

ระบบวัดการแพร่กระจายคลื่นทีวี

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEMS



นายไกรสิทธิ์ เปี่ยมสง่า
นายพงษ์ศิริ วงศ์เจริญวงกิจ
นายอภิรักษ์ กุดตัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

ณ

ปี ๒๕๔๑

๕

เลขหมึก.....

เลขทะเบียน 34007

วัน, เดือน, ปี 27 ก.ย. 2542

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

ระบบวัดการแพร่กระจายคลื่นทีวี

TV- Antenna Pattern Measurement Systems

ชื่อนักศึกษา

นายไกรสิทธิ์ เปี่ยมสง่า

นายพงษ์ศิริ วงศ์เจริญกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายอุภินันท์ กุดัน

อาจารย์คณชัย สุขเจริญผล

ภาควิชา

เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา

2541

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับ
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

()

..... กรรมการ

()

..... กรรมการ

()

..... กรรมการ

()

..... กรรมการ

()

ฉันทิทธิของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดการแพร่กระจายคลื่นทีวี

โดย	นายไกรสิทธิ์	เปี่ยมสง่า
	นายพงษ์ศิริ	วงศ์เจริญกิจ
	นายอภิรักษ์	กุดัน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์คลชัย	สุขเจริญผล
ปีการศึกษา	2541	

บทคัดย่อ

ในการใช้งานสายอากาศชนิดต่างๆ เราจะต้องทราบถึงคุณสมบัติของสายอากาศชนิดนั้นๆ เพื่อจะได้นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม โดยคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งในทางวิศวกรรมของสายอากาศ คือ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นที่ออกไปในทิศทางต่างๆ รอบๆ ตัวสายอากาศ ซึ่งในเครื่องส่ง TV ต้องการสายอากาศที่มีแบบรอบตัว(Omnidirectional) ขณะที่ภาครับ TV ต้องการสายอากาศที่มีแบบเฉพาะทิศทาง

ดังนั้นในส่วนของการทำงานนี้ เพื่อศึกษารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศของ TV ย่าน VHF ระบบ PAL-B ซึ่งประกอบด้วยย่านความถี่ Carrier ของสัญญาณภาพตั้งแต่สถานีช่อง 3 ถึงช่อง 12 โดยการทดสอบวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ในวิทยานิพนธ์จะทดสอบโดยการวัดคลื่นความถี่วิทยุ โดยใช้สายอากาศที่ทดสอบเป็นตัวรับสัญญาณ ซึ่งสัญญาณที่รับได้จะถูกไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล และถูกนำไปพล็อตกราฟแสดงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นบนจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมภาษาซีควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยรูปกราฟที่ได้จากการทดสอบสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศสำหรับหน่วยงานขนาดเล็กที่ต้องการผลิตสายอากาศไว้ และเครื่องวัดมีราคาไม่สูง

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEMS

By	Mr. Kraisi	Piumsanga
	Mr. Pongsiri	Wongcharoenwanakit
	Mr. Apinan	Kutun
Advisor	Mr. Dolchai	Sukcharoenphol
Year	1998	

ABSTRACT

Using types of antenna. We have to know about each of antenna's properties for usefulness. The properties that are very important in antenna's Engineering. It means the pattern which moves to different directions around the antenna. The TV sender wanted Omnidirectional while the TV receiver needs the directional antenna.

So that this project case finished for educate TV - Antenna Pattern System to VHF kind PAL-B system which consist of carrier of picture 's signal from channel 3 until channel 12. This thesis will test by receiving the radio frequency wave that the receiver antenna is operated. The signal will be transferred to digital signal and is taken to plot a graph, showing the model on a computer screen. We can operate C program to control all of tasks. Graph is completed can take to check the antenna patterns in the small departments that produce low price of antennas and measurements.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เนื่องจากได้รับคำแนะนำและการช่วยเหลือด้านข้อมูลต่างๆเป็นอย่างดีจากอาจารย์ดลชัย สุขเจริญผล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำแนะนำปรึกษา และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาโดยเฉพาะอย่างยิ่งคณาจารย์ในภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรมทุกท่าน จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และให้กำลังใจที่ดีเสมอมาในทุกๆเรื่อง



นายไกรสิทธิ์ เขียมสง่า

นายพงษ์ศิริ วงศ์เจริญวานกิจ

นายอภิรักษ์ กุตัน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วงจรกำเนิดสัญญาณคลื่นพาร์	5
2.1 หลักการทำงานของ Phase Lock Loop (PLL)	5
2.1.1 วงจรต่าง ๆ ในเฟสล็อกลูป	6
2.1.2 ทฤษฎีเฟสล็อกลูป Phase Lock Loop (PLL)	9
2.1.3 วงจรกรองความถี่ในลูป	10
2.2 หลักการทำงานของภาคส่งสัญญาณ	14
2.2.1 การทำงานภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ RF	14
2.2.2 การออกแบบการทำงานของภาค Phase Lock Loop	16
2.2.3 การออกแบบ Low Pass Filter ของ Phase Lock Loop	19
2.3 การออกแบบภาค Voltage Control Oscillator	22
2.3.1 การออกแบบ Low Pass Filter ของ VCO	27
2.4 การทำงานภาคขยายสัญญาณความถี่ RF	30
2.4.1 Block Diagram แสดงการทำงานของภาคขยายสัญญาณ	30
2.4.2 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ	31
บทที่ 3 ภาครับสัญญาณ	36
3.1 ช่องส่งโทรทัศน์มาตรฐาน	36
3.2 อาร์เอฟพูนเนอร์	37
3.2.1 หน้าที่การทำงานของอาร์เอฟพูนเนอร์	37
3.2.2 บล็อกไดอะแกรมวีเอชเอฟพูนเนอร์	37
3.3 หลักการทำงานของชุดภาคสัญญาณ	40
3.3.1 ภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ	40
3.3.2 ภาค Detector	42
3.3.3 ภาค Comparator	42
3.4 การออกแบบวงจร Comparator	43

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ภาคอินเตอร์เฟสและภาค Analog to Digital	45
4.1 หลักการสื่อสารแบบขนาน	45
4.1.1 การทำงานพื้นฐานของอินพุตและเอาต์พุต	45
4.1.2 รูปแบบของการส่งและรับข้อมูล	45
4.1.3 การเอาต์พุต	47
4.1.4 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ (8255A)	47
4.2 หลักการออกแบบภาค Interface และภาค Analog to Digital	50
4.2.1 การออกแบบภาค Analog to Digital Conversion (ADC)	50
4.2.2 การออกแบบวงจรโดยใช้ไอซี ADC 0804 ขนาด 8 bit	52
4.2.3 การออกแบบภาค Interface สัญญาณ	53
บทที่ 5 การทำงานของภาค Stepping Motor	58
5.1 หลักการของสเตปปีงมอเตอร์	58
5.1.1 ทฤษฎีการทำงาน	58
5.1.2 สเตปปีงมอเตอร์กับการทดลอง	61
5.1.3 ชนิดของสเตปปีงมอเตอร์	63
5.1.4 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเตปปีงมอเตอร์	68
5.2 หลักการของวงจรควบคุมสเตปปีงมอเตอร์	70
5.3 การออกแบบภาค Control Stepping Motor	73
5.3.1 หลักการทำงานของ Steppint Motor	74
5.3.2 การออกแบบภาคจ่ายกระแสให้กับ Stepping Motor	75
บทที่ 6 ผลของการทดลอง	77
6.1 Block Diagram ของการต่อวงจรภาคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัด	77
6.1.1 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ	77
6.1.2 ภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ	82
6.1.3 ภาคอินเตอร์เฟส (Interface)	87
6.2 การทดลองการทำงานวงจรในภาคต่าง ๆ	90
6.2.1 การทดลองการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต	90
6.3 การทดลองการกำเนิดภาคสัญญาณ RF	91
6.4 การทดลองภาคขยายสัญญาณความถี่ RF	97
6.5 การทดลองทดสอบ Plot รูป Pattern โดยใช้สายอากาศยาคี 5 Element	103
บทที่ 7 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา	108
7.1 บทสรุป	108
7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ	108

เรื่อง	หน้า
บรรณานุกรม	110
ภาคผนวก ก อธิบายการใช้โปรแกรม	111
ภาคผนวก ข Flow Chart	120
ภาคผนวก ค Program	127
ภาคผนวก ง Data Sheet	151



บทที่ 1

บทนำ

โครงการระบบวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในย่านทีวี (TV - Antenna Pattern Measurement System) เป็นการวัดรูปแบบ Pattern ของสายอากาศที่ใช้ในย่านทีวี ซึ่งสายอากาศที่ใช้ทดสอบจะอยู่ทางภาครับสัญญาณ จุดประสงค์ของโครงการนี้ เพื่อทดสอบรูปแบบ Pattern ของสายอากาศ ในย่าน TV ประกอบไปด้วยย่าน Band I ที่ความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 4 และในย่าน Band III ที่ความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 ในส่วนของโครงการนี้ยังสามารถนำรูปแบบ Pattern ที่ได้ไปวิเคราะห์นำไปใช้ในเรื่องต่างๆได้ ผู้สนใจเมื่ออ่านโครงการนี้สามารถนำสายอากาศที่ใช้ในย่านดังกล่าวมาทำการทดสอบ เพื่อศึกษารูปแบบของสายอากาศในแต่ละชนิดได้

ในส่วนของโครงการนี้จะเป็นการทดสอบ Pattern ของสายอากาศ ทางภาครับสัญญาณ คุณสมบัติของสายอากาศโดยทั่วไปสำหรับภาคส่งสัญญาณ ณ ที่ตำแหน่งต่างๆรอบ ๆ ของสายอากาศจะมีความเข้มของสัญญาณออกมาที่ไม่เท่ากัน เมื่อเราจะทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศทางภาคส่งจะต้องหมุนสายอากาศที่ทางภาคส่ง และให้ทางภาครับอยู่กับที่ และสำหรับสายอากาศที่ใช้เป็นภาครับสัญญาณ ณ ที่ตำแหน่งรอบ ๆ ของสายอากาศก็จะมีค่าความเข้มของสัญญาณของการรับสัญญาณที่ไม่เท่ากันเช่นกัน เมื่อเราจะทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศทางภาครับจะต้องทำการหมุนสายอากาศที่ทางภาครับ โดยให้ทางภาคส่งอยู่กับที่ ลักษณะเช่นนี้อาจจะกล่าวได้ว่า ไม่ว่าสายอากาศที่ใช้ทดสอบจะอยู่ที่ภาคส่งหรือภาครับ รูปแบบ Pattern จะมีลักษณะเหมือนกัน

ในลักษณะรูปแบบของการรับคลื่นสัญญาณ โดยที่ภาคส่งทำการแพร่กระจายคลื่นออกมาคงที่ที่ระดับหนึ่ง ที่ระยะห่างไกลออกไป ความแรงของสัญญาณจะค่อยๆลดลงไปเรื่อย ๆ จนคลื่นไม่สามารถเดินทางไปได้ ที่สายอากาศทางด้านรับจะสามารถรับสัญญาณได้ จะต้องมีความแรงของสัญญาณของภาคส่งออกมาในระดับหนึ่งถึงจะสามารถรับสัญญาณได้ เมื่อนำสายอากาศชนิดใดๆ มาทำการรับสัญญาณ เราจะต้องรู้ว่า ณ ที่ตำแหน่งรอบ ๆ ของสายอากาศนั้น ๆ ว่าตำแหน่งจะสามารถรับสัญญาณได้แรงที่สุด เราจะต้องหมุนสายอากาศไป ณ ที่ตำแหน่งนั้น และหันหน้าให้ตรงกับตำแหน่งที่สถานีส่งตั้งอยู่เพื่อที่จะสามารถรับสัญญาณได้แรงที่สุด ณ ที่ตำแหน่งนั้นของสายอากาศทางภาครับ เมื่อทำการทดสอบสายอากาศโดยทำการหมุนสายอากาศไปเรื่อย ๆ ความแรงของสัญญาณจะค่อยๆ ลดลงหรืออาจจะเพิ่มขึ้นตามคุณสมบัติของสายอากาศในแต่ละชนิด เมื่อนำค่าความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ มาพล็อตกราฟ จะได้เป็น Pattern ของสายอากาศชนิดนั้น Block Diagram แสดงการทำงานของระบบวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในย่านทีวี ดังแสดงในรูปที่ 1.1

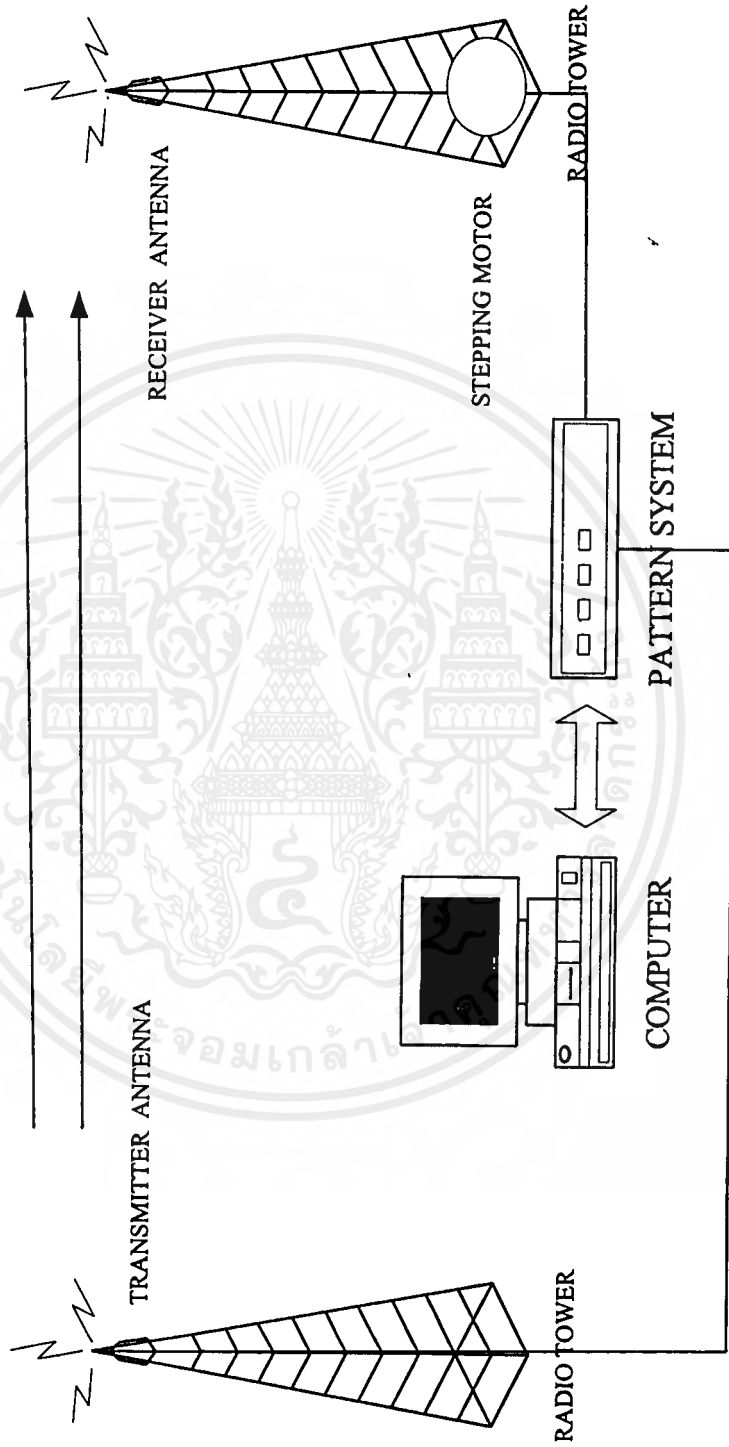
หลักการการทำงานของโครงการนี้ได้ออกแบบในลักษณะอัตโนมัติ โดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยใช้โปรแกรมภาษาซีควบคุมการทำงาน การทำงานของระบบนี้แบ่งออกเป็น 4

ภาค ประกอบไปด้วยชุดภาคส่งสัญญาณ , ชุดภาครับสัญญาณ , ชุดภาค Interface และชุดควบคุม Stepping Motor ดังแสดงใน Block Diagram ดังรูปที่ 1.2

หลักการการทำงานของชุดภาคส่งสัญญาณ ลักษณะการทำงานของระบบโดยคร่าว ๆ ของเครื่องวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ในย่านทีวีประเภทแรกในการทดสอบจะต้องทำการเลือกย่านที่ต้องการทดสอบประกอบไปด้วยย่าน Band I ประกอบด้วยช่อง 2 ถึงช่อง 4 และย่าน Band III ประกอบด้วยช่อง 5 ถึงช่อง 12 หลังจากนั้นให้เลือกช่องความถี่ (CHANNEL TV) ที่ต้องการทดสอบประกอบไปด้วยช่อง 2 จนถึงช่อง 12 เมื่อเลือกได้ช่องที่ต้องการแล้ว Program จะทำการส่ง Data ขนาด 8 Bit ออกไปโดยผ่านชุด Interface ส่งไปยังภาค Phase Lock Loop (PLL) ของย่านที่ต้องการประกอบไปด้วย PLL ของ Band I ช่อง 2 ถึงช่อง 4 และ PLL ของ Band III ช่อง 5 ถึงช่อง 12 จากนั้นจะผ่านไปยังภาค Voltage Control Oscillator (VCO) ของแต่ละย่านให้กำเนิดความถี่วิทยุ ของช่องความถี่ที่เลือกไว้หลังจากนั้นจะส่งไปยังภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้มีพลังงานในระดับหนึ่งส่งผ่านสายอากาศของภาคส่งออกไป เป็นการเสร็จสิ้นการทำงานของภาคส่งสัญญาณ

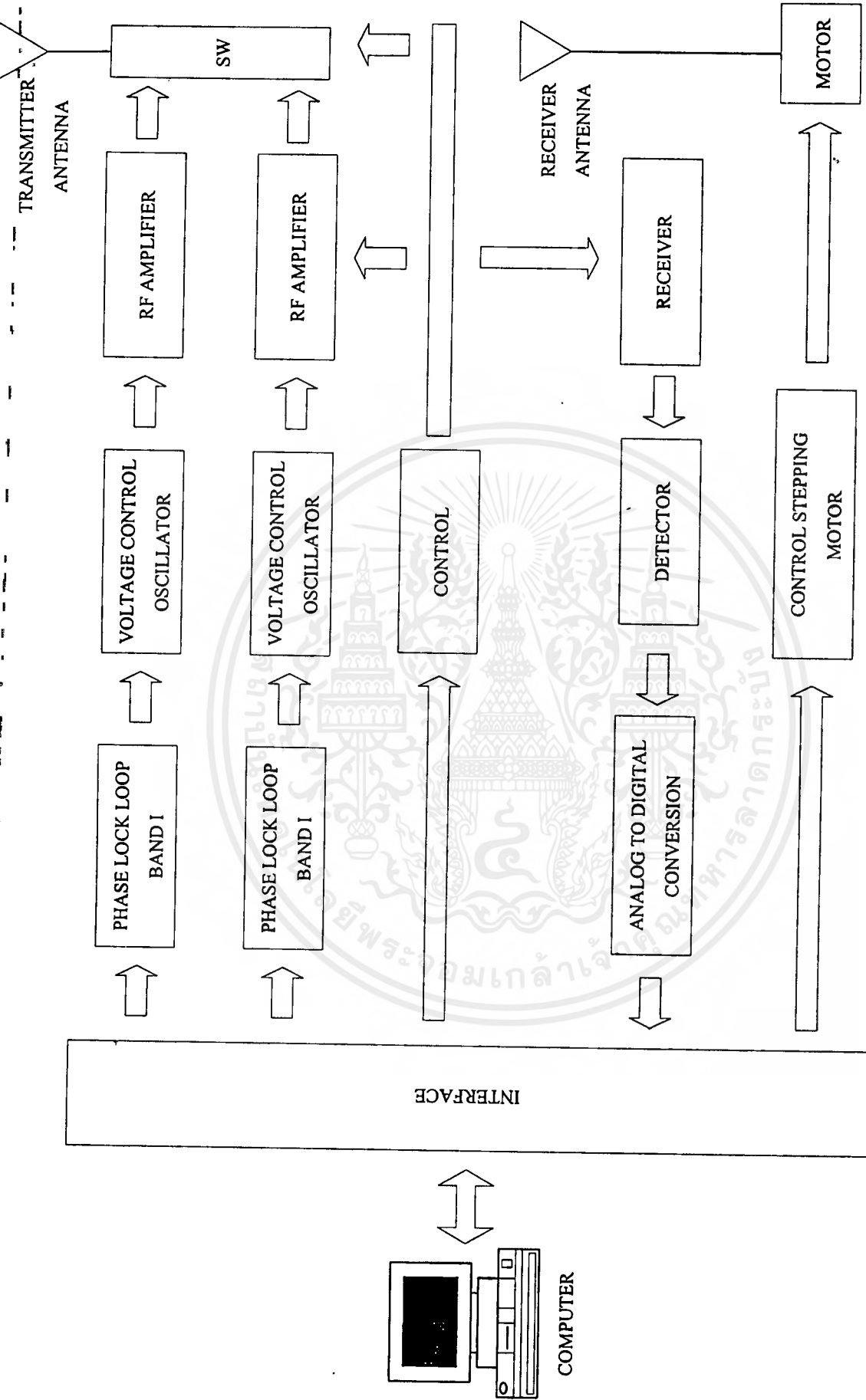
หลักการการทำงานของชุดภาครับสัญญาณและชุด Interface ในส่วนของภาครับสัญญาณ สายอากาศที่ใช้รับสัญญาณทีวีเป็นสายอากาศที่จะใส่สำหรับทดสอบวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น(Pattern) สัญญาณจะผ่านต่อไปยังภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ โดยใช้ Tuner ของ TV เป็นตัวรับสัญญาณแล้วแปลงเป็นความถี่ IF ใต้ออกมา ช่องความถี่ที่ภาครับสัญญาณรับเข้ามาจะต้องตรงกับช่องความถี่ทางภาคส่ง ซึ่งจะถูควบคุมโดยภาค Control ส่งผ่านไปยังภาค Detector ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ IF ให้ได้เป็นแรงดัน DC ออกมา ระดับแรงดันที่ได้จะมีค่าต่ำมาก ซึ่งจะต้องทำการแปลงระดับแรงดันให้อยู่ในช่วงของระดับแรงดันที่อุปกรณ์ภาคแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็น Digital ต้องการหลังจากนั้นระดับแรงดัน DC ที่ได้ซึ่งเป็นสัญญาณ Analog จะส่งไปเข้าภาค Analog To Digital Conversion (ADC) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital โปรแกรมจะสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำการอ่านข้อมูลสัญญาณ Digital เข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ และโปรแกรมจะนำสัญญาณที่ได้ไปพล็อต Pattern ของสายอากาศที่นำมาทำการทดสอบเป็นการเสร็จสิ้นในส่วนของภาครับสัญญาณและภาค Interface สัญญาณ

หลักการการทำงานของชุด Control Stepping Motor การทำงานของภาค Control Stepping Motor จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมโปรแกรมจะสั่งให้ Stepping Motor ทำการหมุนสายอากาศที่นำมาทดสอบ การหมุนจะหมุนเป็น Step ในแต่ละ Step จะเคลื่อนไปที่ละ 1 องศา เราสามารถกำหนดการอ่านข้อมูลเข้าที่ละกี่องศาก็ได้ เช่น ต้องการอ่านข้อมูลเข้าไปที่ละ 5 องศา หมายความว่า การหมุนครบไป 5 องศาของ Stepping Motor คอมพิวเตอร์จะทำการอ่านข้อมูลเข้ามา 1 ครั้ง หลังจากนั้น Stepping Motor จะหมุนต่อไปพอครบอีก 5 องศา คอมพิวเตอร์ก็จะทำการอ่านข้อมูลเข้ามาอีกครั้งจนครบ 360 องศา ก็จะทำการหยุดหมุน นอกจากการเลือกตำแหน่งองศาแล้วยังสามารถเลือกทิศทางการหมุนคือ เลือกการหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือเลือกการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบวัดการแปรกระจายคลื่นของสายอากาศในย่านทีวี

