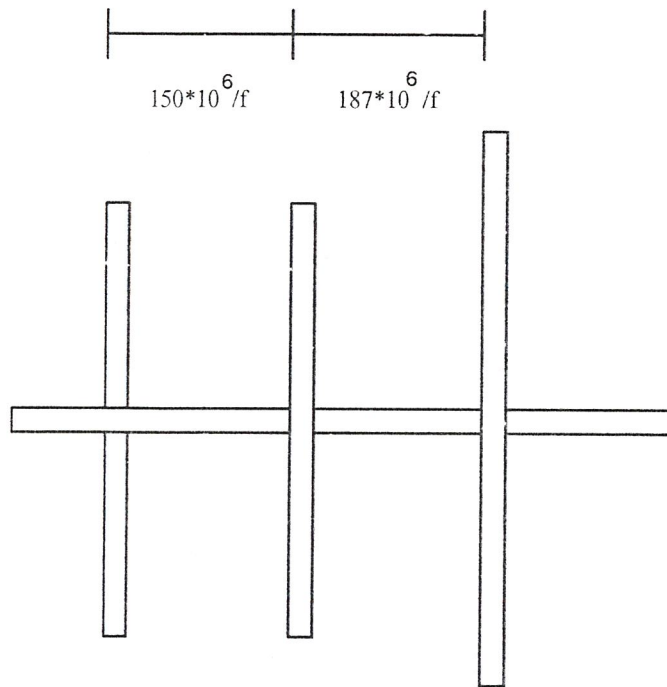


รูปที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของสายอากาศยาคี

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าส่วนที่สั้นที่สุดเรียกว่าไคเร็กเตอร์ ทำหน้าที่นำทางคลื่นให้เข้ามาที่ครีเวนอิลีเมนต์ซึ่งเป็นส่วนที่ถัดมา ครีเวนอิลีเมนต์นี้ทำหน้าที่นำคลื่นที่ได้ไปเข้าเครื่องรับ ส่วนสุดท้ายที่เป็นส่วนที่ยาวที่สุด ทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่อาจเลยมมาจากครีเวนอิลีเมนต์ให้กลับเข้าไปครีเวนอิลีเมนต์อีกครั้ง เพื่อให้รับคลื่นได้เต็มที่นั่นเอง

ส่วนที่สำคัญที่สุดของสายอากาศยาคี อยู่ที่ครีเวนอิลีเมนต์ การสร้างจะต้องเริ่มสร้างตัว ครีเวนอิลีเมนต์นี้ก่อนซึ่งตัวนี้จะมีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ไคเร็กเตอร์จะสั้นกว่าครีเวนอิลีเมนต์ 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรีเฟล็กเตอร์จะยาวกว่าครีเวนอิลีเมนต์ 5 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่างระหว่างส่วนประกอบทั้งสามก็ไม่เท่ากันด้วย

จากรูปที่ 2.3 ระยะห่างระหว่างไคเร็กเตอร์กับครีเวนอิลีเมนต์ และครีเวนอิลีเมนต์กับ รีเฟล็กเตอร์ มีหน่วยเป็นฟุต



รูปที่ 2.3 ระยะต่างๆของสายอากาศยาก็

การคำนวณหาความยาวของส่วนประกอบทั้งสามโดยเริ่มจากตัวครีเวนฮีเมนต์ ซึ่งจะต้องหาความยาวคลื่นก่อน

$$\text{จากสูตร } \lambda = v/f = 300 \times 10^6 / F$$

$$\text{จากสายอากาศยาว } \lambda/2 \text{ เพราะฉะนั้น } \lambda = 3 \times 10^6 / 2F = 150 \times 10^6 / F \text{ เมตร}$$

$$\text{ทำให้หน่วยเป็นฟุต คูณด้วย } 3.28 \lambda = 150 \times 10^6 \times 3.28 / F \text{ ฟุต} = 492 \times 10^6 / F \text{ ฟุต}$$

แต่เนื่องจากคลื่นวิทยุซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางในอากาศได้เร็วกว่าในตัวนำคลื่นที่นำมาทำสายอากาศ ดังนั้นจะต้องคูณด้วยค่าคงที่ความเร็ว 0.95 เข้าไป

$$\text{สายอากาศยาว } 492 \times 10^6 \times 0.95 / F = 468 \times 10^6 / F \text{ ฟุต}$$

ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในย่านยูเอชเอฟ ถ้าจำนวนชิ้นของสายอากาศยาก็มากขึ้น จะทำให้การรับคลื่นเป็นลำแคบลง นั่นคือจะทำให้การรับสัญญาณจะชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพการรับสัญญาณนี้ก็ขึ้นกับการจัดระยะห่างของส่วนประกอบของสายอากาศให้เหมาะสม

2.3 เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล

มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบด้วยกันคือ

1. แอมพลิจูดชิฟต์คีย์อิง (AMPLITUDE SHIFT KEYING ; ASK)
2. ฟรีควนซีชิฟต์คีย์อิง (FREQUENCY SHIFT KEYING ; FSK)

3. เฟสชิฟต์คีย์อิง (PHASE SHIFT KEYING ; PSK) ศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นพหุในย่านความถี่วิทยุ กำหนดได้โดย

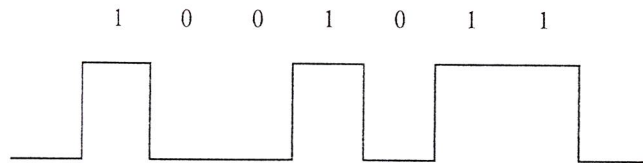
$$\text{คลื่นพหุ} = A \cos(2\pi f_c t + \gamma) \quad (2.3.1)$$

ในที่นี้ A คือ แอมพลิจูดของคลื่นพหุ

f_c คือ ความถี่คลื่นพหุ

γ คือ เฟส (Initial Phase)

สัญญาณดิจิทัลแบบแบนด์เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมแสดกรหัสไบนารี 1 และ 0 ในการมอดูเลท สัญญาณดิจิทัลหนึ่งๆในสามพารามิเตอร์ คือ แอมพลิจูด ความถี่ หรือเฟสของคลื่นพหุจะเปลี่ยนไปตามสถานะ 1 หรือ 0 ของสัญญาณแบบแบนด์



รูปที่ 2.4 รูปสัญญาณแบบแบนด์ดิจิทัล

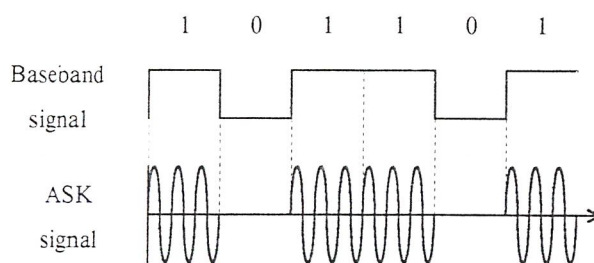
การมอดูเลทแบบดิจิทัล	การมอดูเลทแบบอนาลอก
ASK AMPLITUDE SHIFT KEYING	AM
FSK FREQUENCY SHIFT KEYING	FM
PSK PHASE SHIFT KEYING	PM

ตาราง 2.1 เปรียบเทียบวิธีการมอดูเลทแบบดิจิทัลและอนาลอก

2.3.1 แอมพลิจูดิฟต์คีย์อิง (ASK)

หรือบางครั้งเรียกว่า ออนออฟคีย์อิง (ON OFF KEYING: OOK) เพราะว่าคลื่นพาหะถูก สวิตช์ เปิด/ปิด ตามสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 ถ้าคลื่นพาหะกำหนดโดย $A\cos 2\pi f_c t$ ดังนั้นสัญญาณ ASK จะ กำหนดได้เป็น

$$S(t) = \begin{cases} A\sin 2\pi f_c t & \text{เมื่อสัญญาณเป็น 1} \\ 0 & \text{เมื่อสัญญาณเป็น 0} \end{cases} \quad (2.3.2)$$

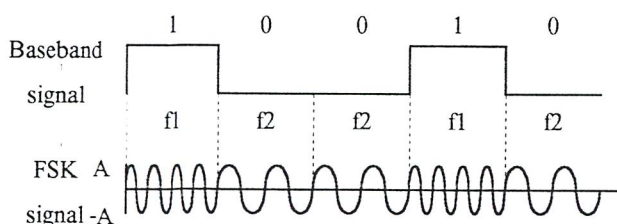


รูปที่ 2.5 แสดงแอมพลิจูดิฟต์คีย์อิง

2.3.2 ฟรีควนซีฟต์คีย์อิง (FSK)

ความถี่คลื่นพาหะจะมี 2 ความถี่ เช่น ความถี่ f_1 สำหรับความถี่ที่เป็น 1 และความถี่ f_2 สำหรับความถี่ที่เป็น 0

$$S(t) = \begin{cases} A\sin 2\pi f_1 t & \text{สำหรับสัญญาณที่เป็น 1} \\ A\sin 2\pi f_2 t & \text{สำหรับสัญญาณที่เป็น 0} \end{cases} \quad (2.3.3)$$

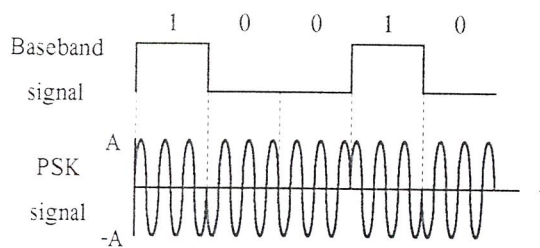


รูปที่ 2.6 แสดงฟรีควนซีฟต์คีย์อิง

2.3.3 เฟสชิฟต์คีย์อิง (PSK)

แอมพลิจูดและความถี่จะคงที่แค่ Initial Phase จะต่างกันสำหรับสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 คือ เฟสของคลื่นพาหะ $A\cos(2\pi f_c t + \gamma)$ จะเปลี่ยนไปตามสถานะของสัญญาณ เช่น เฟส γ เป็น 0 กรณีสัญญาณมีสถานะเป็น 1 และเฟส γ เป็น π กรณีมีสัญญาณเป็น 0

$$S(t) = \begin{cases} A\sin 2\pi f_c t & \text{กรณีสัญญาณเป็น 1} \\ A\sin(2\pi f_c t + \pi) & \text{กรณีสัญญาณเป็น 0} \end{cases} \quad (2.3.4)$$



รูป 2.7 แสดงเฟสชิฟต์คีย์อิง

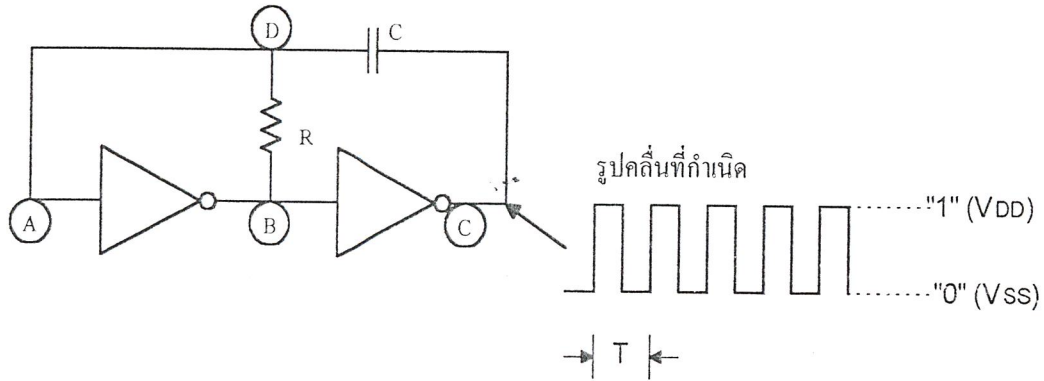
2.4 อะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

หรือเรียกกันว่า มัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรที่ให้กำเนิดสัญญาณพัลส์ได้อย่างต่อเนื่อง ดูจากวงจรในรูปที่ 2.8 เป็นวงจรง่าย ๆ ที่สามารถสร้างได้จากเกต CMOS วงจรนี้เป็นวงจรพื้นฐานของมัลติไวเบรเตอร์ที่อาศัยคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ และการเก็บประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ C ในวงจร

ในการอธิบายการทำงานของวงจรมันเราจะตั้งชื่อจุดต่าง ๆ ในวงจรเป็น A, B, C และ D ดังในรูปที่ 2.8 โดยคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์คืออินพุตและเอาต์พุตจะตรงกันข้ามกันตลอดเวลา สมมุติว่าที่จุด C สัญญาณเป็น “ 1 ” ดังนั้นที่ B ต้องเป็น “ 0 ” ตัวเก็บประจุจะถูกชาร์จจากแรงดันสูงที่ C ไปหา B อย่างแน่นอน จะปรากฏว่ามีกระแสไหลจาก C ผ่านตัวเก็บประจุ ผ่านตัวต้านทานไปยังจุด B เมื่อมีกระแสไฟผ่านตัวต้านทาน R จะเกิดแรงดันตกคร่อม ทำให้แรงดันที่จุด D หรือ A สูงกว่า B ซึ่งขณะนั้นเป็น 0 โวลต์ แรงดันนี้เป็นแรงดันบวก จึงมีสถานะเป็น “ 1 ” เมื่อ A เป็น “ 1 ”, B เป็น “ 0 ” ด้วย โดยสภาวะนี้จะคงอยู่ชั่วขณะหนึ่ง

การชาร์จตัวเก็บประจุนี้จะใช้เวลาไม่มากนัก โดยช่วงเวลาในการชาร์จจะขึ้นอยู่กับ ค่า R และ C เมื่อชาร์จตัวเก็บประจุเต็มแล้ว กระแสจะหยุดไหล ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานไม่มี แรงดันที่ D จึงเป็น “ 0 ” ทุกจุดมีสถานะตรงข้ามกับสถานะแรกแล้ว เมื่อ B เป็น “ 1 ” และ C เป็น “ 0 ” ก็จะเกิดการชาร์จตัวเก็บประจุอีกแต่คราวนี้กระแสจะไหลจากจุด B ผ่านตัวต้านทาน ผ่านตัวเก็บประจุไปยังจุด C จึงมีทิศการไหลของกระแสตรงข้ามกับการชาร์จครั้งแรก เมื่อกระแสไหลกลับทิศ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะมีทิศตรงข้าม ทำให้แรงดันที่ D ต่ำกว่าที่ B คือมีสถานะเป็น “ 0 ” นั่นเอง สภาวะนี้ก็จะคงอยู่ชั่วขณะหนึ่ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

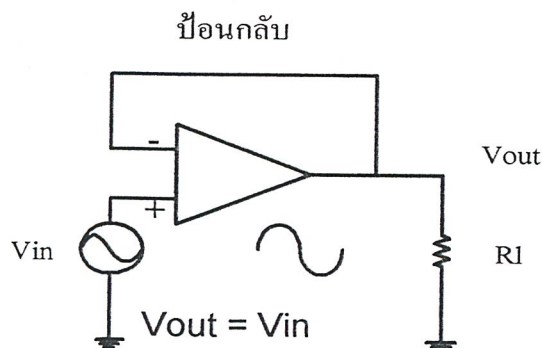


รูปที่ 2.8 วงจรพื้นฐานของมัลติไวเบรเตอร์ซึ่งทำจาก ไอซี CMOS

คราวต่อไปอีก จนกว่าตัวเก็บประจุจะถูกชาร์จ เต็มและกระแสหยุดไหล นั่นก็คือแรงดันที่ D จะสูงเท่า B เป็นผลให้ A เปลี่ยนเป็น “ 1 ”, B จึงต้องเป็น “ 0 ” และ C เป็น “ 1 ” กลับมาอยู่ในสภาพเริ่มแรกที่อธิบายนั่นเอง การชาร์จตัวเก็บประจุและการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ส่วนต่าง ๆ ก็จะดำเนินไปเรื่อย วนเวียนกันอยู่เช่นนี้เรื่อยไป โดยคาบเวลาของรูปคลื่นพัลส์ที่เกิดขึ้นนั้นจะแปรผันกับผลคูณของค่า R และ C ซึ่งความถี่ของพัลส์จะมีค่าประมาณ เท่ากับ $\frac{1}{1.4RC}$

2.5 วงจรขยายโดยใช้ออปแอมป์

ออปแอมป์โดยทั่วไปมีอัตราขยายแรงดันแบบ open-loop เท่ากับ 200,000 และ open-loop หมายถึงไม่มีการป้อนกลับ แต่โดยปกติออปแอมป์ทำงานแบบ close-loop กล่าวคือมีเอาต์พุตหรือส่วนของเอาต์พุตถูกป้อนย้อนไปยังอินเวอร์สตั้งอินพุต (-) ซึ่งเป็นการป้อนกลับแบบลบ ดังนั้นจึงทำให้อัตราขยายลดลงและแบนด์วิธของแอมพลิฟายเออร์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.9 ออปแอมป์กับการป้อนกลับแบบลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงออปแอมป์แบบ close-loop เอาต์พุตถูกป้อนกลับไปยังอินเวอร์ตติ้งอินพุต(-) และสัญญาณอินพุตมาที่นอนอินเวอร์ตติ้งอินพุต (+) พิจารณาออปแอมป์ที่มีอัตราขยาย 200,000 ถ้าเอาต์พุตมีค่าบวกสูงสุดคือ 10 V ดังนั้นดิฟเฟอเรนเชียลอินพุตคือ

$$V_{in}(\text{dif}) = \frac{V_{out}}{A_v} = \frac{10\text{V}}{2 \times 10^5} = 50\mu\text{V}$$

50 μF นี้มีค่าใกล้ศูนย์ ดังนั้นจึงตัดทิ้งได้ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเข้าใจวงจรออปแอมป์ อัตราขยายของดิฟเฟอเรนเชียลมีค่าใหญ่มาก ดังนั้นดิฟเฟอเรนเชียลอินพุตโวลต์เตจจึงถูกสมมุติให้เป็นศูนย์เมื่อทำการคำนวณในทางปฏิบัติ

เราทำการสมมุติว่าวงจรในรูปที่ 2.9 คือการป้อนกลับซึ่งทำการกำจัดความแตกต่างของแรงดันที่ตกคร่อมขั้วอินพุต ถ้าการแกว่งของสัญญาณอินพุตมีค่า 1 โวลต์ ดังนั้นขั้วเอาต์พุตจะเป็นเช่นเดียวกันเนื่องจากเอาต์พุตถูกป้อนกลับไปที่อินเวอร์ตติ้งอินพุต ดังนั้นอินพุตทั้งคู่จะมีค่า 1 โวลต์ และความแตกต่างของอินพุตจะเป็นศูนย์ ถ้าสัญญาณอินพุตมีการแกว่งเท่ากับ -5 โวลต์ ดังนั้นขั้วเอาต์พุตจะเป็นเช่นเดียวกันและความแตกต่างของสัญญาณอินพุตเป็นศูนย์เนื่องจากการป้อนกลับ ในรูปที่ 2.9 เอาต์พุตเป็นไปตามสัญญาณอินพุตและเรียกวงจรนี้ว่า voltage follower ซึ่ง $V_{out} = V_{in}$ ดังนั้นวงจรนี้มีกำลังขยายเท่ากับ 1

วงจรแอมพลิไฟเออร์นี้ถูกนำไปใช้ถ้ามีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ อินพุตอิมพีแดนซ์ของ voltage follower ในรูปที่ 2.9 มีค่าเท่ากับอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์ ถ้าออปแอมป์ชนิดทั่วไป เช่น เบอร์ 741 มีอินพุตอิมพีแดนซ์เท่ากับ 2 $\text{M}\Omega$ ดังนั้นเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ของ voltage follower ประมาณเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์หารด้วยอัตราขยายแบบ open-loop เนื่องจากอัตราขยายแบบ open-loop มีค่าที่สูงมาก ดังนั้นเอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่า 0 Ω ซึ่งเป็นจุดประสงค์ในทางปฏิบัติ

$$Z_{out} \approx \frac{75\Omega}{200 \times 10^3} = 0.375 \text{ m}\Omega$$

แอมพลิไฟเออร์ที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์ 2 $\text{M}\Omega$ และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ใกล้เคียง 0 Ω นั้นเป็นบัฟเฟอร์ที่ดี บัฟเฟอร์แอมพลิไฟเออร์ถูกนำไปใช้เมื่อแหล่งจ่ายสัญญาณมีอิมพีแดนซ์ภายในสูง

รูปที่ 2.10 แสดงวงจรออปแอมป์ที่มีอัตราขยายแรงดันมากกว่า 1 R_1 และ R_f (ตัวต้านทานป้อนกลับ) อยู่ในรูปตัวแบ่งแรงดันของเอาต์พุต เอาต์พุตถูกแบ่งจำเป็นต้องเท่ากับแรงดันอินพุตเพื่อทำการสมมุติได้ว่าดิฟเฟอเรนเชียลอินพุตโวลต์เตจเป็น 0

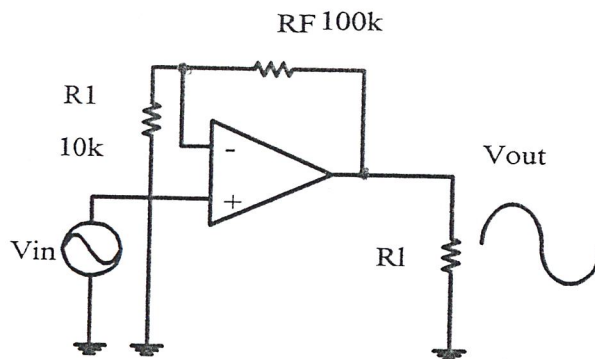
$$V_{in} = V_{out} \times \frac{R_1}{R_2 + R_F}$$

หารทั้งสองข้างด้วย V_{out} และทำการกลับสมการจะได้

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V_{out}}{V_{in}} \\ &= \frac{R_1 + R_F}{R_1} = 1 + \frac{R_F}{R_1} \end{aligned}$$

ในรูปที่ 2.10 จะได้ว่า

$$\begin{aligned} A_v &= 1 + \frac{R_F}{R_1} \\ &= 1 + \frac{100\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega} = 11 \end{aligned}$$

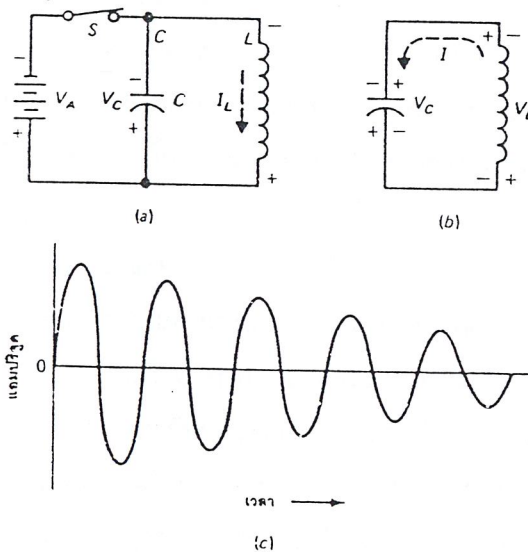


รูปที่ 2.10 วงจรแบบไม่กลับเฟสและอัตราขยาย

วงจรในรูปที่ 2.10 เป็นแอมพลิไฟเออร์แบบไม่กลับเฟส สัญญาณอินพุตต่อเข้ากับอินพุต (+) ของออปแอมป์ ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุต AC จะมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต สัญญาณอินพุต DC สร้างจากสัญญาณ DC ที่มีขั้วเดียวกัน เช่น สัญญาณอินพุตเท่ากับ -1 โวลต์ เอาต์พุตจะเป็น -11 V

2.6 วงจรออสซิลเลเตอร์โดยใช้ LC

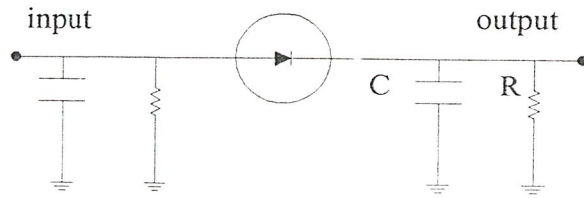
จากวงจรในรูปที่ 2.11 (a) แบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้แก่คาปาซิเตอร์ C ซึ่งต่อขนานอยู่กับอินดักเตอร์ L ในลักษณะนี้ยังไม่มีการออสซิลเลตใดๆเกิดขึ้น แบตเตอรี่จะชาร์จประจุให้แก่คาปาซิเตอร์จนกระทั่งถึงระดับแรงดันไฟฟ้า V_C และเกิดไฟฟ้ากระแสตรง I_L ไหลภายในคอยล์ ดังนั้นจะเกิดพลังงานไฟฟ้าสะสมภายในตัวคาปาซิเตอร์และเกิดพลังงานแม่เหล็กสะสมภายในคอยล์ขึ้น จากรูป 2.11 (b) สวิตช์ S ถูกเปิดวงจร ทำให้วงจรของแบตเตอรี่ V_A ถูกตัดขาดออกจากวงจร LC ทันที ในสถานะเช่นนี้จึงสามารถที่จะพิจารณาการทำงานของวงจร LC ได้ เมื่อปราศจากแบตเตอรี่ ระดับของกระแส I_L จะค่อยๆลดลง ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า V_L ขึ้นในขณะนั้นคอยล์ L จึงเสมือนกับเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจร LC แต่อย่างไรก็ตามชั่วขณะของแรงดันไฟฟ้า V_L จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ I_L ไหลในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้ C จะสามารถดิสชาร์จประจุได้ แต่ที่จริงแล้ว V_L จะชาร์จประจุให้แก่ C ด้วยขั้วที่ตรงกันข้าม เมื่อ V_C เปลี่ยนไปจนมีค่ามากกว่าค่า V_L คาปาซิเตอร์จะจ่ายกระแสดิสชาร์จประจุ I_C ออกมาซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับ I_L



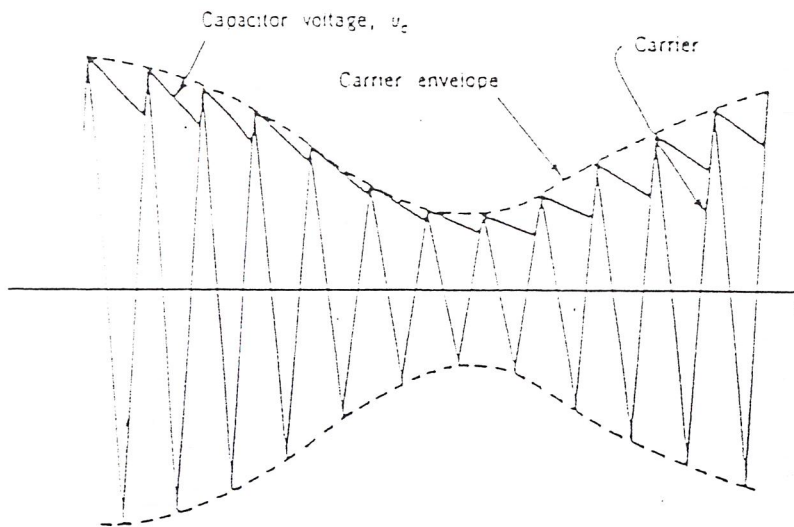
รูปที่ 2.11 วงจร LC เกิดการออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่เรโซแนนซ์ได้อย่างไร

- (a) ในขณะที่สวิตช์ปิดวงจรแบตเตอรี่จะชาร์จประจุให้แก่ C และผลิตกระแสให้ไหลภายใน L
- (b) ในขณะที่สวิตช์เปิดวงจร วงจรแบตเตอรี่จะถูกตัดขาดออกจากวงจร LC ในวงจร LC ขณะนี้เกิดจากการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่าง L และ C
- (c) คลื่นไซน์ (sinusoidal wave) ที่เกิดจากการออสซิลเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.12 (ก) วงจรไดโอดดีเทคเตอร์ (ข) รูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุตพร้อมตัวเก็บประจุ

2.8 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

2.8.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ สามารถแบ่งแยกชนิดได้ดังนี้

1. แบ่งตาม โครงสร้างพื้นฐาน

- 1.1 ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์
- 1.2 ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต
- 1.3 ชนิดไฮบริด
- 1.4 ชนิดเรเอิร์ชเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

2. แบ่งตามการพันขดลวดบนสเตเตอร์

- 2.1 แบบไบโพลาร์
- 2.2 แบบยูนิโพลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การทำงานของสตีปเปอร์มอเตอร์

การทำงานของสตีปเปอร์มอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับตัวมันก็จะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด แต่มอเตอร์ทั่วไปจะหมุนทันที และตลอดเวลา สตีปเปอร์มอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งการหมุนด้วยตัวเลขได้อย่างละเอียด โดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดและจัดเก็บตัวเลขเหล่านั้นไว้

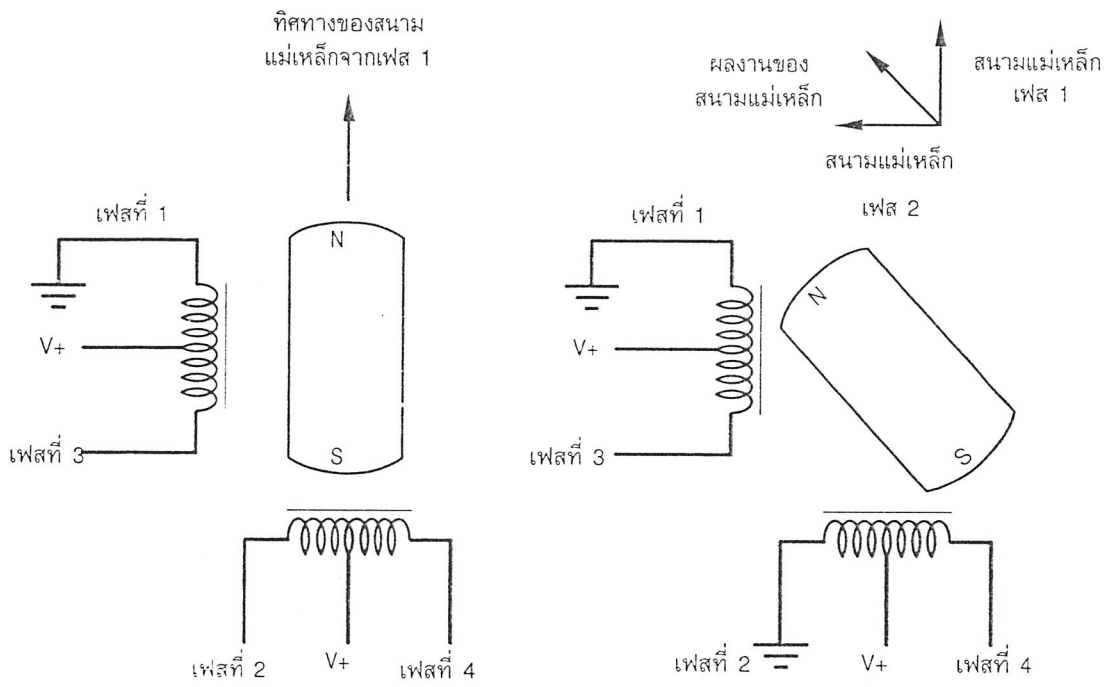
สตีปเปอร์มอเตอร์สามารถทำงานในระบบเปิดได้ แต่สำหรับวิธีกำหนดตำแหน่งการหมุนให้ถูกต้องจำเป็นต้องมีการป้อนกลับไปยังระบบให้รับรู้โดยทั่วไป จะใช้สวิทช์ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจนับ เมื่อสตีปเปอร์มอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนจนกระทั่งถึงตำแหน่งของสวิทช์ตรวจนับสัญญาณ ก็จะถูกป้อนกลับเข้าสู่ระบบ และทำให้ทราบการทำงานของสตีปเปอร์มอเตอร์ได้ตลอดเวลา ซึ่งโดยปกติในวงจรคอนโทรลเลอร์จะมีการกำหนดจุดอ้างอิงไว้ด้วย เพื่อให้เริ่มค้นการทำงาน และ อ้างอิงตำแหน่งได้อย่างถูกต้อง

ตัวอย่างง่าย ๆ เช่นถ้าเริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับฟลอปปีดิสก์ไดรฟ์ จะได้ยินเสียงขณะกำลังเคลื่อนที่เพื่อหาจุดอ้างอิงที่กำหนดหลังจากนั้นวงจรไดรฟ์คอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำงานได้ โดยตัวมันจะทราบถึงทุก ๆ สตีปที่กำลังขับเคลื่อน หัวอ่านจะเขียนไปยังแต่ละแทร็กบนดิสก์

การทำให้เกิดการหมุนของ โรเตอร์ทำได้เช่นเดียวกับมอเตอร์ทั่วไป คือต้องมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการจัดวางขั้วแม่เหล็ก โดยการหมุนสามารถหมุนได้ทั้งแบบต่อเนื่อง และ กลับทิศทางไปมาได้ โดยกระบวนการทางไฟสถับหรือการจัดวางแปร่งถ่าน การจัดแยกคอมมิวเตเตอร์ การสวิทช์กำลังไฟฟ้าให้เกิดแรงดึงดูดของแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็กจะสร้างและหยุดสลับกัน ผลก็คือเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นบนสเตเตอร์โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ละคู่ของขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม ไปตลอดเวลา และเมื่อต้องการให้หยุดหมุนทำได้โดยหยุดการเกิดขั้วแม่เหล็กที่จุดหนึ่ง โดยหยุดการสวิทช์ในลำดับต่อไปเสีย การหมุนกลับทิศทางก็ทำได้เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ทำการสวิทช์กำลังไฟฟ้าที่เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางกลับกัน หรือกลับลำดับการสวิทช์ของมัน

เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น หลักการทำงานแบบง่าย ๆ ของ สตีปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 4 เฟส ตัวโรเตอร์เป็นแม่เหล็ก โดยจะเปลี่ยนทิศทางไปตามสนามแม่เหล็กการให้พลังงานแก่ขดลวดใดขดลวดหนึ่งโรเตอร์ก็จะหมุนไป 90 องศา ดังรูปที่ 2.13 (ก) แต่ถ้าให้ทีเดียว 2 ขด พร้อมกัน โรเตอร์ก็จะหมุนเพียง 45 องศา ดังรูปที่ 2.13 (ข) ซึ่งแบบหลังจะสร้างแรงบิดได้มากกว่าแบบแรก สตีปเปอร์มอเตอร์จะมีมุมของการเคลื่อนที่แต่ละสตีปเป็น 1.8 องศา ดังนั้นที่โรเตอร์จะต้องมีขั้วแม่เหล็ก 50 ขั้ว ($90/50 = 1.8$)

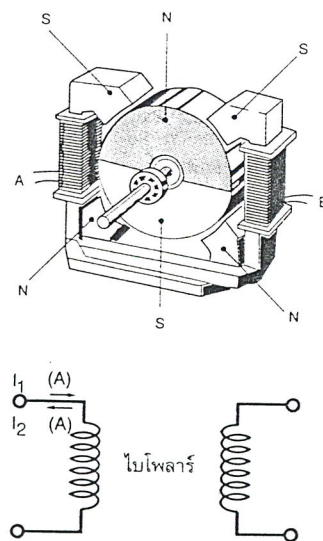
สตีปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส ความจริงแล้วเรียกชื่อยังไม่ถูกต้องนักน่าจะเรียกว่าเป็นแบบ 2 เฟสมากกว่า ถึงแม้ว่าขดลวดจะมี 4 ขดก็ตาม แต่การทำงานของเฟสที่ 3 หรือเฟสที่ 4 ขด ก็เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุม เพียงใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์ 4 ตัวก็ได้



(ก) เฟสที่ 1 ทำงาน

(ข) เฟสที่ 1 และ 2 ทำงาน

รูปที่ 2.13 ทิศทางการหมุนโรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส



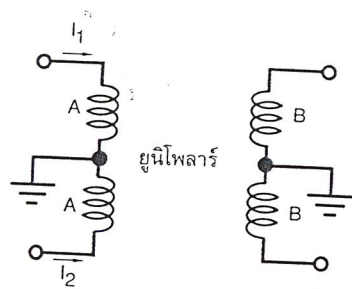
รูปที่ 2.14 ไบโพลาร์สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบ 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใน รูปที่ 2.14 เป็นการพันขดลวดแบบไบโพลาร์ เมื่อขดลวด A และ B มีกระแสไหลผ่าน สเตเตอร์จะเกิดขั้วแม่เหล็ก เป็นผลให้โรเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กค้ำกับสเตเตอร์ถูกดูด ต่อมาเมื่อกระแสที่ไหลในขดลวด A เปลี่ยนจากขั้ว S เป็นขั้ว N จากขั้ว N เป็นขั้ว S สลับกัน โรเตอร์จึงถูกผลักให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา 90 องศา ถ้าับการหมุนใน 1 รอบเป็นสเต็ปดังนี้ AB , AB , AB , AB , AB มี 4 สเต็ป ๆ ละ 90 องศา เครื่องหมายขีด (-) บนอักษร A , B แทนการกลับขั้ว

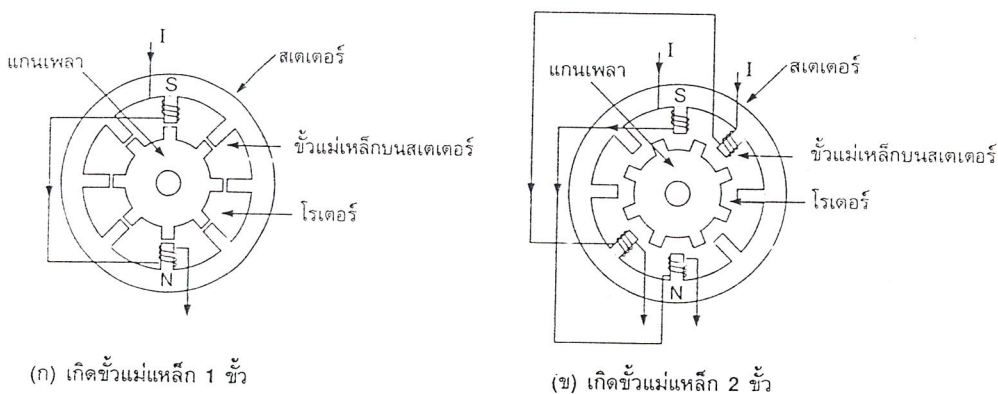
จะสังเกตได้ว่าเมื่อกลับขั้วแม่เหล็กในแต่ละเฟสจะต้องมีการหยุดกระแสก่อนแล้วกระแสจึงค่อยเปลี่ยนทิศทาง จึงสรุปเป็นสเต็ปได้คือ AB , B , AB , A , B , AB , A , AB การทำงานเป็นแบบครึ่งสเต็ปนี้ เป็นผลให้ค่าโมเมนต์มีค่าน้อยกว่าปกติ เพราะมีช่วงเวลาที่กระแสไหลแค่เฟสเดียว ส่วนแบบยูนิโพลาร์ก็ คล้ายกับแบบไบโพลาร์โดยคิดขดเดียว ในแต่ละเฟสของยูนิโพลาร์จะมีแทปกลางซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ขด ดังรูปที่ 2.15 เป็นผลให้ค่าฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าน้อยกว่าไบโพลาร์ ดังนั้นเมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง กระแสจะไม่เปลี่ยนทิศทางการไหล สนามแม่เหล็กที่ได้ก็น้อยตาม แรงบิดที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กก็น้อยกว่าด้วย

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาแต่ละซี่เหล่านี้นจะมีคอยล์พันสวมอยู่ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านคอยล์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ด้านตรงข้ามของแต่ละขั้วแม่เหล็กจะได้รับกระแสไฟฟ้าในขณะเดียวกัน แต่ว่าจะไหลวนในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศตรงข้ามขึ้นด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ก) ถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้น จะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงรอบมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.15 ยูนิโพลาร์สเต็ปเปอร์มอเตอร์

อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มจำนวนของสเต็ปได้อีกวิธีหนึ่ง โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายใน โดยทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว ที่อยู่ใกล้ กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรเตอร์หยุดหมุนอยู่ระหว่างกลางของ 2 ขั้วแม่เหล็กนั้นหรือเคลื่อนที่ไปครึ่งสเต็ปเท่านั้น และ วิธีการนี้ยังช่วยให้อาจเกิดแรงบิดมากขึ้นด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ข)



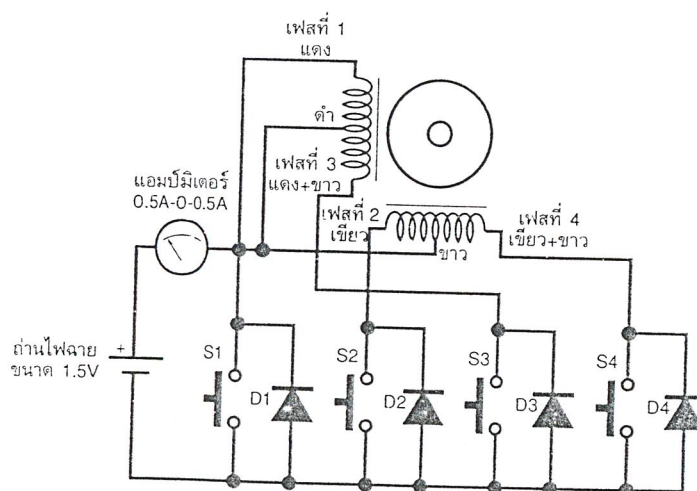
รูปที่ 2.16 (ก) แสดงการกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็ก 1 ขั้ว

(ข) แสดงการกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กพร้อมกัน 2 ขั้ว

สเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยทั่วไปมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนสเต็ปต่อรอบเป็นจำนวนมาก ปกติอยู่ที่ประมาณ 100 – 400 สเต็ปต่อรอบ การมีจำนวนสเต็ปมาก ๆ นี้ไม่ได้เพิ่มที่จำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเตเตอร์ แต่ทำได้โดยเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่โรเตอร์ จำนวนสเต็ปต่อรอบ ทั้งหมดจะได้รับการคูณ จำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ และ จำนวนขั้วที่โรเตอร์ เช่น ถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์ และ 8 ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ตัวนี้จะทำงานที่ 24 สเต็ปต่อรอบ หรือ หมุนเป็นมุม 15 องศาต่อสเต็ป

2.8.3 การควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

วิธีศึกษาการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์มีวิธีง่ายๆ ดังรูปที่ 2.17 โดยป้อนแรงดันขนาด 1 โวลต์มาใช้ขับให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์ ใช้สวิตช์กด 4 ตัว ควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานแบบเวฟหรือครึ่ง สเต็ป ไคโอต D1-D4 ป้องกันการสปาร์กที่หน้าคอนแทกสวิตช์และแรงดันย้อนกลับ สมมุติว่าชุดลวดเฟสที่ 1 สวิตช์ S1 ปิดวงจรจะมีกระแสไหลผ่านชุดลวดเฟสที่ 1 ลงกราวด์ และเมื่อสวิตช์ S1 เปิดวงจรก็จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านชุดลวดเฟสที่ 3 โดยผ่านทางไคโอต D3 ในขณะที่เดียวกันก็มีแรงดันตกคร่อมชุดลวด 2 ขณะเปิดวงจร (เป็นแรงดันตกคร่อมไคโอต) ซึ่งจะมีขนาดแรงดันเป็น 2 เท่าของแรงดันในตอนแรก เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ต้องคำนึงถึงข้อนี้ด้วยเมื่อนำมาใช้ในการขับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์



รูปที่ 2.17 วงจรทดลองการทำงานของสเต็ปเปอร์

การกระตุ้นเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปในการใช้งานจริง ทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีควเอนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้อง แบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

แบบเวฟ (Wave) เป็นการกระตุ้นรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่ง และเรียงถัดกันไป เช่น ขดที่ 1, 2, 3, 4, 1 หรือ 1, 4, 3, 2, 1 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังในตารางที่ 2.2

สเต็ปที่	เฟลสที่ 1	เฟลสที่ 2	เฟลสที่ 3	เฟลสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟลสแบบเวฟ

แบบ 2 เฟส (Two Phase) เป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่จ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟคือ ขดลวดที่ 12, 23, 34, 41, 12 หรือ 14, 43, 32, 21, 14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดที่ถูกไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาใช้

กระตุ้นพร้อมกัน และต่อด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดถัดไป สำหรับข้อเสียของการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังในตารางที่ 2.3

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

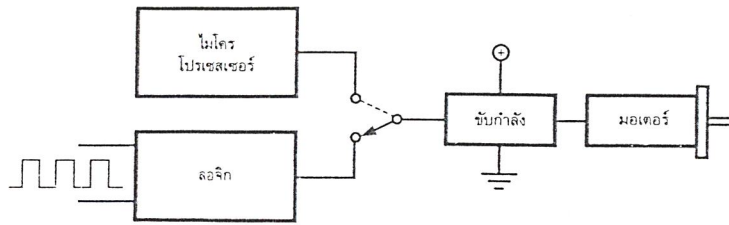
ตารางที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

แบบครึ่งสเต็ป (Half Step) เป็นรูปแบบผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกหนึ่งเท่าตัว จะกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ ขดลวด 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1, 14, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องระวังไว้ว่าเมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับ 1 สเต็ปเต็มเหมือนกันในการควบคุม 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟส จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังในตารางที่ 2.4

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมควบคุมสแต็ปเปอร์มอเตอร์

2.8.4 วงจรขับสแต็ปเปอร์มอเตอร์

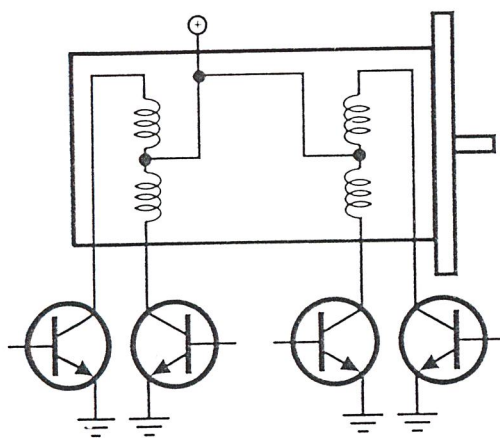
การนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับ สแต็ปเปอร์มอเตอร์ แสดงดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.18 การขับด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ ก็ต้องแยกได้ว่าขับมอเตอร์แบบไบโพลาร์หรือยูนิโพลาร์ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับเฟสของมอเตอร์ด้วยว่ามีจำนวนเฟสมากน้อยแค่ไหน ที่จะต้องควบคุมวงจรขับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์นั้นแสดงไว้ในรูปที่ 2.19 (ก) จากวงจรจะเห็นว่าจะใช้ทรานซิสเตอร์ขับขลวมอเตอร์ ในลักษณะ 1 ขดต่อทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ซึ่งจะแตกต่างจากการขับมอเตอร์ชนิดไบโพลาร์ ขดลวดทางซ้ายมือต้องใช้ทรานซิสเตอร์ถึง 4 ตัว ต่อวงจรแบบบริดจ์มาขับขลวด 1 ขด ส่วนขดลวดทางขวามือนั้นใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวมาขับขลวด 1 ขด ดังรูปที่ 2.19 (ข) แต่เพาเวอร์ซัพพลายที่จ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชุดจะไม่เหมือนกัน สังเกตดูให้ดีแล้วในขดทางขวามือจะเป็นแรงดันแบบบวก-กราวด์-ลบ

ในรูปที่ 2.20 เป็นวงจรขับสแต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยจะมีกราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของกระแสที่สเตเตอร์ ซึ่งในรูปที่ 2.20 (ก) ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมเข้าไบนั้นจะไปลดค่าคาบเวลาในการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ให้น้อยลง สำหรับใช้กับโหลดที่มีค่าเหนี่ยวนำน้อย ซึ่งก็แน่นอนว่าจะต้องมีการสูญเสียกำลังงานไปบางส่วน

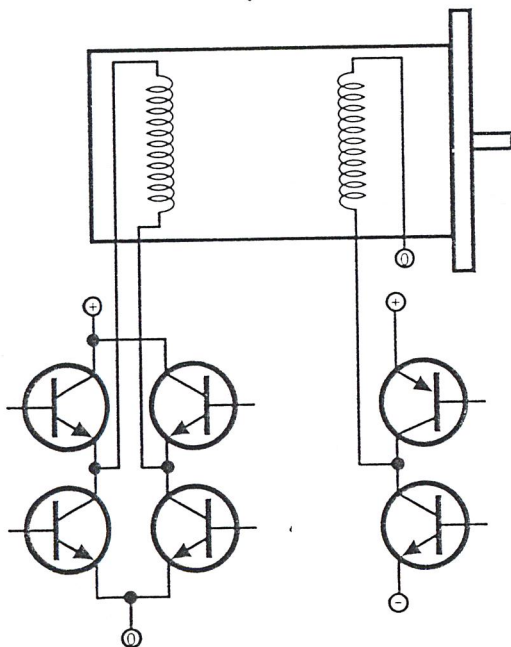
ในรูปที่ 2.20 (ข) เป็นวงจรที่ช่วยชดเชยค่าอินดักแตนซ์ โดยใช้วงจร RC ซึ่งวงจรมันจะกำเนิดแอมป์อออสซิลเลชั่น และทำให้ค่าคงที่ในการแอมป์น้อยสุดกำหนดด้วย ค่า R และ C คุณสมบัติเหล่านี้จะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตสแต็ปเปอร์มอเตอร์

ในรูปที่ 2.20 (ค) ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับกระแส ซึ่งจะทำให้ความชันของการสวิตช์ทำงานมีความชันมาก และจะต้องป้อนแรงดันให้สูงอย่างเพียงพอด้วย ขณะที่กระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ในระดับต่ำแล้ว ทรานซิสเตอร์จะไม่อยู่ในสถานะอิ่มตัวนานนัก วงจรนี้จะสูญเสียพลังงานมากจึงต้องระบายความร้อนออกมาในช่วงจังหวะนี้

ในรูปที่ 2.20 (ง) เป็นวงจรขับกระแสที่ดีมากวงจรหนึ่ง เพราะเมื่อกระแสไหลจนถึงค่าๆหนึ่ง ทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน และจะทำให้สนามแม่เหล็กลดลง โดยผ่านไดโอดอย่างช้าๆแล้วเมื่อกระแสตกคร่อมมอเตอร์ลดต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ทรานซิสเตอร์ทำงานอีกครั้ง ในวงจรนี้ทรานซิสเตอร์ก็จะไม่สูญเสียพลังงานมากเหมือนในรูปที่ 2.20 (ค) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



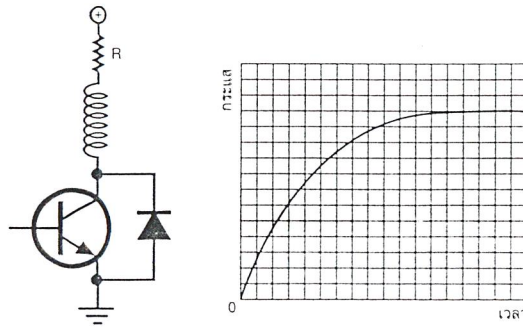
(ก) ยูนิโพลาร์



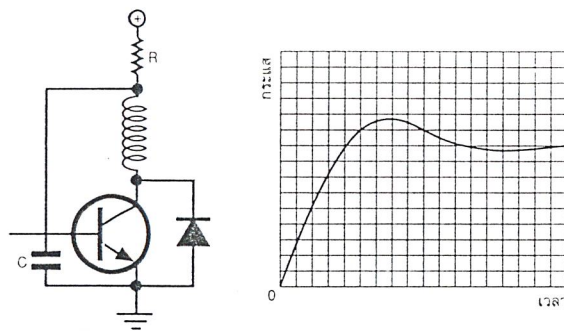
(ข) ไบโพลาร์

รูปที่ 2.19 การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์และไบโพลาร์

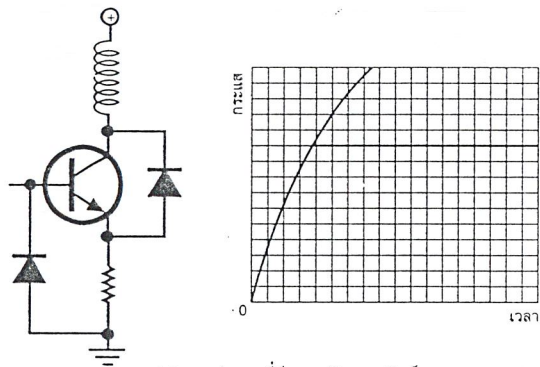
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



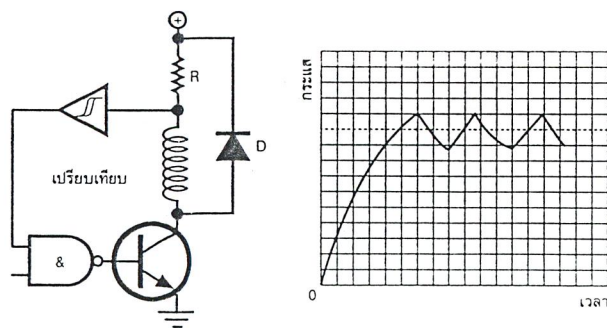
(ก) วงจรรับสเตปเปอร์มอเตอร์



(ข) R-C ขดเขยค่าอินคแตนซ์



(ค) การทำงานที่มีความชันของสวิทช์มาก



(ง) วงจรรับมอเตอร์ที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยบริษัทสงวนลิขสิทธิ์ที่ขอสงวนไว้ เมื่อผู้ยัดเข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงานตามต้องการ สามารถต่อเอาต์พุตพอร์ตได้โดยตรง และสามารถสั่งงานโดยการใช้ซอฟต์แวร์ เพื่อสั่งงานให้มอเตอร์หมุน เติมน้ำหรือดอยหลังได้ตามต้องการ และนอกจากนั้นยังสามารถเลือกได้อีกว่าหมุนเป็นเวฟหรือครึ่ง สเต็ปก็ได้ จากการปรับช่วงห่างระหว่างเวลาแต่ละสเต็ป วิธีการควบคุมทรานซิสเตอร์ที่ผ่านวงจร RS ไปสเคเบิล เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น กรณีของการนำกระแสพร้อมๆกันของ ทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวแบบบริดจ์ ในบางกรณีลอคจิกเกตจะถูกใช้เป็นตัวเซตและรีเซต วงจรไปสเคเบิล เพื่อกำหนดทิศทางการหมุนก็ได้

มีอุปกรณ์ไอซีที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในการออกแบบเป็นวงจรควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ที่ควบคุม ความเร็วด้วยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของพัลส์ และที่มีขายกันตามท้องตลาดก็อย่างเช่น เบอร์ SAA1027 , L 297 , L 298 หรือ TL 376 ULN 2002 – ULN 2005 เป็นต้น

2.9 โครงสร้างภายในของ MCS-51 และการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

2.9.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่ง

แอดเดรสได้ถึง 64 K

● มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (on-chip pro-gram memory) ขนาด 4 K โดยเฉพาะ เบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 K สำหรับเบอร์ 8031 และ M 8032 จะไม่มีหน่วยความจำใน ส่วนนี้

● มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (on-chip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์

● หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุม หรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียน โปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น

● มีไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์ (timer / counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว

● การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิดโดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำ การอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเบอร์	หน่วยความจำภายใน		ไทเมอร์/เคาน์เตอร์	จำนวนอินเตอร์รัปต์
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052 AH	8K × 8 ROM	256 × 8 RAM	3 × 16 – Bit	6
8051 AH	4K × 8 ROM	128 × 8 RAM	2 × 16 – Bit	5
8051	4K × 8 ROM	128 × 8 RAM	2 × 16 – Bit	5
8032 AH	ไม่มี	256 × 8 RAM	3 × 16 – Bit	6
8031 AH	ไม่มี	128 × 8 RAM	2 × 16 – Bit	5
8031	ไม่มี	128 × 8 RAM	2 × 16 – Bit	5
8751 H	4K × 8 EPROM	128 × 8 RAM	2 × 16 – Bit	5
8751 H-12	4K × 8 EPROM	128 × 8 RAM	2 × 16 – Bit	5