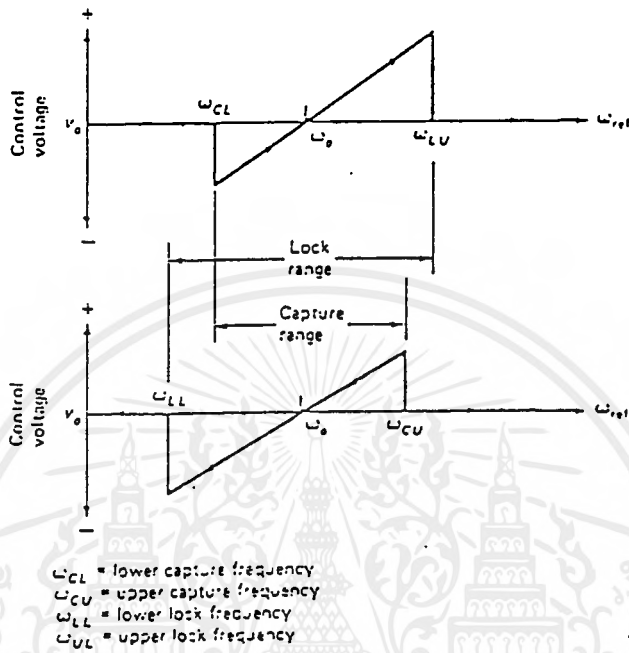
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 Block Diagram แสดงวงจรต่างของภาคส่งและภาครับที่มีการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุมและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถี่อกลูช่วงการถี่อกลูของเฟสถี่อกลูอาจมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับแคปเจอร์เรนจ์ โดยทั่วไปจะมีค่ามากกว่า ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคปเจอร์เรนจ์และถี่อกลูของเฟสถี่อกลู

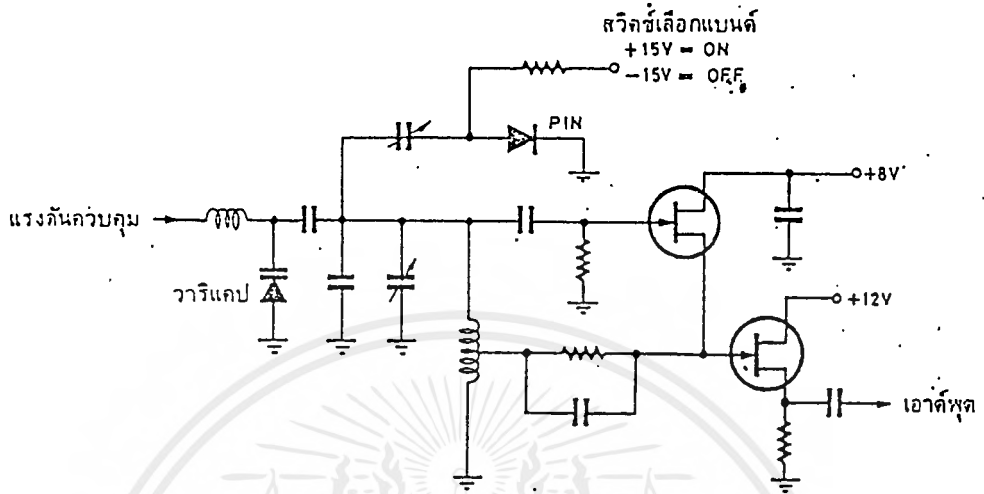
ช่วงการถี่อกลูของเฟสถี่อกลูจะมีช่วงตั้งแต่ 1% ถึง 60% ของความถี่ฟรีรันนิ่งของ VCO ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ที่ใช้

2.1.1 วงจรต่างๆในเฟสถี่อกลู

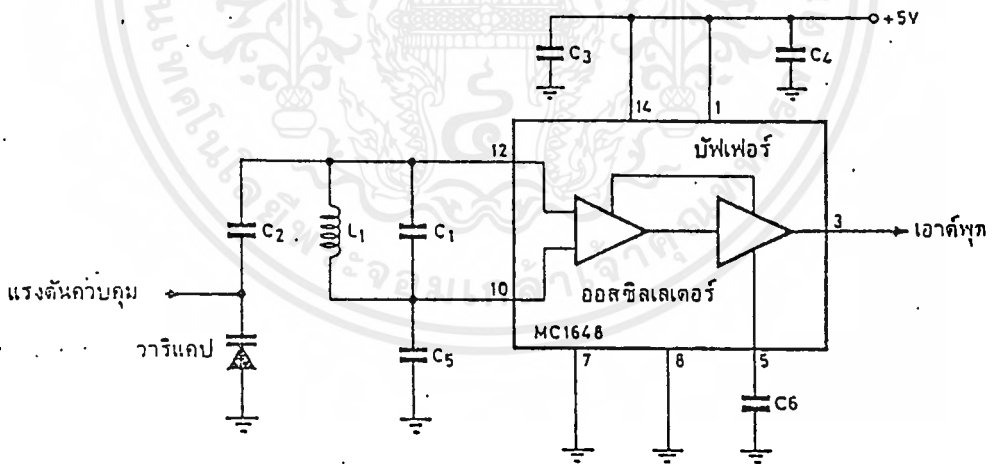
วงจรสำคัญที่กำหนดความถี่เอาต์พุตก็คือ วงจร VCO โดยทั่วไปเป็นวงจรรอสซิชเลเตอร์ที่ใช้วาระกเตอร์หรือวารีแคปเป็นส่วนหนึ่งในวงจร ดูรูปที่ 2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของ VCO ที่ต้องคำนึงถึงก็คือเฟสลอยส์ซึ่งเกิดจากนอยส์ในตัววาระกเตอร์ค่า Q เลื่อนไหลของวงจร (Drift) และคุณสมบัติในตัวอุปกรณ์แอกทีฟไม่คงที่

วงจร VCO นิยมใช้ FET เนื่องจากมีนอยส์ต่ำและอิมพิแดนซ์มีค่าสูง แต่บางครั้งใช้ไอซี เช่นเบอร์ MC 1648 ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นวงจรรอสซิชเลเตอร์แบบ ECL โดยจะให้เอาต์พุตประมาณ 900 มิลลิโวลต์พีคทูพีคซึ่งเพียงพอสำหรับเป็นโลคอลลอสซิชเลเตอร์ แต่สมบัตินอยส์ข้อมลู่วงจรรอสซิชเลเตอร์ที่ใช้ FET ไม่ได้ตั้งเกวว่าความถี่ของวงจร VCO ถูกควบคุมด้วยแรงดันควบคุมที่ป้อนมาไบแอสแกวารีแคปในวงจร ถ้าแรงดันที่ไบแอสแกวารีแคปเพิ่มขึ้นส่วนใหญ่ VCO จะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่สูงขึ้น แต่ก็ยังมีบางวงจรที่ทำให้ความถี่ VCO ลดลงแต่เป็นส่วนน้อย (เช่นในกรณีที่ใช้วงจรขยายอินเวอร์เตอร์มาขยายแรงดันควบคุมก่อน)



รูปที่ 2.3 วงจร VCO แบบใช้ FET

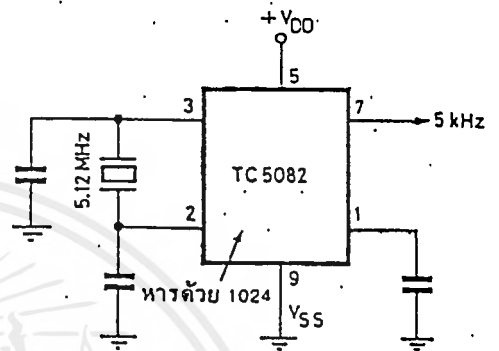
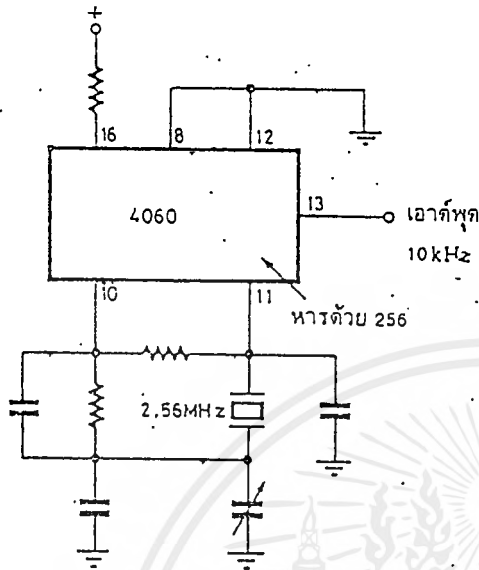


รูปที่ 2.4 วงจร VCO ชนิด IC ของโมโตโรล่าเบอร์ MC 1648

ในรูปวงจรที่ 2.3 จะเห็นว่าเราใช้ไดโอด PIN ในการสวิทช์เลือกแบนด์ เพื่อเพิ่มความจุไฟฟ้าให้วงจร VCO สามารถทำงานในย่านความถี่กว้างขึ้นได้

ภาคความถี่อ้างอิงนิยมใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์และมีวงจรหารความถี่ค่าตายตัวส่วนใหญ่เป็นการไอซี ตัวอย่างในรูปที่ 2.5(ก) แสดงตัวอย่างวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งใช้แร่ความถี่ 2.56 เมกะเฮิร์ตซ์แล้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หารออกมาเป็น 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ทั้งวงจรรอสซิลเลเตอร์และวงจรรหารความถี่จะอยู่ในตัวไอซีทั้งหมด มีแต่เฉพาะ R และ C เท่านั้นที่ต่อภายนอก ส่วนรูปที่ 2.5 (ข) เป็นไอซีที่ใช้งานแบบเดียวกัน



(ก) วงจรรอสซิลเลเตอร์อ้างอิงใช้ CMOS เบอร์ 4060 เบอร์ TC 5082 P

(ข) ตัวอย่าง IC ที่ใช้กำเนิดความถี่อ้างอิง

รูปที่ 2.5

ความถี่ออสซิลเลเตอร์อ้างอิงนี้ เป็นตัวกำหนดเรโซลูชันและเสถียรภาพของความถี่อ้างอิงที่ดี จึงทำให้สามารถสังเคราะห์ความถี่ที่มีเสถียรภาพดีด้วย

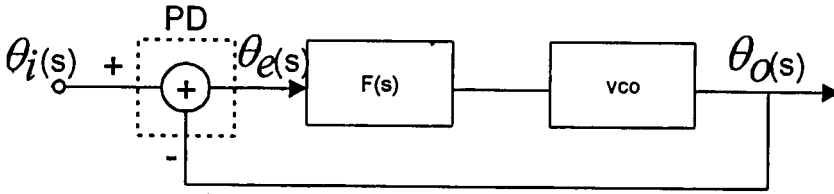
ภาพเทียบเฟสส่วนใหญ่จะเป็นแบบคิจิตอล ซึ่งเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณที่ได้จาก VCO (หลังจากหาร N) เอาต์พุตที่ได้จากการเปรียบเทียบจะเป็นพัลส์ที่มีวัฏจักรหน้าที่ (duty cycle) เปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงไอซีที่ทำหน้าที่เป็นวงจรถัดเคลื่อนเฟส วงจรนี้ประกอบด้วยเกต exclusive OR, D-flip flop ฯลฯ ปกติจะมีเอาต์พุตพิเศษแสดงภาวะล็อกด้วย สภาวะล็อกในที่นี้หมายถึงสภาวะที่ความถี่หรือเฟสของสัญญาณจาก VCO (หาร N) กับสัญญาณอ้างอิงตรงกันพอดี ล็อกเอาต์พุตนี้มีความสำคัญมากเพราะจำเป็นต้องใช้หยุดการทำงานภาคเครื่องส่ง (ของเครื่องรับวิทยุ) ในกรณีที่มีความถี่ไม่ล็อก

วงจรถัดเคลื่อนเฟสที่ความถี่จริงแล้วจะเรียกว่าเทียบเฟสหรือเทียบความถี่ก็ได้ เนื่องจากเอาต์พุตของเฟสดีเทคเตอร์ขึ้นอยู่กับผลต่างเฟสหรือความถี่ของสัญญาณอินพุต 2 สัญญาณ ผลลัพธ์ที่ได้จากเฟสดีเทคเตอร์จะเป็นพัลส์ ซึ่งมีส่วนผสมของไฟ DC ปนอยู่ ส่วนที่เป็น DC นี้จะนำไปใช้ควบคุมความถี่ของ VCO ไม่ว่าความถี่ของ VCO จะห่างจากความถี่ที่ต้องการเท่าใด ช่วงความถี่ที่วงจรถัดเคลื่อนเฟสสามารถแก้ไขได้ เรียกว่า capture range

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ทฤษฎีเฟสล็อกคูลูบ PHASE LOCK LOOP (PLL)

ระบบเฟสล็อกคูลูบ (Phase Locked Loop :PLL) เป็นระบบที่เอาเฟสของสัญญาณเอาต์พุตป้อนกลับ (Feed Back) มาควบคุมความถี่ของรูปแสดงโครงสร้างของระบบในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปแสดงโครงสร้างของระบบเฟสล็อกคูลูบ Phase Lock Loop : PLL

โดย	$\theta_o(s)$	เฟสเอาต์พุตของระบบ	(rad)
	$\theta_i(s)$	เฟสอินพุตหรือเฟสอ้างอิงของระบบ	(rad)
	$\theta_e(s)$	เฟสเออเรอร์ของระบบ	(rad)
	PD	เฟสดีเทคเตอร์	
	VCO	วงจรถ้าเน็คความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน	
	$F(s)$	วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน	

แบบจำลองเฟสล็อกคูลูบ

ในการวิเคราะห์และกำหนดเงื่อนไขการออกแบบระบบเฟสล็อกคูลูบให้เป็นระบบเชิงเส้น โดยให้ความต่างเฟสระหว่างเฟสดีเทคเตอร์อินพุตและเฟสที่ป้อนกลับมีเฟสแตกต่างกันไม่มาก และให้เอาต์พุตของเฟสดีเทคเตอร์เป็นแรงดัน (V_e) โดยขึ้นอยู่กับความต่างเฟสของเฟสอินพุตและเฟสป้อนกลับ หรือเขียนได้เป็น

$$V_e = K_d(\theta_i - \theta_o) \quad \dots(1)$$

โดย K_d เป็นค่าเฟสดีเทคเตอร์เกนมีหน่วยเป็น V/rad และในกรณีที่ให้ระบบเป็นแบบเชิงเส้น เราจะได้ความถี่เอาต์พุตของวงจรถ้าเน็คความถี่ V_e ที่เบี่ยงเบนออกจากความถี่ศูนย์กลางคือ

$$\Delta\omega = K_o V_e \quad \dots(2)$$

โดย V_e เป็นแรงดันอินพุตของวงจรถ้าเน็คความถี่ V_e , K_o เป็น VCO เกนมีหน่วย rad/v ดังนั้น เขียนความถี่ที่เอาต์พุตของ VCO คือ

$$\omega_o = \omega_c + \Delta\omega = \omega_c + K_o V_e \quad \dots(3)$$

โดย ω_c เป็นความถี่อิสระ (Free Running) ของ VCO และจากความสัมพันธ์ของการอนุพันธ์ของเฟสเทียบกับเวลาหรือเขียนได้เป็น

$$\Delta\omega = \frac{d\theta_e}{dt} = K_o V_e \quad \dots(4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

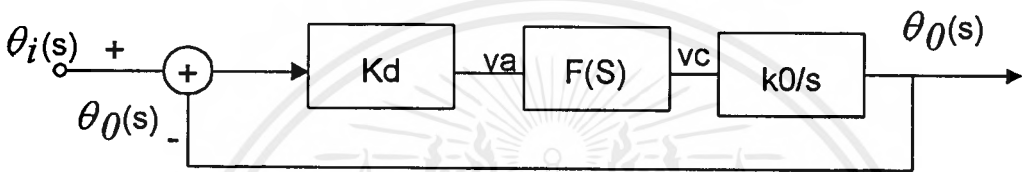
หรือเขียนเฟสเอ้าท์พุทของรูปอยู่ในรูปของ

$$\theta_o(t) = \int_0^T \Delta\omega \, d\tau + \theta_{o_0} \quad \dots(5)$$

กรณีในระบบของ PLL ถ้าทำการวิเคราะห์ด้วยการลาปลาซทรานฟอร์ม (Laplace Transform) เขียนเฟสเอ้าท์พุท เขียนได้เป็น

$$\theta_o(s) = \frac{K_o V_o}{s} \quad \dots(6)$$

ดังนั้น ระบบ PLL สามารถแสดงแบบจำลองได้ดังรูป 2.7



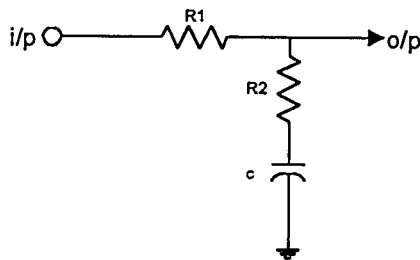
รูปที่ 2.7 รูปแสดงแบบจำลองของ PLL

โดยจากรูป 2.7 เราสามารถเขียนทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบได้คือ

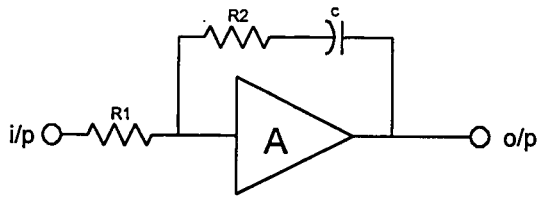
$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{K_d K_o F(s)/s}{1 + K_d K_o F(s)/s} \quad \dots(7)$$

2.1.3 วงจรกรองความถี่ในรูป

สำหรับกรณีวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน $F(s)$ ในรูป ซึ่งเป็นตัวควบคุม คุณสมบัติไดนามิกของรูป สำหรับในที่นี้ขอก้าวไว้ 2 ประการคือ วงจรกรองแบบพาสซีฟหรือวงจรกรองเป็นลีด-แล็ก (LEAD-LAG FILTER) และวงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ



ก. วงจรกรองแบบพาสซีฟ



ข. วงจรกรองแบบแอดคิฟ

รูปที่ 2.8 รูปแสดงวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ และ แอดคิฟ

วงจรกรองแบบพาสซีฟ หรือวงจรกรองเป็น ลีด-แล็ก (Lead-Lag Filter) แสดงในรูป 2.8 ก ทรานเฟอร์ฟังก์ชันคือ

$$F(s) = \frac{sT_2 + 1}{sT_1 + 1} \quad \dots(8)$$

โดย $T_1 = (R_1 + R_2)C$

$$T_2 = R_2C$$

วงจรกรองแบบแอดคิฟมีทรานเฟอร์ฟังก์ชันแสดงได้คือ

$$F(s) = \frac{(sT_2 + 1)}{sT_1} \quad \dots(9)$$

โดย $T_1 = R_1C$

$$T_2 = R_2C$$

โดย A เป็น เกนของวงจรมหาศาลกำหนดให้มีค่ามาก ๆ ถ้าแทนสมการ (8) ลงในสมการ (7) จะได้ ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน ของเฟสเอทท์พุทต่อเฟสอินพุท คือ

$$H_1(s) = \frac{\Theta_o(s)}{\Theta_i(s)} = \frac{K_o K_d (sT_2 + 1)/T_1}{s^2 + s(1 + K_o K_d T_2)/T_1 + K_o K_d /T_1} \quad \dots(10)$$

หรือ ถ้าวงจรกรองแบบแอดคิฟ แทนสมการ (9) ลงในสมการ (7) จะได้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของ PLL คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_2(s) = \frac{K_o K_d (sT_2 + 1)/T_1}{s^2 + s(K_o K_d T_2)/T_1 + K_o K_d/T_1} \quad \text{.....(11)}$$

จากทรานเฟอร์ฟังก์ชัน (10), (11) เขียนให้อยู่ในเทอมของระบบป้อนกลับแบบเซอร์โว (Servo) ได้เป็น

$$H_1(s) = \frac{s(2\xi\omega_n - \omega_n^2/K_o K_d) + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad \text{.....(12)}$$

โดย $\omega_n = \sqrt{K_o K_d/T_1}$

$$\xi = \frac{1}{2} \sqrt{(K_o K_d/T_1) \times (T_2 + 1/K_o K_d)}$$

ถ้าค่า $K_o K_d \gg \omega_n$ แล้วทรานเฟอร์ฟังก์ชัน H_1 จะประมาณได้ว่า

$$H_1 = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad \text{.....(13)}$$

สำหรับ PLL ที่ใช้วงจรรองความถี่แบบแอดคทีฟในรูป ทรานเฟอร์ฟังก์ชันคือ

$$H_2 = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad \text{.....(14)}$$

โดย $\omega_n = \sqrt{K_o K_d/T_1}$
 $\xi = \frac{1}{2} T_2 \sqrt{K_o K_d/T_1} = \frac{1}{2} T_2 \omega_n$

และถ้าค่าเฟสเออเรอร์เป็นความแตกต่างระหว่างเฟสอินพุตต่อเฟสที่ป้อนกลับแล้วจะได้

$$\theta_e(s) = \theta_1(s) - \theta_0(s) \quad \text{.....(15)}$$

ซึ่งทรานเฟอร์ฟังก์ชันของเฟสเออเรอร์ต่อเฟสอินพุตของ PLL แสดงได้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{1 - \theta_o(s)}{\theta_i(s)} \quad \dots(16)$$

หรือเขียนได้

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{s}{s + K_o K_d F(s)} \quad \dots(17)$$

ถ้า PLL ใช้วงจรรองชนิดสี่เหลี่ยมแบบพาสซีฟแล้ว ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของเฟสเออเรอร์ต่อเฟสอินพุทเขียนได้เป็น

$$H_3(s) = \frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{s(s + \omega_n^2 / K_o K_d)}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots(18)$$

$$= \frac{s[s + 1/T_I]}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots(19)$$

ถ้ากำหนดค่าลูปเกน มากกว่าความถี่ธรรมชาติ ($K_o K_d \gg \omega_n$) แล้ว

$$H_3(s) = \frac{s^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots(20)$$

สำหรับทรานเฟอร์ฟังก์ชันของเฟสเออเรอร์ ต่อเฟสอินพุทของ PLL ที่ใช้ วงจรรองแบบแอกทีฟ หาได้โดยแทนสมการที่ (9) ลงในสมการ (17) ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของเฟสเออเรอร์คือ

$$H_4(s) = \frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{s^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots(21)$$

2.2 หลักการทำงานของภาคส่งสัญญาณ

การทำงานในส่วนของภาคส่งสัญญาณประกอบไปด้วย ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ RF และ ภาคขยายสัญญาณความถี่ RF

2.2.1 การทำงานภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ RF

การทำงานของภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ ประกอบภาคกำเนิดสัญญาณวิทยุจำนวน 2 ชุดทำงานแยกอิสระจากกัน ได้แก่ ชุดแรกในย่านของ BAND I ประกอบไปด้วยภาคกำเนิดความถี่ของช่อง 2 ถึงช่อง 4 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุตั้งแต่ 48.25 MHz ถึง 62.25 MHz ประกอบไปด้วยภาค PHASE LOCK LOOP (PLL) และภาค VOLTAGE CONTROL OSCILATOR (VCO) และชุดที่สองในย่านของ BAND III ประกอบไปด้วยความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุตั้งแต่ 175.25 MHz ถึง 224.25 MHz ในการออกแบบการกำเนิดความถี่ของช่องต่างๆ จะใช้ความถี่ของ Carrier ภาพในแต่ละช่อง จากตารางข้างล่างเป็นการแสดงความถี่ออสซิลเลเตอร์ในแต่ละช่องประกอบไปด้วยความถี่ดังนี้