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51

- มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์
- คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว

2.9.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS - 51

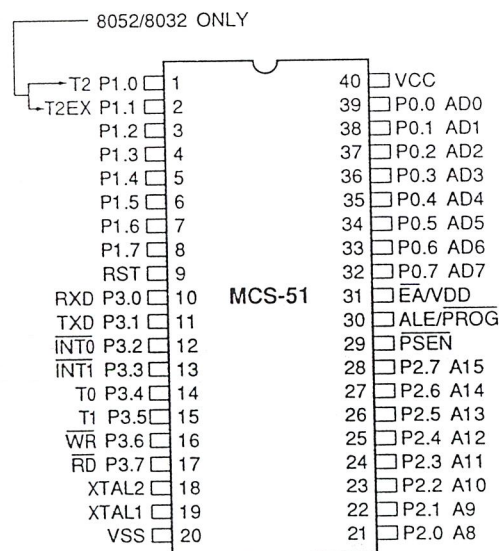
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.21 สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

- ขา V_{cc} เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง + 5 โวลต์
- ขา V_{ss} เป็นขากาวด์
- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P 0.0 – P 0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสไบต์ค่า (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตเอาต์พุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (program pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS - 51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

- ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสไตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสไตรบจำนวน 2 ครั้ง แต่ละแมกซ์ชิบไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีกรส่งสัญญาณสไตรบแต่อย่างใด
- ขา EA / VPP (External Access enable/VPP) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส (0-0FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM
- ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรรินเวอร์ตติงออสซิลเลเตอร์แอมพลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับการใช้คู่ร่วมกับคริสตัลภายนอก

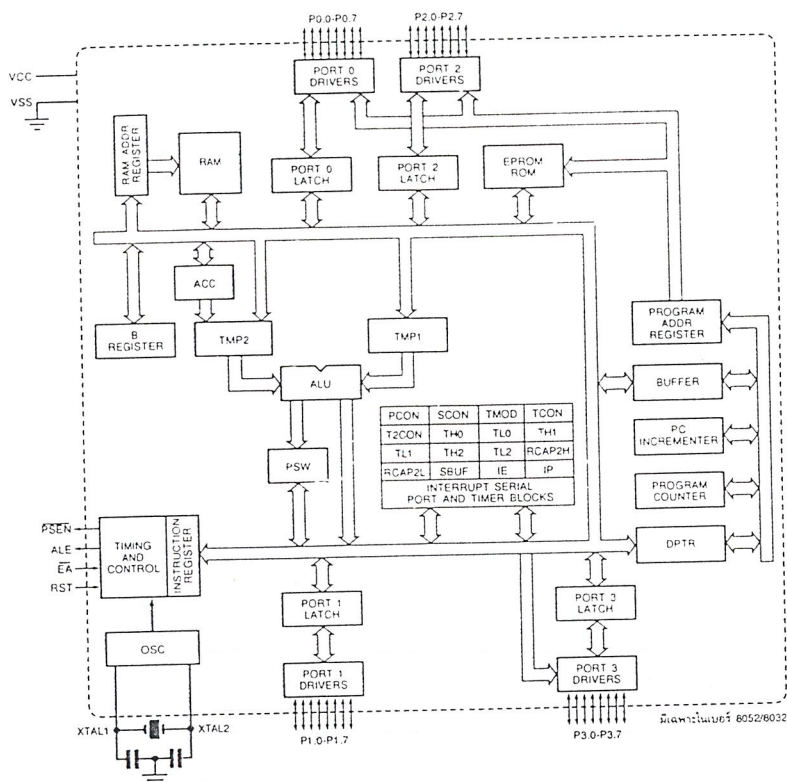


รูปที่ 2.21 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 โครงสร้างภายในของ MCS - 51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 แสดงดังในรูปที่ 2.22 โดยส่วนที่มีเครื่องหมายดอกจัน (*) จะมีเฉพาะในเบอร์ 8032 และ 8052 เท่านั้น



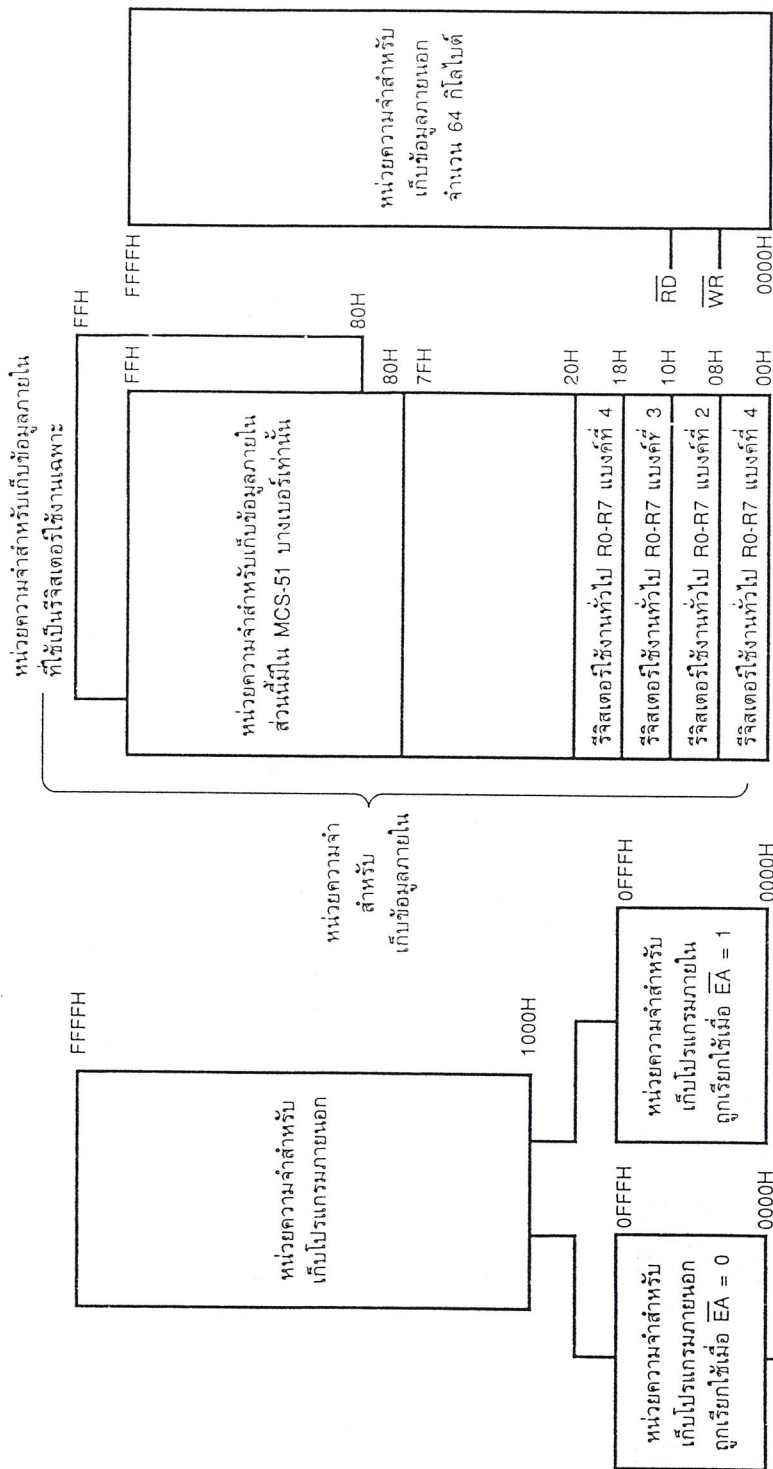
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.9.4 การจัดหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 แบ่งชนิดของหน้าที่และหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (data memory)

หน่วยความจำโปรแกรมจะใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ภายในตัว โดยอาจจะมีขนาดไม่เท่ากันหรือเป็นหน่วยความจำต่างชนิดกัน เช่น บางเบอร์เป็น ROM และบางเบอร์อาจเป็น EPROM และบางเบอร์อาจไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้เลย โปรแกรมการทำงานจะถูกเก็บไว้ยังหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆจากการทำงานของโปรแกรม ซึ่งใน MCS - 51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่จำนวนหนึ่ง แต่อาจมีขนาดมากน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์ สำหรับการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 2.23



หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

รูปที่ 2.23 แสดงการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรม

และหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันและกันเลย ทำให้ผู้เขียน โปรแกรมใช้งานรีจิสเตอร์ทั่วไปนี้ ได้ทั้ง 32 ตัว อย่างเต็มที่และไม่ยุ่งยากในการเขียน โปรแกรม

ตำแหน่ง แอดเดรส	(MSB)	บิตแอดเดรส								(LSB)	รีจิสเตอร์ หน้าที่พิเศษ
	WDT	T32	SERR	IZC	P3HZ	P2HZ	P1HZ	ALF			
0F8H	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8		I/OCON	
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0		B	
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0		ACC	
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P			
0D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		PSW	
0CDH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TH2	
0CCH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TL2	
0CBH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									RCAP2H	
0CAH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									RCAP2L	
	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2			
0C8H	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8		T2CON	
	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0			
0B8H	BF	—	BD	BC	BB	BA	B9	B8		IP	
0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0		P3	
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0			
0A8H	AF	—	AD	AC	AB	AA	A9	A8		IE	
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0		P2	
99H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									SBUF	
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	R1			
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98		SCON	
90H	97	96	95	94	93	92	91	90		P1	
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TH1	
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TH0	
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TL1	
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TL0	
89H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									TMOD	
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0			
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88		TCON	
87H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									PCON	
83H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									DPH	
82H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									DPL	
81H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต									SP	
80H	87	86	85	84	83	82	81	80		P0	

รูปที่ 2.24 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.9 การอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมของ MCS-51

การอินเตอร์เฟสผ่านพอร์ตอนุกรมสามารถเลือกทำงานได้หลายโหมด ซึ่งในบางโหมดนั้นอาจไม่ต้องการให้ความสนใจเลยก็ได้ เพราะมันจะถูกเลือกก็ต่อเมื่อทำงานเป็นระบบไมโครคอนโทรลเลอร์หลายๆตัวเท่านั้น โหมดการทำงานทั้งหมดมีดังนี้

โหมด 0 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8 บิต การส่งจะเลื่อนออกทีละบิต โดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RXD และไม่มีการส่ง start bit แต่จะส่ง shift clock ทางขา TXD (ความเร็ว 1/2 เท่าของ CPU clock)

โหมด 1 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต , 1 start bit , 1 stop bit และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูล โดยขึ้นกับ บิต SMOD

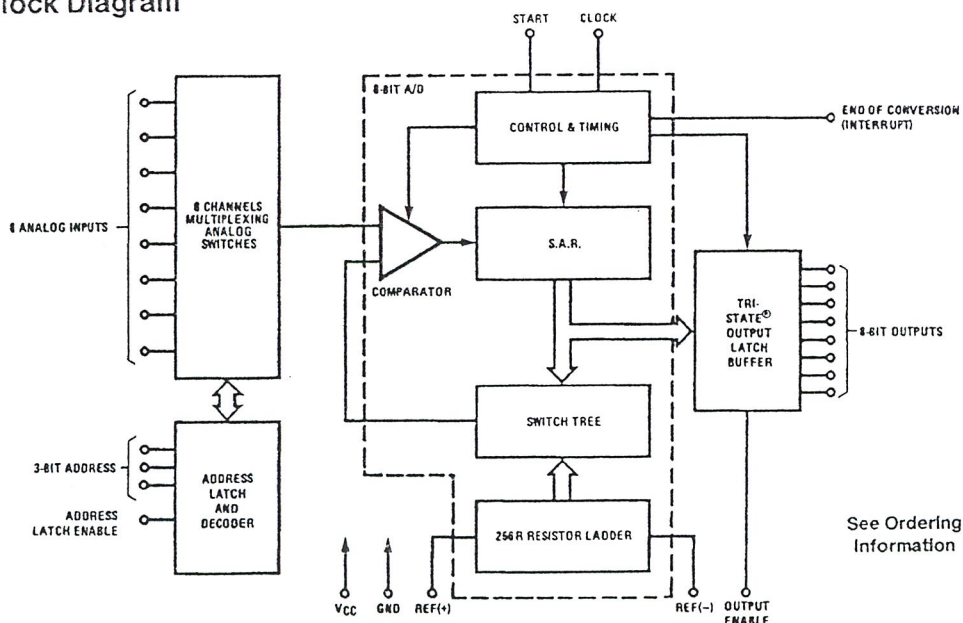
โหมด 2 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต โดยส่งข้อมูล 9 บิต , 1 start bit , 1 stop bit (TB8 นิยมนำมาใช้ส่ง parity ความเร็วในการส่ง และ รับข้อมูล เท่ากับ 1/32 และ 1/64 ของ CPU

โหมด 3 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต โดยส่งข้อมูล 9 บิต , 1 start bit , 1 stop bit เหมือนโหมด 2 ยกเว้นความเร็ว ขึ้นกับ SMOD และ OVER FLOW จากไทมเมอร์

2.10 ทฤษฎี การแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยใช้ ADC 0808

ADC 0808 เป็น IC แบบ CMOS ที่ใช้แปลงสัญญาณ Analog เป็นข้อมูล Digital ที่มีขนาดของข้อมูล 8 bit ซึ่งการทำงานภายในแบบ Successive Approximation ที่มีความเร็วปานกลาง และความเที่ยงตรงสูงและ ADC 0808 มี Analog input ถึง 8 Channel ซึ่งสามารถต่อกับสัญญาณ Analog ที่ต้องการแปลงเป็นข้อมูล Digital ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ โดยมีขา Multiplex ในการเลือก Analog Input อยู่ 3 ขา คือ ADD A , ADD B , ADD C , ดังรูปเป็นโครงสร้างภายในของ ADC 8008

Block Diagram

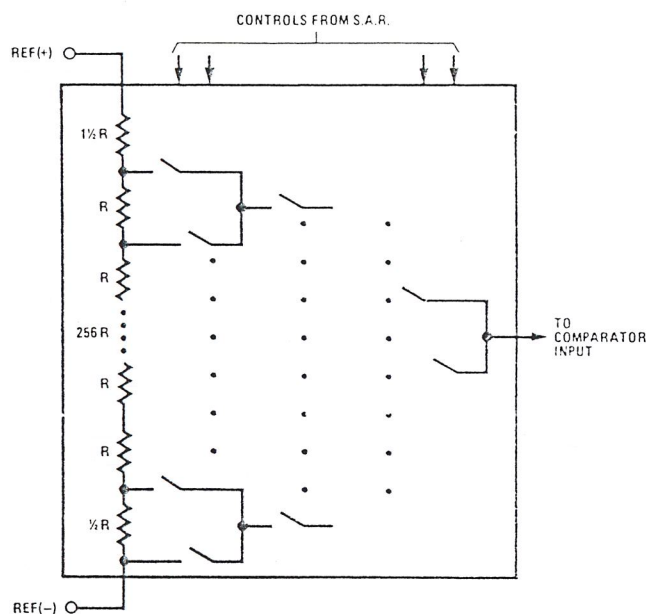


See Ordering Information

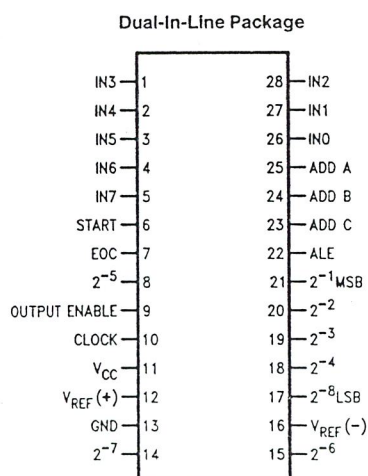
ลักษณะสำคัญ

- สามารถเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลได้ถึง 8 บิต
- ความไม่เที่ยงปรมาณ $\pm \frac{1}{2}$ LSB และ ± 1 LSB
- แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC
- 8 Channel Analog Input และ Multiplex With Latch Control Logic
- ง่ายในการต่อใช้งาน -20° C to $+85^{\circ}$ C หรือ -55° C to $+125^{\circ}$ C
- Latched TRI – STATE Output

ลักษณะของ ADC แบบ Successive approximation Register (SAR) โดย ADC ภายในเป็นแบบ 256R Ladder Network โดยผ่าน Switch Tree โดยควบคุมจาก SAR Register Ladder and Switch Tree



รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะของ ADC แบบ Successive Approximation Register



รูปที่ 2.27 เป็นรูปแสดงขาของ IC ADC 0808

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 การทำงานของขา ADC 0808

INO – IN7

เป็นขา Analog Signal ที่สามารถต่อสัญญาณ Analog ได้ 8 สัญญาณ ADD A,B และ C เป็นขา Multiplex สัญญาณ Analog Input ตามที่ต้องการแปลงสัญญาณ Analog to Digital

ALE (Address Latch Enable)

เป็นขา input ที่รับสัญญาณเพื่อ Latch ข้อมูลขนาด 3 bit ที่ขา ADD A , ADD B , ADD C , เพื่อในการ Multiplex

START

เป็นขา input เพื่อรับสัญญาณในการ START ให้ ACD 0808 ทำงานในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital $2^0 - 2^7$ เป็นขาของข้อมูล Digital ขนาด 8 บิต

OE (Output Enable)

เป็นขาที่ควบคุมข้อมูล Digital ขนาด 8 บิต ว่าต้องการที่จะให้ส่งออกทางขา Output ของ ADC 0808 หรือไม่

EOC (End Of Conversion)

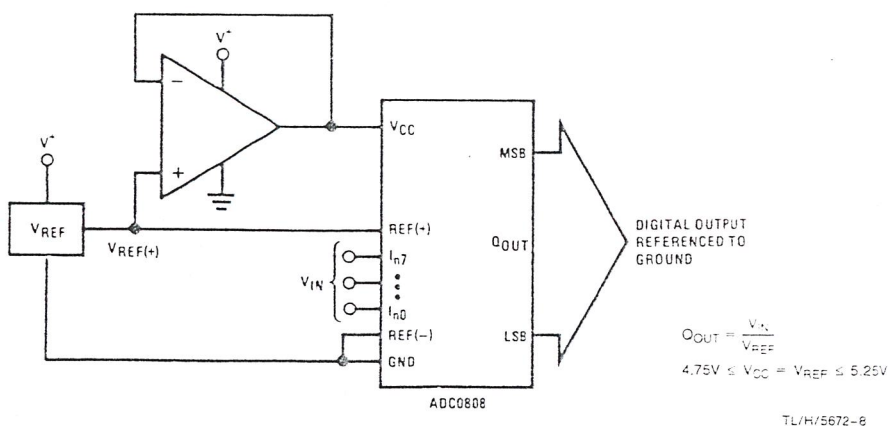
เป็นขา Output ที่จะส่งสัญญาณเพื่อบอกว่าการทำงานของ ADC 0808 ที่การแปลงข้อมูลเสร็จแล้ว หรือยังจากโครงสร้างของ ADC 0808 จะพบว่า ADC 0808 มี Analog input อยู่ 8 Channel ที่สามารถต่อ Analog Signal เพื่อที่จะแปลงเป็น Digital 8 บิต ได้ถึง 8 Channel และในการ Multiplex Channel ที่จะทำการแปลง จะต้องกำหนดข้อมูลขนาด 3 บิต ให้กับขา ADD A , ADD B , ADD C , ดังตารางที่ 2.7

SELLECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

ตารางที่ 2.7 แสดงอินพุตสำหรับการมัลติเพล็กซ์

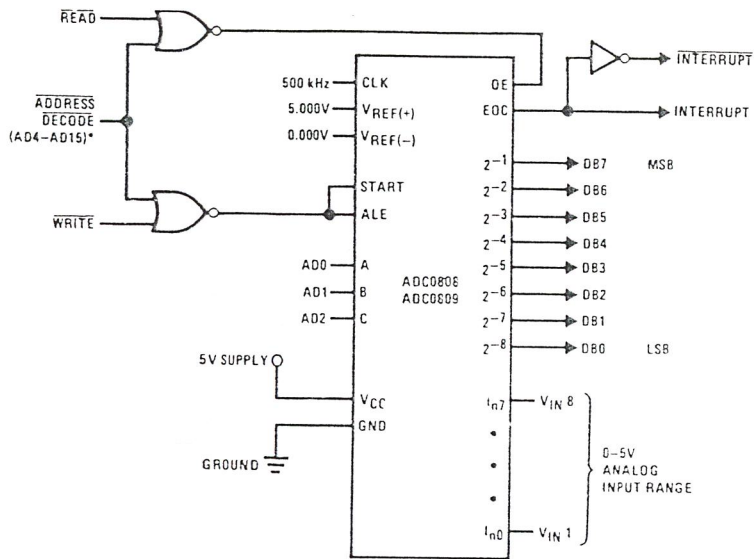
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Output ของ ADC 0808 โดยมี 3 สถานะ โดยปกติจะอยู่สถานะ High Impedance ดังนั้นถ้าต้องการให้ ADC แสดงข้อมูลออกทาง O/P ก็ให้ป้อนพัลซ์บวกที่ขา Output Enable ด้าน Output จึงแสดงค่าข้อมูลที่เป็น Digital ออกมาโดย Output จะแสดงค่านานเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลซ์บวกที่ป้อนให้ที่ขา OE (Output Enable)
- ในการนำไปใช้งาน วงจร A/D Converter สามารถต่อวงจรได้ดังนี้



รูปที่ 2.29 ระบบการแปลงแบบเป็นอัตราส่วน

จากรูปที่ 2.29 เราจะเห็นว่า ขา Ref (+) ต่อเข้ากับแหล่งจ่าย (VCC) และ Ref (-) ต่อเข้ากับ กราวด์ ทำให้เราใช้งานได้ในช่วงจำกัด คือ อินพุต ที่ป้อนเข้ามาจะอยู่ระหว่างแหล่งจ่าย (Vcc) กับแทน กราวด์ สำหรับการนำไปใช้งานในการ อินเตอร์เฟส กับ ไมโครโปรเซสเซอร์ นั้น จะแสดงดังรูปที่2.29 โดยในกรณีที่จะให้วงจรทำการแปลงสัญญาณ ซึ่งจะใช้สัญญาณ Write จาก ไมโครโปรเซสเซอร์ มาทำการ Latch Channel ที่ต้องการแปลงและพร้อมทำการ Start และที่ขา EOC ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในการ อินเตอร์รัพท์ ไมโครโปรเซสเซอร์ ให้ ไมโครโปรเซสเซอร์ รับรู้ว่าขณะนี้ วงจรได้ทำการแปลงสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว และเมื่อ ไมโครโปรเซสเซอร์ ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะใช้สัญญาณจากขา READ มาทำการ Output Enable (OE) เพื่อให้วงจรแสดงข้อมูลขนาด 8 บิต ที่ขา เอาต์พุต



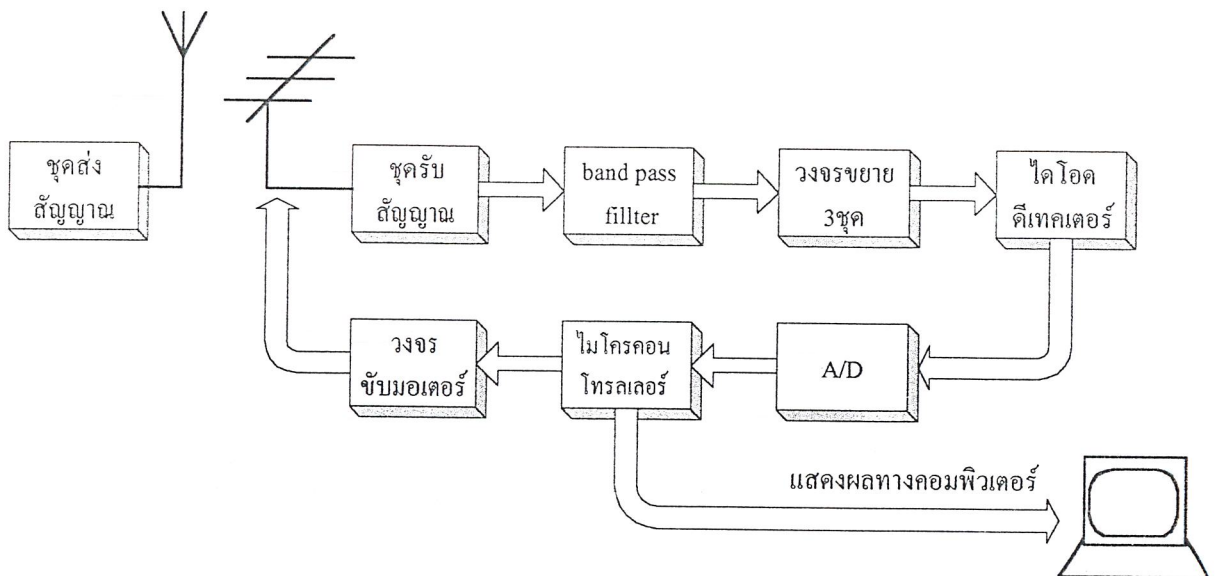
รูปที่ 2.30 การอินเทอร์เฟส กับ ไมโครโปรเซสเซอร์

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 หลักการทำงานของเครื่องหาทิศทาง

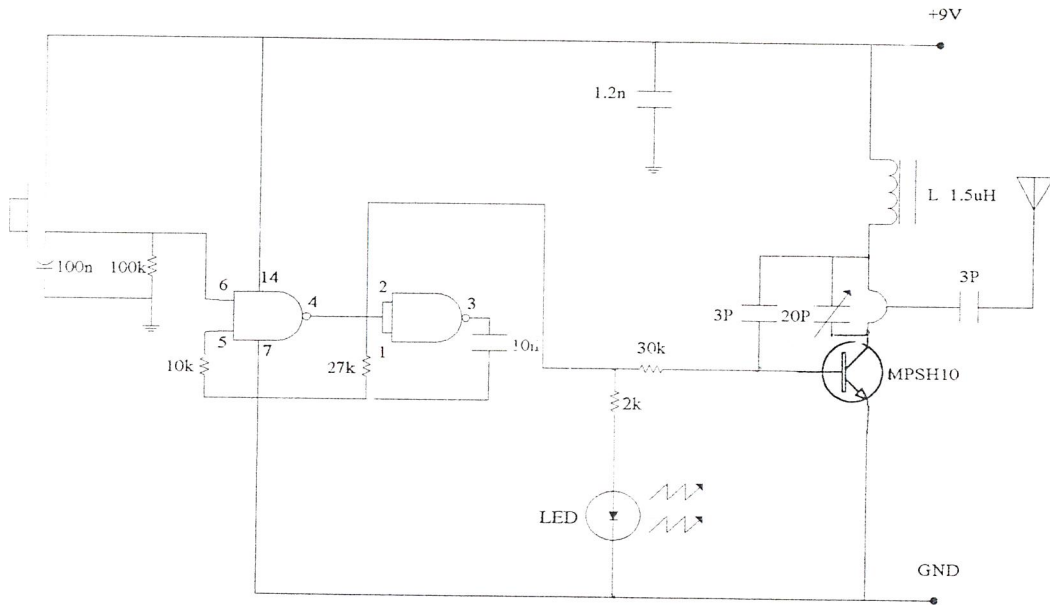
สัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องส่งจะถูกรับสัญญาณ โดยเครื่องรับ โดยใช้สายอากาศแบบมีทิศทาง ซึ่ง จะทำการแยกสัญญาณข่าวสารจากสัญญาณรบกวน ด้วยวงจรกรองความถี่ช่วงผ่านแล้วนำสัญญาณไปขยาย เมื่อได้รับสัญญาณมาแล้ว จะนำสัญญาณมาเปลี่ยนให้เป็นไฟตรงโดยวงจร ไดโอดตีเทคเตอร์ เสร็จแล้ว จึงนำไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งค่าไปให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อนำค่า ไปประมวลผลวัดความแรงของระดับสัญญาณ แสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของภาครับและภาคส่ง

3.2 ชุดภาคส่ง

ในส่วนของภาคส่งนั้น วงจรรวมจะแสดงดังรูปที่ 3.2 สำหรับในการสร้างความถี่สัญญาณนั้น จะใช้ไอซีเบอร์ 4093 ซึ่งเป็น ไอซี ที่มี แนนเกตอยู่ด้วยกัน 4 ตัว โดยเราจะใช้เพียง 2 ตัว ในการสร้างวงจร มัลติไวยเบรเตอร์ ซึ่งมีความถี่ที่ 1.25 kHz หลังจากนั้นเราจะนำสัญญาณข่าวสาร (IF) ไป มอดูเลตกับ สัญญาณเรดิโอ ฟรีควนซี (RF) ซึ่งถูกสร้างมาจากวงจร แอลซี โดยจะทำการมอดูเลตแบบ แอมพลิจูด ชิฟ คีย์อิ่ง (ASK) แล้วนำสัญญาณส่งออกสายอากาศ



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง

3.3 ชุดภาครับ

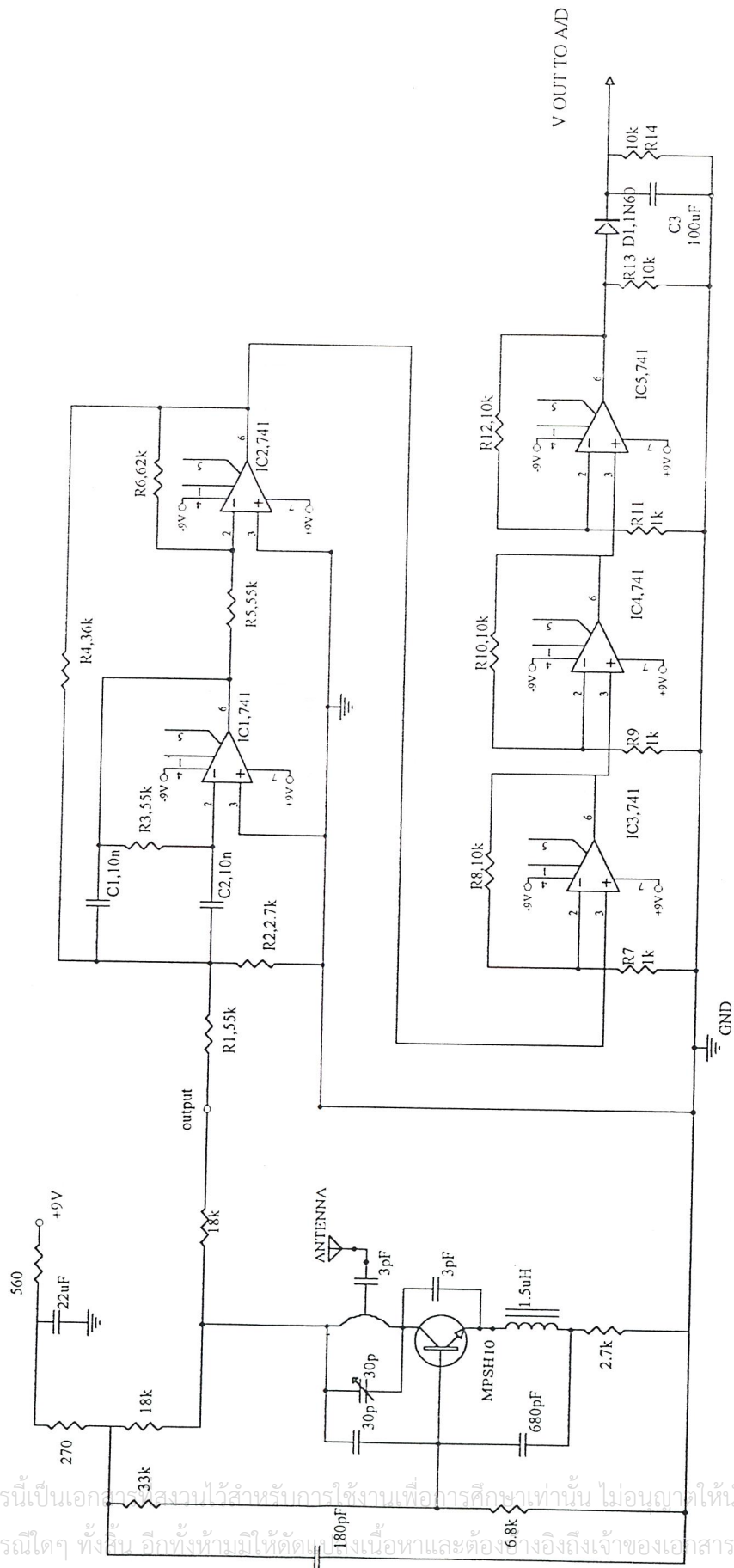
ในส่วนของภาครับนั้นเมื่อรับสัญญาณจากเสาอากาศได้ ก็จะนำสัญญาณมาขยาย ด้วยทรานซิสเตอร์ เบอร์ MPHS10 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ซึ่งขยายในย่านความถี่สูง สัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเป็นสัญญาณแบบ ASK อยู่ โดยจะมีความถี่ RF ขึ้นอยู่กับความถี่ IF โดยเราจะกำจัดสัญญาณ RF ทั้ง โดยการนำสัญญาณที่ได้เข้าวงจรกรองช่วงความถี่ ซึ่งมีความถี่รีโซแนนท์อยู่ที่ ความถี่ IF หลังจากนั้นจะนำสัญญาณไปขยาย ด้วยวงจร ออปแอมป์ 3 ชุด แล้วนำสัญญาณที่ขยายแล้วมาเปลี่ยนเป็นไฟตรงด้วยวงจร ไดโอด ซีเทคเตอร์เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเป็นไฟตรง แล้วนำสัญญาณเข้าวงจร เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951

3.4 การออกแบบวงจรกรองช่วงความถี่

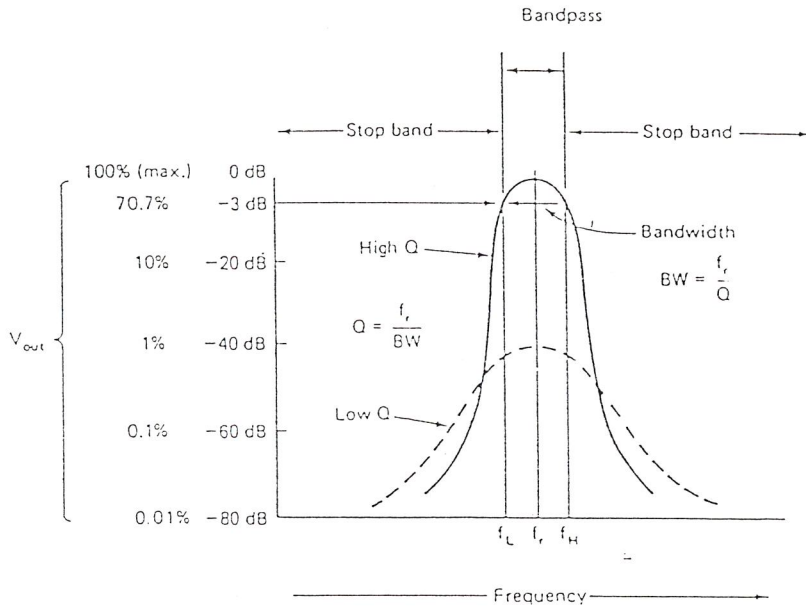
วงจรกรองช่วงความถี่นี้ จะคัดเลือกสัญญาณในช่วงความถี่ที่ต้องการให้สามารถผ่านวงจรออกไปได้รูปที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรกรองช่วงความถี่

จากรูปจะเห็นว่า ณ ความถี่เอาท์พุทที่มีขนาดสูงสุดเราจะเรียกว่า ความถี่รีโซแนนท์ (Resonant frequency) และที่ซึ่งแรงดันเอาท์พุทลดลงเหลือ 70.7 % ทั้งด้านที่ความถี่สูงขึ้น และด้านที่ความถี่ลดลง เรียกว่า ความถี่ f_H และ f_L ตามลำดับ โดยที่ผลต่างของความถี่ทั้งสองนี้ ($f_H - f_L$) จะแสดงแบนด์วิดท์ (BW) ของวงจร ถ้า แบนด์วิดท์ มีขนาดต่ำกว่า 10 % ของความถี่รีโซแนนท์ (f_r) จะเรียกววงจรนี้ว่าวงจรฟิลเตอร์ช่วงแคบ แต่จะเรียกว่าเป็นวงจรฟิลเตอร์ช่วงกว้างหากแบนด์วิดท์มีค่าสูงกว่า 10% ของความถี่รีโซแนนท์ นอกจากนี้ยังให้นิยามสำหรับค่า Q (Quality factor) ว่าเป็นอัตราส่วนระหว่างความถี่รีโซแนนท์และแบนด์วิดท์ดังสมการ

งานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูล เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

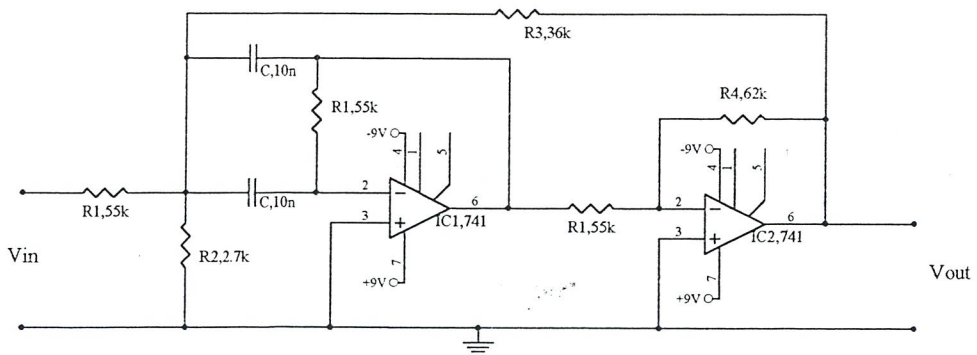


รูปที่ 3.4 คุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่ผ่าน

$$Q = \frac{Fr}{BW} \tag{3.1}$$

วงจรที่มีค่า Q สูงมากเท่าใด แบนด์วิดท์ก็จะยิ่งแคบเท่านั้น (เข้าใกล้กับวงจรในอุดมคติที่ต้องการเลือกความถี่ผ่านวงจรกรองได้เพียงค่าเดียว) และเอาท์พุทก็จะมีขนาดสูงขึ้นด้วย ดังในรูปที่ 3.4 จะแสดงวงจรกรองความถี่ที่มีค่า Q ค่อนข้างต่ำ

สำหรับวงจรกรองความถี่ผ่าน (Positive Feedback Filter) จะแสดงดังรูปที่ 3.5 โดยที่การคำนวณค่าความต้านทานและ ค่าคาปาซิเตอร์ จะกล่าวถึงในส่วนถัดไป



รูปที่ 3.5 วงจร Positive Feedback Band-Pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบวงจรกรองช่วงความถี่นั้น ขั้นแรกเราต้องรู้ความถี่รีโซแนนซ์ที่ต้องการ โดยเราสามารถเลือก ค่า Q และ ค่า เกน ที่ต้องการได้ ขั้นตอนในการออกแบบมีดังนี้

- 1) หาจุดตัดระหว่าง ความถี่รีโซแนนซ์ กับ ค่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ เพื่อหาค่า K parameter จากกราฟที่ 1 (ในภาคผนวก)
- 2) นำค่า K ที่ให้หาได้จากข้อที่ 1) มาหาค่าความต้านทาน R1- R6 จากกราฟที่ 2 (ในภาคผนวก) ซึ่งค่าความต้านทานจะขึ้นอยู่กับ ค่า Q และ ความถี่ที่เรากำหนด
- 3) เลือกค่าความต้านทานให้ตรงตามกราฟที่ได้และทำการสร้างวงจร

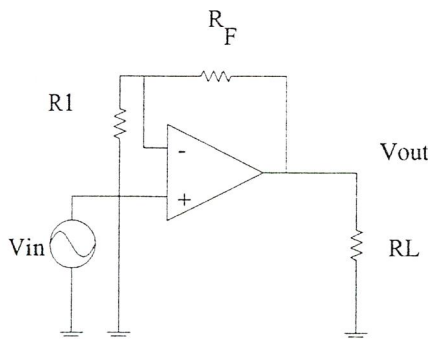
จากการออกแบบเราสามารถหาค่า ต่าง ๆ ได้ดังนี้

ที่ความถี่รีโซแนนซ์ 1.25 K เราเลือกใช้ค่า Q = 40 และค่า Gain = 10 เลือกค่า C = 10 n จากกราฟที่ 1 ในภาคผนวกจะได้ ค่า K = 8 หลังจากนั้นนำค่า K ไปหาค่า R จากกราฟที่ 2 ในภาคผนวกค่า R1 = 55 k , R2 = 2.7 k, R3 = 36 k , R4 = 62 k

3.5 วงจรขยาย

วงจรขยายในที่นี้ใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส วงจรแสดงดังรูปที่ 3.6 โดยแบ่งวงจรขยายนี้เป็นสามขั้น โดยกำหนดให้วงจรขยายทั้งสามนี้มีกำลังขยายเป็น 10 , 10 และ 10 เท่า ดังนั้นสามารถหาค่า R_F และ R_1 ได้ดังนี้

$$\text{จาก อัตราการขยาย } (A_v) = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

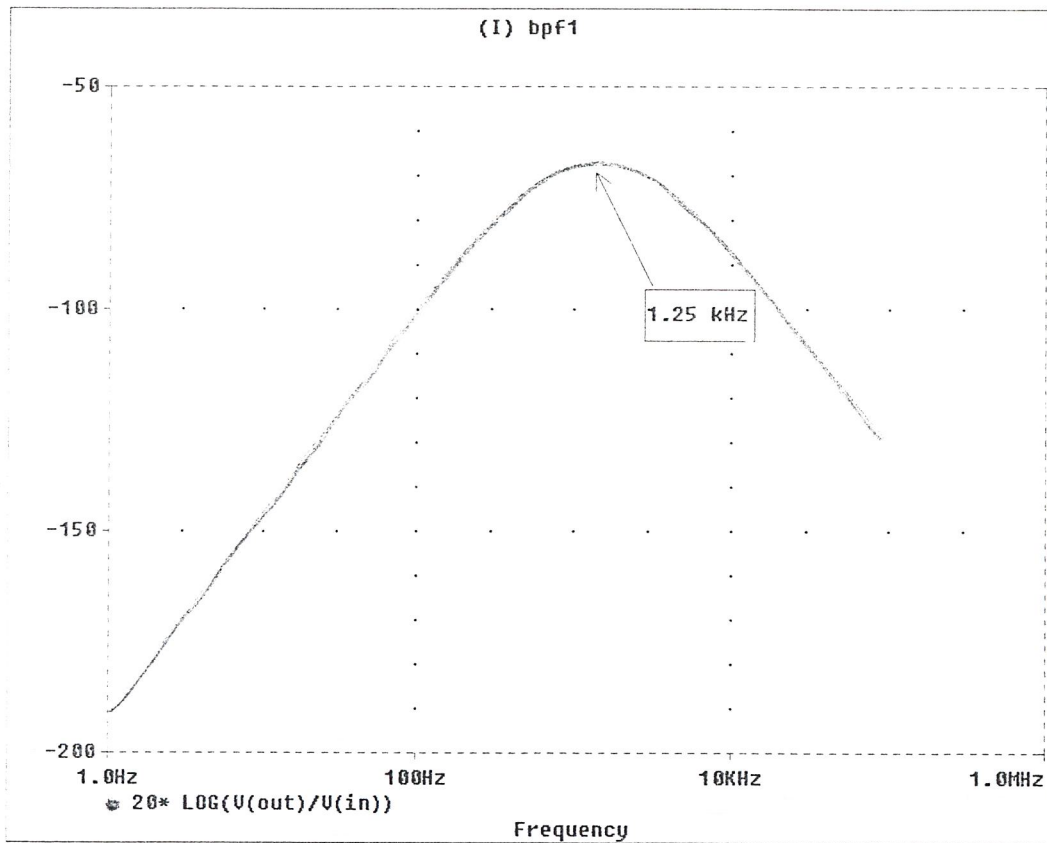


กำหนด $A_v = 11$ ดังนั้น $R_F = 10k$ และ $R_1 = 1k$

รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ

3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลเลือกใช้ไอซีเบอร์รี่ ADC0808 สามารถรับอินพุตได้ 8 การคำนวณช่วงโดยการกำหนดคีสัญญาณให้กับขาแอดเดรส มีค่าดังต่อไปนี้ อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

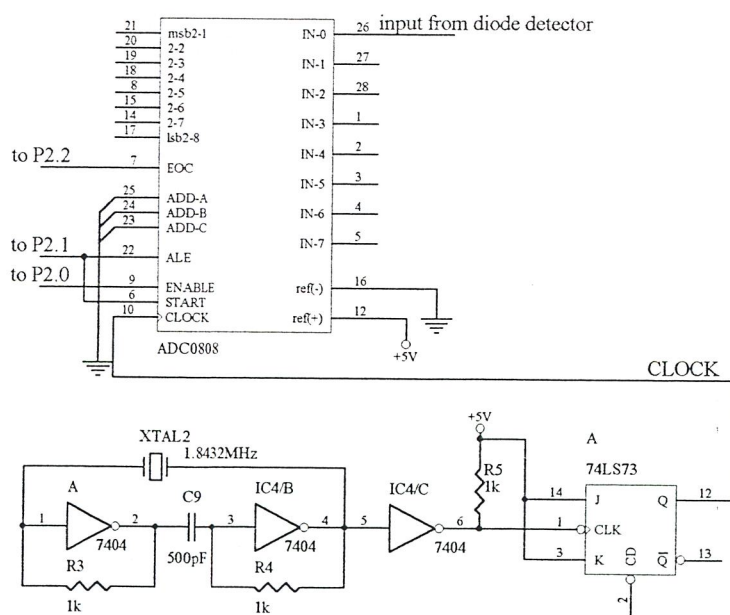


รูปที่ 3.7 แสดงรูปความถี่คัตออฟของวงจรกรองช่วงความถี่ผ่านที่ 1.25 kHz

ขาอินพุตที่ถูกเลือกใช้	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	0	0	0
IN1	0	0	1
IN2	0	1	0
IN3	0	1	1
IN4	1	0	0
IN5	1	0	1
IN6	1	1	0
IN7	1	1	1

ตารางที่ 3.1 การมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณที่ต้องการแปลงสัญญาณ

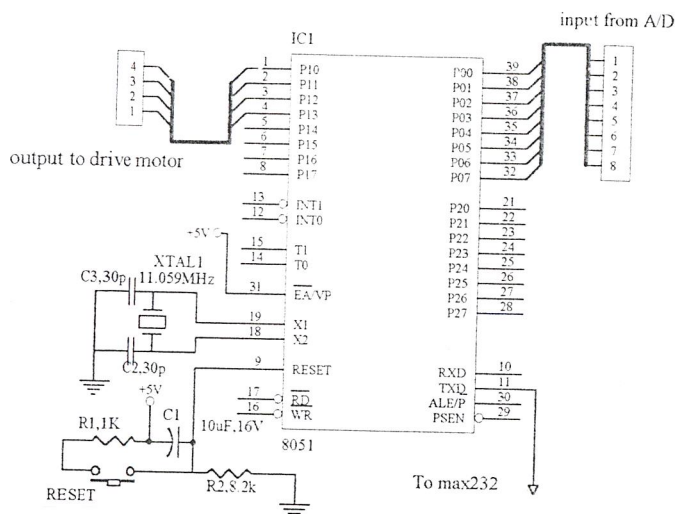
สำหรับการต่อใช้งานวงจรต้องมีการป้อน CLOCK ให้แก่ไอซี ดังรูปต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน **รูปที่ 3.8** วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8951 ที่สามารถทำการลงโปรแกรมได้หลายครั้ง มีรูปวงจรดังนี้



รูปที่ 3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951

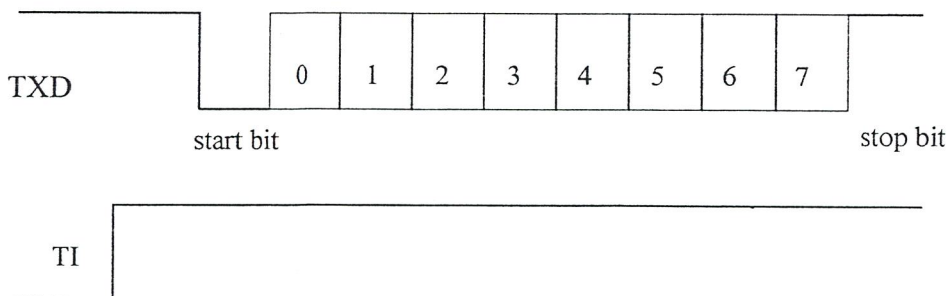
ในส่วนของการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ ใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (serial port) เลือการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นโหมด 1 เป็นการติดต่อสื่อสารอนุกรม 10 บิต

แบ่งเป็น ข้อมูล 8 บิต

1 start bit

1 stop bit

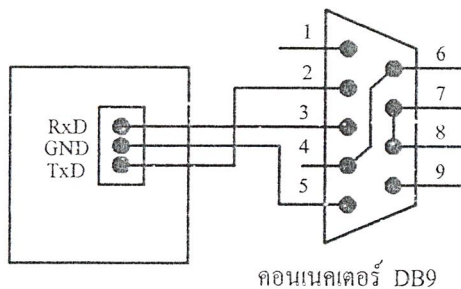
และมี baud rate = 9600



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3.10 สัญญาณของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 1 ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ (DB9) ในรูปแบบมาตรฐาน RS232



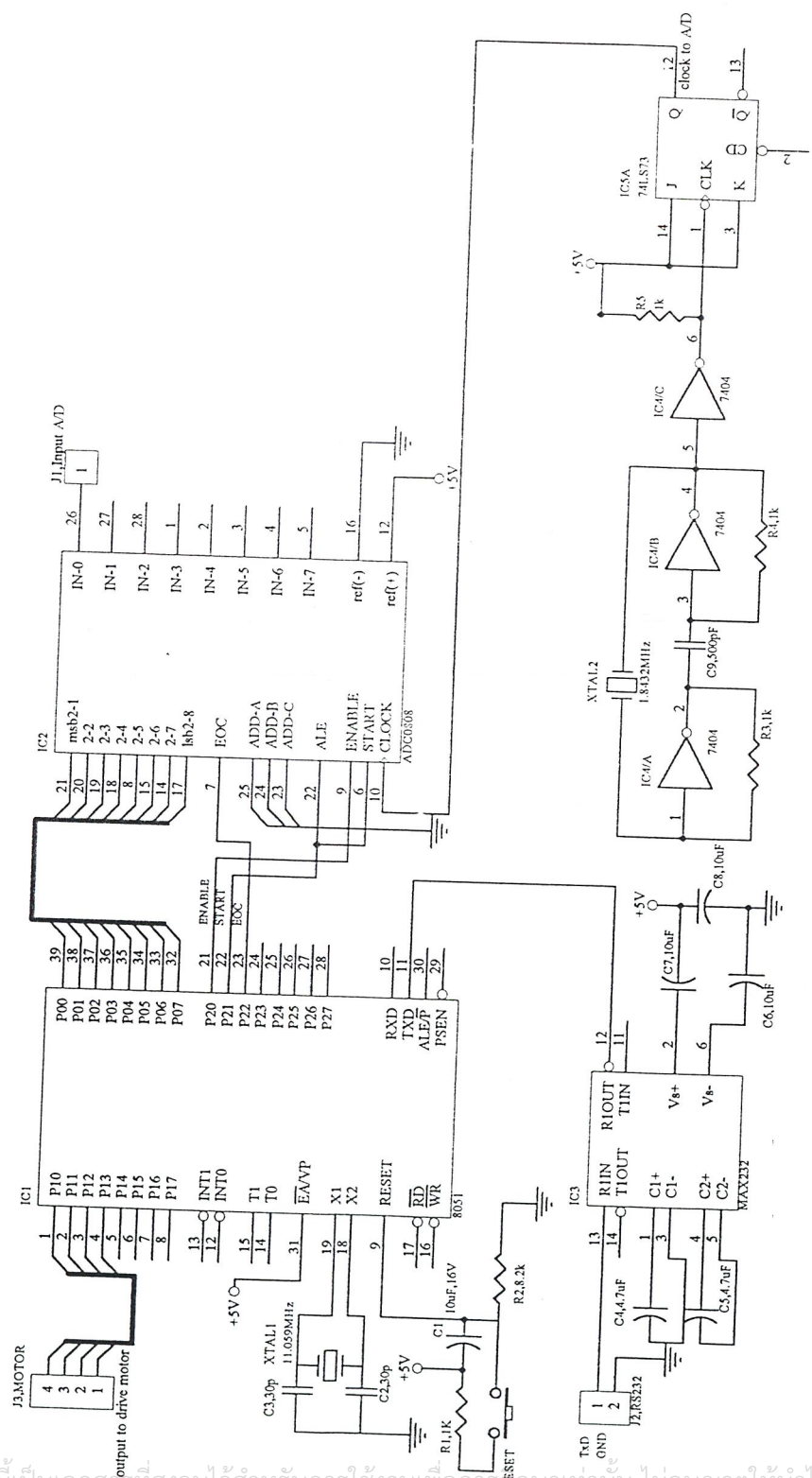
รูปที่ 3.11 การต่อคอนเนคเตอร์ DB9

3.8 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้สำหรับการหมุนเสาอากาศเป็นชนิดยูนิโพลาร์ 4 เฟส ใช้วงจรถับสเต็ปมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.11 โดยรับสัญญาณมาจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการกระตุ้นขดลวดแบบเวฟมีขั้นตอนการป้อนสัญญาณดังนี้

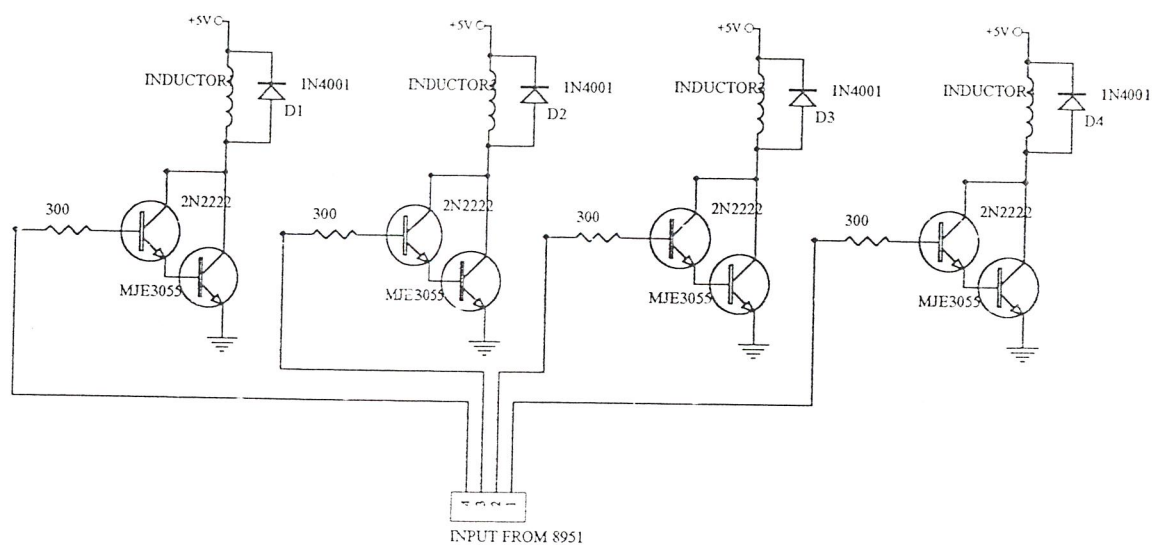
สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
1	1	0	0	0

ตารางที่ 3.2 การกระตุ้นขดลวดด้วยสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.12 รูปวงจรรวมของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรขับสปีดสี่ปี้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