BAND I	ความถี่ของ CARRIER ภาพ	ความถี่ของ CARRIER เสียง
CHANNEL 2	48.25 MHz	53.75 MHz
CHANNEL 3	55.25 MHz	60.75 MHz
CHANNEL 4	62.25 MHz	67.75 MHz

ตารางความถี่ออสซิลเลเตอร์ ของความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 4

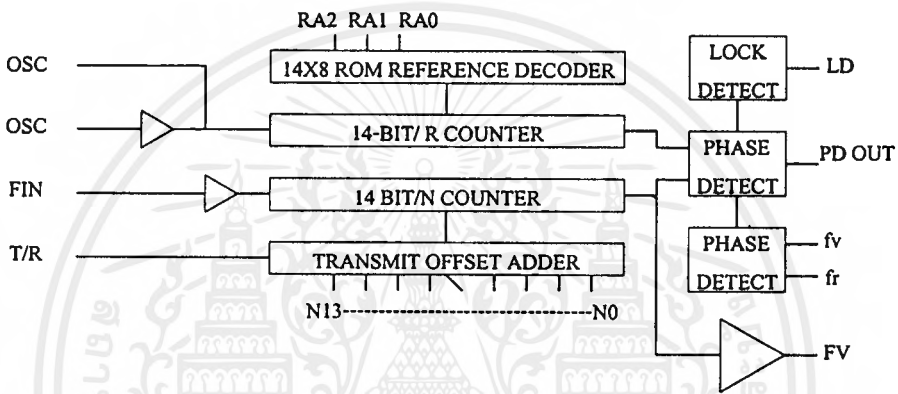
BAND III	ความถี่ของ CARRIER ภาพ	ความถี่ของ CARRIER เสียง
CHANNEL 5	175.25 MHz	180.75 MHz
CHANNEL 6	182.25 MHz	187.75 MHz
CHANNEL 7	189.25 MHz	194.75 MHz
CHANNEL 8	196.25 MHz	201.75 MHz
CHANNEL 9	203.25 MHz	208.75 MHz
CHANNEL 10	210.25 MHz	512.75 MHz
CHANNEL 11	217.25 MHz	222.75 MHz
CHANNEL 12	224.25 MHz	229.75 MHz

ตารางความถี่ออสซิลเลเตอร์ของความถี่ช่อง 5 ถึงความถี่ช่อง 12

ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ คือ ในส่วนของ PHASE LOCK LOOP (PLL) และ VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR (VCO) การทำงานของภาคนี้เป็นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Frequency Synthesizer สามารถโปรแกรมให้วงจรทำงานได้ความถี่ในแต่ละ Channel ตามต้องการ โดยการป้อน Data Binary ขนาด 8 Bit ให้กลับวงจร ค่าของ Data Binary 8 Bit ที่ป้อนให้ใน แก่ภาคของ BAND I และ BAND III จะแยกจากกันในแต่ละชุด การออกแบบการทำงานของ PHASE LOCK LOOP ได้ออกแบบโดยใช้ IC1 เบอร์ MC145151 (Parallel-Input PLL Frequency Synthesizer) เป็นไอซีที่สามารถโปรแกรมการทำงานให้ได้ความถี่ตามที่ต้องการ และการ Interface เป็นแบบ Single-Modulus Prescalers ลักษณะของอินพุตมีขนาดของอินพุตถึง 14 Parallel Input ใช้สำหรับ โปรแกรมความถี่ (N - COUNTER) สำหรับการตั้งความถี่ที่ใช้งาน และ Input 3 Parallel ใช้ สำหรับ โปรแกรมความถี่หลัก (R-COUNTER) สำหรับการตั้งความถี่หลักใช้เป็นความถี่อ้างอิง ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของ IC1 MC145151 แสดงได้ดังรูป



MC145151 BLOCK DIAGRAM

รูปที่ 2.9 แสดง BLOCK DIAGRAM โครงสร้างภายในของ IC1 MC145151

ตัวอย่างวงจรทดสอบการออกแบบของภาค Phase Lock Loop

TYPICAL APPLICATIONS

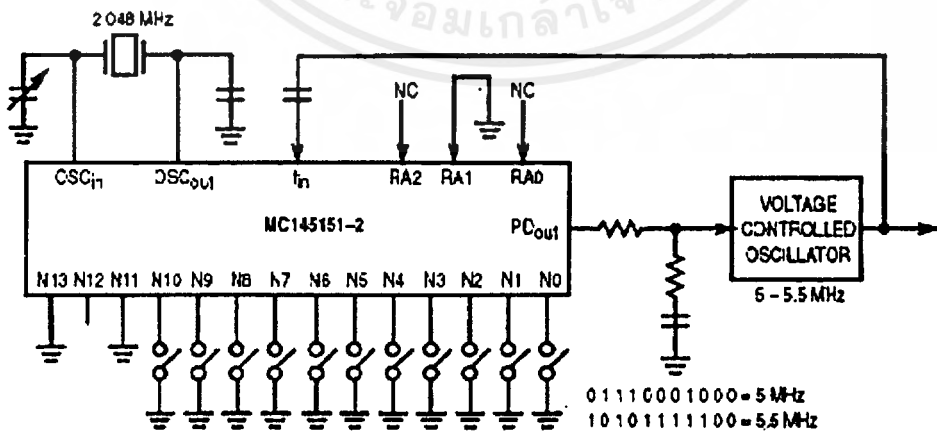


Figure 1. 5 MHz to 5.5 MHz Local Oscillator Channel Spacing = 1 kHz

รูปที่ 2.10 วงจรทดสอบ 1.5 MHz to 5.5 MHz Local Oscillator Channel Spacing = 1 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การออกแบบการทำงานของภาค PHASE LOCK LOOP

การออกแบบการทำงาน ความถี่ REFERENCE จะใช้ Crystal กำหนดความถี่ 4 MHz ความถี่อ้างอิงจะถูกหารความถี่ให้ต่ำลง การหารความถี่สามารถโปรแกรมการหารได้ เพื่อให้ได้ความถี่อ้างอิงตามที่ต้องการดังมีรายละเอียดตามตาราง

RA0-RA2 คือ 3 INPUT (R-COUNTER)

RA2	RA1	RA0	DIVIDE
0	0	0	8
0	0	1	128
0	1	0	256
0	1	1	512
1	0	0	1024
1	0	1	2048
1	1	0	4096
1	1	1	8192

ในการออกแบบสำหรับวงจรดังกล่าว ความถี่อ้างอิงจะถูกหารด้วยค่า 1024 โดยที่ตำแหน่งขา RA0-RA2 จะป้อนด้วยแรงดัน 0 และ 1 ความถี่ที่ได้จากการหารความถี่มีค่าประมาณ 3.906.25 Hz จะถูกใช้เป็นการอ้างอิง สำหรับเปรียบเทียบกับความถี่ของ ภาคออสซิลเลเตอร์ ความถี่ที่เกิดจากภาคออสซิลเลเตอร์ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับความถี่อ้างอิง เนื่องจากความถี่ของภาคออสซิลเลเตอร์ มีค่าสูงเกินกว่าที่จะนำมาทำการเปรียบเทียบ ซึ่งจะต้องทำการหารความถี่ให้ต่ำลงเท่ากับความถี่อ้างอิง การหารความถี่ใช้ IC2 เบอร์ MC 12022AP ทำหน้าที่เป็น PRESCALER แปลงความถี่ออสซิลเลเตอร์ ให้เป็นลักษณะของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม และสำหรับการหารความถี่ให้ต่ำลง คุณสมบัติของ IC เบอร์ MC 12022AP สามารถเลือกจำนวนการหารได้ดังตาราง

SW	MC	DIVIDE RATIO
H	H	64
H	L	65
L	H	128
L	L	129

การออกแบบ IC2 MC 12022AP ได้ถูกออกแบบให้หาร 64 ความถี่ที่ได้จากการหารจะถูกป้อนให้กลับ IC1 MC145151 เพื่อนำไปเข้าวงจรหาร N - COUNTER หารความถี่ให้ต่ำลงมาอีกไปเปรียบเทียบกับความถี่อ้างอิง ลักษณะของ N-COUNTER จะเป็นลักษณะ Parallel Input มีตำแหน่งขาตั้งการคำนวณที่ใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความถี่ 175.25 MHz	$N = 4 * 175.25$
	= 701
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1011110101
ที่ความถี่ 182.25 MHz	$N = 4 * 182.25$
	= 729
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1001101101
ที่ความถี่ 189.25 MHz	$N = 4 * 189.25$
	= 757
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 10110111101
ที่ความถี่ 196.25 MHz	$N = 4 * 196.25$
	= 785
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1000100011
ที่ความถี่ 203.25 MHz	$N = 4 * 203.25$
	= 813
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1011010011
ที่ความถี่ 210.25 MHz	$N = 4 * 210.25$
	= 841
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1001001011
ที่ความถี่ 217.25 MHz	$N = 4 * 217.25$
	= 869
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1010011011
ที่ความถี่ 224.25 MHz	$N = 4 * 224.25$
	= 897
แปลงเป็นรหัสฐาน 2	= 1000000111

การออกแบบเพื่อให้ได้ความถี่ของภาคออสซิลเลเตอร์ที่เกิดจากการหารของไอซี MC 12022AP แล้วจะต้องทำการหารให้ความต่ำลงมามีค่าใกล้เคียงกับความถี่อ้างอิง

N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13
1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192

CH	FREQUENCY	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13
2	48.25 MHz	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3	55.25 MHz	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
4	62.25 MHz	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

ตารางการออกแบบโดยการป้อนค่า N0-N13 ที่ความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 4

CH	FREQUENCY	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13
5	175.25 MHz	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
6	182.25 MHz	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
7	189.25 MHz	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
8	196.25 MHz	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
9	203.25 MHz	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
10	210.25 MHz	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
11	217.25 MHz	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
12	224.25 MHz	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0

ตารางการออกแบบโดยการป้อนค่า N0-N13 ที่ความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12

2.2.3 การออกแบบ LOW PASS FILTER ของ PHASE LOCK LOOP

การออกแบบทำได้โดยเลือกความถี่ธรรมชาติที่ $\omega_n = 100 \text{ Hz}$, $\zeta = 0.7$, $V_{DD} = 12 \text{ Volts}$

จากสมการ

$$K_d = \frac{V_{DD}}{4\pi}$$

$$= \frac{12V}{4 \times 3.14}$$

$$= 0.955 \text{ Volt / radian}$$

จากสมการ

$$\frac{\Delta f_{vco}}{\Delta V_{vco}} = 110 \text{ Hz / Volt}$$

$$K_o = 2\pi \frac{\Delta f_{vco}}{\Delta V_{vco}}$$

$$= 2 \times 3.14 \times 110 \text{ Hz / Volt}$$

$$= 690.8 \text{ Hz / Volt}$$

$$W_n = \sqrt{\frac{K_o K_d}{\tau_1}}$$

$$100 \text{ Hz} = \sqrt{\frac{690.8 \text{ Hz / Volt} \times 0.955 \text{ Volt / Radio}}{\tau_1}}$$

$$\tau_1 = 0.066 \text{ S}$$

$$\zeta = 0.5 \tau_2 \times W_n$$

$$0.7 = 0.5 \times \tau_2 \times 100 \text{ Hz}$$

$$\tau_2 = 0.014 \text{ S}$$

$$T = R \times C$$

$$C = 0.22 \mu\text{F} :$$

$$T_1 = R_1 \times C_1$$

$$0.066 \text{ S} = R_1 \times 0.22 \mu\text{F}$$

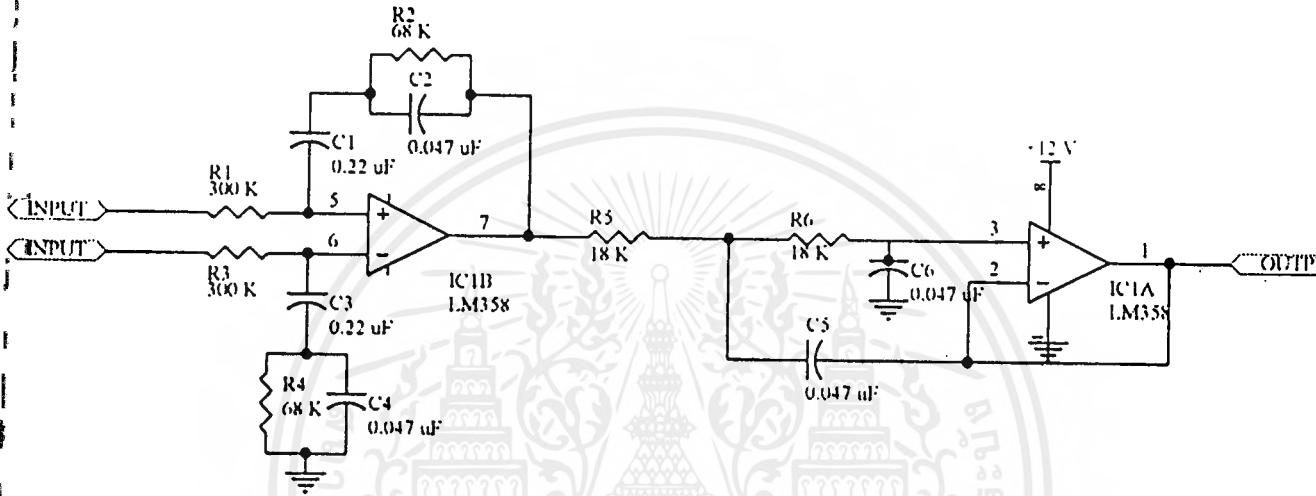
$$R_1 = 300 \text{ K}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T2 = R2 \times C1$$

$$0.014S = R2 \times 0.22\mu F$$

$$R2 = 63.6K\Omega$$



รูปที่ 2.11 แสดงรูปของวงจรวงจร LOW PASS FILTER อันดับที่ 1

C2 ที่ต่อคร่อม R2 ในรูปเป็น Filter Side Band โดยความถี่ที่กรองออกไปคือ $Wc = 1/RC$ ในกรณีออกแบบที่ความถี่ 50 Hz แทนค่าในสูตรเพื่อหาค่า C2

$$fc = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$50 = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 68K\Omega \times C2}$$

$$C2 = 0.046 \mu F$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบภาค VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR

การทำงานของภาค VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ในการออกแบบวงจรจะใช้ IC3 เบอร์ TDA 566-5 ทำหน้าที่กำเนิดความถี่วิทยุ คุณสมบัติของตัวไอซี สามารถกำเนิดความถี่ได้ตั้งแต่ 48 MHz ถึง 860 MHz ระดับแรงที่ป้อนให้แก่ IC TDA566-5 อยู่ในช่วง 0 - 12 VOLT ไอซีที่นำมาใช้สามารถที่นำมา MOD กับสัญญาณ VIDEO และสัญญาณ AUDIO เนื่องจากไอซีชนิดนี้ยังใช้สำหรับการ MOD ได้ด้วย จึงมี SideBand เกิดขึ้น ทั้ง Lower Side Band และ Upper Side Band เราสามารถปรับ VR1 เพื่อลดหรือเพิ่มขนาดของ Side Band ได้ Output และยังสามารถปรับค่าโพซิทิฟหรือเนกาทีฟของภาคมอดูเลเตอร์ได้ มีเสถียรภาพของความถี่อาร์เอฟออสซิลเลเตอร์สูง

ภาคออสซิลเลเตอร์ในส่วนของการกำเนิดสัญญาณวิทยุ วงจรจะเป็นแบบ Colpitts Oscillator ที่ตำแหน่งขา 5 จะต่อลงกราวด์ที่ตำแหน่งวงจรรีโซแนนท์ วงจรออสซิลเลเตอร์ภายนอกจะใช้ตัวเก็บประจุภายนอกประกอบกับวาริแคปไดโอด เพื่อทำหน้าที่ปรับค่าตัวเก็บประจรร่วมกับค่าอินดักเตอร์ สำหรับปรับเปลี่ยนความถี่ ณ ที่ตำแหน่งขา 3 ถึงขา 7 ส่วนมอดูเลเตอร์ที่ Output จะให้ค่าประมาณ 80 dB การออกแบบลายทองแดงจะต้องชิลด์สัญญาณเพื่อไม่ให้เกิดการลคทอนระหว่างวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ขา 3 ถึงขา 7

การกำจัดคลื่นพาร์ตส่วนที่เหลือ วงจรมิกเซอร์เอาท์พุทที่ขา 13 และ ขา 15 จะต้องต่อกับตัวแมทซ์บาลานซ์ (Balanced) เป็นอันบาลานซ์ (Unbalanced) โดยใช้ Broadband Transformer เช่น กวานเนลาทรานเฟอร์เมอร์ (Guananella Transformer) ซึ่งมีความเที่ยงตรงต่อเฟสคือที่ 0 องศา กับ 180 องศา การส่งสัญญาณจะต้องมีค่าสูญเสียน้อยกว่า 3 dB ในการรวมวงจรรองความถี่ต่ำ แบบ LC จะต้องมีการตัดความถี่ที่ Output มีค่ามากกว่าค่าความถี่สูงสุดในการทำงาน

โครงสร้างของตำแหน่งขาไอซี TDA 566-5

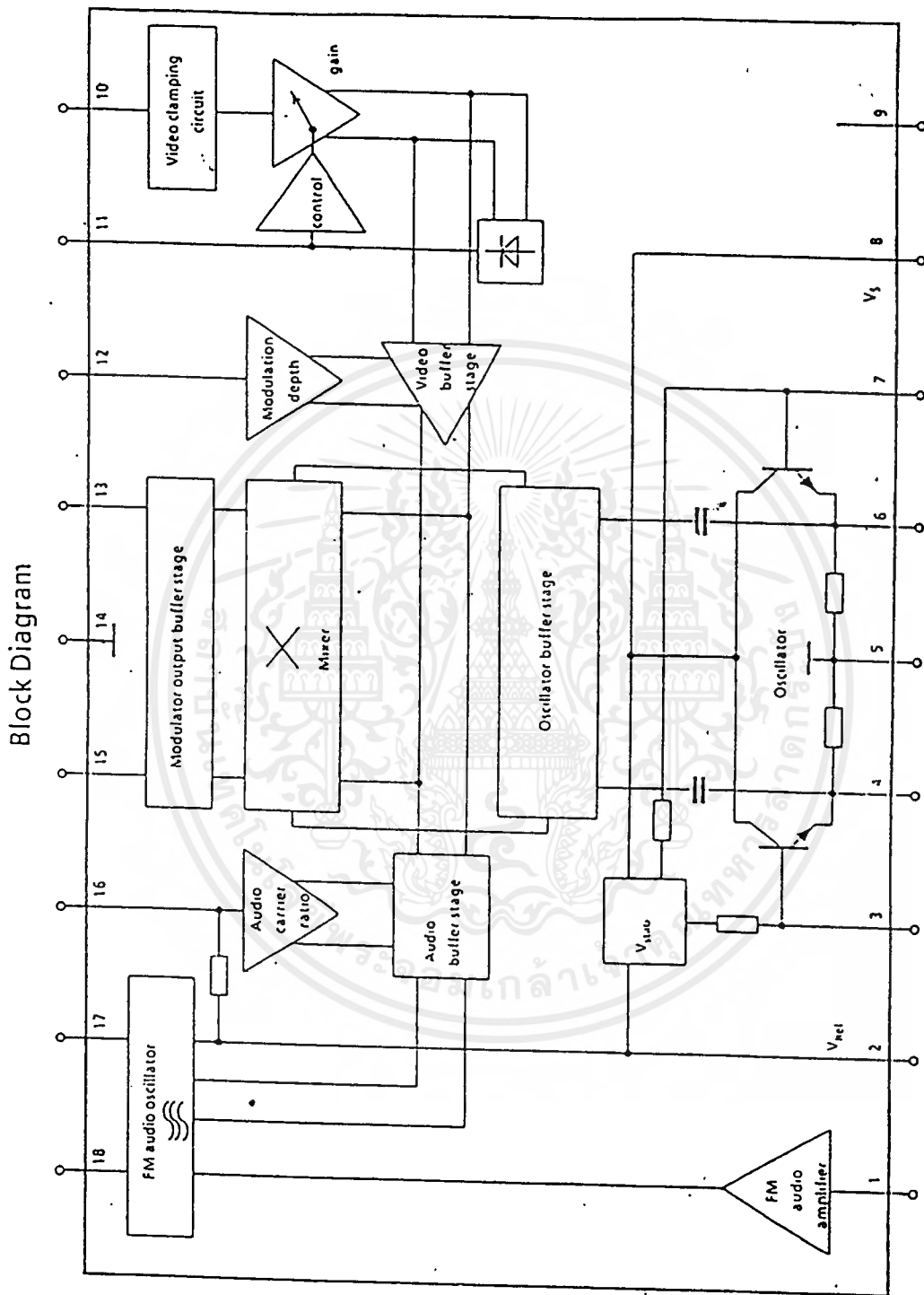
- Pin 1 AF Input for FM Modulation
- Pin 2 Internal Reference Voltage (7.5 V)
- Pin 3 Symmetrical Oscillator Input
- Pin 4 Symmetrical Oscillator Output
- Pin 5 Oscillator Ground
- Pin 6 Symmetrical Oscillator Output
- Pin 7 Symmetrical Oscillator Input
- Pin 8 Supply Voltage (12 V)
- Pin 9 Not connected
- Pin 10 Video Input With Clamping
- Pin 11 Connection for Smoothing Capacitor for Video Control Loop
- Pin 12 Switch-Over for Positive and Negative Modulation
- Pin 13 Symmetrical RF Output
- Pin 14 Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pin 15 Symmetrical RF Output
- Pin 16 Video to Audio Carrier Ratio Adjustment
- Pin 17 FM Audio Oscillator
- Pin 18 FM Audio Oscillator

ตัวอย่างวงจรทดสอบรูปที่ 2.12 ซึ่งใช้สำหรับการทดสอบการวัดคลื่นพาห์ ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญมีดังนี้