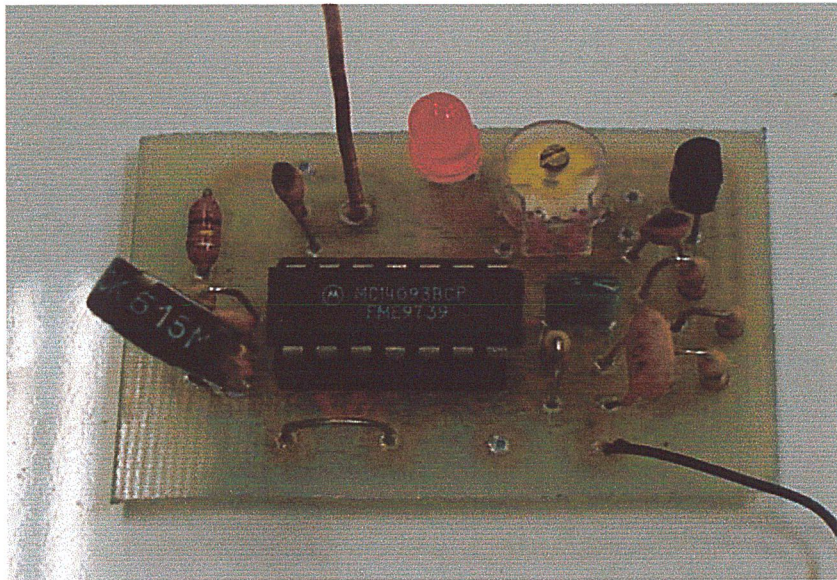
4.1 การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง

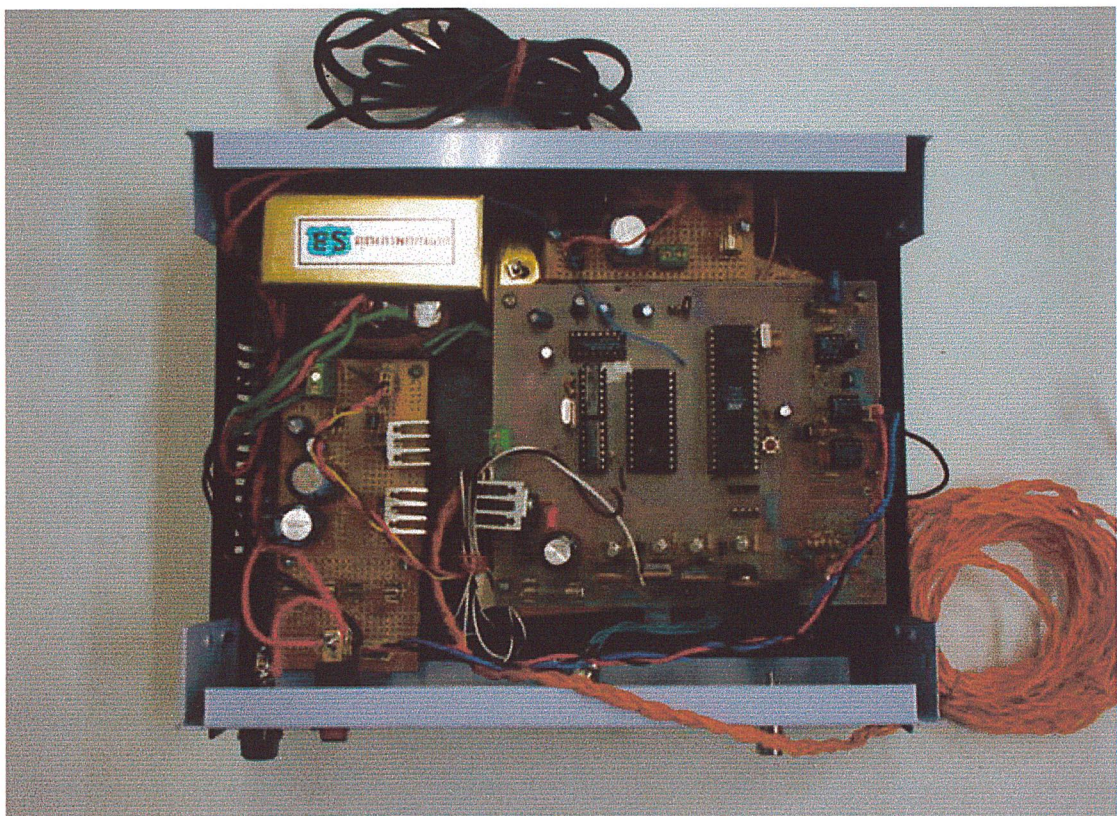
1. ชุดส่งสัญญาณความถี่ย่าน UHF 400 MHz
2. เสาอากาศแบบขากิ ที่ใช้รับสัญญาณที่ความถี่ 400 MHz
3. ชุดรับสัญญาณความถี่ย่าน UHF 400 MHz
4. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951
5. ชุดขับสเต็ปปีงมอเตอร์เพื่อหมุนเสาอากาศ
6. โปรแกรมสั่งงาน
7. คอมพิวเตอร์

วิธีทำการทดลอง

1. คิดตั้งชุดส่งสัญญาณให้ได้ความถี่ 400 MHz ตามต้องการ
2. คิดตั้งชุดรับสัญญาณเข้ากับเสาอากาศและชุดขับสเต็ปปีงมอเตอร์
3. นำชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ลงโปรแกรมไว้เรียบร้อยแล้ว มาต่อเข้ากับสเต็ปปีงมอเตอร์ เพื่อขับมอเตอร์ และ ต่อเข้ากับภาครับเพื่อทำการเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณหาทิศทางที่สัญญาณมีความแรงสูงสุด

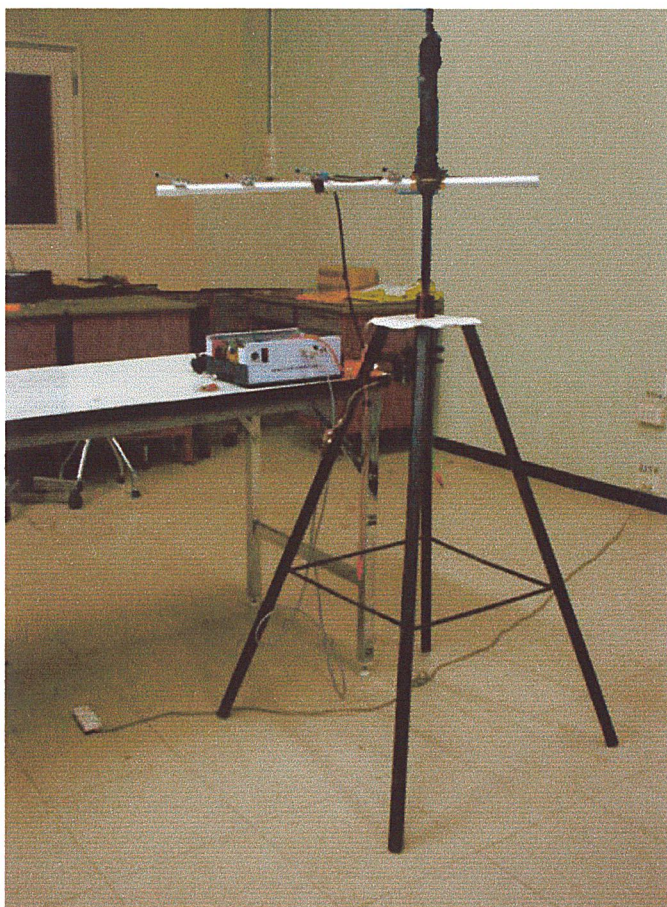


รูปที่ 4.1 แสดงรูปเครื่องส่ง

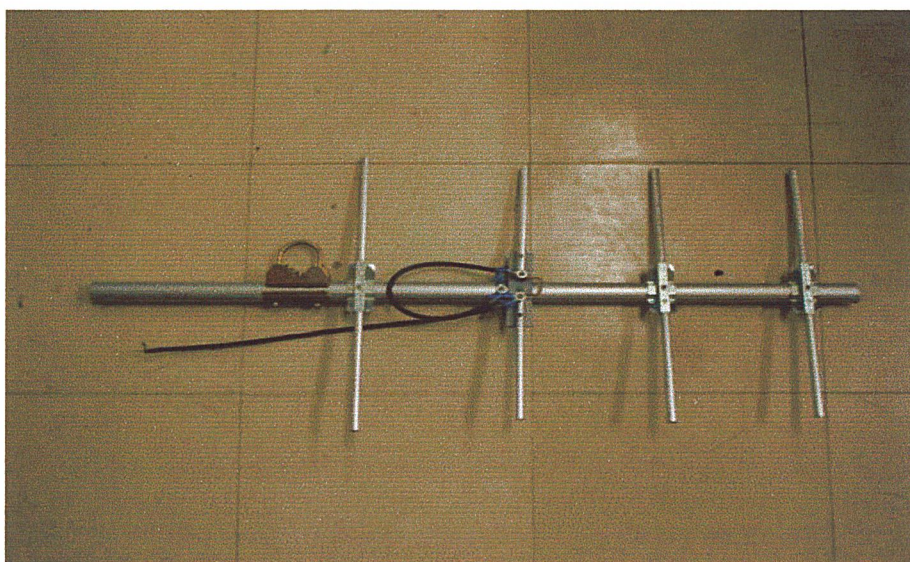


รูปที่ 4.2 แสดงรูปเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

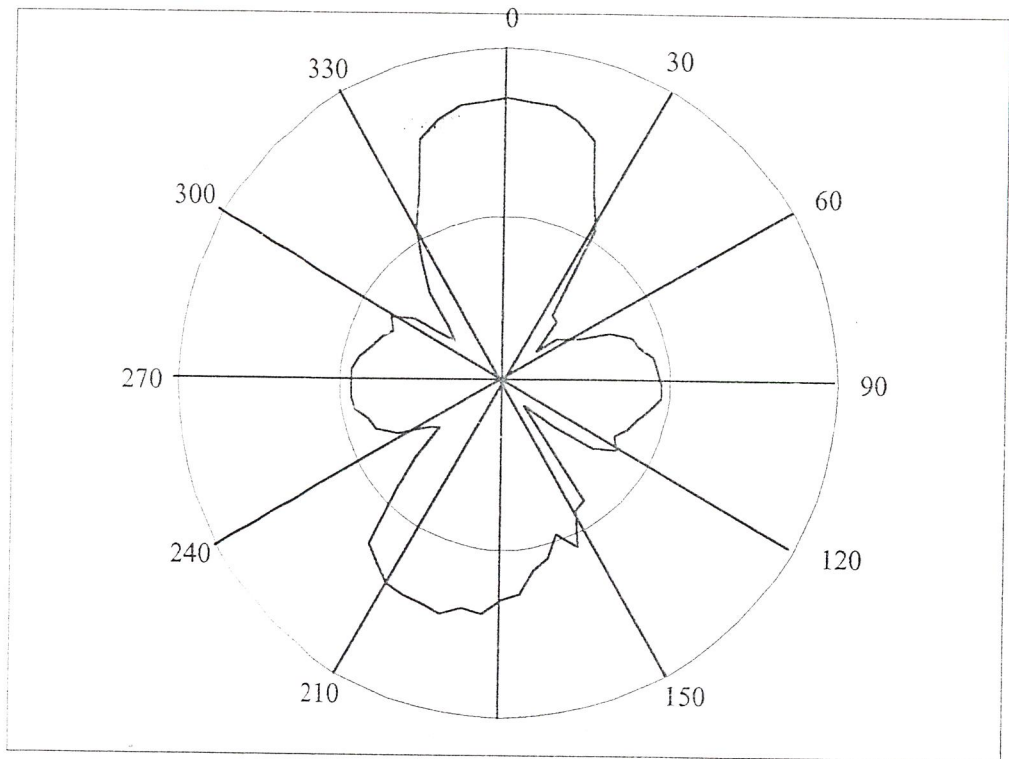


รูปที่ 4.3 แสดงรูปสายอากาศพร้อมแท่นวางและสแต็ปเปอร์มอเตอร์



รูปที่ 4.4 แสดงรูปสายอากาศขั้วที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



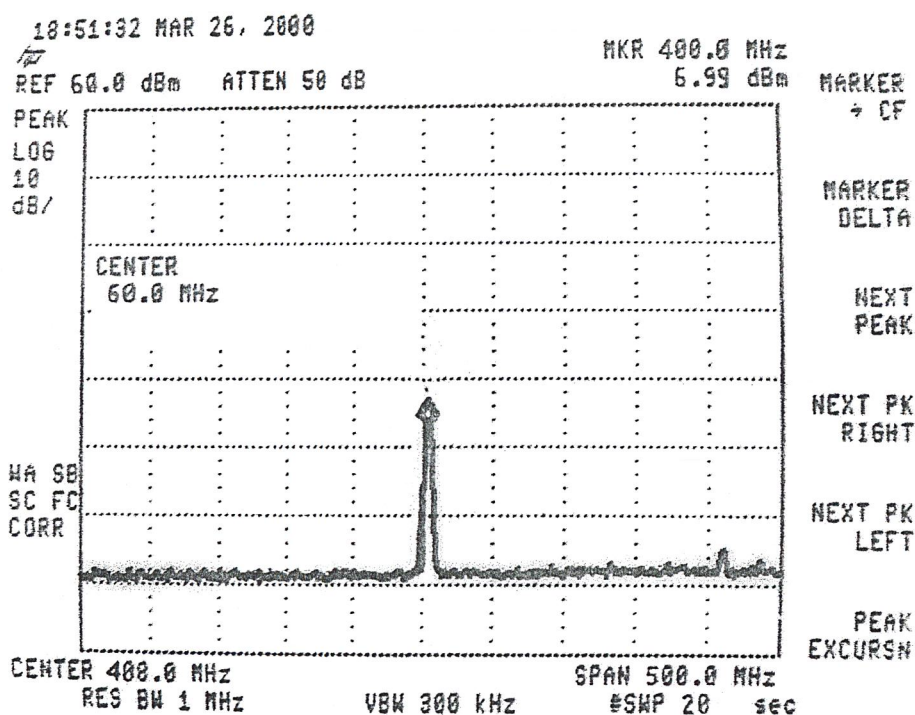
รูปที่ 4.5 แพทเทิร์นของสายอากาศยาก็ที่ออกแบบ

4.2 ผลการทดลอง

หลังจากนำสัญญาณไฟตรงที่ได้ จากภาคไดโอดสี่เทคเตอร์ ต่อเข้ากับวงจร แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเรียบร้อยแล้วพบว่าระดับสัญญาณดิจิตอล 8 บิตที่ส่งออกมานั้นมีความผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจาก สัญญาณจากไดโอดสี่เทคเตอร์ นั้นไม่ใช่ค่าคงที่ และการเคลื่อนที่ของเสาอากาศ มีผลทำให้ค่าดิจิตอลเปลี่ยนแปลงไปมาในบิตค่าสุดท้าย

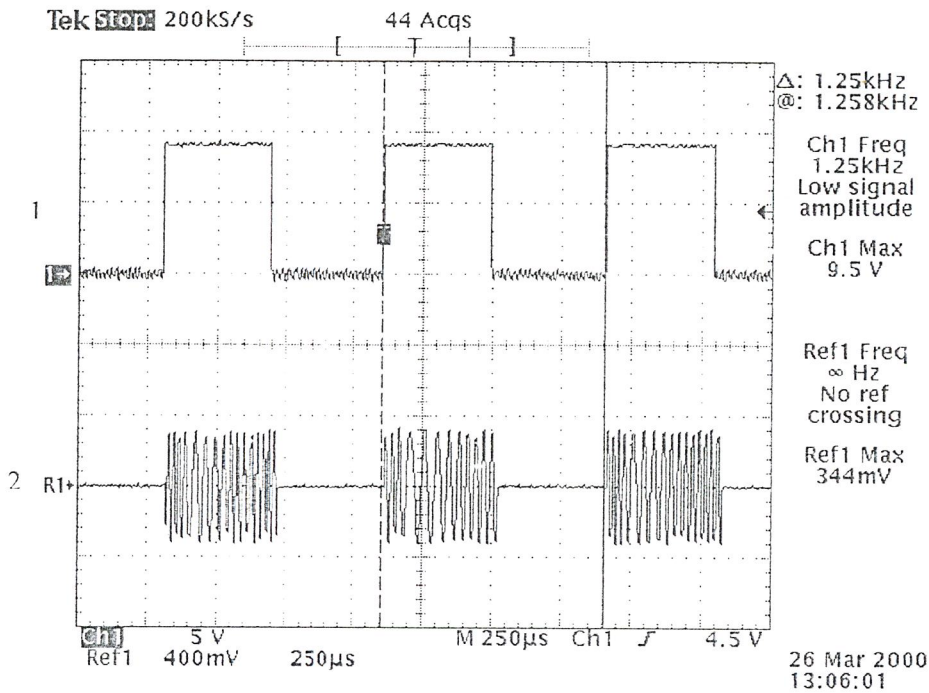
ในการทดลองวงจรอินเทอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทาง สาย DB 9 สามารถดูผลการเชื่อมต่อว่าถูกต้องหรือไม่ โดยโปรแกรม Hyperterminal ซึ่งจะแสดงค่าที่รับเข้ามาเป็นรหัสแอสกี ถ้าค่าตัวเลขที่รับเข้ามาดังกล่าวถูกต้องเรียบร้อยแล้วจึงนำไปเชื่อมต่อกับโปรแกรม Visual Basic 6 ในขั้นต่อไป

จากโปรแกรม Visual Basic 6 จะแสดงผลเป็นความแรงของสัญญาณที่องศาต่างและเมื่อ หมุนครบ 360 องศาแล้วจะแสดงค่าสัญญาณที่แรงที่สุดออกมา ดังรูปผลการทดลองโปรแกรม Visual Basic 6

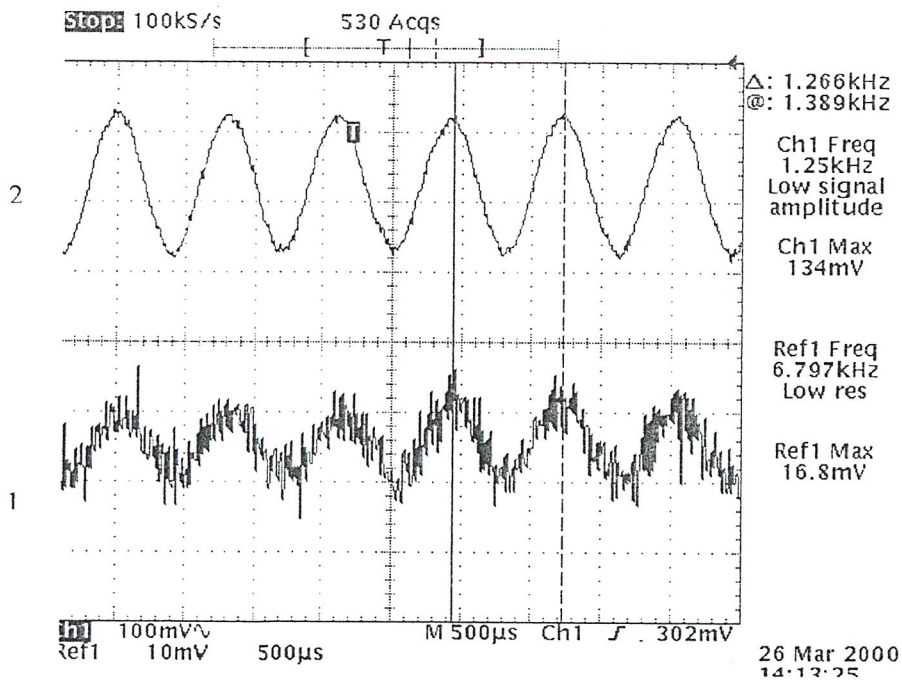


รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

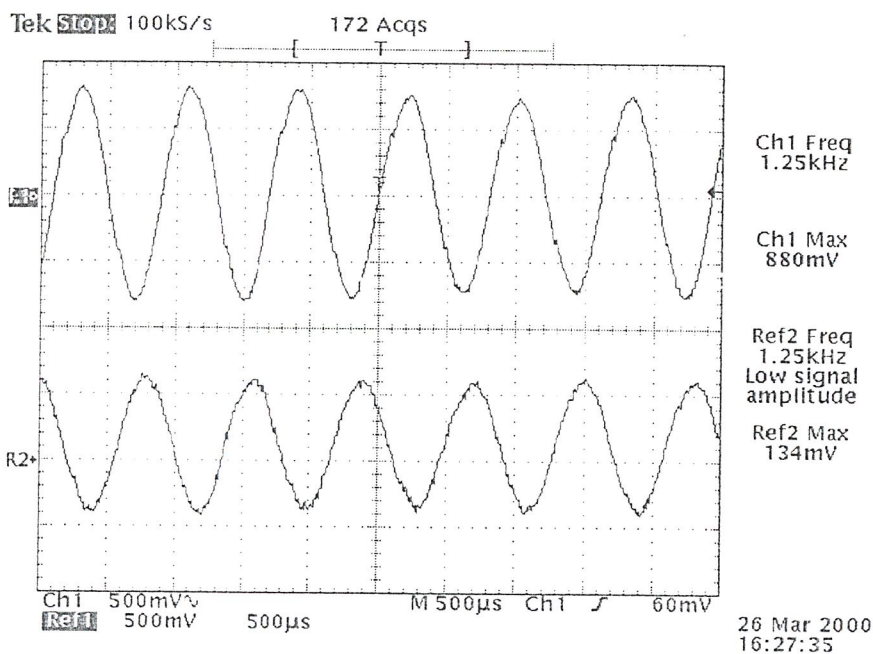


รูปที่ 4.7 (1) แสดงรูปของความถี่ IF 1.25 kHz
(2) สัญญาณหลังจากทำการมอดูเลตแบบ ASK กับความถี่ RF 400 MHz

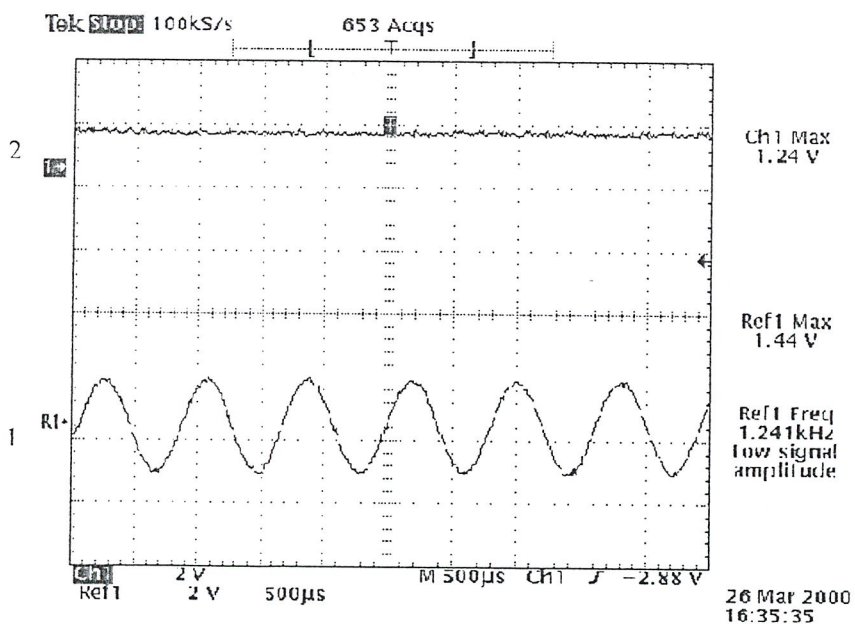


รูปที่ 4.8 (1) แสดงรูปสัญญาณหลังเข้าวงจรกรองช่วงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ (2) เมื่อผ่านวงจรขยายตัวแรก ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

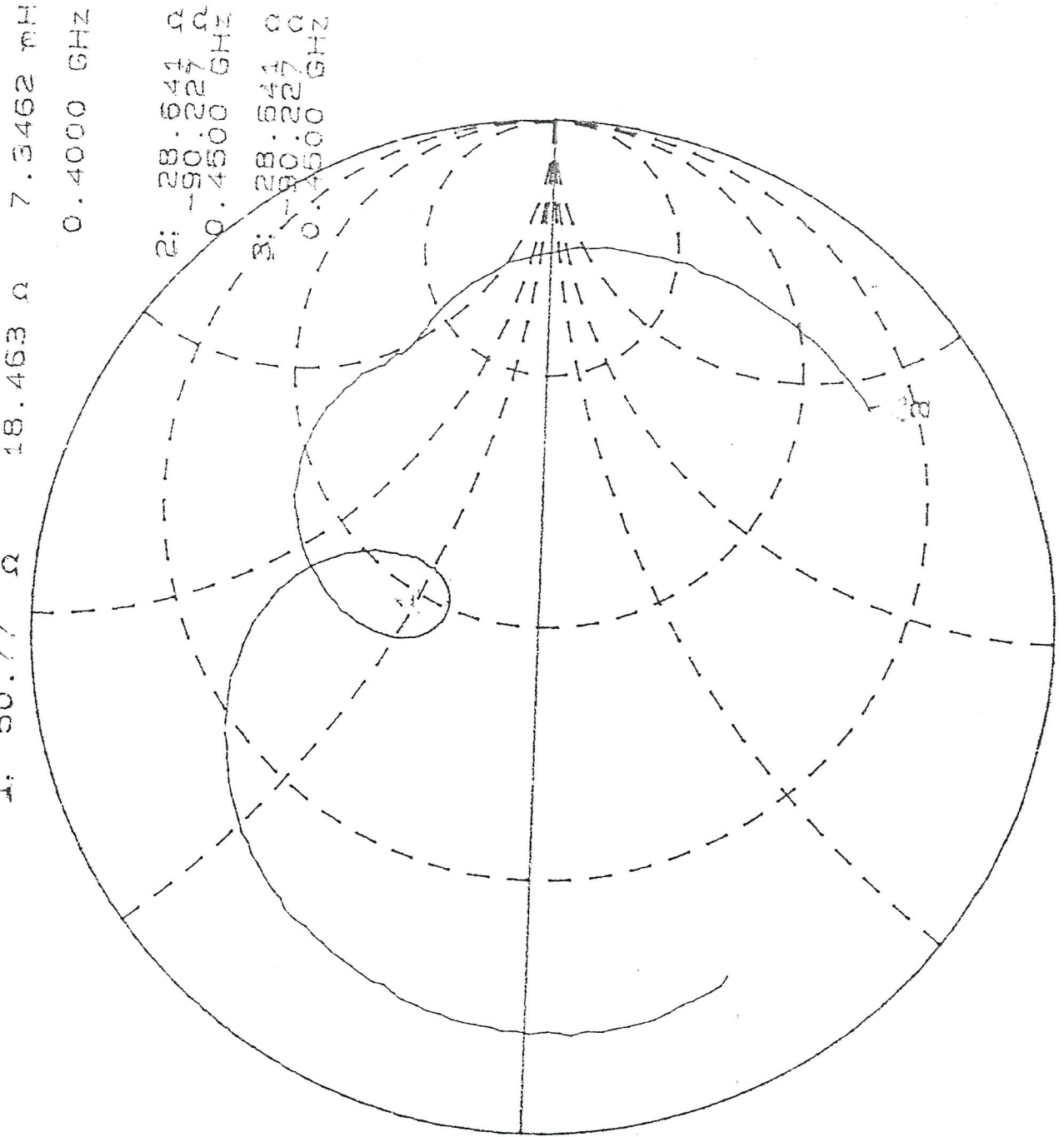


รูปที่ 4.9.1 แสดงรูปสัญญาณเมื่อผ่านวงจรขยายตัวที่ 2

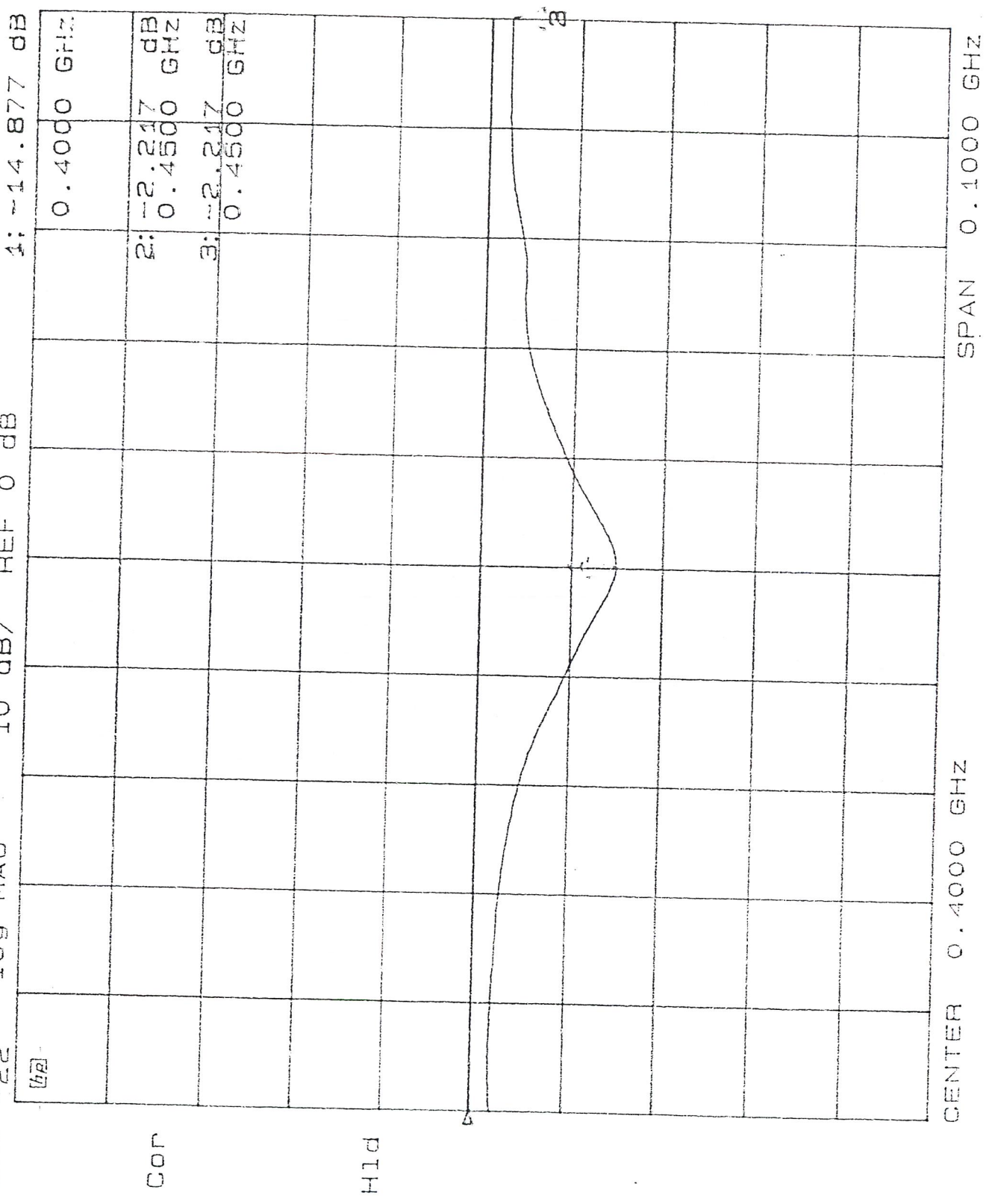


รูปที่ 4.9.2 (1) แสดงรูปสัญญาณเมื่อผ่านตัวขยายตัวที่ 3

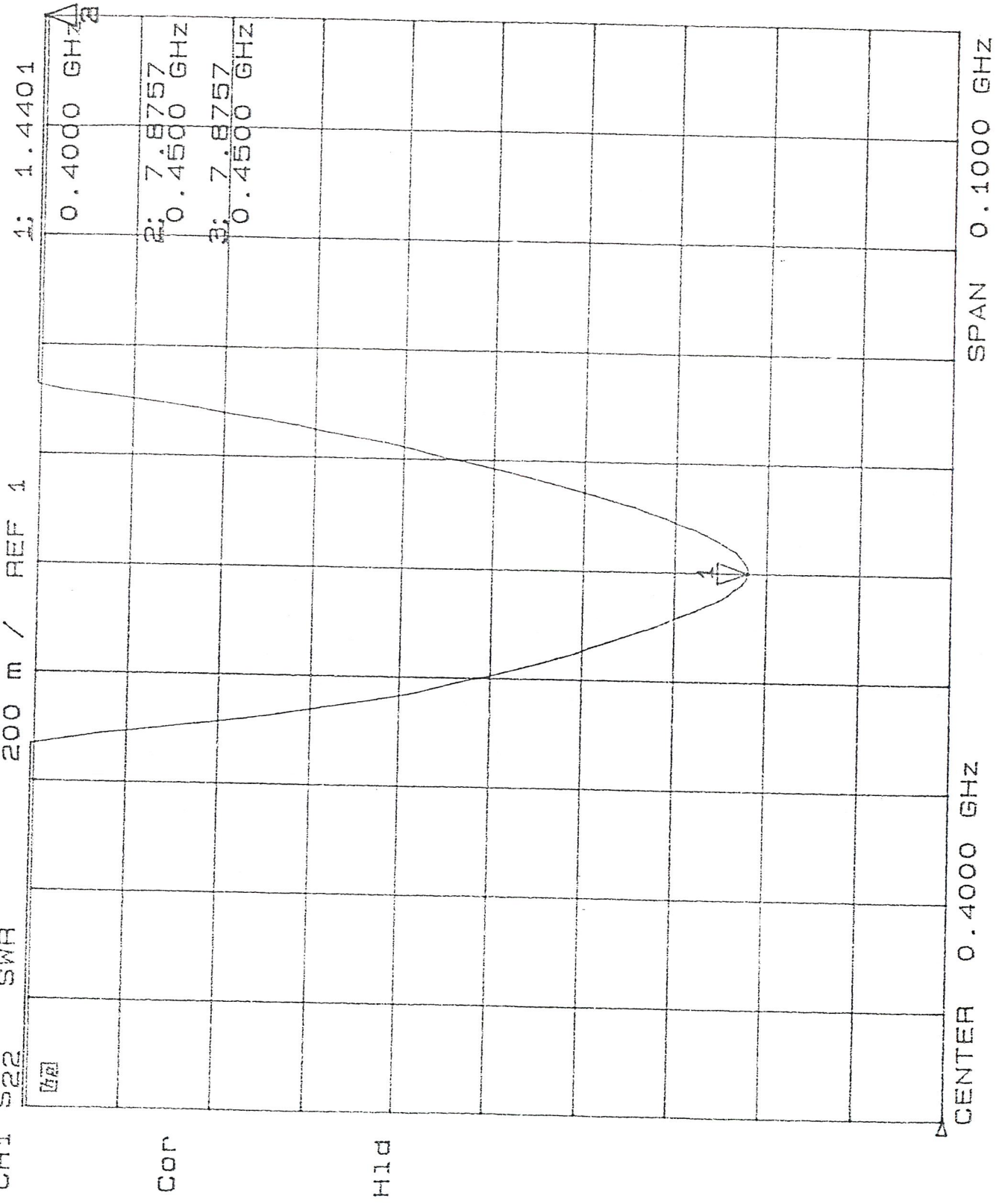
(2) แสดงรูปสัญญาณเมื่อเปลี่ยนให้เป็นไฟ ดีซี



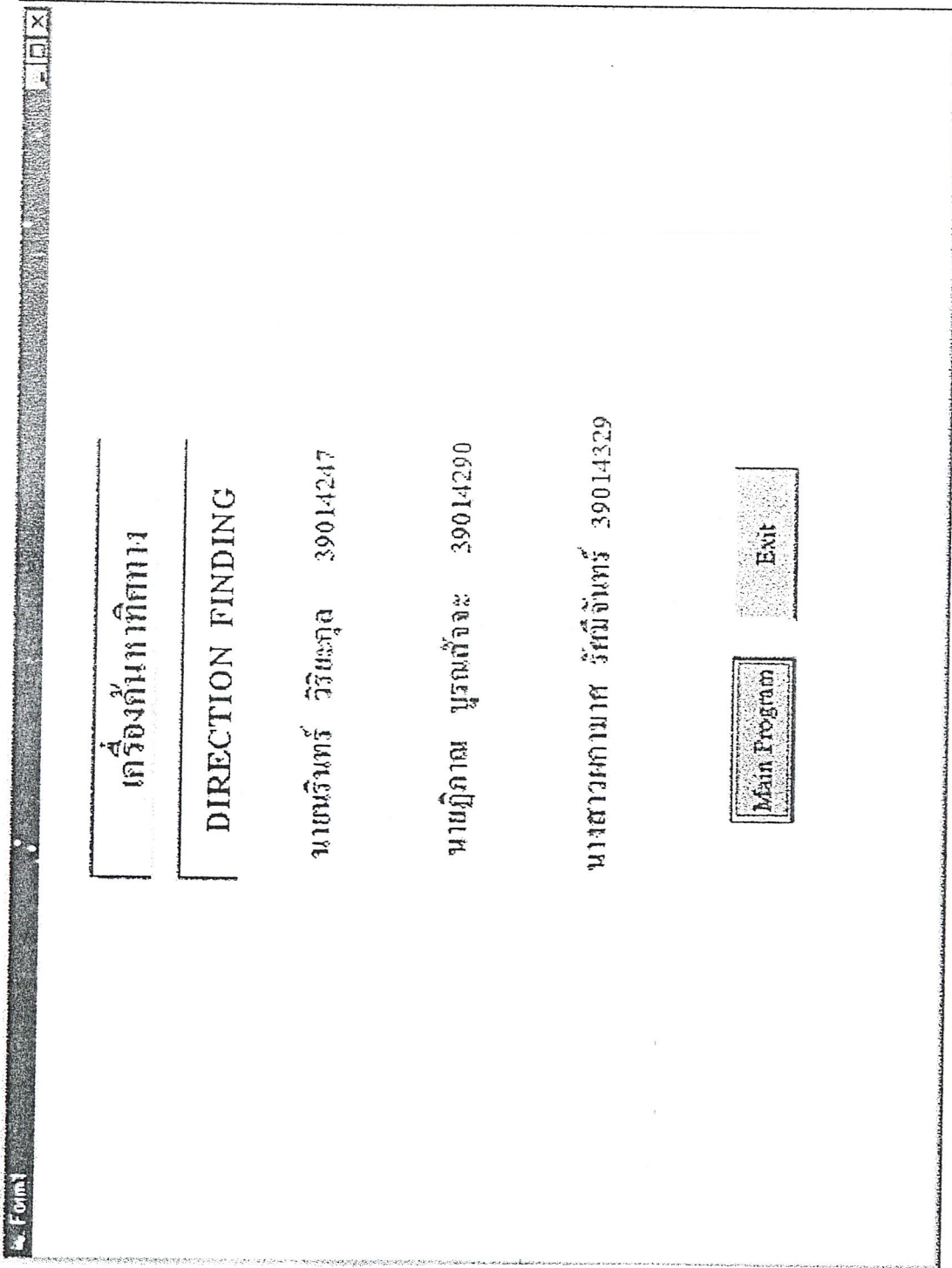
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.10 แสดงค่า อิมพีแดนซ์ของสายอากาศหักงอที่ออกแบบให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.11 แสดงค่า RETURN LOSS ของสายอากาศยาคีที่ออกแบบ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีเหตุที่แบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

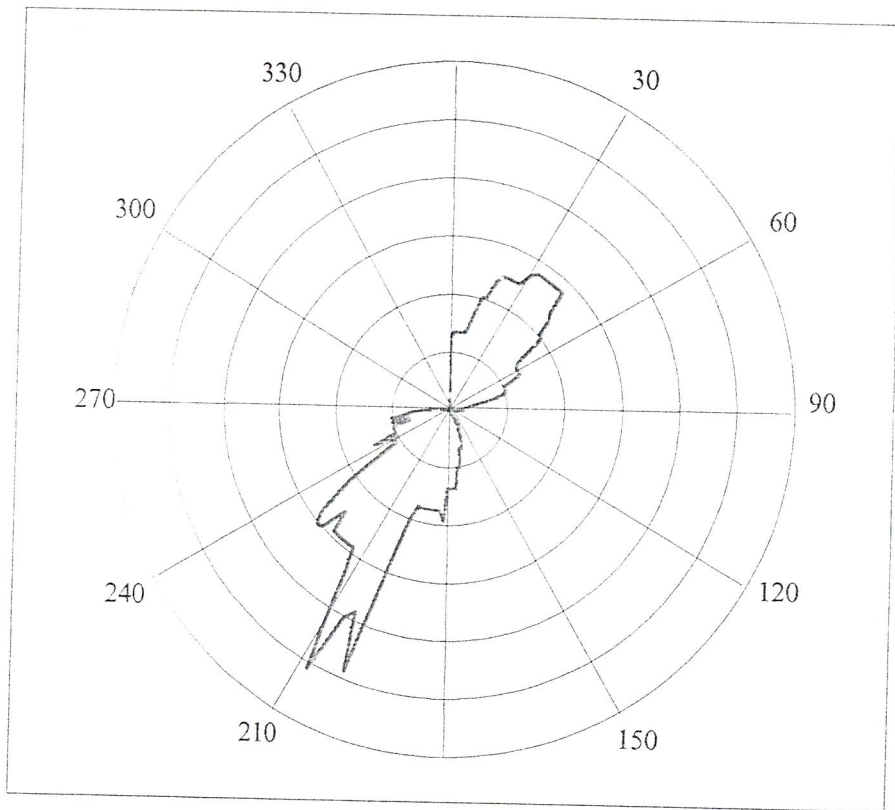


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สรุปที่ 4.12 แสดงค่า VSWR ของสายอากาศที่ออกแบบให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

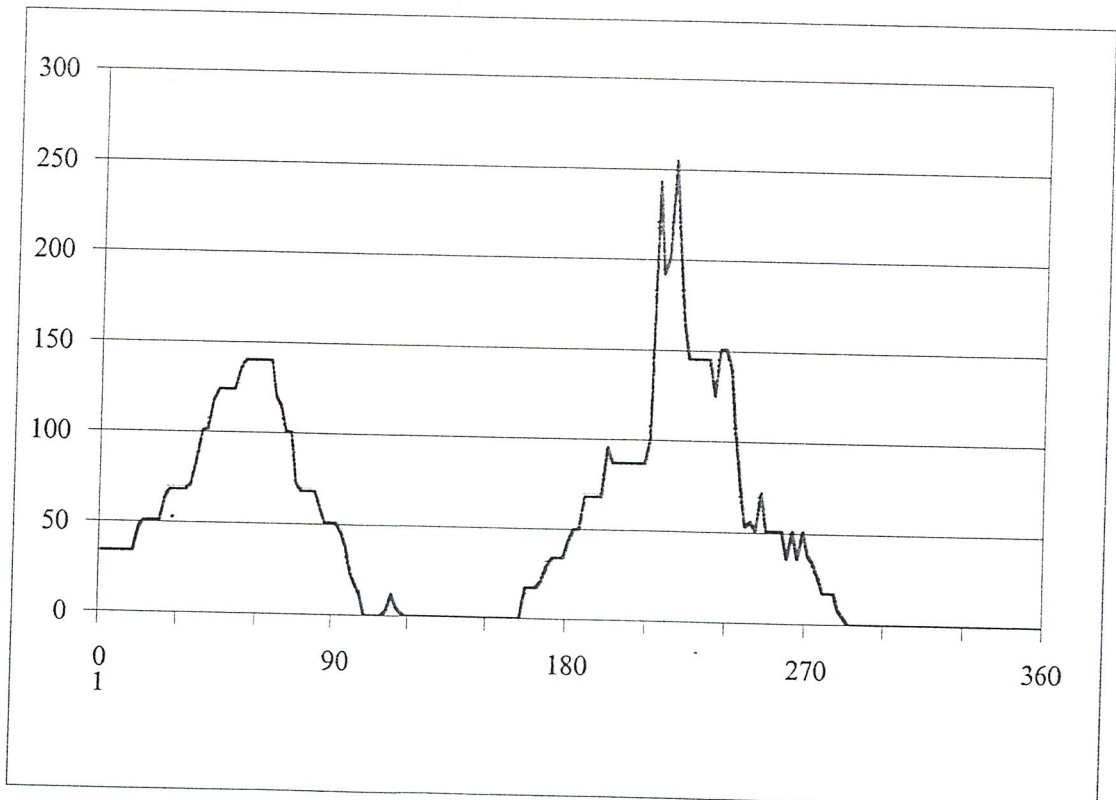


รูปที่ 4.13 ผลการทดลองโปรแกรม Visual Basic 6 หน้าจอแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14.1 แสดงผลการทดลองแบบโพลาร์เมื่อวัดอยู่ที่ตำแหน่ง 210 องศา



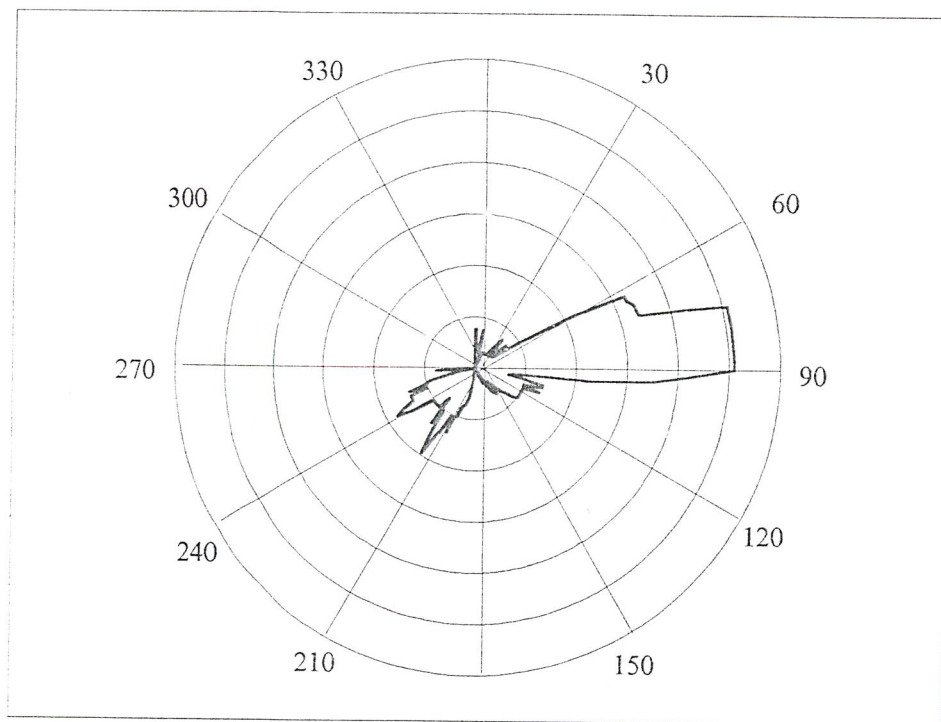
รูปที่ 4.14.2 แสดงผลการทดลองแบบระนาบ X - Y เมื่อวัดอยู่ที่ตำแหน่ง 210 องศา

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของกรมเพื่อการศึกษาสงวนไว้เพื่อใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

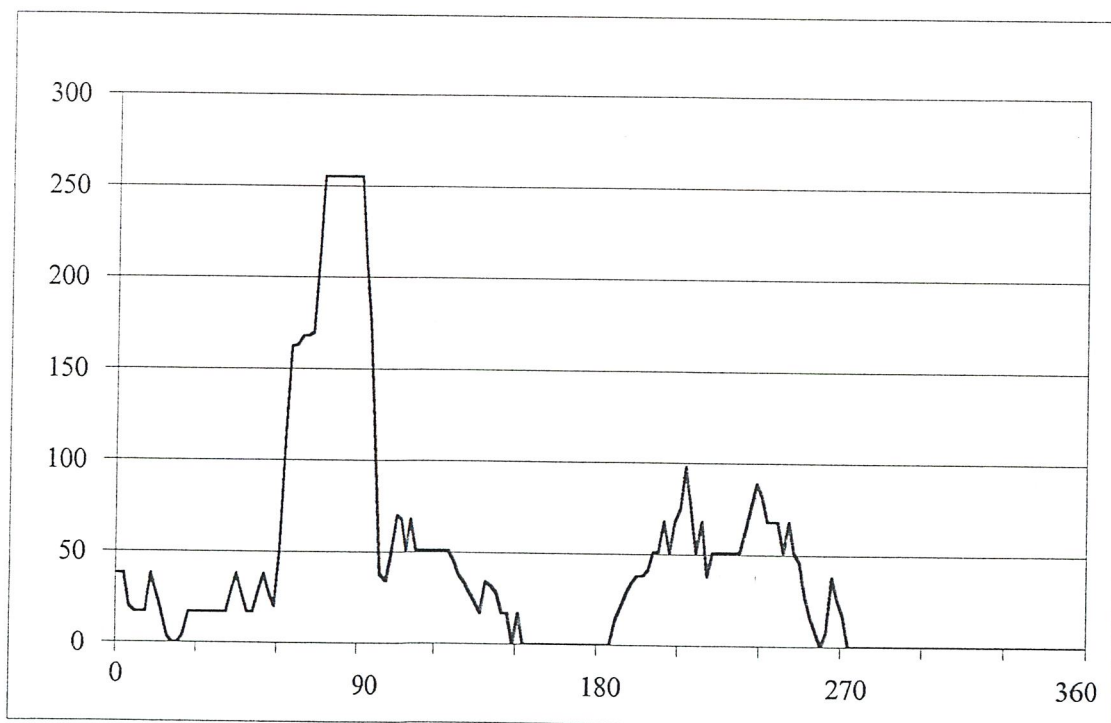
องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา	องศา ระดับสัญญา
0	34	72	100	144	0	216	201	288	0
2	34	74	73	146	0	218	255	290	0
4	34	76	68	148	0	220	206	292	0
6	34	78	68	150	0	222	165	294	0
8	34	80	68	152	0	224	145	296	0
10	34	82	68	154	0	226	145	298	0
12	34	84	59	156	0	228	145	300	0
14	47	86	51	158	0	230	145	302	0
16	51	88	51	160	0	232	145	304	0
18	51	90	51	162	0	234	125	306	0
20	51	92	46	164	17	236	151	308	0
22	51	94	38	166	17	238	151	310	0
24	64	96	24	168	17	240	142	312	0
26	68	98	17	170	21	242	106	314	0
28	68	100	12	172	29	244	78	316	0
30	68	102	0	174	34	246	53	318	0
32	68	104	0	176	34	248	56	320	0
34	71	106	0	178	34	250	51	322	0
36	85	108	0	180	43	252	72	324	0
38	101	110	3	182	50	254	51	326	0
40	102	112	12	184	50	256	51	328	0
42	118	114	5	186	68	258	51	330	0
44	124	116	2	188	68	260	51	332	0
46	124	118	0	190	68	262	36	334	0
48	124	120	0	192	68	264	51	336	0
50	124	122	0	194	96	266	36	338	0
52	135	124	0	196	87	268	51	340	0
54	140	126	0	198	87	270	38	342	0
56	140	128	0	200	87	272	34	344	0
58	140	130	0	202	87	274	26	346	0
60	140	132	0	204	87	276	17	348	0
62	140	134	0	206	87	278	17	350	0
64	140	136	0	208	87	280	17	352	0
66	120	138	0	210	101	282	8	354	0
68	115	140	0	212	243	284	4	356	0
70	101	142	0	214	192	286	0	358	0
72	100	144	0	216	201	288	0	360	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการดำเนินงานของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15.1 แสดงผลการทดลองแบบโพลาร์เมื่อวัดอยู่ตำแหน่ง 80 องศา



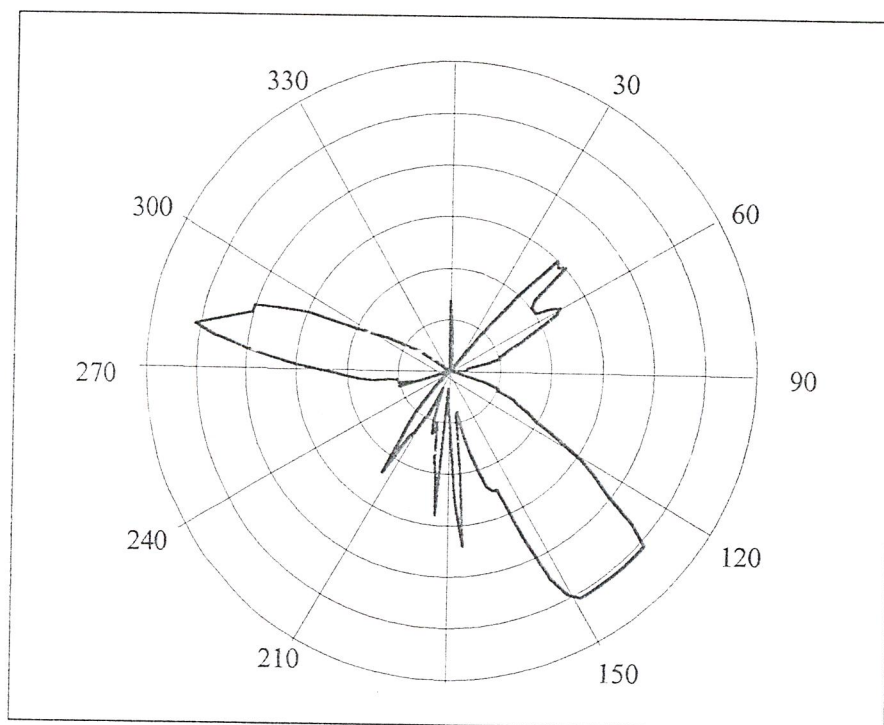
รูปที่ 4.15.2 แสดงผลการทดลองแบบระนาบ X-Y เมื่อวัดอยู่ตำแหน่ง 80 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

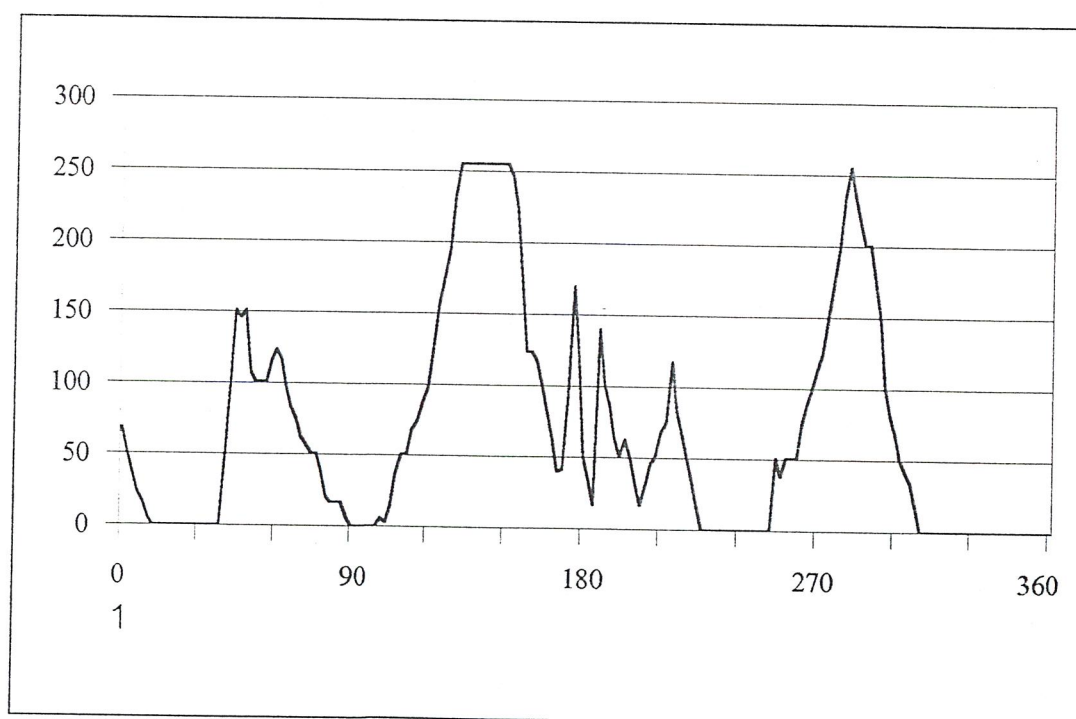
องศา	ระดับสัญญาณ	องศา	ระดับสัญญาณ	องศา	ระดับสัญญาณ	องศา	ระดับสัญญาณ	องศา	ระดับสัญญาณ
0	38	72	170	144	17	216	51	288	0
2	38	74	210	146	17	218	68	290	0
4	20	76	255	148	0	220	38	292	0
6	17	78	255	150	17	222	51	294	0
8	17	80	255	152	0	224	51	296	0
10	17	82	255	154	0	226	51	298	0
12	38	84	255	156	0	228	51	300	0
14	28	86	255	158	0	230	51	302	0
16	17	88	255	160	0	232	51	304	0
18	4	90	255	162	0	234	62	306	0
20	0	92	210	164	0	236	75	308	0
22	0	94	175	166	0	238	89	310	0
24	4	96	110	168	0	240	82	312	0
26	17	98	38	170	0	242	68	314	0
28	17	100	34	172	0	244	68	316	0
30	17	102	51	174	0	246	68	318	0
32	17	104	70	176	0	248	51	320	0
34	17	106	68	178	0	250	68	322	0
36	17	108	51	180	0	252	51	324	0
38	17	110	68	182	0	254	46	326	0
40	17	112	51	184	0	256	28	328	0
42	28	114	51	186	14	258	17	330	0
44	38	116	51	188	21	260	8	332	0
46	28	118	51	190	28	262	0	334	0
48	17	120	51	192	34	264	8	336	0
50	17	122	51	194	38	266	38	338	0
52	28	124	51	196	38	268	26	340	0
54	38	126	46	198	41	270	17	342	0
56	28	128	38	200	51	272	0	344	0
58	20	130	34	202	51	274	0	346	0
60	51	132	28	204	68	276	0	348	0
62	110	134	23	206	51	278	0	350	0
64	162	136	17	208	68	280	0	352	0
66	163	138	34	210	75	282	0	354	0
68	168	140	32	212	98	284	0	356	0
70	168	142	28	214	75	286	0	358	0
72	170	144	17	216	51	288	0	360	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเฉพาะรายวิชาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16.1 แสดงผลการทดลองแบบแกนโพลาร์เมื่อวัดอยู่ที่ตำแหน่ง 130 องศา