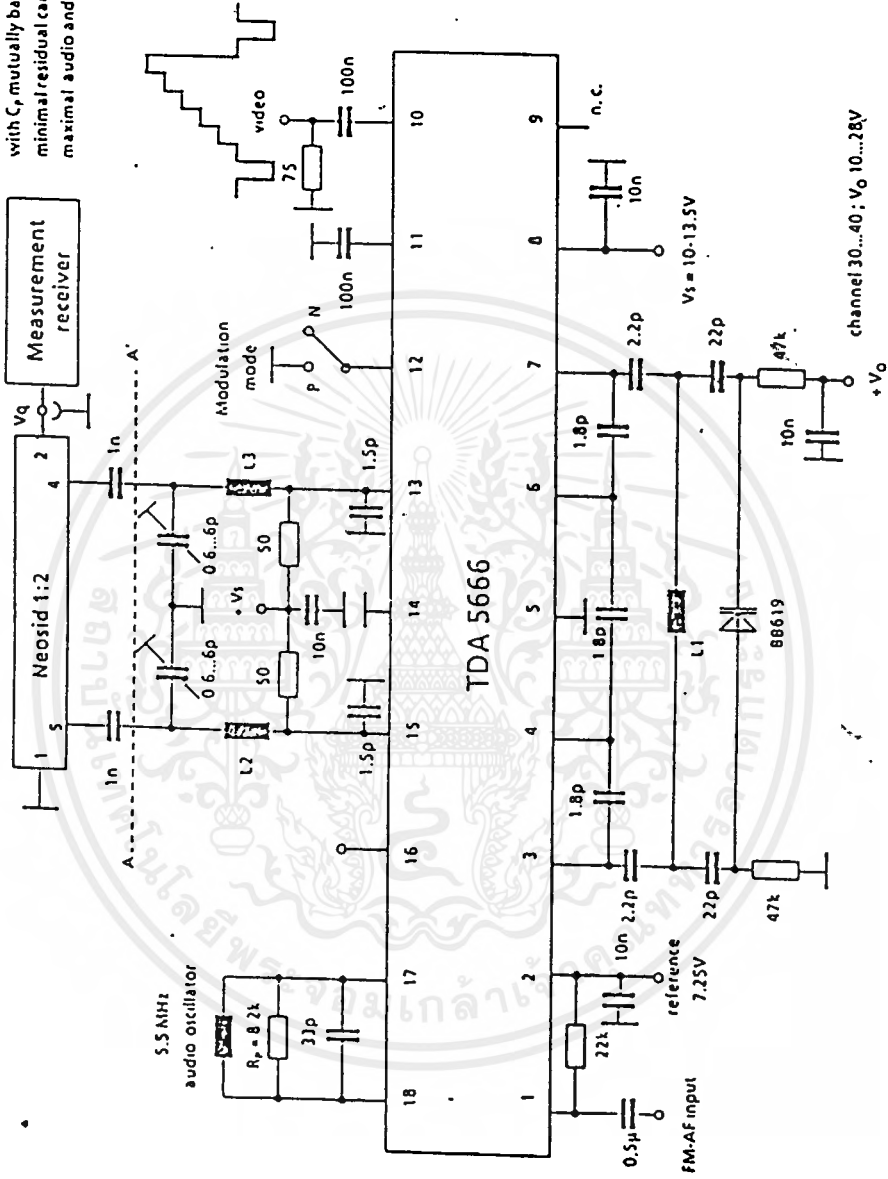
1. ความถี่ออสซิลเลเตอร์ (f_{osc}) ความถี่ต่ำสุด 30 MHz ความถี่สูงสุด 860 MHz
2. ความถี่เปลี่ยนแปลงต่อฟังก์ชัน V_s (Δf_{osc}) $V_s = 10-13.5$ V ความถี่ต่ำสุด -150 KHz ความถี่สูงสุด $+150$ KHz
3. อิมพีแดนซ์อาร์เอฟเอ๊าท์พุท ($R_{13}; R_{15}$) ค่าต่ำสุด 10 K Ω
($C_{13}=C_{15}$) ค่าต่ำสุด 0.5 pF ค่าสูงสุด 2 pF
4. แรงดันอ้างอิงภาคออสซิลเลเตอร์ V_2 ($0 \leq I_2 \leq 1$ mA) ค่าต่ำสุด 6.75 V ค่าสูงสุด 7.75 V
5. กินกระแส ($I_2 = 0$ mA) ค่าต่ำสุด 15 mA ค่าสูงสุด 26 mA
6. แรงดันอาร์เอฟเอ๊าท์พุท (V_{qrms}) ค่าต่ำสุด 2.5 mV ค่าสูงสุด 5.5 mV
7. เฟสอาร์เอฟเอ๊าท์พุท ($\alpha_{13,15}$) ค่าต่ำสุด 140 deg ค่าสูงสุด 220 deg
8. แรงดันเปลี่ยนอาร์เอฟเอ๊าท์พุท (ΔV_q) $f = 48-100$ MHz ค่าสูงสุด 1.5 dB
 $f = 100-300$ MHz ค่าสูงสุด 1.5 dB
9. อัตราส่วนอินเทอร์มอดูเลชัน (aIMR) $f_{vc}+10.7$ MHz ค่าต่ำสุด 50 dB
10. อัตราส่วนคลื่นฮาร์โมนิก (ao) $f_{vc}+8.8$ MHz ไม่มีสัญญาณภาพ ค่าต่ำสุด 35 dB
11. แรงดันไฟเลี้ยงที่ขา 8 (V_s) ค่าต่ำสุด -0.3 V ค่าสูงสุด 14.5 V
12. ค่าตัวเก็บประจุที่ขา 2 (C_2) ค่าสูงสุด 100 nF
13. ค่าตัวเก็บประจุที่ขา 11 (C_{11}) ค่าสูงสุด 15 uF
14. แรงดันที่ขา 16 ค่าต่ำสุด $V_2-1.5$ V ค่าสูงสุด $V_2+1.5$ V ($V_s = 10-13.5$ V)



รูปที่ 2.12 แสดง BLOCK DIAGRAM ภายในของ IC TDA 5666 ตำแหน่งและขาต่างๆ

Test Circuit
 Fig.M1: Test and measurement circuit for FM audio carrier and negative video modulation

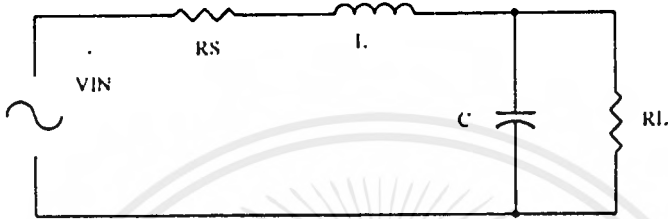
L_2, L_3 2:1 read-back Coil 0.55 with C_p mutually balanced in minimal residual carrier and maximal audio and video ratio



รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างวงจรทดสอบการทำงานของ IC TDA 5666-5

2.3.1 การออกแบบ LOW PASS FILTER ของ VCO
วงจร Low Pass Filter ลำดับสอง (Second - Order)

$$H_2(S) = \frac{\omega_c^2}{S^2 + S\sqrt{2}\omega_c + \omega_c^2}$$



รูปที่ 2.15 แสดงวงจร LOW PASS FILTER

จากรูปสามารถเขียนสมการ LOW PASS FILTER

$$\frac{V_O}{V_I} = \frac{\frac{(1/S_C) \cdot R_L}{(1/S_C) + R_L}}{\frac{(1/S_C) \cdot R_L}{(1/S_C) + R_L} + R_S + S_L} = H_2(S)$$

$$= \frac{R_L}{R_S + R_L} \left[\frac{\left(1 + \frac{R_S}{R_L}\right) \left(\frac{1}{LC}\right)}{S^2 + S \left(\frac{1}{R_L C} + \frac{R_S}{R_L}\right) + \left(1 + \frac{R_S}{R_L}\right) \frac{1}{LC}} \right]$$

เทียบกับ Standard Form ;

$$\omega_c^2 = \left(1 + \frac{R_S}{R_L}\right) \left(\frac{1}{LC}\right)$$

และ

$$\sqrt{2}\omega_c = \frac{R_s}{L} + \frac{1}{R_L C}$$

ถ้า

$$R_s = R_L = R$$

คำนวณหาค่า L และ C ดังนี้

$$H_2(s) = \frac{1}{2} \left[\frac{\frac{2}{LC}}{s^2 + s \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{RC} \right) + \frac{2}{LC}} \right]$$

$$\omega_c^2 = \frac{2}{LC}$$

$$\sqrt{2}\omega_c = \frac{R}{L} + \frac{1}{RC}$$

หาสมการของ L และ C

$$C = \frac{2}{\omega_c^2 L} \quad ; \quad \omega_c = 2\pi f_c$$

การออกแบบโดยให้ความถี่ผ่านในย่าน 48.25 MHz ถึง 62.25 MHz ของ Band I โดยวงจร Low Pass Filter จากสูตร Low Pass Filter

$$f_c = \left(\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \right) \cdot \sqrt{1 + \frac{R_s}{R_L}}$$

กำหนดค่า $f_{\text{cutoff}} = 70 \text{ MHz}$, $C = 68 \text{ pF}$, $R_L = 50 \Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$70\text{MHz} = \left(\frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot 68\text{pF}}} \right) \sqrt{1 + \frac{50}{50}}$$

$$L = 0.103\mu\text{H}$$

การออกแบบโดยให้ความถี่ผ่านในย่าน 175.25 MHz ถึง 224.25 MHz ของ Band III โดยวงจร Low Pass Filter จากสูตร Low Pass Filter

$$f_c = \left(\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \right) \sqrt{1 + \frac{R_s}{R_L}}$$

กำหนดค่า $f_{\text{cutoff}} = 231 \text{ MHz}$, $C = 12 \text{ pF}$, $R_L = 50 \Omega$

$$231\text{MHz} = \left(\frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot 12\text{pF}}} \right) \sqrt{1 + \frac{50}{50}}$$

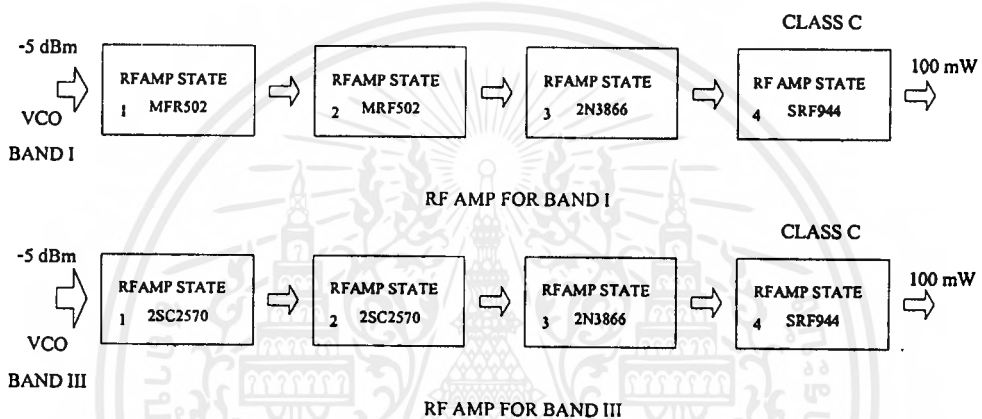
$$L = 79.116\text{nH}$$

2.4 การทำงานภาคขยายสัญญาณความถี่ RF

ส่วนของการทำงานของภาคกำเนิดสัญญาณวิทยุ Output ที่ได้จากภาค VCO กำลัง POWER ที่ได้ยังมีค่าต่ำมาก (ประมาณ -5 dBm) จะต้องทำการขยายสัญญาณให้ความแรงประมาณ 100 mW เพื่อเพียงพอสำหรับการทดสอบของสายอากาศ ทั้งนี้ยังต้องขึ้นอยู่กับระยะทาง ความแรงที่เหมาะสมจะทำให้ทางภาครับสัญญาณสามารถรับสัญญาณได้ค่าที่เหมาะสม

2.4.1 BLOCK DIAGRAM แสดงการทำงานของภาคขยายสัญญาณ

การทำงานของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุประกอบด้วยย่าน Band I และย่าน Band III ทั้งนี้เนื่องจากย่านความถี่ที่ใช้ต่างกันมาก การออกแบบเพื่อให้ได้ตลอดย่านนั้นจะทำได้ยาก จึงได้แบ่งออกเป็น 2 ชุด



รูปที่ 2.16 แสดง BLOCK DIAGRAM การทำงานของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ

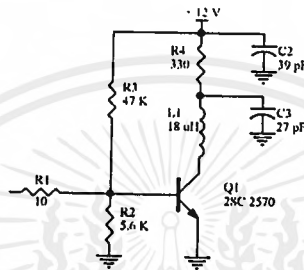
การทำงานประกอบไปด้วยภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ จำนวน 4 State การทำงานในส่วน ของ State ที่ 1 ถึง State ที่ 3 การทำงานของวงจร จะทำงานในย่าน Class A ส่วน State ที่ 4 จะออก แบบให้ทำงานในย่าน Class C ลักษณะการทำงานของ Class A ในขณะที่ไม่มีความถี่เข้ามา ทราบซิสเตอร์ยังคงทำงานตลอดเวลา เนื่องจากกำลังส่งในส่วนนี้ยังต่ำกำลังงานสูญเสียจึงมีค่าต่ำ จึงไม่มี ผลต่อการทำงานเท่าที่ควร

Transistor ที่ใช้ในย่าน Band I ของความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 4 และย่าน Band III ของความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 จะใช้ Transistor เบอร์ MRF 502 (Band I) และ Transistor เบอร์ 2SC 2570 (Band III) จากวงจรทดสอบคุณสมบัติทรานซิสเตอร์ กำลัง Power ที่ได้จาก Output State ที่ 3 มีค่าประมาณ 20 mW ส่วน State ที่ 4 การทำงานในย่าน Class C จะใช้ Transistor เบอร์ SRF944 (Band I และ Band III) กำลัง Power ที่ได้จาก Output State ที่ 4 มีค่าประมาณ 100 mW คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควรมี คุณสมบัติการทำงานในย่านความถี่ถึงประมาณ 1 GHz จะทำให้กำลังที่ได้ทางภาค Output มีค่าใกล้เคียง กันมากที่สุด การทำงานวงจรขยาย Claass C ในขณะที่ไม่มีความถี่วิทยุเข้ามาทรานซิสเตอร์จะ ยังไม่ทำงานเป็นการลดกำลังงานสูญเสียของตัวทรานซิสเตอร์ ซึ่งวงจรขยาย Class C จะมีประสิทธิภาพ

สูงกว่า Class A และ Class B เพราะวงจรรขยาย Class C สามารถให้กำลัง Output (ไฟสลับ) ได้มากกว่า ด้วยกำลังสูญเสีย Transistor เท่ากัน แต่วงจรรขยาย Class C จำเป็นต้องใช้วงจรรีโซแนนท์ จึงถูกจำกัดขอบเขตการใช้งาน เนื่องจากความถี่ในย่าน BAND I และย่าน BAND III มีความถี่ต่างกันมาก การที่จะทำให้ TRANSISTOR ภาคขยายสัญญาณ RF

2.4.2 การออกแบบวงจรรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ

วงจรรขยายสัญญาณ State ที่ 1 ความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 โดยใช้คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2SC 2570 : $I_C \text{ max} = 70 \text{ mA}$, $V_{CE \text{ sat}} = 12 \text{ V}$, $h_{fe} = 100$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$



รูปที่ 2.17 วงจรรขยายสัญญาณแบบ Class A State ที่ 1

กำหนดค่า Resistor เพื่อหาค่า กระแส I_C และแรงดันตกคร่อม $V_{CE \text{ sat}}$ ของวงจร กำหนดให้

$$R_3 = 47 \text{ K}\Omega , R_2 = 5.6 \text{ K}\Omega , R_4 = 330 \Omega$$

หาค่าแรงดันตกคร่อม R_2 (V_{R2}) , R_B , I_B

$$\begin{aligned} V_{R2} &= \frac{R_2}{R_3 + R_2} * V_{CC} \\ &= \frac{5.6 \text{ K}\Omega}{5.6 \text{ K}\Omega + 47 \text{ K}\Omega} * 12 \text{ V} \\ &= 1.27 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \\
 &= \frac{5.6\text{K}\Omega \times 47\text{K}\Omega}{5.6\text{K}\Omega + 47\text{K}\Omega} \\
 &= 5\text{K}\Omega
 \end{aligned}$$

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B}$$

$$= \frac{1.27\text{V} - 0.7\text{V}}{5\text{K}\Omega}$$

$$= 0.11\text{mA}$$

$$I_C = h_{fe} \times I_B$$

$$= 100 \times 0.11\text{mA}$$

$$= 11\text{mA}$$

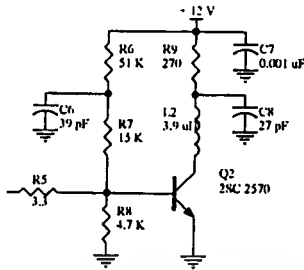
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C$$

$$= 12 - 11\text{mA} \times 330\Omega$$

$$= 8.37\text{V}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงขยายสัญญาณ State ที่ 2 ความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 โดยใช้คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์
เบอร์ 2SC 5780 : $I_C \text{ max} = 70 \text{ mA}$, $V_{CE \text{ sat}} = 12 \text{ V}$, $h_{fe} = 2000$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$



รูปที่ 2.18 วงขยายสัญญาณแบบ Class A State ที่ 2

กำหนดค่า Resistor เพื่อหาค่า กระแส I_C และแรงดันตกคร่อม V_{CE} ของวงจร กำหนดให้

$$R_6 + R_7 = 52.5 \text{ K}\Omega , R_8 = 4.7 \text{ K}\Omega , R_9 = 270 \Omega$$

หาค่าแรงดันตกคร่อม R_8 (V_{R8}), R_B , I_B

$$\begin{aligned} V_{R8} &= \frac{R_8}{(R_6 + R_7) + R_8} * V_{CC} \\ &= \frac{4.7\text{K}\Omega}{52.5\text{K}\Omega + 4.7\text{K}\Omega} * 12\text{V} \\ &= 0.98\text{V} \end{aligned}$$

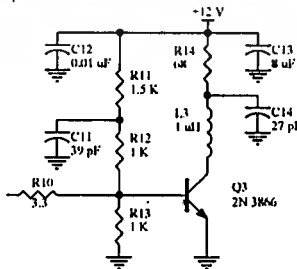
$$\begin{aligned} R_B &= \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \\ &= \frac{4.7\text{K}\Omega \times 52.5\text{K}\Omega}{4.7\text{K}\Omega + 52.5\text{K}\Omega} \\ &= 4.31\text{K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} \\
 &= \frac{0.98\text{V} - 0.7\text{V}}{4.31\text{K}\Omega} \\
 &= 0.06\text{mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_C &= h_{fe} * I_B \\
 &= 200 \times 0.06\text{mA} \\
 &= 12\text{mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{CE} &= V_{CC} - I_C \times R_C \\
 &= 12\text{V} - 12\text{mA} \times 270\Omega \\
 &= 8.76\text{V}
 \end{aligned}$$

วงจรมอบสัญญาณ State ที่ 3 ความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 โดยใช้คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N 3866 : $I_C \text{ max} = 400 \text{ mA}$, $V_{CE \text{ sat}} = 30 \text{ V}$, $h_{fe} = 25$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$



รูปที่ 2.19 วงจรมอบสัญญาณแบบ Class A State ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่า Resistor เพื่อหาค่า กระแส IC และแรงดันตกคร่อม VCE ของวงจร กำหนดให้ $R_{11}+R_{12} = 2.5 \text{ K}\Omega$, $R_{13} = 1 \text{ K}\Omega$, $R_{14} = 68\Omega$ หาค่าแรงดันตกคร่อม R_{13} (V_{R13}), R_B , I_B

$$\begin{aligned} V_{R13} &= \frac{R_{13}}{(R_{11} + R_{12}) + R_{13}} * V_{CC} \\ &= \frac{1\text{K}\Omega}{2.5\text{K}\Omega + 1\text{K}\Omega} \times 12\text{V} \\ &= 3.42\text{V} \end{aligned}$$

$$R_B = \frac{(R_{11} + R_{12}) \times R_{13}}{(R_{11} + R_{12}) + R_{13}}$$

$$= \frac{1\text{K}\Omega \times 2.5\text{K}\Omega}{1\text{K}\Omega + 2.5\text{K}\Omega}$$

$$= 0.71\text{K}\Omega$$

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B}$$

$$= \frac{3.42\text{V} - 0.7\text{V}}{0.71\text{K}\Omega}$$

$$= 3.83\text{mA}$$

$$I_C = h_{fe} * I_B$$

$$= 25 \times 3.83\text{mA}$$

$$= 95.75\text{mA}$$

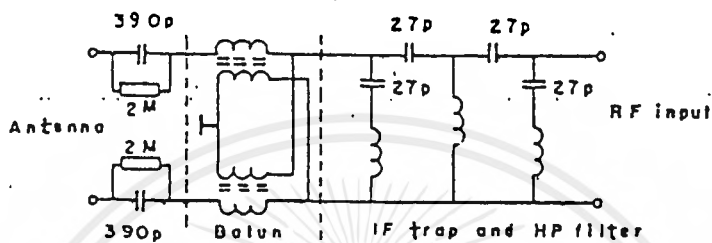
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C$$

$$= 12\text{V} - 95.75\text{mA} \times 68\Omega$$

$$= 5.5\text{V}$$

ค่าของกระแส IC และ VCE ควรอยู่ในค่าที่เหมาะสมเพื่อให้วงจรทำงานเต็มประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของ Resistor ประกอบรวม

ก่อนที่สัญญาณจากบาลันทรานสฟอ์จะเข้าไปยังภาคขยายอาร์เอฟ จะต้องมียวงจร ไอเอฟ แทร็ป (IF Trap) และวงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter) เพื่อตัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออก วงจร กรองความถี่สูงจะตัดสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า 40 MHz สำหรับไอเอฟแทร็ปจะกั้นสัญญาณที่มีความถี่ระหว่าง 33 ถึง 40 MHz จะถูกกั้นไม่ให้ไปถึงภาคมิกเซอร์โดยใช้วงจรอาร์เอฟที่มีค่า Q ต่ำ



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของจุดต่อ

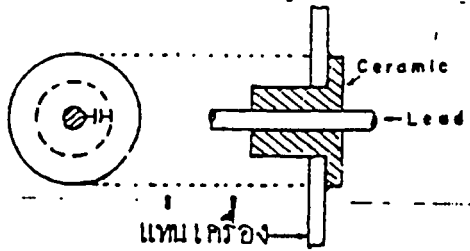
ภาคขยายอาร์เอฟทำหน้าที่ขยายสัญญาณขาเข้าให้ได้อัตราส่วนของสัญญาณต่อออสซิลเลเตอร์ที่มีความถี่ออสซิลเลเตอร์ จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดการกระจายออกไปในอากาศ ซึ่งอาจจะกระจายไปรบกวนเครื่องรับข้างเคียงได้ หน้าที่สำคัญอันแรกของภาคอาร์เอฟ จะต้องมีการขยายสัญญาณอ่อนๆ ให้มีกำลังเพียงพอ เพื่อที่จะได้อัตราส่วนสัญญาณต่อออสซิลเลเตอร์ที่ภาคมิกเซอร์เพราะที่ภาคมิกเซอร์จะให้กำเนิดสัญญาณออสซิลสูง เนื่องจากทำงานแบบเฮเทอไดน์ (Heterodyne)

สัญญาณออสซิลมาตรฐานที่เข้าทางขั้วขาเข้าภาคขยายอาร์เอฟ จะเป็นตัวกำหนดสัญญาณที่ต่ำสุดที่เครื่องรับสามารถรับได้ สัญญาณออสซิลเหล่านี้จะมองเห็นจากจอภาพเป็นจุดขาวและจุดดำเครื่องที่ไปมาอย่างชะงัดกรรรมแรงดันออสซิลที่วัดได้ประมาณ 10 ไมโครโวลต์ ภาคขยายอาร์เอฟเหมาะสมที่สุดที่จะใช้ เอจิสซี เป็นตัวควบคุมการขยายเพราะว่าระดับของสัญญาณต่ำ การควบคุมการขยายมีผลดี โดยจะให้ การเพี้ยนของ สัญญาณต่ำสุด วงจร เอจิสซี ที่ใช้ในภาคอาร์เอฟชนิด ดีเลย์เอจิสซี (Delayed AGC) เหมาะสมที่สุดจะให้อัตราส่วนสัญญาณต่อออสซิลที่ต่ำที่สุด

ภาคอาร์เอฟทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ระหว่างภาคออสซิลเลเตอร์และสายอากาศเพื่อป้องกันการกระจายออกของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ผ่านสายอากาศ ความเข้มของสนามไฟฟ้าของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่กระจายผ่านทางสายอากาศควรจะมีค่าน้อยกว่า 100 ไมโครโวลต์ / เมตร ที่ระยะทาง 100 ฟุต ในย่านความถี่เอชเอฟ การป้องกันการกระจายคลื่นของออสซิลเลเตอร์ให้เข้ากับข้อกำหนดมาตรฐาน ทำได้โดยการใช้อาร์เอฟช็อค (RF choke) ร่วมกับฟีดทรูคาปาซิเตอร์ (feed through capacitor) ในวงจรที่ไปเลี้ยงจูนเนอร์ กราวด์ของจูนเนอร์ควรแยกออกต่างหาก จะให้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีในการป้องกันการกระจายคลื่นของออสซิลเลเตอร์ พิคทูรคาพาซิเตอร์มีลักษณะโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.3

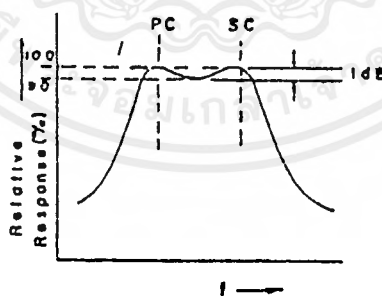


รูปที่ 3.3 โครงสร้างของพิคทูรคาพาซิเตอร์

การรับสัญญาณจะตรงกับความถี่ $f_c + 2IF$ เมื่อบีทกับออสซิลเลเตอร์จะเกิดความถี่ไอเอฟขึ้นที่ภาคมิกเซอร์ สัญญาณนี้จูนเนอร์จะต้องทำหน้าที่การขยายลง

อาร์เอฟเรสปอนซ์ (RF response) วงจรนี้จะต้องมีความกว้างของแบนด์เพียงพอที่จะขยายความถี่ของแต่ละช่องและต้องยอมให้ออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงได้จากการปรับไฟน์จูนนิ่ง (fine tuning) และตอนที่แรงดันเอจิสต์เปลี่ยนแปลง จะต้องไม่มีผลต่อการขยายของสัญญาณอาร์เอฟ วงจรฟิลเตอร์แบบจูนคู่ (Double Tuned Filter) เหมาะสมที่ใช้ ซึ่งจะให้จุดยอด 2 จุด และลดตรงกลางระหว่างยอดประมาณ 1 dB ดังรูปที่ 3.4 ภาคมิกเซอร์จะให้สัญญาณไอเอฟ โดยการเซทเทอโรคาบน์ระหว่างสัญญาณอาร์เอฟและออสซิลเลเตอร์เนื่องจากมีคลื่นพาร์ฮาร์เอฟสองคลื่น และออสซิลเลเตอร์คลื่นเดียวเมื่อบีทกันแล้วจะให้สัญญาณ ไอเอฟสองคลื่น คือ

1. ไอเอฟภาพ ความถี่ 38.9 เมกกะเฮิทซ์
2. ไอเอฟเสียง ความถี่ 33.4 เมกกะเฮิทซ์



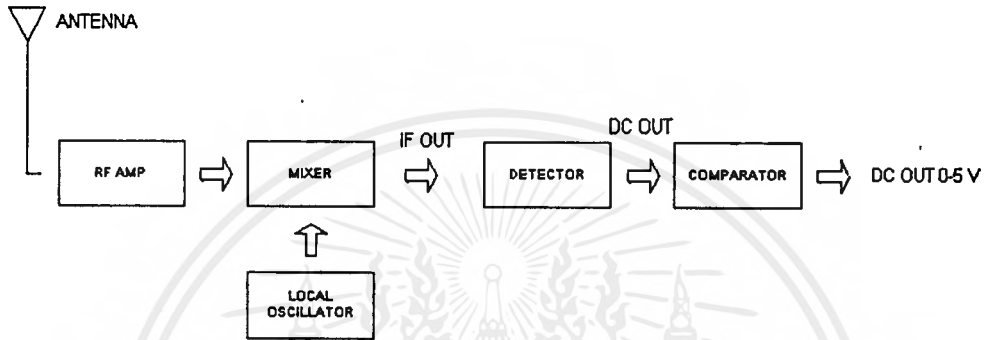
รูปที่ 3.4 แสดงการตอบสนองต่อความถี่ของ RF AMP

ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ จะสูงกว่าความถี่ของอาร์เอฟเสมอ เช่น ความถี่ของ 4 ออสซิลเลเตอร์จะมีความถี่ = $62.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 101.15 \text{ MHz}$ ภาคออสซิลเลเตอร์จะให้ความถี่ไซน์เวฟที่มีความมั่นคงดี ความถี่จะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและขณะที่แรงดันของแหล่งจ่ายไฟเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สัญญาณฮาร์โมนิค (harmonic) ควรจะน้อยที่สุด ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะถูกควบคุม

ด้วยไฟน์จูนนิ่งหรืออาจจะจูนด้วยมือหรืออัตโนมัติโดยการใช้ วาแรคเตอร์ไดโอดควบคุมความถี่ด้วย วงจรดิสคริเมเนเตอร์ (Discriminator) จากภาคไอเอฟ

3.3 หลักการทำงานของชุดภาครับสัญญาณ

การทำงานในส่วนของภาครับสัญญาณประกอบไปด้วย ภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ ภาค DETECT สัญญาณ และ ภาค COMPARATOR Block Diagram แสดงการทำงานของภาครับสัญญาณ ดังแสดงดังรูปที่

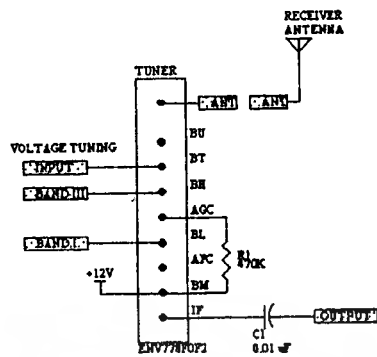


รูปที่ 3.5 แสดง BLOCK DIAGRAM การทำงานของภาครับสัญญาณ

3.3.1 ภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ

การทำงานของภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ วงจรได้ออกแบบโดยใช้ Tuner ของ TV ที่สามารถรับสัญญาณได้ทั้ง Band I และ Band II ของยี่ห้อ National (ENV778F0F2) รับสัญญาณจากตัวสายอากาศ โดยตัว Tuner จะถูกควบคุมโดยชุด Control ของ Band I และชุด Control ของ Band III ภายใน Tuner ประกอบไปด้วยภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ภาค Local Oscillator และภาค Mixer การทำงานของ Tuner ในส่วนของภาครับย่าน Band I (LB) และ ย่าน Band III (HB) การเลือก Band การทำงานทำได้โดยการจ่ายไฟให้กับขาของ Band ที่ต้องการ แรงดันที่ต้องการประมาณ +12 V โดยใช้ Relay 12 ควบคุมการทำงาน ส่วน แรงดัน Voltage Tuning จะส่งมาจากภาค Control โดยใช้ Relay 1 ถึง Relay 11 ควบคุมการป้อนแรงดัน เป็นการเชื่อมต่อของแรงดันที่แต่ละช่องของความถี่ ในแต่ละช่องจะมีแรงดัน Tuning ที่แตกต่างกัน ทำได้โดยการปรับ VR1 ถึง VR11 ให้ได้แรงดันของช่องความถี่ที่ต้องการดังแสดงดังรูปที่ 3.6

การทำงานระหว่างภาครับกับภาคส่งจะต้องสัมพันธ์กัน ความถี่ที่ภาคส่งและภาครับจะต้องตั้งความถี่ให้ตรงกัน สัญญาณความถี่วิทยุ จะผ่าน Tuner ซึ่งประกอบไปด้วยภาค RF AMP จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ให้ความแรงขึ้นส่งผ่านไปยัง Mixer ส่วนที่ภาค Local Oscillator ทำหน้าที่กำเนิดความถี่ Local Oscillator เพื่อนำไป Mod กับภาค RF AMP



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรภาครับสัญญาณ โดยใช้ Tuner TV

ความถี่ของ Local Oscillator แต่ละช่องสามารถคำนวณได้ดังนี้

ความถี่ Local Oscillator = ความถี่วิทยุทางภาคส่ง + ความถี่ IF ของสัญญาณภาพ

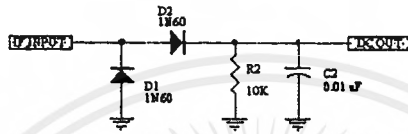
ความถี่ช่อง 2	$48.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 87.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 3	$55.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 94.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 4	$62.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 101.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 5	$175.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 214.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 6	$182.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 221.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 7	$189.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 228.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 8	$196.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 235.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 9	$203.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 242.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 10	$210.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 249.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 11	$217.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 256.15 \text{ MHz}$
ความถี่ช่อง 12	$224.25 \text{ MHz} + 38.9 \text{ MHz} = 263.15 \text{ MHz}$

การควบคุม ความถี่ Oscillator โดยใช้แรงดัน Tuning ในการเปลี่ยนความถี่ แรงดันจะอยู่ในช่วง 0-12 Volt ผลจากผ่าน Mixer จะได้เป็นความถี่ IF ซึ่งมีความถี่ 38.9 MHz ระดับแรงดันความถี่ที่ได้มีค่าต่ำมากประมาณ 0-1 Volt ระดับแรงดันที่ได้นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่รับเข้ามา และขึ้นอยู่กับสายอากาศที่ใช้รับสัญญาณซึ่งมีหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ภาค DETECTOR

เมื่อเราทำการทดสอบสายอากาศ โดยการหมุนทิศทาง การรับสัญญาณไปเรื่อยๆ ณ ตำแหน่งรอบๆของสายอากาศ สายอากาศจะรับสัญญาณได้ไม่เท่ากัน ทำให้แรงดันที่ IF AMP มีค่าเปลี่ยนแปลง ความถี่ IF จะถูกนำไปผ่านวงจร DETECT โดยใช้ DIODE (D1-D2) เบอร์ 1N60 ผ่านไปยังวงจร Filter (R2,C2) จะได้เป็นระดับแรงดัน DC ออกมา ระดับแรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 0-0.5 Volt สรุปได้ว่าระดับแรงดัน DC ที่ได้จะขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่รับได้ ดังแสดงดังรูปที่



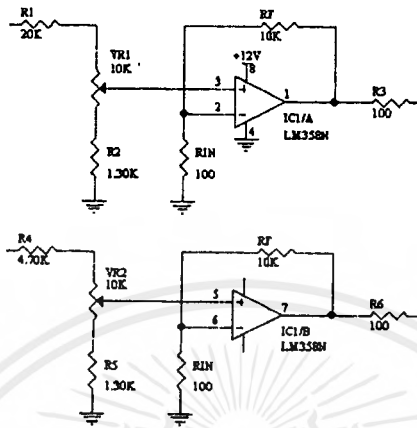
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรภาค DETECTOR

3.3.3 ภาค COMPARATOR

เนื่องจากระดับแรงที่ป้อนให้กลับวงจร ADC อยู่ในช่วง 0-5 Volt จะต้องทำการแปลงระดับแรงดันที่ได้จากวงจร Detector ให้อยู่ในช่วง 0-5 Volt ก่อน วงจรที่ได้ออกแบบไว้ จะใช้ IC1 เบอร์ LM358N ทำหน้าที่แปลงแรงดัน ลักษณะการจับวงจรได้ออกแบบเป็น วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non Inverting Amp) ระดับแรงดันที่ได้จะผ่านวงจรจัดระดับแรงดันโดยใช้ OP AMP ของ ย่าน Band ที่ต้องการ Output ที่ได้จะถูกเลือกโดย RELAY 12 CONTROL โดย TRANSISTOR Q12 เพื่อให้ได้ระดับแรงดันใน ช่วง 0 ถึง 5 Volt โดยการปรับ VR12 และ VR13 ระดับแรงดันที่ได้จะถูกส่งผ่านไปยังภาค ANALOG TO DIGITAL CONVERSION (ADC) ต่อไป

3.4 การออกแบบวงจร COMPARATOR

การออกแบบวงจรปรับระดับแรงดันโดยใช้ OP AMP ลักษณะการจับวงจรเป็นแบบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non Inverting) ลักษณะวงจรมีดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรปรับระดับแรงดัน DC

$$V_{in} = V_A$$

$$AV = \frac{V_{out}}{V_A}$$

$$V_A = \frac{R_{in}}{R_F + R_{in}} \times V_{out}$$

$$\frac{V_{out}}{V_A} = \frac{R_F + R_{in}}{R_{in}}$$

$$AV = \frac{V_{out}}{V_A} = \frac{R_F}{R_{in}} + 1$$

$$V_{out} = \left[\frac{R_F}{R_{in}} + 1 \right] \times V_{in}$$

ความต้องการของวงจรเพื่อให้ได้แรงดัน Input มีค่าตั้งแต่ 0 V ถึง 0.05 V เพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่ Output ตั้งแต่ 0 V ถึง 5 V

กำหนด $R_F = 10 \text{ K}\Omega$

$$V_{out} = \left[\frac{R_F}{R_{in}} + 1 \right] \times V_{in}$$

$$5V = \left[\frac{10\text{K}\Omega}{R_{in}} + 1 \right] \times 0.05V$$

$$R_{in} = 101\Omega$$



บทที่ 4

ภาคอินเตอร์เฟสและภาค ANALOG TO DIGITAL

4.1 หลักการสื่อสารแบบขนาน

การส่งและรับข้อมูลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้น จำเป็นต้องกระทำผ่านพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งวิธีใช้งานพอร์ตต่าง ๆ นี้เป็นไปตามประเภทของคำสั่ง ในตอนนี้จะได้อธิบายถึงการเชื่อมต่อพอร์ตแบบขนาน ซึ่งจะรับ/ส่งข้อมูลได้ 8 บิตในเวลาเดียวกัน

4.1.1 การทำงานพื้นฐานของอินพุตและเอาต์พุต

ในการทำงานจริงของ CPU ตัว CPU เองมีงานที่จะต้องทำมากมาย ดังนั้นถ้าต้องให้ CPU มาคอยอินพุตจากอุปกรณ์ภายนอกหรือในทางตรงข้าม ให้อุปกรณ์ภายนอกรอสัญญาณเอาต์พุตจาก CPU ก็จะทำให้การทำงานล่าช้าลง เพราะฉะนั้นจึงต้องอาศัยกระบวนการของอินพุตและเอาต์พุตเข้ามาช่วยจัดการให้ เพื่อให้การรับและการส่งข้อมูลเป็นไปอย่างสัมพันธ์กัน ตามจังหวะของเวลา (timing)

4.1.2 รูปแบบของการส่งและรับข้อมูล

การส่งและการรับข้อมูลมีหลายวิธี จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

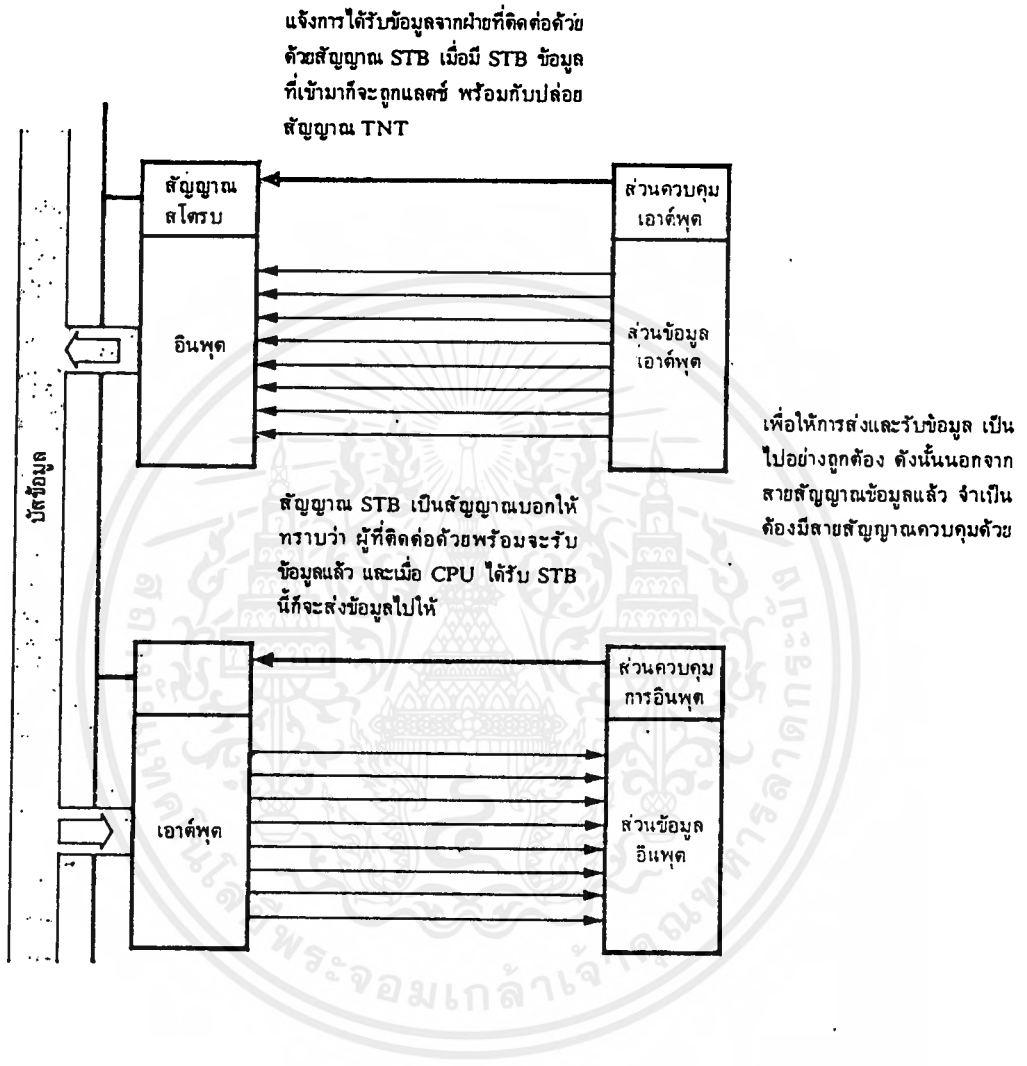
1) การรับและการส่งข้อมูลโดยไม่คำนึงถึงสภาพของอุปกรณ์ที่ติดต่อยู่ ยกตัวอย่างเช่น การอ่านข้อมูลในแฟลชและการส่งสถานะแฟลช จะเห็นว่าการและส่งแบบนี้ กระทำได้กับอุปกรณ์ที่อยู่หนึ่ง หรือมีความพร้อมในการตอบและรับอยู่ตลอดเวลาตามปกติแล้ว การรับข้อมูล ทำในทันทีที่ต้องการและมีข้อมูลมารออยู่การส่งข้อมูลนั้น จะต้องเก็บข้อมูลจากตัวส่งเอาไว้ แล้วให้ตัวส่งกลับไปทำงานอย่างอื่นได้อีก ส่วนข้อมูลที่เก็บไว้นี้ ก็จะเก็บเอาไว้ที่พอร์ตเอาต์พุตนี้เองลักษณะการเก็บนี้เรียกว่า การแลตซ์

2) การรับและส่ง โดยมีการตรวจสอบข้อมูล

หลักการของการส่งข้อมูลแบบนี้ก็เช่นเดียวกับการรับสิ่งของในชีวิตประจำวัน คือผู้ส่งต้องแน่ใจว่าผู้รับยื่นมือมารับเอง แล้วผู้ส่งสิ่งของให้และเมื่อผู้รับตรวจของเรียบร้อยแล้วก็ตอบรับไปว่าเรียบร้อยแล้ว จากนั้นผู้รับจึงค่อยจัดการกับของที่ได้รับมา

ในทางคอมพิวเตอร์ก็เช่นกัน เพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปอย่างเป็นระบบ และป้องกันความผิดพลาดในการส่งข้อมูลจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มสายสัญญาณ ที่นอกเหนือจากข้อมูลที่รับและส่ง ก็จะต้องมีสายตรวจสอบสัญญาณการเอาต์พุตและอินพุต

การตรวจสอบนี้มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเร็วในการรับและส่งข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.1 สายตรวจสอบที่เพิ่มขึ้นมานี้ สามารถตรวจสอบโดยการถามไปยังอุปกรณ์ที่ CPU จะติดต่อด้วย



รูปที่ 4.1 การตรวจสอบว่าข้อมูลได้ถูกส่งถึงฝ่ายรับอย่างถูกต้องด้วยการใช้สัญญาณแฮนด์เชค.

ในกรณีจะทำการเอาต์พุต ว่าพร้อมจะรับหรือยัง ถ้าพร้อมแล้วจึงค่อยส่งไปให้ในทางตรงก็ข้าม ถ้า CPU เป็นผู้รับและการส่งข้อมูลจากภายนอกมีความเร็วสูงมากจน CPU ทำงานไม่ทัน CPU ก็ส่งสัญญาณบอกไปยังอุปกรณ์อินพุตว่ายังไม่พร้อมจะรับข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

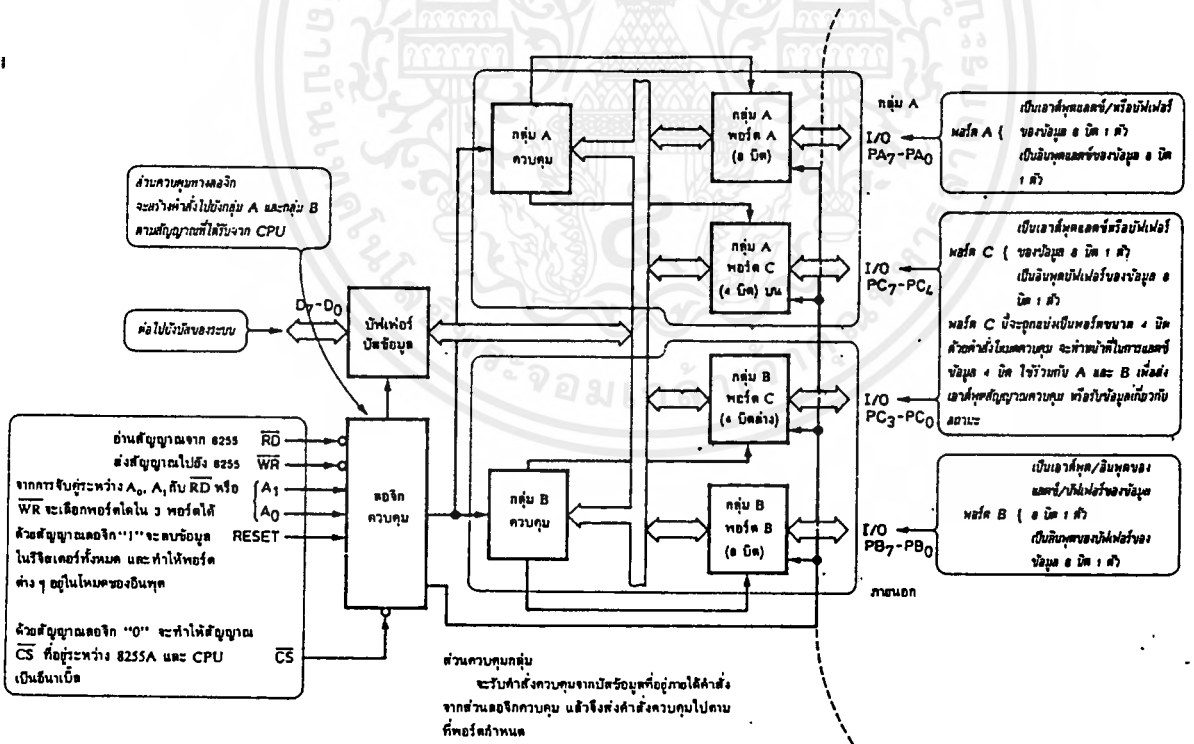
4.1.3 การเอาต์พุต

Z 80 จะใช้สิ่ง OUT ในการส่งข้อมูลออกจากตัวมันผ่านทางพอร์ตเอาต์พุตซึ่งพอร์ตนี้จะเป็นตัวเก็บข้อมูลไว้ให้อุปกรณ์ภายนอกอีกทีหนึ่งในที่นี้จะอธิบายเฉพาะชิพที่เป็น LSI ที่ผลิตมาใช้งานนี้โดยเฉพาะ

4.1.4 ตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ประกอบต่างๆ (8255 A)