รูปที่ 4.16.2 แสดงผลการทดลองแบบระนาบ X-Y เมื่อวัดอยู่ที่ตำแหน่ง 130 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศา ระดับตั้งดูญาณ	องศา ระดับตั้งดูญาณ	องศา ระดับตั้งดูญาณ	องศา ระดับตั้งดูญาณ	องศา ระดับตั้งดูญาณ					
0	68	72	56	144	255	216	84	288	201
2	51	74	51	146	255	218	68	290	201
4	38	76	51	148	255	220	51	292	175
6	24	78	38	150	255	222	34	294	148
8	17	80	21	152	246	224	17	296	101
10	6	82	17	154	224	226	0	298	81
12	0	84	17	156	175	228	0	300	68
14	0	86	17	158	124	230	0	302	51
16	0	88	6	160	124	232	0	304	42
18	0	90	0	162	118	234	0	306	34
20	0	92	0	164	101	236	0	308	17
22	0	94	0	166	82	238	0	310	0
24	0	96	0	168	63	240	0	312	0
26	0	98	0	170	40	242	0	314	0
28	0	100	0	172	42	244	0	316	0
30	0	102	6	174	94	246	0	318	0
32	0	104	3	176	170	248	0	320	0
34	0	106	14	178	125	250	0	322	0
36	0	108	38	180	51	252	0	324	0
38	0	110	51	182	34	254	51	326	0
40	48	112	51	184	17	256	38	328	0
42	100	114	68	186	140	258	51	330	0
44	151	116	74	188	101	260	51	332	0
46	146	118	87	190	86	262	51	334	0
48	151	120	98	192	64	264	75	336	0
50	108	122	124	194	51	266	89	338	0
52	101	124	156	196	63	268	101	340	0
54	101	126	175	198	51	270	114	342	0
56	101	128	194	200	34	272	125	344	0
58	116	130	232	202	17	274	150	346	0
60	124	132	255	204	30	276	175	348	0
62	118	134	255	206	46	278	201	350	0
64	98	136	255	208	51	280	234	352	0
66	84	138	255	210	68	282	255	354	0
68	76	140	255	212	75	284	234	356	0
70	62	142	255	214	118	286	216	358	0
72	56	144	255	216	84	288	201	360	0

72 สารนี้ 56 องศา 144 องศา 255 องศา 216 องศา 84 องศา 288 องศา 201 องศา 360 องศา 0 องศา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และ บทสรุป

สรุปผลการทดลอง

จากโครงการชิ้นนี้เมื่อมาพิจารณาที่ละส่วนพบว่า ชุดส่งสัญญาณสามารถส่งสัญญาณที่ความถี่ตามต้องการได้ โดยใช้เสาอากาศแบบที่สามารถกระจายสัญญาณได้รอบทิศทาง ทางด้านชุดรับเลือกใช้เสาอากาศแบบที่มีทิศทาง (เสาอากาศแบบยาคี) เพื่อที่จะระบุงเสาที่ได้รับสัญญาณที่แรงที่สุดได้ ซึ่งปัญหาที่พบคือการปรับแต่งให้ความถี่ที่รับได้มีค่าตรงกับของภาคส่งนั้นทำได้ยากเนื่องมาจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์ และปัญหาอีกข้อหนึ่งคือ การแมตซ์เชิงเสาอากาศกับวงจรส่วนภาครับ เพราะถ้าหากไม่สามารถแมตซ์ซึ่งกันได้พอดี สัญญาณจะถูกสทอนลงทำให้ขนาดของสัญญาณต่ำลงไปมากจนไม่สามารถระบุทิศทางได้ นอกจากนี้ในส่วนของการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล ต้องมีการควบคุมให้ค่าดิจิตอลที่แปลงเสร็จแล้วมีความแม่นยำถูกต้อง เพราะมีเช่นนั้นข้อมูลที่ส่งไปทำการประมวลผลต่อไปจะมีความผิดพลาดได้ ในส่วนของโปรแกรมการแสดงผลเลือกใช้โปรแกรม visual basic 6 เป็นโปรแกรมที่ใช้งานค่อนข้างสะดวก แต่ต้องทำการศึกษาเป็นอย่างมากเพื่อจะตั้งค่าหรือพอร์ต (property) ต่างๆได้ถูกต้อง

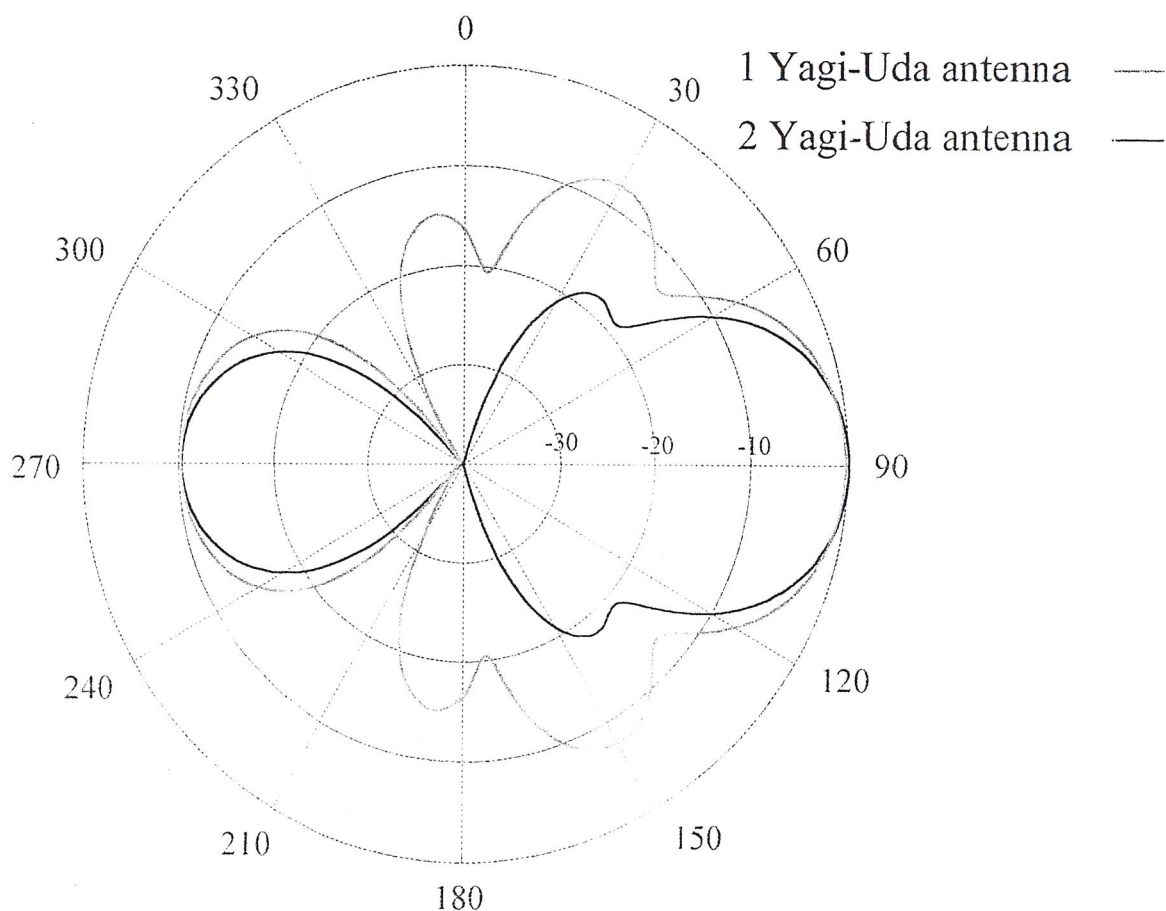
สรุปการทำงานในภาพรวมได้ดังนี้

1. เมื่อทำการทดลองในห้องที่มีพื้นที่จำกัด จะส่งผลให้รูปผลการทดลองที่ได้มีความผิดเพี้ยนไป เนื่องจากสัญญาณที่รับได้อาจมาจากการสะท้อนกับผนัง
2. การติดตั้งเครื่องรับและเครื่องส่งต้องให้มีระยะห่างอยู่ในช่วง 12 – 18 เมตร เพราะถ้าหากมีระยะห่างที่น้อยกว่านี้ ทำให้สัญญาณที่รับได้อยู่ในสถานะอิ่มตัว (saturate) หรือมีระยะห่างมากกว่านี้จะทำให้รับสัญญาณไม่ได้
3. ความคลาดเคลื่อนขององศาที่วัดได้ประมาณ 2 องศา

แนวทางในการแก้ไข

จากการทดลองและทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศยาคีเพิ่มเติมพบว่า การรับสัญญาณของสายอากาศยาคีเพียงต้นเดียวจะมีแพทเทินของโหลบหน้า (main loab) ค่อนข้างกว้างมาก ทำให้การระบุเป็นทิศทางที่ถูกต้องแม่นยำนั้นทำไม่ได้ ควรใช้เสาอากาศยาคีแบบ 2 ต้น และใช้หลักการ พิค แอนด์ นัล (peak and null system) จะทำให้การวัดทิศทางมีความถูกต้องมากขึ้น ดังมีรูปภาพประกอบต่อไปนี้

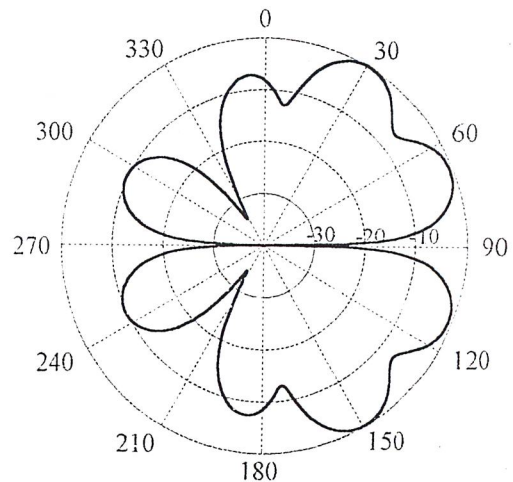
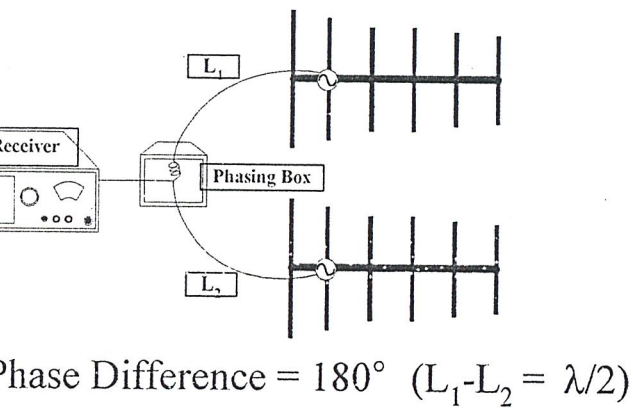
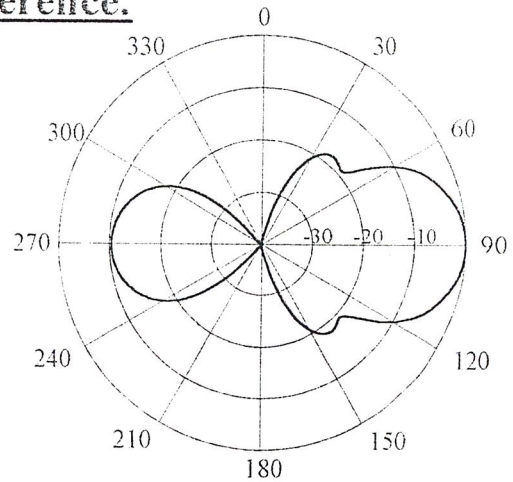
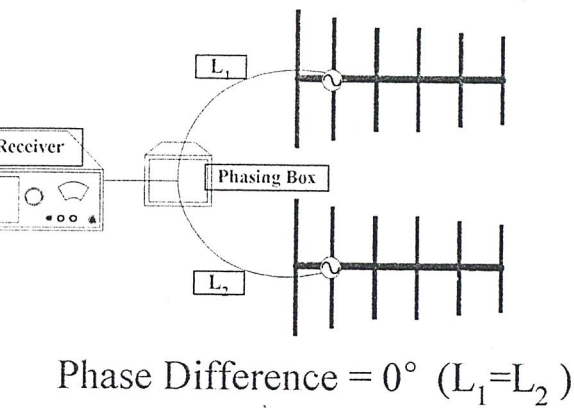
Pattern comparison of 1 and 2 Yagi-Uda antennas



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบแพทเทิร์นสายอากาศยาคิแบบ 1 ตัว กับ แบบ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Radiation patterns of 6 elements Yagi-Uda antenna with 0° and 180° phase difference.

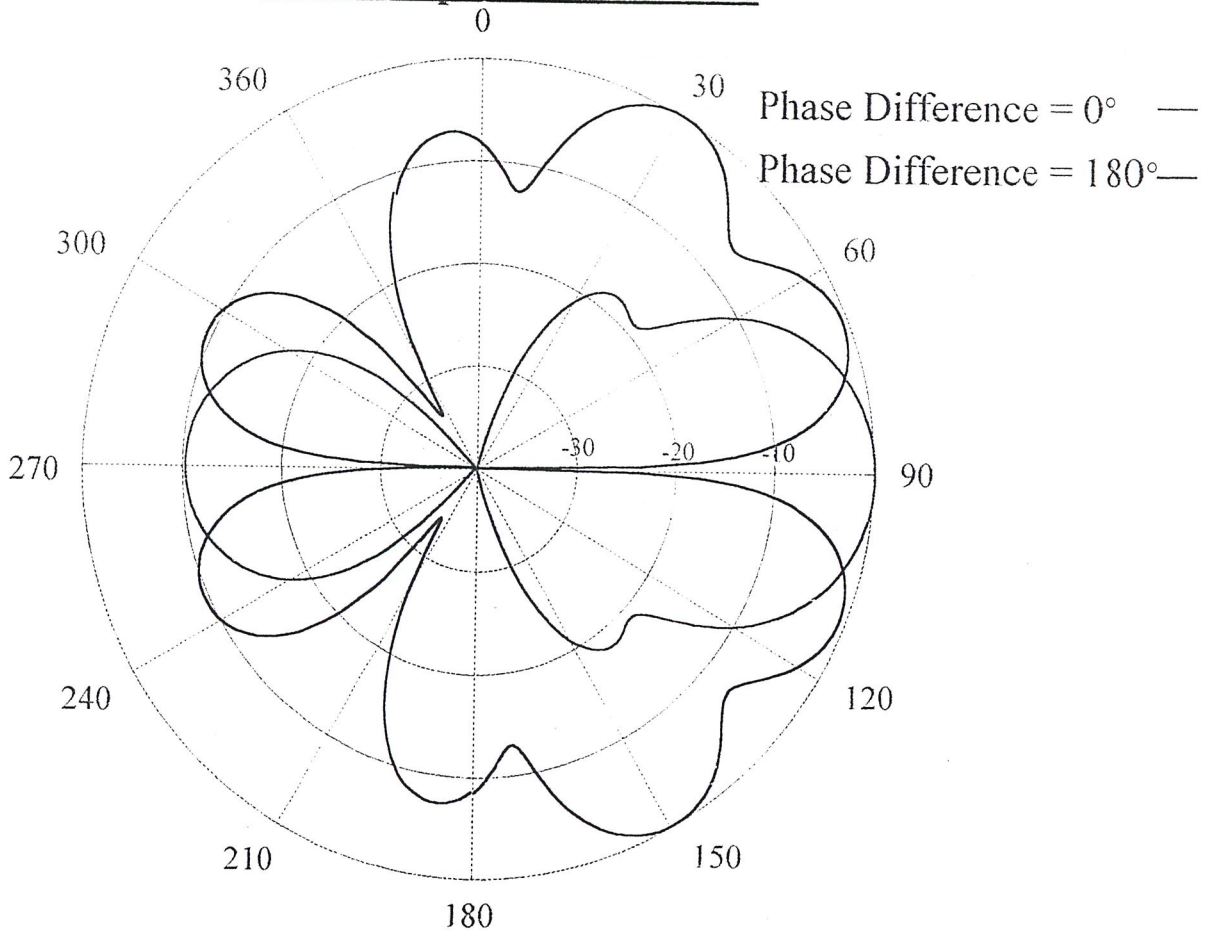


รูปที่ 5.2 แสดงการวัดเพทเทอร์นของสายอากาศยาคิ 2 ตัว

ในแบบเฟสเดียวกัน และ แบบต่างเฟสกัน 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pattern comparison of 2 Yagi-Uda antennas with different phase excitations

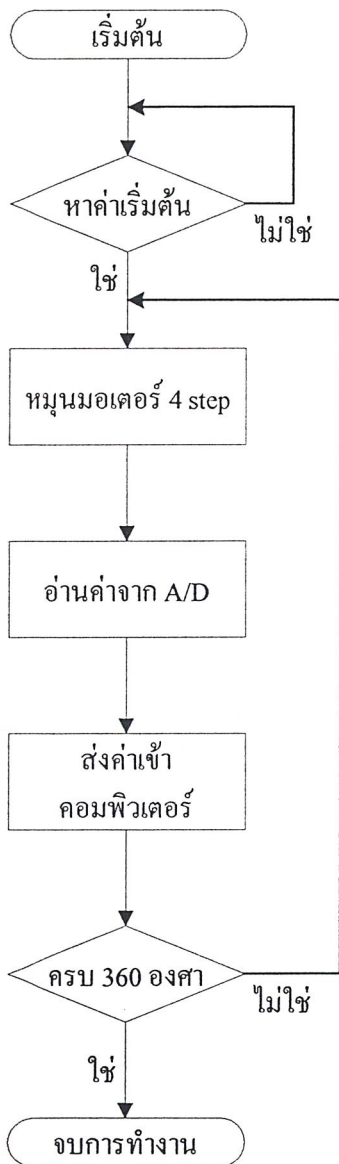


รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบรูปแพทเทิร์นสายยาจิกิ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในแบบเฟสเดียวกัน และ แบบต่างเฟสกัน 180 องศา หากท่านนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FLOW CHART โปรแกรม assembly

โปรแกรม assembly (8951)

```

===== Data =====
REG_B0: DS 8
REG_B1: DS 8
REG_B2: DS 8
REG_B3: DS 8
;
;*****
;**      Defind Variable          **
;*****

```

MAXSTEP EQU 200

```

;*****
;**      Defind Variable          **
;
;**      R0 for ADC0808 Data IN    **
;
;**      R1 for Loop Count 200 Loop **
;
;**      R2 for P1 Lower Bits      **
;
;**      R3 for P1 Higher Bits     **
;
;**      R6 for Low byte Delay Loop **
;
;**      R7 for High byte Delay Loop **
;
;**      P0 for Data Input Port    **
;
;**      P2.0 for OE               **
;
;**      P2.1 for Start            **
;
;**      P2.2 for End of convert   **
;
;**      P2.3 for ATOD Clock 464kHz **
;
;**      P2.4 for Zero ANGLE       **
;
;**      P1.0 to P1.3 for steping motor **
;
;**      P1.4 for End Of Program   **
;
;**      P1.5 for                  **
;
;**      P1.6 for 1 Record Sennd   **
;
;**      P1.7 for LED Toggle Step  **
;
;**      R2 for                    **
;
;**      R3 for                    **
;
;**      ACC for                   **
;
;**      B for                      **
;*****

```

```

MUX EQU P2
ADC_CLK EQU P2.3
Z_ANG EQU P2.4
DRMOTOR EQU P1
ADCIN EQU P0
VALUE EQU 08H
COUNT EQU 09H
START EQU P2.1
OE EQU P2.0
EOC EQU P2.2

```

```

;----- CODE -----
;
;      Interrupt Routine
;-----
      ORG  000H          ; Power On Interupt
      LJMP Init_System

;-----

      ORG  00BH          ; External#0 interrupt
      LJMP GEN_ADC_CLK
      RETI

;-----

      ORG  023H
      CLR  TI            ; serial port interrupt
      CLR  RI
      RETI              ;

;-----

      ORG  100H
;===== First Time Initial =====

```

Init_System: NOP

```

      DJNZ R6,$
      DJNZ R7,Init_System ; Delay 65536 Times

      MOV  SP,#40H      ; Point Stack to 40h
      MOV  PCON,#00H
      MOV  SCON,#40H   ; Serial Port Mode#1
      MOV  TMOD,#22H   ; Timer#1 Mode#2 (Auto Reload 8 Bit)
                       ; Timer#0 Mode#2 (Gen ADC Clock )
; MOV  TH1,#0FBH      ; Constant of timer for 9600 bps
      MOV  TH1,#0FDH   ; Constant of timer for 9600 bps
                       ; (Clock 11.059 M,Smod = 0)
;
      MOV  TH0,#0F0H   ; Constant of timer for 58KHz
      MOV  TH0,#0FFH   ; Constant of timer for 58KHz
                       ; (Clock 116K/2)

      SETB TR0         ; Start Timer#0 Gen Clock
      SETB TR1         ; Start Timer#1 Gen Board Rate
      MOV  IE,#92H     ; Set Interupt From Serial&Timer#0
      MOV  MUX,#0FFH

;===== End Of Initialize =====

```

Prog:

```

      MOV  SBUF,#02H   ; Sent SOT To Serial
Prog1:  MOV  MUX,#00H   ;P2 IS USED TO MULTIPLEX
      MOV  DRMOTOR,#00H ;P1 IS USED TO DRIVE MOTOR
      MOV  ADCIN,#0FFH ;P0 IS USED TO IN PORT
      MOV  COUNT,#MAXSTEP

```

```

MOV  SBUF,#42H    ; Sent 'B' To Serial
MOV  COUNT,#MAXSTEP
LCALL REALSTEP
MOV  SBUF,#03H    ; Send EOT to Serial
LCALL DELAY
SETB P1.4
LJMP $

```

```

;*****
;*      Step To Find Beginning Point          *
;*      Step left until 0 and right until 1   *
;*****
Find0D: LCALL R_Left
        SETB P1.4
        SETB Z_ANG
        JB  Z_ANG,Find0D ; Rotate Left Untill P2.4 = 0
Find1D: LCALL R_Right
        CLR  P1.4
        SETB Z_ANG
        JNB Z_ANG,Find1D ; Rotate Left Untill P2.4 = 1
        SETB P1.5
FindExit: RET          ; Return To Main Prog

```

```

;*****
;*      Step LEFT & Right Sub Routine        *
;*****
R_Left: MOV  A,#01H
        LCALL Step_Out
        LCALL DELAY
        RL  A
        LCALL Step_Out
        LCALL DELAY
        RL  A
        LCALL Step_Out
        LCALL DELAY
        RL  A
        LCALL Step_Out
        LCALL DELAY
        RET
R_Right: MOV  A,#08H
        LCALL Step_Out
        LCALL DELAY
        RR  A
        LCALL Step_Out
        LCALL DELAY
        RR  A

```

```

LCALL Step_Out
LCALL DELAY
RR A
LCALL Step_Out
LCALL DELAY
RET

```

```

;*****
;*      DRIVE MOTOR 1 Step          *
;*****

```

```

Step_Out:
    ANL  A,#0FH    ; Lower Bits
    ANL  DRMOTOR,#0F0H ; Higher Bits
    ORL  DRMOTOR,A
    RET

```

```

;*****
;*      "REALSTEP" START MOTOR      *
;*      AT 0 DEGREE UNTILL END AT 360 DEGREE *
;*****

```

```

REALSTEP: MOV  COUNT,#MAXSTEP ;COUNT 200 STEP

```

```

REALSTEP1:
    DJNZ COUNT,REALSTEP11
    SJMP EXIT_REAL

```

```

REALSTEP11:
    MOV  SBUF,#01H    ;SEND CONTROL CODE
    MOV  R7,#01H
    LCALL LOOP1

```

```

    CLR  C
    MOV  A,#MAXSTEP+30H
    SUBB A,COUNT
    MOV  SBUF,A      ; Send STEP-COUNT +30 TO SERIAL
    LCALL STEP1
    LCALL CHANGE
    LCALL SEND_VALUE
    SETB Z_ANG
    JB  Z_ANG,REALSTEP1 ; Loop Untill P2.4 = 0

```

```

REALSTEP0:
    DJNZ COUNT,REALSTEP01
    SJMP EXIT_REAL

```

```

REALSTEP01:
    MOV  SBUF,#01H    ;SEND CONTROL CODE
    MOV  R7,#01H
    LCALL LOOP1
    CLR  C
    MOV  A,#MAXSTEP+30H

```

```

SUBB A,COUNT
MOV SBUF,A ; Send STEP-COUNT TO SERIAL
SETB P1.6
LCALL STEP1
CLR P1.6
LCALL SEND_VALUE
SETB Z_ANG
JNB Z_ANG,REALSTEP0 ; Rotate Left Untill P2.4 = 0

```

EXIT_REAL:

```
RET
```

CHANGE: PUSH B

```

MOV C,ACC.0
MOV B.7,C
MOV C,ACC.1
MOV B.6,C
MOV C,ACC.2
MOV B.5,C
MOV C,ACC.3
MOV B.4,C
MOV C,ACC.4
MOV B.3,C
MOV C,ACC.5
MOV B.2,C
MOV C,ACC.6
MOV B.1,C
MOV C,ACC.7
MOV B.0,C
MOV A,B
POP B
RET

```

SEND_VALUE: PUSH ACC

```

SWAP A
ANL A,#3FH
ORL A,#30H
MOV SBUF,A ; Send ADC-DATA Hi-Byte TO SERIAL
MOV R7,#01H
LCALL LOOP1
POP ACC
ANL A,#3FH
ORL A,#30H
MOV SBUF,A ; Send ADC-DATA Low-Byte TO SERIAL
MOV R7,#01H
LCALL LOOP1
RET

```

STEP1:

```
LCALL R_Right
```

READ: SETB START

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
NOP
; MOV R7,#01H ; Delay 255 Loops
; LCALL LOOP1
CLR START
READ_EOC: SETB EOC
JNB EOC,READ_EOC
OUT_OE: SETB OE
NOP
NOP
NOP
; MOV R7,#01H ; Delay 255 Loops
; LCALL LOOP1
READ_ADC: MOV ADCIN,#0FFH ; SET Port TO INPUT
MOV A,ADCIN
CLR OE
RET

```