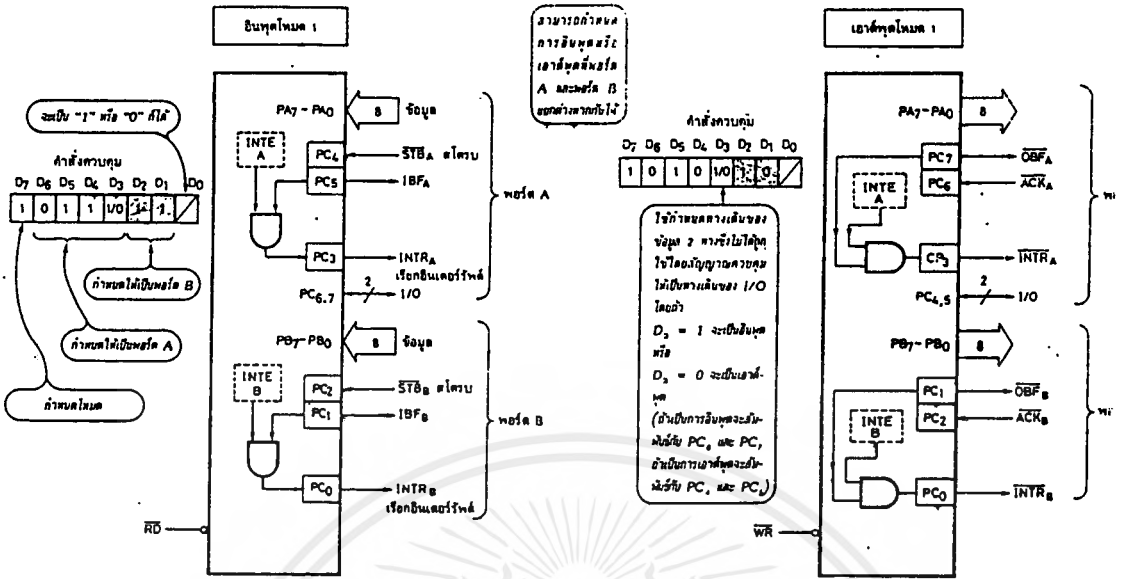
8255 A เป็น I/O แบบขนาน ที่สามารถโปรแกรมได้ สามารถใช้งานได้หลายอย่างตามโปรแกรมที่ป้อนไว้โครงสร้างภายในของ 8255A ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 และโครงสร้างภายนอกได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ตามลำดับพอร์ต I/O จะมี 3 พอร์ต คือ พอร์ต A, B และ C และจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยที่พอร์ต B จะทำงานแตกต่างกันและไม่ขึ้นต่อกัน ส่วนพอร์ต C นั้นจะแบ่งสัญญาณเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 4 บิตทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมให้กับพอร์ต A และพอร์ต B

การทำงานอย่างง่ายที่สุดก็คือในโหมด 0 จะทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตอย่างเดียว (รูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5) เมื่อมีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ต A, B และ C ข้อมูลก็จะถูกอ่านไปที่ CPU ในกรณีการส่งข้อมูล ข้อมูลที่อ่านไปที่พอร์ตต่างๆ เมื่อถูกส่งไปแล้วก็จะถูกแลตซ์ไว้เพื่อทำการส่งซ้ำอีก



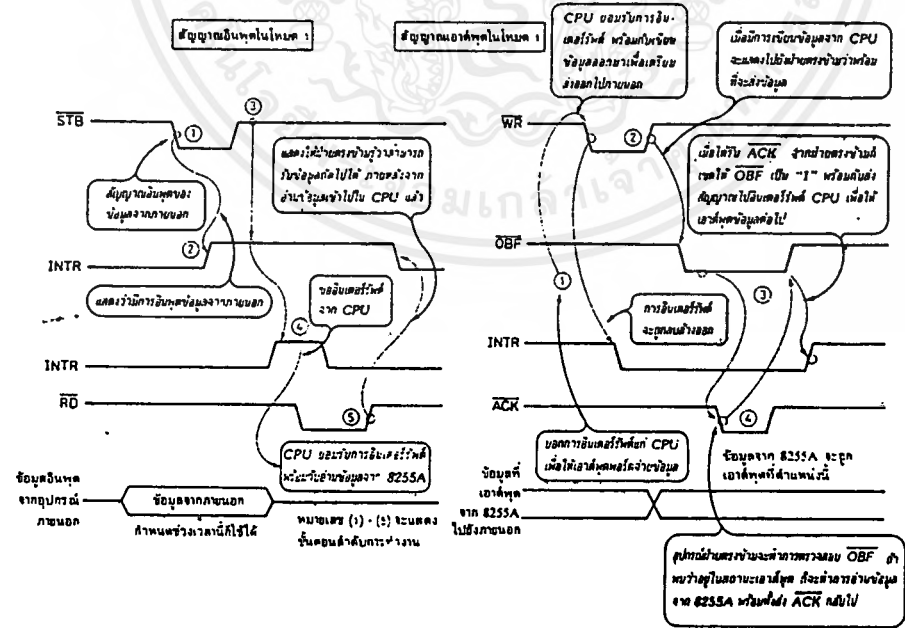
รูปที่ 4.2 แสดงการทำงานของส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



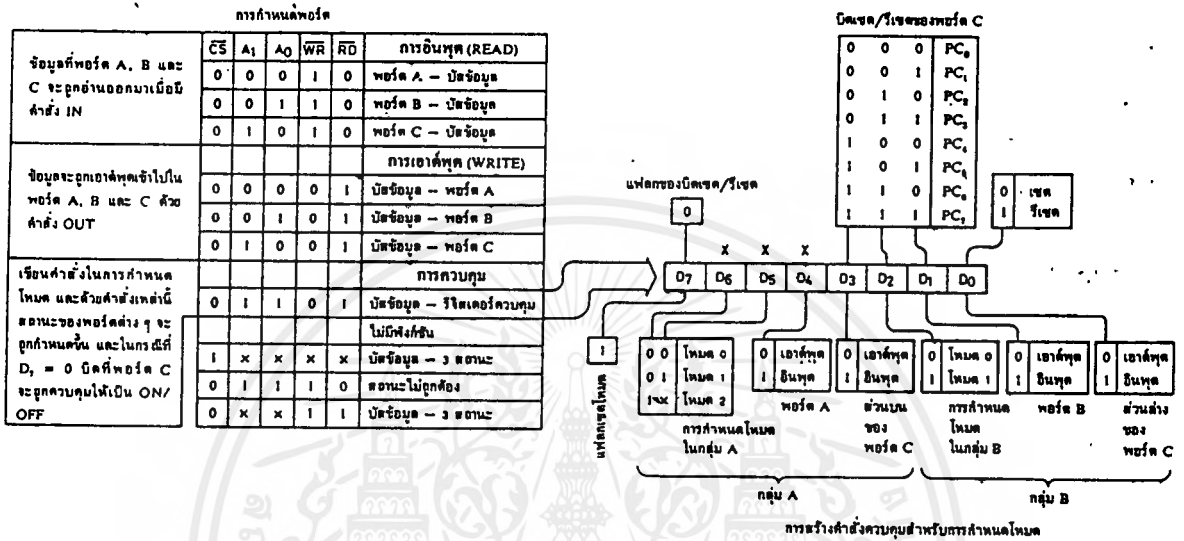
[สัญญาณควบคุมการอินพุต]
STB (Strobe Input) :
 อินพุต "0" ข้อมูลอินพุตจะถูกส่งไปยังพอร์ต A หรือ B
IBF (Input Buffer Full FF) :
 เป็นสัญญาณควบคุมเพื่อ STB ซึ่งจะมีข้อมูลอยู่ในพอร์ต A หรือ B
 ค่า "1" ให้ออกชุด เมื่อ STB = "0" ซึ่งตรงกับขอบเขตของสัญญาณ RD
INTR (Interrupt Request) :
 เป็นสัญญาณที่แจ้งอินพุตไปยัง CPU จะมีค่าเป็น "1" ซึ่งจะถูก
 เซตเมื่อ STB = 1, IBF = 1, INTE = 1 และเมื่อสัญญาณ RD ต่ำ:
 การควบคุมของ mask flip - flop ในการอินพุต
 > INTE_A - การควบคุมของ PC₄ ทั้ง bit set/reset
 > INTE_B - การควบคุมของ PC₂ ทั้ง bit set/reset

[สัญญาณควบคุมการเอาต์พุต]
OBF (Output Buffer Full FF) :
 จะเกิดขึ้น "0" เมื่อมีการใช้ข้อมูลไปยังพอร์ต A หรือ B
 หรือพอร์ต (FF) จะถูกเซตเมื่อสัญญาณ WR สูงเป็นโวลต์ และจะถูก
 รีเซ็ตเมื่อ ACK เป็น "0"
ACK (Acknowledge Input) :
 เป็นสัญญาณตอบรับว่า ข้อมูลที่เอาต์พุตจาก CPU ไปยังพอร์ต A หรือ
 พอร์ต B แล้ว ส่วนการกำหนดให้เป็น "0"
INTR (Interrupt Request) :
 เป็นอินพุตที่แจ้งอินพุตการอ่านข้อมูลจาก I/O โดยกำหนดเป็น "1"
 ซึ่งจะถูกเซตเมื่อ OBF = "1", INTE = "1" สัญญาณ ACK และจะ
 ถูกรีเซ็ตเมื่อสัญญาณ WR ต่ำ:
 การควบคุมของ mask flip - flop ในการอินพุต
 > INTE_A - การควบคุมของ PC₄ ทั้ง bit set/reset
 > INTE_B - การควบคุมของ PC₂ ทั้ง bit set/reset



รูปที่ 4.4 รูปอธิบายการทำงานที่โหมด 1 ของ 8255 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การกำหนดคำสั่งควบคุม (control word) ใน 8255 A

4.2 หลักการออกแบบภาค INTERFACE และภาค ANALOG TO DIGITAL

ส่วนประกอบของชุด INTERFACE ประกอบไปด้วย ภาค ANALOG TO DIGITAL CONVERSION และภาค INTERFACE สัญญาณ

4.2.1 การออกแบบภาค ANALOG TO DIGITAL CONVERSION (ADC)

ในส่วนการทำงานของภาค ADC (ANALOG TO DIGITAL CONVERSION) จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ANALOG ให้เป็นสัญญาณ DIGITAL การออกแบบใช้ IC3 เมอร์ ADC0804 ที่ให้ OUTPUT ขนาด 8 BIT ซึ่ง IC3 ADC0804 นี้สามารถรับสัญญาณ INPUT แบบ ANALOG ได้โดยตรง สูงถึง +5 VOLT หรือหากต้องการให้รับค่า INPUT ได้สูงกว่า +5 VOLT แล้วก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มจรรยาขย่านวดเข้าเ้าไปทางภาค INPUT ของ วงจรนี้ได้

IC3 ADC0804 จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ANALOG ให้เป็นสัญญาณ DIGITAL โดยใช้หลัก การสุ่มรับสัญญาณ ANALOG ทางด้าน INPUT (SAMPLING) แล้วนำระดับของสัญญาณ ANALO นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาทำการเปรียบเทียบกับระดับแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วจึงเปลี่ยนค่าข้อมูลเป็นแบบ DIGITAL ซึ่งความเร็วในการสุ่มขนาดสัญญาณ (SAMPLING RATE) สามารถกำหนดได้จากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของวงจร ซึ่งค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกา นี้ สามารถกำหนดได้โดยวงจร R1 และ C1 โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$F = 1 / (1.1 RC)$$

เมื่อ F คือ ค่าความถี่ของการสุ่มขนาดของสัญญาณของไอซี ADC0804

R คือ ค่าความต้านทานของ R1 ในวงจร

C คือ ค่าความจุของ C1 ในวงจร

จากวงจรที่ได้ออกแบบไว้ กำหนดให้ R1 = 15 K , C1 = 100 pF

$$\begin{aligned} F &= 1 / (15 \text{ K} \times 100 \text{ pF}) \\ &= 666 \text{ KHz} \end{aligned}$$

ความสัมพันธ์ของ INPUT และ OUTPUT ของไอซี ADC

ดังได้กล่าวแล้วว่า IC3 ADC0804 จะใช้การเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณ INPUT กับแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วจึงเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ DIGITAL ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้คือ

ถ้าค่าของขนาดสัญญาณ ANALOG INPUT เท่ากับขนาดของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด

ถ้าค่าของสัญญาณ ANALOG INPUT มีค่าเป็นสองเท่าของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลมีค่าสูงสุด ซึ่งขนาดของสัญญาณ INPUT ของวงจรถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่างๆดังนี้คือ

1) แรงดันอ้างอิงของวงจร (VOLTAGE REFERENCE หรือ VREF / 2)

แรงดันอ้างอิงของวงจรนี้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจร เป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณ ANALOG ให้เป็นสัญญาณ DIGITAL ซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอน มีการเปลี่ยนแปลงแล้วการทำงานของวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงตามด้วย นั่นคือจะส่งผลให้ค่าของสัญญาณข้อมูลดิจิทัลที่ได้จะเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ ตามไปด้วย ถึงแม้ว่าสัญญาณ INPUT จะมีขนาดคงที่ก็ตาม และแรงดันอ้างอิงของวงจรมีเป็นตัวกำหนดค่าสูงสุดของสัญญาณ INPUT บวกของวงจร โดยค่าสัญญาณ INPUT บวกของวงจรจะถูกกำหนดให้มีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิง โดยมีจุดเริ่มต้นที่สัญญาณ INPUT ลบของวงจรเสมอ ซึ่งบน BOARD นั้นใช้ IC4 เบอร์ LM 336 เป็นตัวสร้างสัญญาณอ้างอิง ขนาด 2.50 VOLT ซึ่งเป็นค่าแรงดันอ้างอิงที่ทำให้ IC3 ADC0804 รับสัญญาณ INPUT ได้โดยตรงสูงสุด +5 VOLT

2) สัญญาณอินพุทลบ (VOLTAGE INPUT - หรือ VI-)

แรงดัน INPUT ลบนี้ เป็นตัวกำหนดค่า INPUT ด้านลบของวงจร หรือจุดเริ่มต้นของการตรวจรับสัญญาณ INPUT ของวงจรมันเอง โดยสัญญาณ INPUT ลบนี้สามารถกำหนดได้ให้มีค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เกินแรงดัน อ้างอิงสูงสุดของวงจร (2.50 VOLT) ซึ่งในการออกแบบ BOARD ไม่ได้ออกแบบไว้ผู้
ใช้สามารถกำหนดสัญญาณ INPUT ลบ ของวงจรได้สองแบบตามความต้องการขึ้นอยู่กับารออกแบบ
สัญญาณ INPUT ลบจากตัว BOARD เองโดยกำหนดไว้ในระดับ GND ของวงจรหรือ 0 VOLT นั้นเอง
ดังนั้นหากผู้ใช้เลือกใช้สัญญาณ INPUT ลบจากตัว BOARD เอง ก็จะเป็นการกำหนดให้วงจรเริ่มตรวจรับ
สัญญาณจากระดับแรงดัน 0 VOLT จนถึงระดับแรงดันประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงของ วงจรนั้น
เอง

3) สัญญาณอินพุทบวก (VOLTAGE INPUT+ หรือ VI+)

แรงดัน INPUT บวกนี้คือ INPUT ของวงจรมันเอง ซึ่งต้องกำหนดให้มีขนาดสูงสุดไม่เกินกว่า
ค่าที่ วงจร ADC รับได้ ซึ่งต้องเป็นค่าที่อยู่ในช่วงบวกด้วย เนื่องจาก IC3 ADC0804 ไม่สามารถรับ
สัญญาณ INPUT ที่มีค่าเป็นลบได้อินพุทบวกนี้จะมีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิง โดย
มีจุดเริ่มต้นที่ INPUT ลบของวงจรและค่าสูงสุดของอินพุทบวก จะต้องมีค่าต่ำกว่า 5 VOLT ด้วยเสมอ

4.2.2 การออกแบบวงจร โดย ใช้ไอซี ADC 0804 ขนาด 8 BIT

ให้แรงดันอ้างอิงของวงจร (VREF/2) มีค่าเท่ากับ 2.50 VOLT

ให้แรงดัน INPUTลบของวงจร(VI-) มีค่าเท่ากับ 0 VOLT จะได้ว่า แรงดัน INPUTบวกของวง
จร (VI+) มีค่าของระดับแรงดันอยู่ระหว่าง 0 - 5 VOLT

ถ้าขนาดของสัญญาณ ANALOG INPUT มีค่าเป็น 0 VOLT จะได้ค่าของข้อมูล OUTPUT
เป็น 00 H

ถ้าขนาดของสัญญาณ ANALOG INPUT ค่าเป็น 2.5 VOLT จะได้ค่าของข้อมูล OUTPUT
เป็น 7F H

ถ้าขนาดของสัญญาณ ANALOG INPUT ค่าเป็น 5.0 VOLT จะได้ค่าของข้อมูล OUTPUT
เป็น FF H

เมื่อ INPUT เริ่มตั้งแต่ 0 ถึง 5 VOLT โดยใช้ IC3 เบอร์ ADC 0804 ต้องการ INPUT
MAX 5 VOLT ให้ OUTPUT ขนาด 8 Bit จากการคำนวณ

$$01 H = 0+0+0+0+0+0+0+1 = 1 \text{ ระดับ}$$

$$\text{ผลจากแรงดัน 5 VOLT} = FF = 256 \text{ ระดับ}$$

$$256 \text{ ระดับ} = 5 \text{ VOLT}$$

$$1 \text{ ระดับ} = (5 \times 1) / 256 = 0.019 \text{ VOLT}$$

$$10 H = 0+0+0+16+0+0+0+0 = 16 \text{ ระดับ}$$

$$256 \text{ ระดับ} = 5 \text{ VOLT}$$

$$16 \text{ ระดับ} = (5 \times 16) / 256 = 0.312 \text{ VOLT}$$

$$7F H = 0+64+32+16+8+4+2+1 = 127 \text{ ระดับ}$$

$$256 \text{ ระดับ} = 5 \text{ VOLT}$$

$$127 \text{ ระดับ} = (5 \times 127) / 256 = 2.5 \text{ VOLT}$$

$$AA H = 128+0+0+16+8+4+2+1 = 159 \text{ ระดับ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$256 \text{ ระดับ} = 5 \text{ VOLT}$$

$$159 \text{ ระดับ} = (5 \times 159) / 256 = 3.10 \text{ VOLT}$$

$$\text{FF H} = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 256 \text{ ระดับ}$$

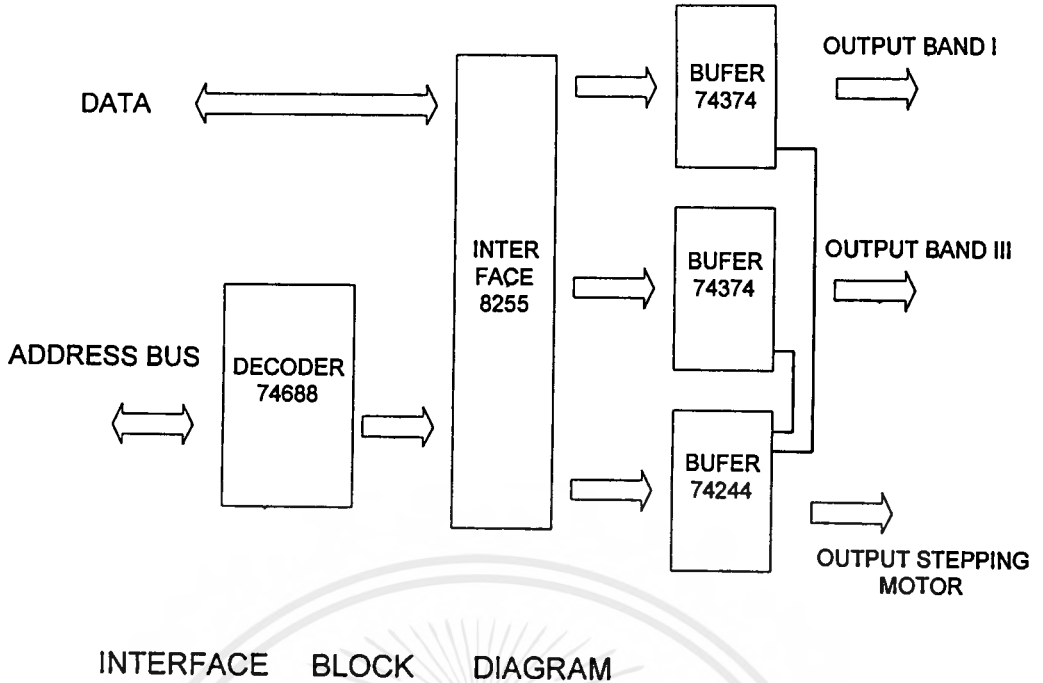
$$256 \text{ ระดับ} = 5 \text{ VOLT}$$

$$256 \text{ ระดับ} = (5 \times 256) / 256 = 5 \text{ VOLT}$$

4.2.3 การออกแบบภาค INTERFACE สัญญาณ

การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับระบบคอมพิวเตอร์จะต้องมีตัวเชื่อมที่เรียกว่า INTERFACE โปรแกรมจะสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ การออกแบบวงจร INTERFACE ชุด INTERFACE จะถูกออกแบบทำเป็น CARD INTERFACE ขึ้นมาหลักการการทำงานของ CARD INTERFACE เป็นการ์ดที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ขยาย PORT OUTPUT และ PORT INPUT ให้สามารถใช้งานได้มากขึ้น การออกแบบ CARD INTERFACE ขึ้นอยู่กับจำนวนความต้องการของอุปกรณ์ภายนอก การออกแบบวงจรการทำงานในระบบมีดังนี้ CARD1 ใช้สำหรับส่ง DATA ขนาด 8 BIT จำนวน 2 ชุด สำหรับการควบคุม PLL ของ BAND I และ BAND III และส่ง DATA ขนาด 4 BIT สำหรับการควบคุม STEPPING MOTOR ในการออกแบบ INTERFACE จะใช้ IC1 เบอร์ 8255 เป็น INTERFACE ให้ทำหน้าที่ส่ง DATA ออกไป ซึ่งที่ IC1 8255 จะมี PORT OUTPUT จำนวน 3 PORT ที่มีขนาด 8 BIT เราจะทำการ SET IC1 8255 ก่อนที่จะนำไปใช้งานโดยกำหนดให้ OUTPUT ทั้ง 3 PORT เป็นการส่ง DATA ออกมา คือ PORT PA0-PA7, PORT PBO-PB7 และ PORT PC0-PC7

BLOCK DIAGRAM แสดงการทำงานของ CARD INTERFACE ดังรูป



รูปที่ 4.6 แสดง BLOCK DIAGRAM การทำงานของภาค INTERFACE 1

MODE การทำงานของ IC1 8255 จะต้องทำการ SET MODE การทำงานให้กลับตัวมันก่อนที่ จะนำไปใช้งาน MODE การทำงานจะมีขนาด 8 BIT ในการออกแบบวงจรกำหนดให้ PORT A เป็น OUTPUT ,PORT B เป็น OUTPUT และ PORT C เป็น OUTPUT ดังตารางการกำหนดค่า

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0

ค่าที่ได้จะเท่ากับ 80H

การออกแบบ ADDRESS สำหรับการส่ง DATA

ADDRESS	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
300H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
301H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
302H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
303H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

กำหนดให้

ADDRESS	300H	ส่ง DATA ขนาด 8 BIT ไปยัง OUTPUT ของ PA0-PA7 ของ IC 8255
ADDRESS	301H	ส่ง DATA ขนาด 8 BIT ไปยัง OUTPUT ของ PB0-PB7 ของ IC 8255
ADDRESS	302H	ส่ง DATA ขนาด 4 BIT ไปยัง OUTPUT ของ PC0-PC3 ของ IC 8255
ADDRESS	303H	SET MODE การทำงานของ 8255

การเชื่อมต่อ PORT PA0-PA7 กับชุด PHASE LOCK LOOP ของ BAND I จะต้องอาศัย DATA จาก BUFER ของ IC5 เบอร์ 74LS244 Bit ที่ 5 ส่งมาควบคุม BUFER ของ IC3 เบอร์ 74LS374 ให้ส่ง DATA 8 BIT จาก PORT A ไปยังชุด PLL ของ BAND I ส่วน PORT PBO-PB7 กับชุด PHASE LOCK LOOP ของ BAND III จะต้องอาศัย PULSE จาก BUFER ของ IC5 เบอร์ 74LS244 Bit ที่ 6 ส่งมาควบคุม BUFER ของ IC4 เบอร์ 74LS374 ให้ส่ง DATA 8 BIT จาก PORT B ไปยังชุด PLL ของ BAND III และการควบคุมการทำงานของ STEPPING MOTOR ใช้ PORT PC0-PC3 DATA จะถูกส่งผ่าน BUFER IC5 เบอร์ 74LS244 ออกไปยังภาค CONTROL STEPPING MOTOR

ตารางแสดงค่าสัญญาณควบคุมการส่ง DATA ออกไปยัง OUTPUT

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PORT A	0	0	1	0	0	0	0	0
PORT B	0	1	0	0	0	0	0	0

ค่าที่ได้ของ PORT A เท่ากับ 20H

ค่าที่ได้ของ PORT B เท่ากับ 40H

การออกแบบของภาค DECODER จะต้องสัมพันธ์กับชุด INTERFACE โดยได้ดูจากจำนวนของชุด BUFFER ต่าง ๆ ว่ามีจำนวนมากน้อยเท่าไร ในวงจรนี้ชุด DECODER ประกอบไปด้วย IC2 เบอร์ 74LS688 จะถูกต่อร่วมกับ ADDRESS BUS และ CONTROL BUS ของคอมพิวเตอร์โดยตรง ในการออกแบบ ADDRESS BUS ในแต่ละตำแหน่งจะถูกกำหนดให้ทำงานในแต่ละหน้าที่ ซึ่งจะสัมพันธ์กับ SOFTWARE ADDRESS BUS ที่ใช้มีทั้งหมด 16 เส้น ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของเลขฐาน 16 เช่นตำแหน่ง ADDRESS ที่ 300H ถ้าแปลงเป็นเลขฐาน 2 จะได้ $(001100000000)_2$ ก็คือ A15-A0 ดังรูป IC2 74LS688 จะทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ PO-P7 กับ QO-Q7 ถ้าผลการเปรียบเทียบเท่ากันจะให้ OUTPUT CS ออกมา หมายความว่าผลของ ADDRESS BUS 1 ตำแหน่งจะให้ OUTPUT ออกมา 1 ครั้ง ซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของระบบ CARD 2 ใช้สำหรับอ่าน DATA ขนาด 8 BIT เข้ามาจำนวน 1 ชุด ในการออกแบบ INTERFACE จะใช้ IC1 เบอร์ 8255 เป็น INTERFACE ให้ทำหน้าที่อ่าน DATA เข้ามา ซึ่งที่ IC1 8255 จะมี PORT จำนวน 3 PORT ที่มีขนาด 8 BIT เราจะทำ SET IC1 8255 ก่อนที่จะนำไปใช้งานโดยกำหนดให้การทำงานเป็นการอ่าน DATA เข้ามา คือ PORT PC0-PC7

MODE การทำงานของ IC1 เบอร์ 8255 จะต้องทำการ SET MODE การทำงานให้กลับตัวมัน ก่อน MODE การทำงานจะมีขนาด 8 Bit ในการกำหนดให้ PORT A เป็น OUTPUT ,PORT B เป็น OUTPUT และ PORT C เป็น OUTPUT ดังตารางการกำหนดค่า

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	1	0	0	1

ค่าที่ได้จะเท่ากับ 89H

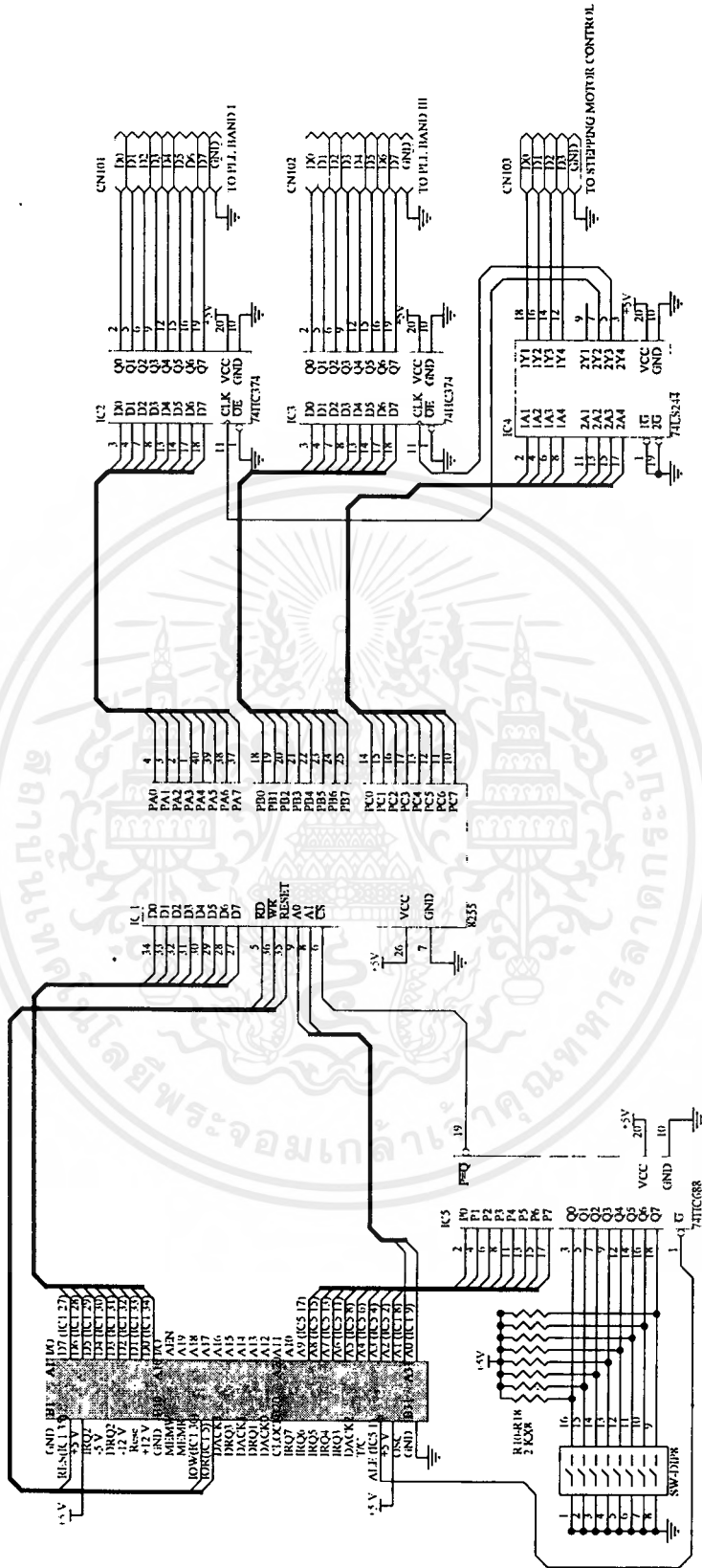
การออกแบบ ADDRESS สำหรับการอ่าน DATA

ADDRESS	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
304H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
305H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
306H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
307H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

กำหนดให้

ADDRESS	304H	ใช้เป็น PORT SPARE
ADDRESS	305H	ใช้เป็น PORT SPARE
ADDRESS	306H	รับ DATA ขนาด 8 BIT เข้ามา INPUT ของ PC0-PC7 ของ IC1 8255
ADDRESS	307H	SET การทำงานของ 8255

การออกแบบของภาค DECODER จะต้องสัมพันธ์กับชุด INTERFACE โดยดูได้จากจำนวนของชุด BUFFER ต่าง ๆ ว่ามีจำนวนมากน้อยเท่าไร ในวงจรนี้ชุด DECODER ประกอบไปด้วย IC2 เบอร์ 74LS688 จะถูกต่อร่วมกับ ADDRESS BUS และ CONTROL BUS ของคอมพิวเตอร์โดยตรง ในการออกแบบ ADDRESS BUS ในแต่ละตำแหน่งจะถูกกำหนดให้ทำงานในแต่ละหน้าที่ ซึ่งจะสัมพันธ์กับ SOFTWARE ADDRESS BUS ที่ใช้มีทั้งหมด 16 เส้น ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของเลขฐาน 16 เช่น ตำแหน่ง ADDRESS ที่ 304 H ถ้าแปลงเป็นเลขฐาน 2 จะได้ $(001100000100)_2$ ก็คือ A15-A0 ดังรูป IC2 74LS688 จะทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ PO-P7 กับ QO-Q7 ถ้าผลการเปรียบเทียบเท่ากันจะให้ OUTPUT CS ออกมา หมายความว่าผลของ ADDRESS BUS 1 ตำแหน่งจะให้ OUTPUT ออกมา 1 ครั้ง ซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของ ระบบ



รูปที่ 4.7 แสดงวงจรของภาค ANALOG TO DIGITAL CONVERSION เชื่อมต่อกับภาค INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

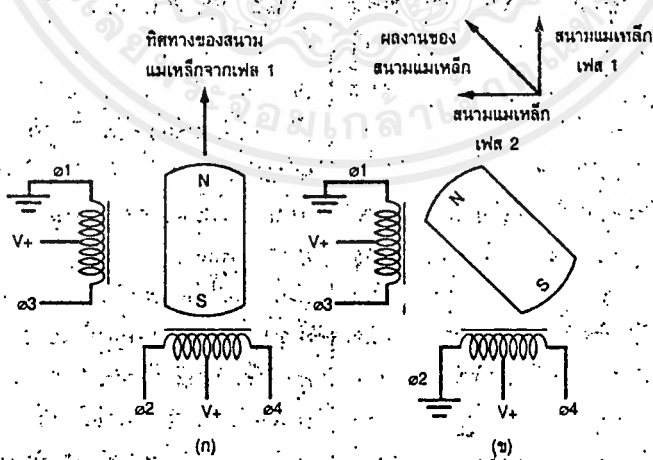
บทที่ 5

การทำงานของภาค STEPPING MOTOR

5.1 หลักการของสเต็ปปีงมอเตอร์

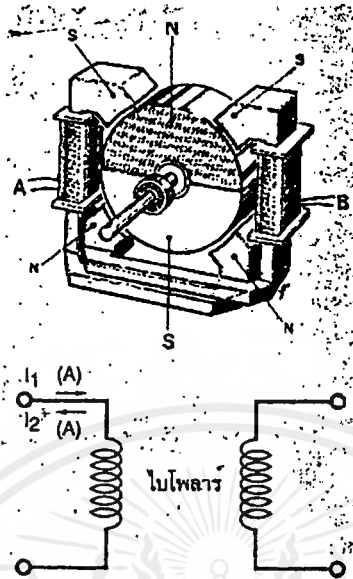
5.1.1 ทฤษฎีการทำงาน

การทำงานคล้ายซิงโครนัสมอเตอร์ มีสนามแม่เหล็กหมุนเหมือนกัน โดยชนิดของสเต็ปปีงมอเตอร์จะแบ่งตามสนามแม่เหล็กหมุนนี้ ซึ่งเกิดจากการพันขดลวดบนตัวสเตเตอร์ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ยูนิโพลาร์ (unipolar) กับไบโพลาร์ (bipolar) ในรูปที่ 5.1 แสดงหลักการทำงานแบบง่ายๆของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 4 เฟส ตัวโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กโดยจะเปลี่ยนทิศทางไปตามสนามแม่เหล็กการให้พลังงานแก่ขดลวดใดขดลวดหนึ่ง โรเตอร์ก็จะหมุนไป 90° ดังรูปที่ 5.1 (ก) แต่ถ้าให้ที่เดียว 2 ขดพร้อมกัน โรเตอร์ก็จะหมุนเพียง 45° ดังรูปที่ 5.1 (ข) ซึ่งแบบหลังจะสร้างแรงบิดได้มากกว่าแบบแรก สเต็ปปีงมอเตอร์จะมีมุมของการเคลื่อนที่แต่ละสเต็ปเป็น 1.8 องศา ดังนั้นที่โรเตอร์จะต้องมีขั้วแม่เหล็ก 50 ขั้ว ($90^\circ / 1.8^\circ = 50$) จากรูป 5.1 ที่เรียกว่าเป็นสเต็ปปีงมอเตอร์ 4 เฟส ซึ่งอันที่จริงแล้วยังไม่ถูกต่อนักน่าจะเรียกว่าเป็นแบบ 2 เฟสมากกว่า ถึงแม้ว่าขดลวดจะมี 4 ขดก็ตาม แต่การทำงานของ $\varnothing 3$ หรือ $\varnothing 4$ มีค่าเท่ากับ $\varnothing 1$ หรือ $\varnothing 2$ การที่มี 4 ขด ก็เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมเพียงใช้สวิทช์ SPST 4 ตัว หรือใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ส่วนในรูปที่ 5.2 เป็นขดลวดชนิดไบโพลาร์ เมื่อขดลวด A และ B ในรูปมีกระแสไหลผ่าน สเตเตอร์จะเกิดขั้วแม่เหล็กตามรูป



รูปที่ 5.1 เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส เมื่อ 1 ทำงาน โรเตอร์จะเป็นดังรูปที่ 5.1 (ก) และเมื่อ 1 และ 2 ทำงานพร้อมกัน โรเตอร์จะเป็นดังรูปที่ 5.1 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



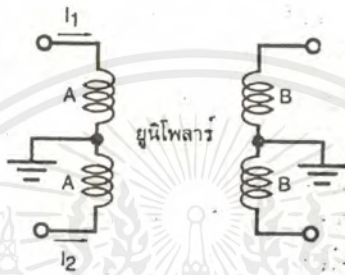
รูปที่ 5.2 ไบโพลาร์สเต็ปิ่งมอเตอร์แบบ 2 เฟส สนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนเมื่อกลับทิศทางกระแส
กระแส

ตารางที่ 1 แสดงความแตกต่างของสเต็ปิ่งมอเตอร์กับดีซีเซอร์โวมอเตอร์

สเต็ปิ่งมอเตอร์	ดีซีเซอร์โวมอเตอร์
มีการควบคุมที่ซับซ้อน	การควบคุมง่าย
ไม่ต้องมีการป้อนกลับ (open control loop)	จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ (อาศัยตัวต้านทานปรับค่าได้), เอนโคเดอร์, กำเนิดการนับรอบ
กำลังงานเมื่อเทียบกับขนาดรูปร่างยังไม่เหมาะสม	กำลังงานเมื่อเทียบกับขนาดรูปร่างเหมาะสม
แข็งแรง สึกหรอต่ำ	การสึกหรอมาก เพราะใช้แปรงถ่าน
คุณสมบัติในการบล็อกกิ้งดี	การบล็อกกิ้งต้องอาศัยการเบรกที่พิเศษ

เป็นผลให้โรเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กต่างกันสเตเตอร์ถูกดูด ต่อมาเมื่อกระแสที่ไหลในขดลวด A เปลี่ยนทิศทางกลับ $[I_2 (A)]$ จึงเป็นผลให้ขั้วแม่เหล็กที่แกน A เปลี่ยนขั้วจาก S เป็น N และจาก N เป็น S โรเตอร์จึงถูกผลักให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาเป็น 90° ลำดับการหมุนใน 1 รอบ เป็นสเต็ปิ่งนี้ $AB \rightarrow \overline{AB} \rightarrow$
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{AB} \rightarrow \overline{A} \overline{B} \rightarrow \overline{AB}$ มี 4 สเต็ปๆละ 90° จะสังเกตได้ว่าเมื่อเวลากลับชั่วแม่เหล็กในแต่ละเฟสจะต้องมีการหยุดกระแสก่อนแล้วกระแสจึงค่อยเปลี่ยนทิศทาง จึงสรุปเป็นสเต็ปได้คือ $\overline{AB} \rightarrow \overline{B} \rightarrow \overline{AB} \rightarrow \overline{A} \rightarrow \overline{AB} \rightarrow \overline{B} \rightarrow \overline{A} \overline{B} \rightarrow \overline{A} \rightarrow \overline{AB}$ การทำงานเป็นแบบกึ่งสเต็ปนี้ เป็นผลให้ค่าโมเมนต์มีค่าน้อยกว่าปกติ เพราะมีช่วงเวลาที่กระแสไหลแค่เฟสเดียว ส่วนสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ก็คล้ายกับไบโพลาร์โดยคิดเพียงขดเดียว ในแต่ละเฟสของยูนิโพลาร์จะมีแทปกวาง ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ขดดังรูปที่ 5.3 ดังนั้นเมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงกระแสจะไม่เปลี่ยนทิศทางการไหลเป็นที่แน่นอนว่าถ้าจำนวนขดลวดของยูนิโพลาร์พันเหมือนแบบไบโพลาร์ แต่ยูนิโพลาร์มีแทปจึงเป็นผลให้แอมแปร์ - เทิร์น ซึ่งเป็นค่าฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าน้อยกว่าไบโพลาร์ เพราะฉะนั้นสนามแม่เหล็กที่ได้น้อยตามแรงบิดที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กก็น้อยกว่าด้วยเมื่อเทียบกับไบโพลาร์ชนิดเดียวกัน



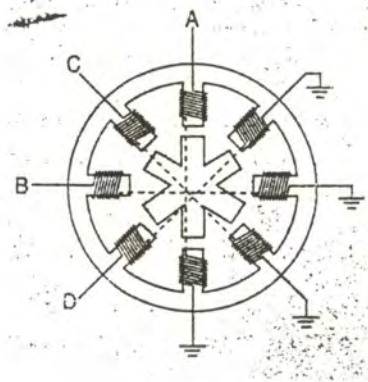
รูปที่ 5.3 ยูนิโพลาร์สเต็ปมอเตอร์การเปลี่ยนขั้วสนามแม่เหล็กใช้การไหลของกระแสที่ต่างขดกัน

จะไม่ไหลที่เดียวพร้อมกัน 2 ขดในตัวสเตเตอร์เดียวกันความต้องการในการให้มันมีการหมุนที่เที่ยงตรงและถูกต้อง การหมุนในแต่ละรอบต้องมีสเต็ปมากขึ้น เราจึงต้องสร้างตัวโรเตอร์และสเตเตอร์ให้มีหลายชั้น โดยแยกขดลวดแต่ละเฟสออกจากกัน ซึ่งในเวลาทำงานเฟสแต่ละเฟสจะต้องต่างเฟสกันเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5.4 จำนวนสเต็ปที่มากที่สุดของมอเตอร์ถูกกำหนดโดยส่วนประกอบของโรเตอร์เป็นแม่เหล็ก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเหนี่ยวนำแรงดันของขดลวดในสเตเตอร์นิยมใช้เหล็กอ่อนเป็นตัวโรเตอร์มีขั้วแม่เหล็กน้อยกว่าสเตเตอร์ และเป็นแบบยูนิโพลาร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 การสร้างสเต็ปมอเตอร์ให้หมุนด้วยความถูกต้องเที่ยงตรงสูง รูปที่ 5.4 (ก) เป็นตัวสเตเตอร์ที่ประกอบด้วย 4 ชั้น แต่ละชั้นวางเอียงกันเล็กน้อย ส่วนในรูปที่ 5.4 (ข) ก็แสดงรายละเอียดของสเตเตอร์ส่วนรูปที่ 5.4 (ค) ก็คือตัวโรเตอร์ที่มี 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

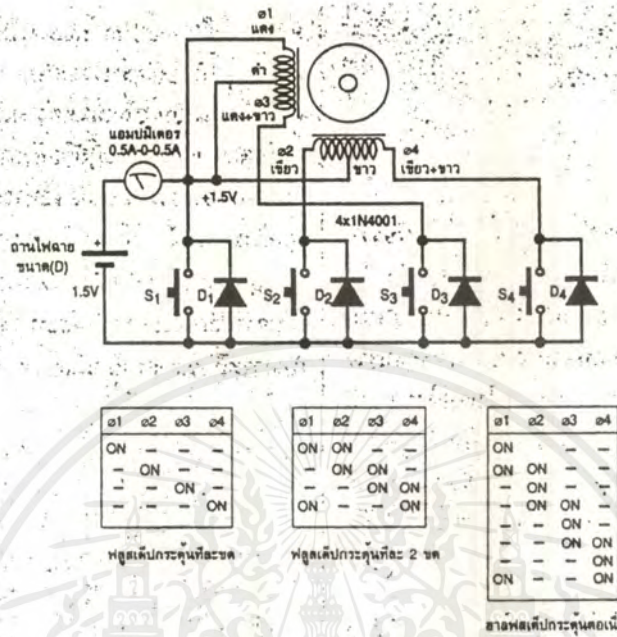


รูปที่ 5.5 สเต็ปป์มอเตอร์ที่ใช้แกนเหล็กอ่อน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อใช้มอเตอร์ที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์และขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์น้อยกว่าขั้วบนสเตเตอร์

5.1.2 สเต็ปป์มอเตอร์กับการทดลอง

วิธีการศึกษาการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์ มีวิธีง่ายๆและสะดวกต่อการทดลองและทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งก็โดยการนำเอาถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์ มาใช้ ดังรูปที่ 5.6 ในการขับให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์ โดยการใช้สวิทช์กด 4 ตัว เป็นตัวควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานแบบเต็มลำดับหรือครึ่งลำดับไดโอด $D_1 - D_4$ ป้องกันการสปาร์กที่เกิดขึ้นที่หน้าคอนแทกสวิทช์และพลังงานสะสมของขดลวดจะย้อนกลับมาทำลายเบตเตอร์ได้ สมมติว่าที่ขดลวด $\phi 1$ สวิทช์ S_1 ปิดวงจรจะมีกระแส 300 มิลลิแอมป์ ไหลผ่านขดลวด $\phi 1$ ลงกราวด์และเมื่อสวิทช์ S_1 เปิดวงจรก็จะทำให้เกิดกระแส 300 มิลลิแอมป์ ไหลผ่านขดลวด $\phi 3$ ผ่าน D_3

ขณะที่กระแสไหลกลับไปยังเบตเตอร์โดยตรงนั้น กระแสจะตกเป็นศูนย์และจะเป็นพลังงานสะสมย้อนกลับไปยังแหล่งจ่ายกำลังงาน ในขณะเดียวกันก็จะมีแรงดันตกคร่อมขดลวด $\phi 2$ ขณะเปิดวงจร (เป็นแรงดันตกคร่อมไดโอด) ซึ่งจะมีขนาดแรงดันเป็น 2 เท่าของแรงดันในคอนแรก เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ต้องคำนึงถึงข้อนี้ด้วย