```

;*****
;* "RESTOP" STOP ROTATE *
;* *
;*****

```

```

RESTOP: MOV VALUE,#00H
MOV DRMOTOR,#00H

```

```

;*****
;* GEN 464 kHz CLOCK Out To Port 2.3 *
;* *
;*****

```

```

GEN_ADC_CLK:
CPL ADC_CLK
DJNZ R5,Exit_Gen
CPL P1.5

```

```

Exit_Gen:
RETI

```

```

DELAY: MOV R7,#040H ; Delay 32 * 256 Loop

```

```

LOOP2: MOV R6,#0FFH

```

```

LOOP1: NOP
NOP
NOP

```

```

DJNZ R6,LOOP1
DJNZ R7,LOOP2

```

CPL P1.7
RET
END

```

Dim Maxvalue As Integer
Dim Maxindex As Integer
Dim InBuf As Variant

Private Sub cmdexit_Click()
Unload frmMainProgram
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Dim Item As Integer

With frmMainProgram.MSChart1
' Displays a 3d chart with 8 columns and 8 rows
' data.
' .chartType = VtChChartType3dBar
.ColumnCount = 1
.RowCount = 200
' For Column = 1 To 8
For Row = 1 To 200
'
.Column = Column
.Row = Row
.Data = 0
'
List1.AddItem "Item " & Row & " = " & .Data

' Row * 10
Next Row
'
Next Column
'
Use the chart as the backdrop of the legend.
'
.ShowLegend = True
'
.SelectPart VtChPartTypePlot, index1, index2, index3, index4
'
.EditCopy
'
.SelectPart VtChPartTypeLegend, index1, _
index2, index3, index4
'
.EditPaste
End With
List1.Clear

End Sub

Private Sub Command2_Click()
MSComm1.Output = Chr(1) 'Start of Text
While Len(Text2) > 0
MSComm1.Output = Left(Text2, 1)
Text2 = Right(Text2, Len(Text2) - 1)
Wend
' MSComm1.Output = Chr(3) 'End of Text

End Sub

Private Sub Form_Load()

Dim Instring As Variant
Dim Vector, Density As Integer
' Open the port.
MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
MSComm1.PortOpen = False

End Sub

```

```

Text3 = MSComm1.InBufferCount
InBuf = InBuf + MSComm1.Input
MyLen = Len(InBuf)
Do While MyLen > 0
  Select Case Asc(Left(InBuf, 1))
    Case 2:
      Label2.Caption = "LINK"
      MyLen = MyLen - 1
      InBuf = Right(InBuf, MyLen)

    Case 3
      Label2.Caption = "Max =" & Maxvalue & " step =" & Maxindex * 360 / 200
      MyLen = MyLen - 1
      InBuf = Right(InBuf, MyLen)

    Case 1:
      If MyLen > 3 Then
        InIndex = Asc(Mid(InBuf, 2, 1)) - 48 ' Convert Step-Count to
        InValue = ((Asc(Mid(InBuf, 3, 1)) - 48) * 16) + (Asc(Mid(InBuf, 3, 1)) - 48)
        If Maxvalue < InValue Then
          Maxindex = InIndex
          Maxvalue = InValue
        End If
        MyLen = MyLen - 4
        InBuf = Right(InBuf, MyLen)
        MSChart1.Row = InIndex
        MSChart1.Data = InValue
        List1.AddItem "Item " & InIndex & " = " & InValue

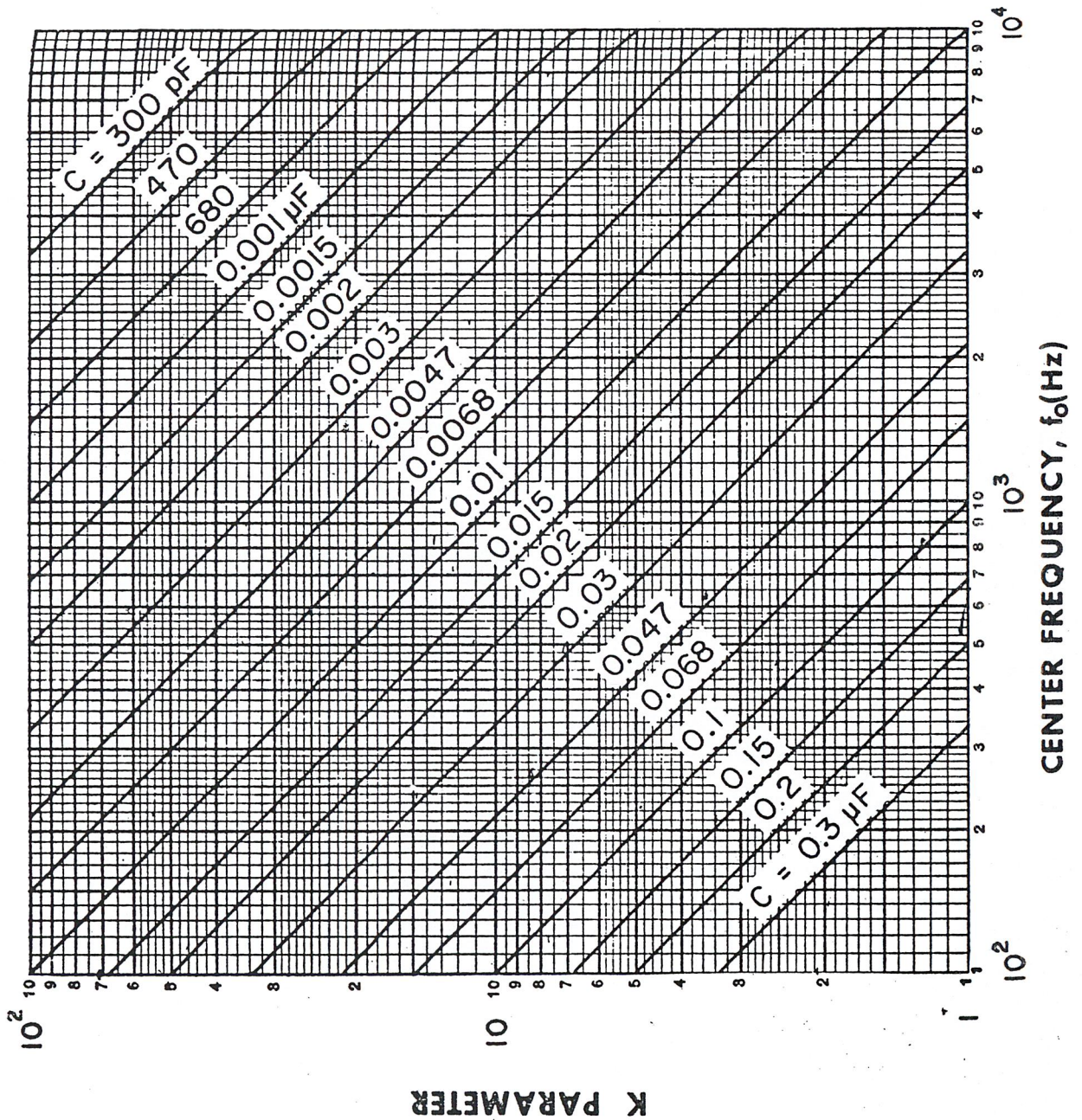
      Else
        For I = 1 To MyLen
          If Asc(Mid(InBuf, I, 1)) < 10 Then
            MyLen = MyLen - I
            InBuf = Right(InBuf, MyLen)
          End If
        Next
      End If
    Case Else:
      MyLen = MyLen - 1
      InBuf = Right(InBuf, MyLen)
  End Select
Loop
Text1 = InIndex
If
Sub

```

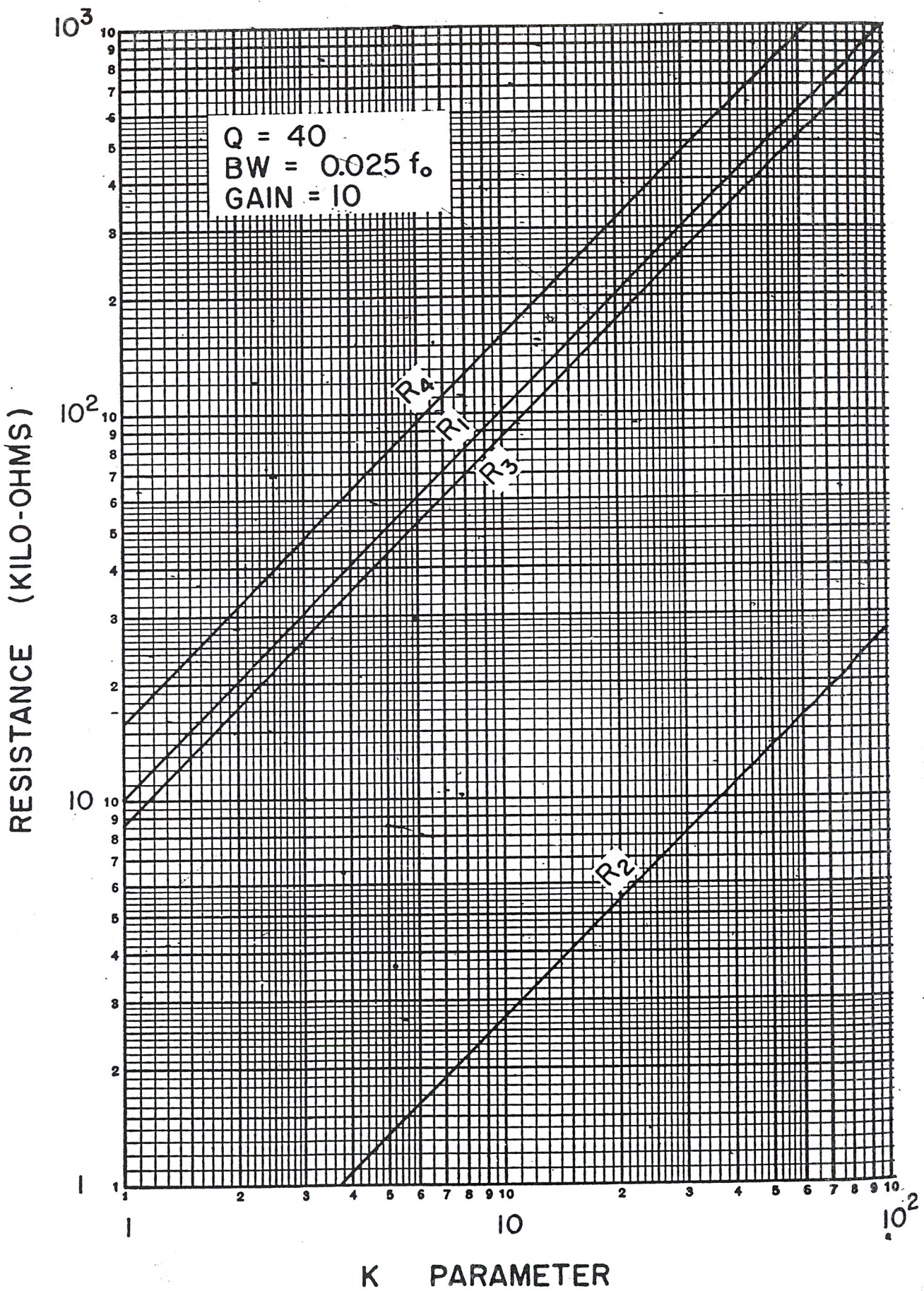
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่า K-Parameter ที่ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารกราฟที่ 2 กราฟหาค่า R1 - R4 ค่า Q = 40 นั้น Gain = 10 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN 1 GHz general purpose switching transistor

MPSH10

FEATURES

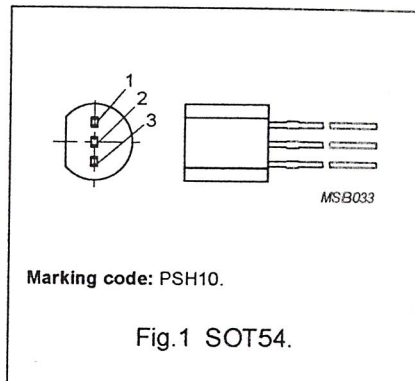
- Low cost
- High power gain.

DESCRIPTION

Silicon NPN general purpose transistor in a SOT54 (TO-92) package. PNP complement is the MPSH81.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	collector
2	emitter
3	base



QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CB0}	collector-base voltage	open emitter	–	30	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	25	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	3	V
P_{tot}	total power dissipation	$T_s = 25\text{ °C}$; note 1	–	1	W
T_j	junction temperature		–	150	°C
β_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = 10\text{ V}$; $I_C = 4\text{ mA}$	60	–	
C_{re}	collector-emitter feedback capacitance	$V_{CB} = 10\text{ V}$; $I_E = 0$; $f = 1\text{ MHz}$	–	0.7	pF
C_{rb}	collector-base feedback capacitance	$V_{CB} = 10\text{ V}$; $I_E = 0$; $f = 1\text{ MHz}$	0.35	0.65	pF
f_T	transition frequency	$V_{CE} = 10\text{ V}$; $I_C = 4\text{ mA}$; $f = 100\text{ MHz}$; $T_{amb} = 25\text{ °C}$	650	–	MHz
τ_{C_c}	collector-base time constant	$V_{CE} = 10\text{ V}$; $I_C = 4\text{ mA}$; $f = 100\text{ MHz}$; $T_{amb} = 25\text{ °C}$	–	9	ps

Note

T_s is the temperature at the soldering point of the collector lead, 4 mm from the body.

LIMITING VALUES

in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CB0}	collector-base voltage	open emitter	–	30	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	25	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	3	V
I_C	collector current (DC)		–	40	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_s = 25\text{ °C}$; note 1	–	1	W
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T_j	junction temperature		–	150	°C

Note

T_s is the temperature at the soldering point of the collector lead, 4 mm from the body.

NPN 1 GHz general purpose switching transistor

MPSH10

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-s}$	thermal resistance from junction to soldering point	note 1	125	K/W
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient		250	K/W

Note

T_s is the temperature at the soldering point of the collector lead, 4 mm from the body.

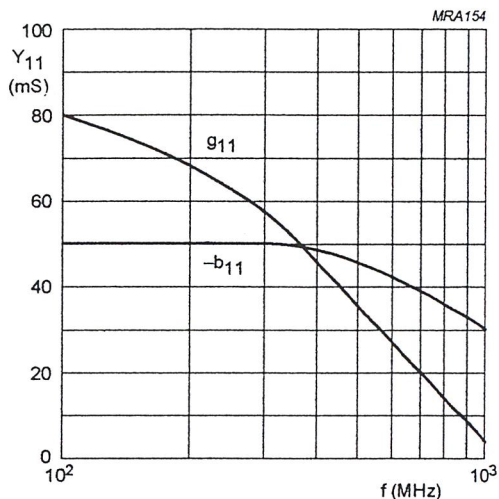
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_c = 25\text{ °C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)CBO}$	collector-base breakdown voltage	open emitter; $I_C = 100\ \mu\text{A}$; $I_E = 0$	30	–	V
$V_{(BR)CEO}$	collector-emitter breakdown voltage	open base; $I_C = 1\ \text{mA}$; $I_B = 0$	25	–	V
$V_{(BR)EBO}$	emitter-base breakdown voltage	open collector; $I_E = 10\ \mu\text{A}$; $I_C = 0$	3	–	V
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 4\ \text{mA}$; $I_B = 0.4\ \text{mA}$	–	0.5	V
V_{BEon}	base-emitter ON voltage	$V_{CE} = 10\ \text{V}$; $I_C = 4\ \text{mA}$	–	0.95	V
I_{CBO}	collector-base cut-off current	$V_{CB} = 25\ \text{V}$; $I_E = 0$	–	100	nA
I_{EBO}	emitter-base cut-off current	$V_{CB} = 25\ \text{V}$; $I_C = 0$	–	100	nA
β_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = 10\ \text{V}$; $I_C = 4\ \text{mA}$	60	–	
f_{re}	collector-emitter feedback capacitance	$V_{CB} = 10\ \text{V}$; $I_E = I_e = 0$; $f = 1\ \text{MHz}$	–	0.7	pF
f_{rb}	collector-base feedback capacitance	$V_{CB} = 10\ \text{V}$; $I_C = I_c = 0$; $f = 1\ \text{MHz}$	0.35	0.65	pF
f_T	transition frequency	$V_{CE} = 10\ \text{V}$; $I_C = 4\ \text{mA}$; $f = 100\ \text{MHz}$; $T_{amb} = 25\text{ °C}$	650	–	MHz
τ_{C_c}	collector-base time constant	$V_{CB} = 10\ \text{V}$; $I_C = 4\ \text{mA}$; $f = 100\ \text{MHz}$; $T_{amb} = 25\text{ °C}$	–	9	ps

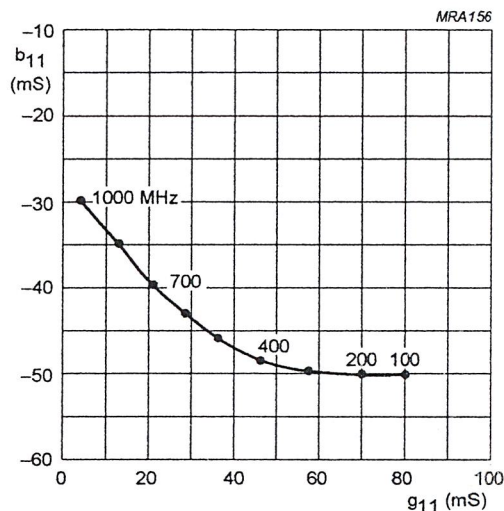
NPN 1 GHz general purpose switching transistor

MPSH10



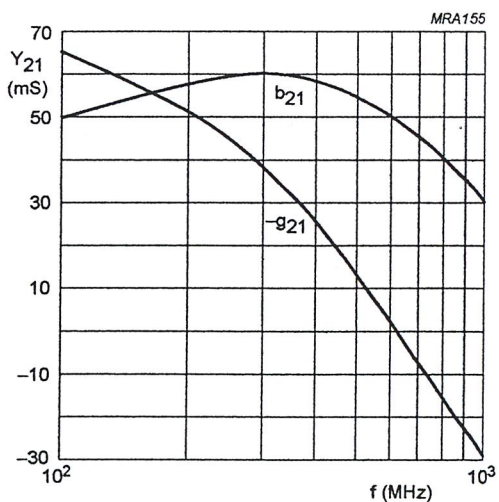
$V_{CB} = 10\text{ V}; I_C = 4\text{ mA}$.

Fig.2 Common base input admittance (Y_{11}) as a function of frequency.



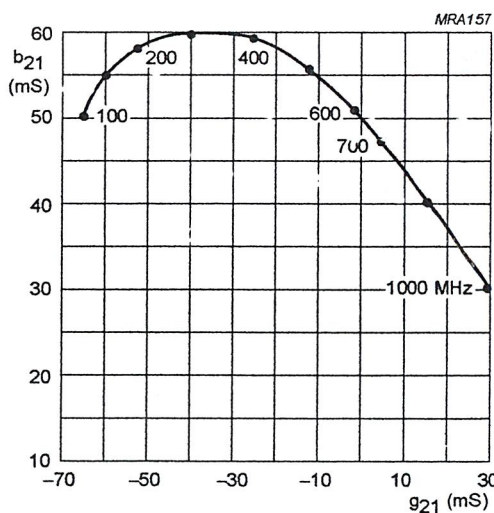
$V_{CB} = 10\text{ V}; I_C = 4\text{ mA}$.

Fig.3 Common base input admittance (Y_{11}).



$V_{CB} = 10\text{ V}; I_C = 4\text{ mA}$.

Fig.4 Common base forward transfer admittance (Y_{21}) as a function of frequency.

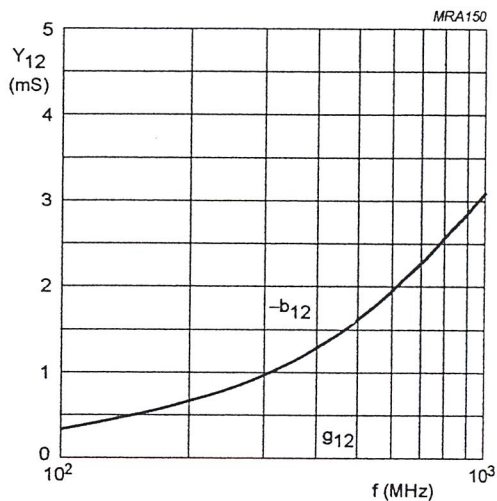


$V_{CB} = 10\text{ V}; I_C = 4\text{ mA}$.

Fig.5 Common base forward transfer admittance (Y_{21}).

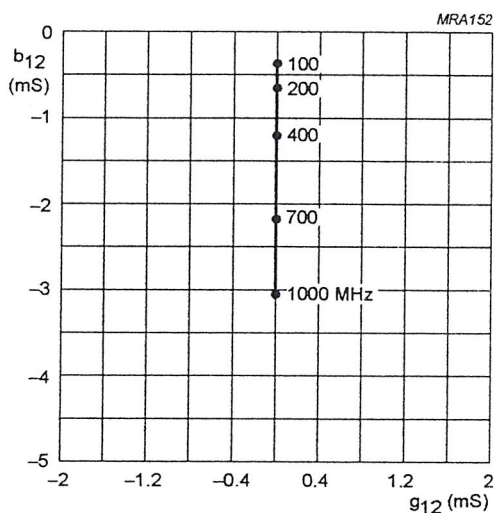
NPN 1 GHz general purpose switching transistor

MPSH10



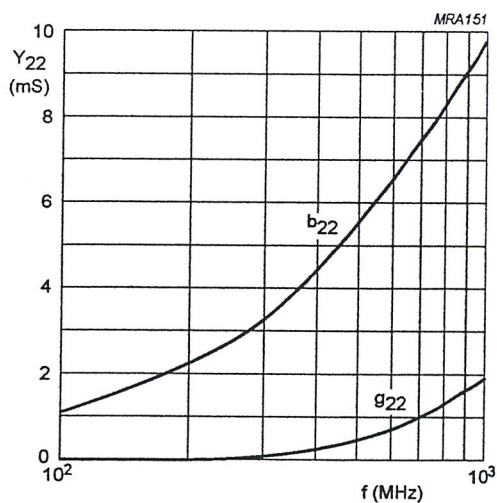
V_{CB} = 10 V; I_C = 4 mA.

Fig. 6 Common base reverse transfer admittance (Y₁₂) as a function of frequency.



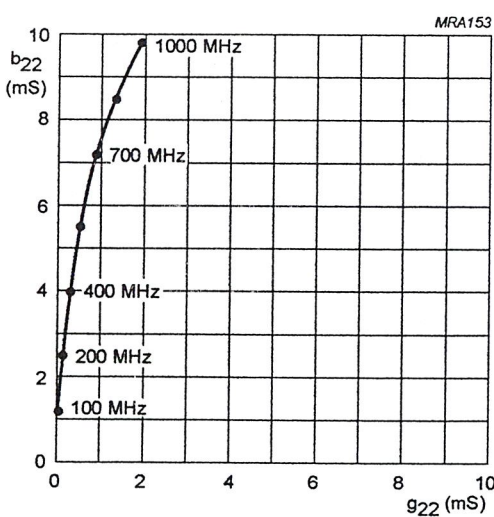
V_{CB} = 10 V; I_C = 4 mA.

Fig. 7 Common base reverse transfer admittance (Y₁₂).



V_{CB} = 10 V; I_C = 4 mA.

Fig. 8 Common base reverse admittance (Y₂₂) as a function of frequency.



V_{CB} = 10 V; I_C = 4 mA.

Fig. 9 Common base reverse admittance (Y₂₂).

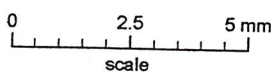
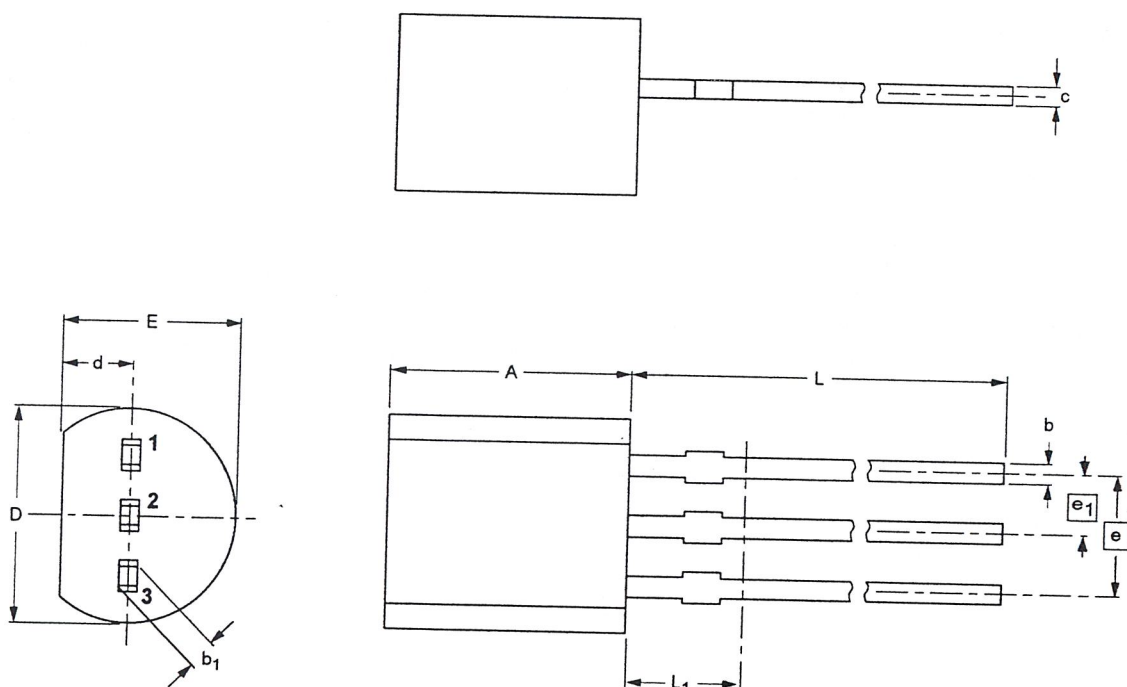
NPN 1 GHz general purpose switching transistor

MPSH10

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



MENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b ₁	c	D	d	E	e	e ₁	L	L ₁ (1)
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.56	0.45 0.40	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT54		TO-92	SC-43			97-02-28

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ , “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. “HOBBY ELECTRONICS”, เรื่อง “หมุน หมุน หมุน กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ” หน้าที่ 56-63 , ฉบับที่ 93 พฤศจิกายน 2542
3. ชาริน สิทธิธรรมชารี , “คู่มือการเขียนโปรแกรม microsoft VISUAL BASIC Version 6” , บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด
4. Constantine A. Balanis, “Antenna Theory Analysis and Design”, John Wiley & Sons, INC.,New York,1997
5. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ, “ระบบสื่อสารวิทยุ”, ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , กรุงเทพฯ
6. กฤษดา วิศวธีรานนท์ , “ไอซีดิจิตอล”, ซีเอ็ดดูเคชั่น , กรุงเทพฯ , 2537
7. คณะผู้จัดทำแผนหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ , “รวมบทความ ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์”, ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , กรุงเทพฯ , พ.ศ. 2538

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องเครื่องค้นหาทิศทางนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายๆท่าน ทั้งในด้านความรู้ ประสบการณ์ คำแนะนำ กำลังใจ และสถานที่ ซึ่งต้องขอกล่าวคำขอบคุณเป็นอย่างสูง ดังนี้

อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ ที่ปรึกษาของโครงการชิ้นนี้ ที่คอยให้คำแนะนำ อุปกรณ์ต่างๆ และ สถานที่ในการทำงาน

อาจารย์นิภา ตีลารุจิ และ อาจารย์ณรงค์ เหมกรณ์ ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ในการทดลองโครงการ

พี่คิง ที่ปรึกษาในเรื่องโปรแกรม Visual Basic

เพื่อนๆ ในห้องโปรเจกต์ทุกคน ที่ให้คำแนะนำดีๆ กำลังใจ และ ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