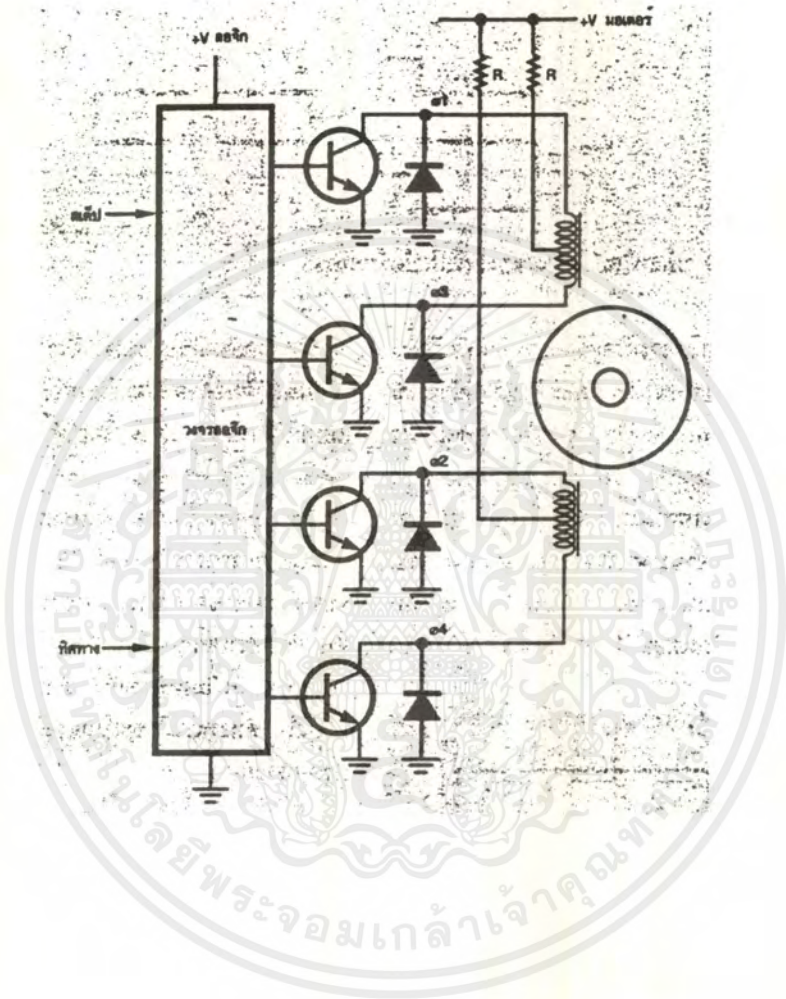
รูปที่ 5.6 การทดลองการทำงานของสตีปปีงมอเตอร์

เมื่อนำมาใช้ในการขับมอเตอร์แบบยูนิโพลาาร์ จากวงจรในรูปที่ 5.6 ที่ตารางการทำงานของขดลวดและสวิตช์ ซึ่งจะแสดงถึงการหมุนของสตีปปีงมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาเป็นแบบตามลำดับหรือครั้งลำดับ การกลับทิศการหมุนก็เพียงแต่กดสวิตช์ถอยหลัง ส่วนใหญ่แล้วผู้ใช้สตีปปีงมอเตอร์มักใช้แรงบิดจากการป้องกันแรงดันเพียง 1.5 โวลต์ที่ขดลวด โดยแรงดันสูงสุดที่นิยมใช้กันปกติก็เพียงแค่ 5 โวลต์ก็ซีจริงแล้วต้องขึ้นอยู่กับความเร็วด้วยจากรูปที่ 5.6 ทดลองโดยไม่ต้องกดสวิตช์ทำการหมุนคานที่ติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์แล้วหมุนไปให้เร็วประมาณ 60 รอบต่อนาที จะรู้สึกว่ามันฝืดและสังเกตเห็นแอมป์มิเตอร์จะมีกระแสสูงถึง 500 มิลลิแอมป์ ไหลกลับไปยังแบตเตอรี่จากความต้องการที่จะให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นจะต้องใช้แรงดันและกระแสสูงขึ้นและต้องป้องกันขดลวดไหม้ด้วยขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน

จากวงจรควบคุมที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 5.7 กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะถูกจำกัดไว้ด้วยตัวต้านทาน ซึ่งจะใช้ตัวต้านทานเพียง 2 ตัวสำหรับมอเตอร์ 4 เฟส เป็นเพราะ $\phi 1$ และ $\phi 3$ จะไม่ทำงานพร้อมกัน $\phi 2$ กับ $\phi 4$ ก็เช่นกัน ในวงจรรูปที่ 5.7 ใช้ขับมอเตอร์กำลังปานกลางถึงระดับกลาง ค่าแรงดันตกคร่อมขดลวดเล็กเตอร์กับขอมิตเตอร์ (V_{CE}) ของทรานซิสเตอร์จะต้องใช้ค่าที่สูงกว่าเป็น 2 เท่าของแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ถ้าต้องการขับมอเตอร์กำลังสูงๆต้องใช้วิธีอื่นกล่าวคือความต้านทานที่ต่อจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสมอเตอร์ไว้อาจทำให้เกิดการสูญเสียกำลังมากเกินไป ดังนั้นจึงต้องใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวสวิตช์ซึ่ง
 ขับกระแสแบบคงที่แทน



รูปที่ 5.7 วงจรสแต็ปปีงมอเตอร์ใช้ NPN ทรานซิสเตอร์ มีไดโอดป้องกันพลังงานสะสมที่จะป้อนกลับ
 เข้าไปในไอซี

5.1.3 ชนิดของสแต็ปปีงมอเตอร์

สแต็ปปีงมอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้ 3 ชนิดคือวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (variable reluctance: VR),
 เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (permanent magnet: PM) และแบบไฮบริด (hybrid)

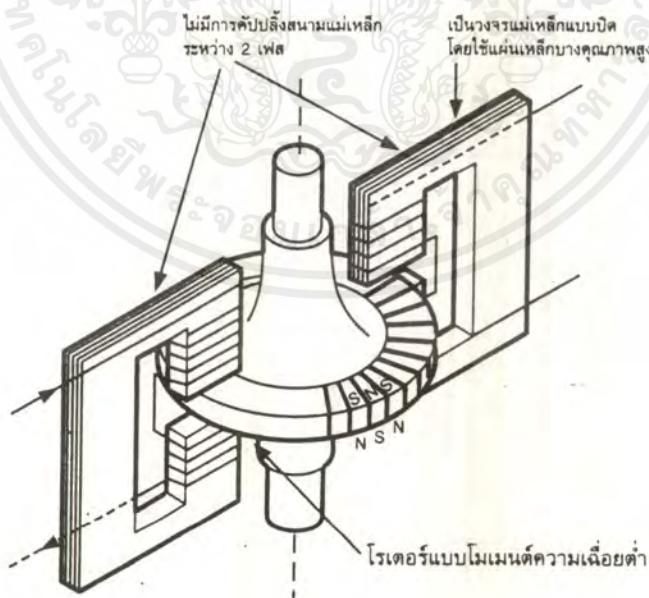
ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (multi-tooth) ทำจากเหล็กอ่อน
 เราจะทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้ โดยการทดสอบได้ง่ายมากคือใช้นิ้วหมุนเพลของมอเตอร์และสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ชนิดนี้ที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัดแตกต่างจากชนิด PM และชนิดไฮบริด ซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เมื่อหมุนจะรู้สึกขั้วๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่คึก เมื่อมีสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรการควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นสเตเตอร์แบบ 4 เฟสจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้วซึ่งมีขดลวดพันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไปทำให้เกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยวขึ้นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งและความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับงานอย่างมากในอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดไฮบริดหมด โครงสร้างภายในซึ่งได้จากการรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดเหนี่ยวสูง , มีแรงบิดสูงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปปิ้งรอบในการหมุนสูง

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่งที่กล่าวถึงแถมท้ายอีกเล็กน้อยเป็นชนิดที่ปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตนั่นคือ ชนิดเรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต ดังแสดงโครงสร้างภายในรูปที่ 5.8 หรือที่เรียกกันว่าชนิดคัสท์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 5.8 แสดงโครงสร้างภายในพื้นฐานของชนิดเรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดกับเพลลาของมอเตอร์การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้ช่วยทำให้เกิดโมเมนต์ของความเฉื่อยต่ำมาก, มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่งและมันมีประสิทธิภาพสูงอีกหลายด้าน เช่น แรงบิดสูง, กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์, ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมากและความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูงอีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังงานต่ำ แสดงดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 แสดงกราฟข้อมูลการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและความเร็วในการหมุน โดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดเรอัวร์เฟอร์มาเนตแมกเน็ต



รูปที่ 5.10 แสดงรูปร่างหน้าตาตัวจริงของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ มอเตอร์ตัวบนกลางเป็นชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ ซึ่งมีตัวเข้ารหัสต่ออยู่ด้านท้ายของเพลลา, ด้านซ้ายล่างเป็นชนิดเรอัวร์คัสท์สเต็ปเปอร์, ถัดมาเป็นชนิดไฮบริดและด้านขวาล่างเป็นชนิดใช้ฟลอปปีดิสก์โครฟีและฮาร์ดดิสก์โครฟี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปที่ 5.10 แสดงให้เห็นรูปร่างหน้าตาตัวจริงของสเต็มปีงมอเตอร์แต่ละชนิดและรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นโครงสร้างภายในจริงเปรียบเทียบกันระหว่างสเต็มปีงมอเตอร์ชนิดเรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเนตและชนิดไฮบริด ในรูปที่ 5.11 (ก) จะเห็นได้ว่าที่ถืออยู่ในมือคือตัวโรเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกลมติดกับเพลลาและด้านล่างคือสเตเตอร์ซึ่งต่างจากชนิดไฮบริดในรูปที่ 5.11 (ข) เห็นได้ว่าทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีซี่ยื่นออกมา และในรูปจะเห็นขลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ได้อย่างชัดเจน การจำแนกชนิดของสเต็มปีงมอเตอร์ด้วยการพันคอยล์เช่นนี้

การพันขลวดหรือคอยล์บนสเต็มปีงมอเตอร์มีอยู่ 2 วิธีคือ แบบไบโพลาร์ (Bipolar) และแบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) ดังแสดงในรูปที่ 5.12

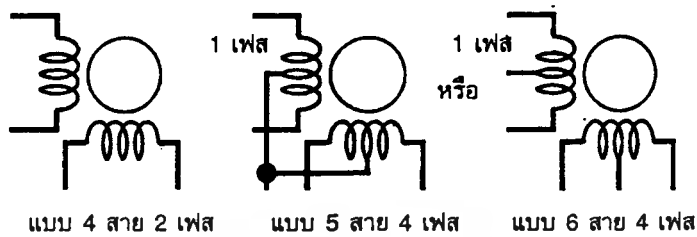


รูปที่ 5.11 แสดงโครงสร้างภายในเปรียบเทียบระหว่างชนิดเรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเนตและชนิดไฮบริด

(ก) โครงสร้างภายในของชนิดเรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเนต

(ข) โครงสร้างภายในของชนิดไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



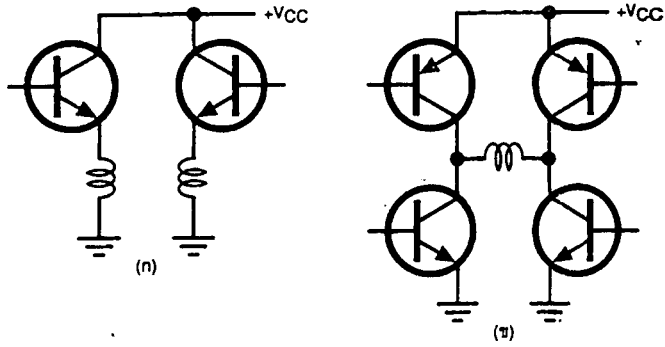
รูปที่ 5.12 แสดงการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสแต็ปปิ้งมอเตอร์ด้านซ้ายเป็นแบบไบโพลาร์และที่ เหลือ เป็นแบบยูนิโพลาร์ ซึ่งมีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย 4 เฟส

สแต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์มีการพันขดลวด 1 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศทางไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งการกำหนดทิศทางการไหลและการกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิตซ์ซึ่งกลับขั้วไฟฟ้า

สำหรับยูนิโพลาร์จะมีการพันขดลวด 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำให้โดยการสวิตซ์กระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่ง ไปยังอีกขดลวดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าชนิดไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิตซ์ธรรมดาในการเปิดและปิดกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการ ให้หมุนได้ทันทีรูปที่ 5.13 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ซึ่งให้กับสแต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้ง 2 แบบ จะเห็นได้ว่าในแบบของยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อนเลย

อย่างไรก็ตามการพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ก็มีจุดด้อยตรงที่การพันแบบนี้ จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์เพราะจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของขดลวดที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานเท่านั้นในระยะเวลาหนึ่ง

การพิจารณาว่าสแต็ปเปอร์มอเตอร์ตัวใดมีการพันขดลวดแบบใดสังเกตได้ง่าย โดยถ้าเป็นแบบไบโพลาร์จะมีสายไฟต่อออกจากมอเตอร์เพียง 4 สายและถ้าเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 หรือ 6 สายหรือทราบได้โดยการอ่านจากป้าย (name plate) ที่ติดอยู่กับมอเตอร์ก็ได้



รูปที่ 5.13 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปป์มอเตอร์ทั้ง 2 แบบ

- (ก) สำหรับชนิดยูนิโพลาร์ ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์สวิทช์เพียงตัวเดียวต่อ 1 คอลล์
 (ข) สำหรับชนิดไบโพลาร์ ซึ่งต้องใช้ทรานซิสเตอร์สวิทช์ 4 ตัวต่อ 1 คอลล์

ตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

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

5.1.4 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีควเอนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องด้วยแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบเวฟ (Wave) , แบบ 2 เฟส (Two phase), และแบบครึ่งสเต็ป (Half step) ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบเวฟเป็นการกระตุ้นรูปแบบที่ง่ายที่สุดโดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งและเรียงถัดกันไป ดังเช่นขดที่ 1,2,3,4,1 หรือ 1,4,3,2,1 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดลวดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆแสดงดังในตารางที่ 1

แบบ 2 เฟส เป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้เป็นการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟคือ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12,23,34,41,12 หรือ 14,43,32,21,14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันและต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียก็คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

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

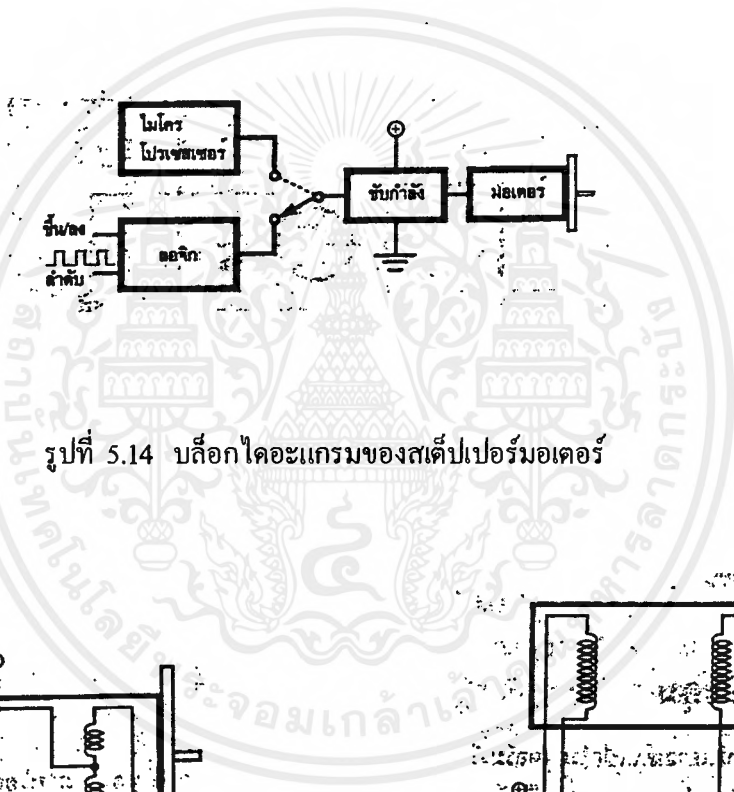
แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟสเพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1, 14, 4, 43, 3, 32, 1, 21, 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีกเพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับ 1 สเต็ปเต็มเหมือนกับในการควบคุม 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟสจึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป

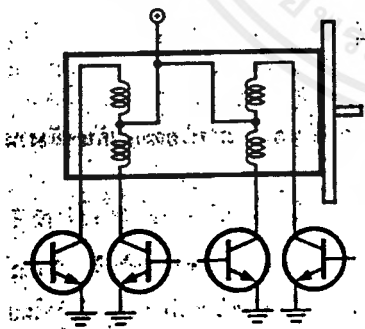
สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

5.2 หลักการของวงจรควบคุมสแต็ปปีงมอเตอร์

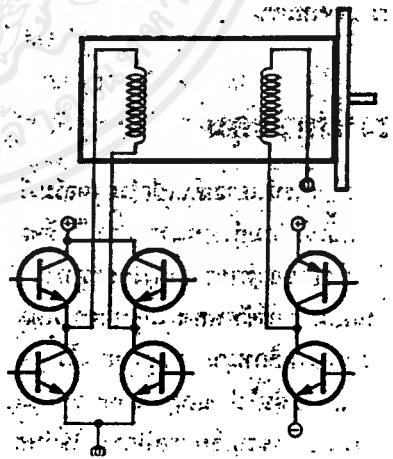
หัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับสแต็ปปีงมอเตอร์ ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมตามรูปที่ 5.14 ซึ่งการขับเคลื่อนวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ต้องแยกด้วยว่าขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไบโพลาร์ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับเฟสของมอเตอร์ด้วยว่ามีจำนวนเฟสมากน้อยเพียงใดที่จะต้องควบคุม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.15 ซึ่งวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์นั้น แสดงไว้ในรูป 5.15(ก) จากวงจรจะเห็นว่าจะใช้ทรานซิสเตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ในลักษณะ 1 ขดต่อทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ซึ่งจะแตกต่างกับชนิดไบโพลาร์ ชนิดหลังนี้มอเตอร์ต้องการทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบบริดจ์เพื่อขับเคลื่อน โดยใช้ทรานซิสเตอร์ถึง 4 ตัวต่อขดลวด 1 ขด ดังรูปที่ 5.15 (ข) ส่วนขดทางขวามือนั้นต้องการทรานซิสเตอร์ 2 ตัว มาขับเคลื่อน 1 ขด แต่เพาเวอร์ซัพพลายที่จ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ทั้งสองขด ในรูปที่ 5.15 (ข) นั้นไม่เหมือนกันสังเกตว่าขดทางขวามือจะเป็นแรงดันแบบบวก-ลบ-กราวด์



รูปที่ 5.14 บล็อกไดอะแกรมของสแต็ปเปอร์มอเตอร์



(ก) ยูนิโพลาร์



(ข) ไบโพลาร์

รูปที่ 5.15 การขับเคลื่อนสแต็ปปีงมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์และไบโพลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

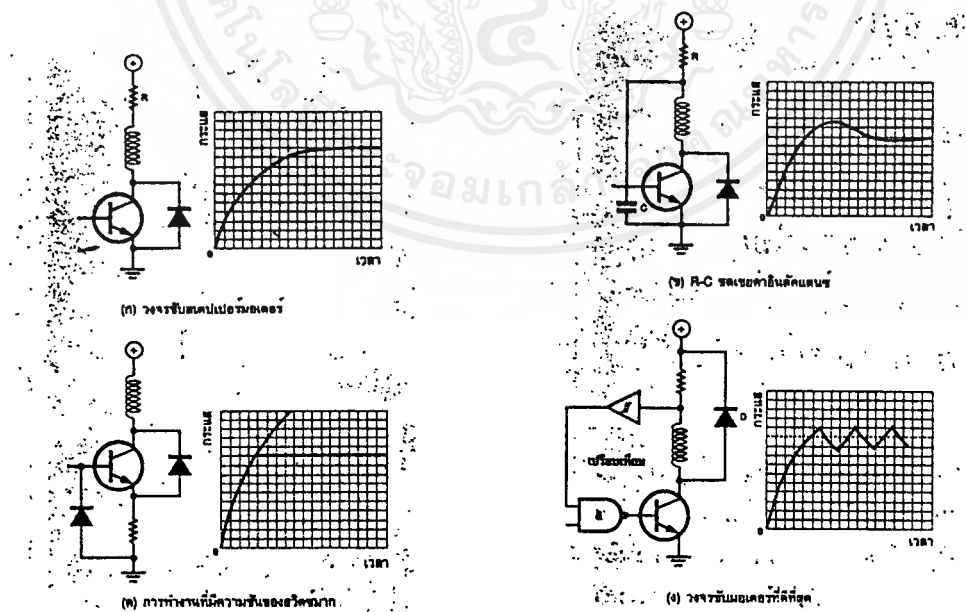
จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นก็หมายความว่ากระแสที่สวิตเตอร์ก็จะน้อยลงหรือเหมาะสมเพราะว่ากระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในระยะเวลาปกติที่ความถี่สูง ๆ จะต้องให้ความสำคัญกับเวลาด้วย ดังนั้นการใช้กระแสแม่ขั้วมอเตอร์แทนการควบคุมด้วยแรงดันแล้วค่อนข้างจะดีกว่ามาก

ในรูปที่ 5.16 (ก) - (ง) จะเป็นวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยจะมีกราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของกระแสที่สวิตเตอร์ ซึ่งในรูปที่ 5.16 (ก) ตัวต้านทานที่อนุกรมเข้าไปนั้นจะไปลดค่าของคาบเวลาในการสวิตซ์ทำงานของทรานซิสเตอร์ให้น้อยลง สำหรับโหลดที่มีค่าเหนี่ยวนำน้อย ซึ่งก็แน่นอนว่าจะต้องมีการสูญเสียกำลังงานไปบางส่วน

ในรูปที่ 5.16 (ข) เป็นวงจรที่ช่วยชดเชยค่าอินดักแตนซ์ โดยใช้วงจร RC ซึ่งวงจรนี้จะกำเนิดแอมป์ออกสวิตเลชันดังรูปและก็จะทำให้ค่าคงที่ในการแอมป์น้อยที่สุดที่จะทำได้ด้วยค่า R และ C ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ในรูปที่ 5.16 (ค) จะใช้ทรานซิสเตอร์เป็นแหล่งจ่ายกระแส ซึ่งจะทำให้ความชันของการสวิตซ์ทำงานมีความชันมากและจะต้องป้อนแรงดันให้เพียงพอด้วย โดยเมื่อขณะเวลาที่กระแสไหลทรานซิสเตอร์ในระดับต่ำแล้วตัวทรานซิสเตอร์จะไม่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวนานนัก ซึ่งในวงจรนี้จะกินกำลังงานมาก ดังนั้นจึงต้องการระบายความร้อนออกมาในช่วงจังหวะนี้

ในรูปที่ 5.16 (ง) เป็นวงจรแหล่งจ่ายกระแสที่ดีมากเพราะเมื่อกระแสไหลจนถึงค่า ๆ หนึ่งในส่วนของการมอเตอร์จะสวิตซ์ทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน และจะทำให้สนามแม่เหล็กลดลง โดยผ่านไดโอดอย่างช้าๆแล้วเมื่อกระแสครบรอบมอเตอร์ก็จะสวิตซ์ให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอีกครั้งดูได้จากกราฟ ในกรณีนี้ทรานซิสเตอร์ก็จะไม่กินกำลังงานมากเหมือนในรูปที่ 5.16 (ค)



รูปที่ 5.16 การใช้กระแสขับเพื่อเพิ่มโมเมนต์ขึ้นที่อัตราสเต็ปสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการควบคุมสเตรปโมคเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงานตามต้องการสามารถต่อเอาต์พุตพอร์ตได้โดยตรงและสามารถสั่งงานโดยใช้ซอฟต์แวร์ เพื่อสั่งงานให้มอเตอร์หมุนเดินหน้าหรือถอยหลังได้ตามต้องการ และนอกจากนั้นยังสามารถเลือกได้ว่า จะหมุนเป็นลำดับหรือกึ่งลำดับก็ได้จากการปรับช่วงห่างระหว่างเวลาแต่ละลำดับ วิธีการควบคุมก็โดยอาศัยวงจรลอจิกนำเอาต์พุตไปควบคุมทรานซิสเตอร์ผ่านวงจร R-S ไบสเตเบิลเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่นกรณีของการนำกระแสพร้อมๆ กันของทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัว แบบบริดจ์ ในบางกรณีลอจิกเกตจะถูกใช้เป็นตัวเซตและรีเซตวงจรไบสเตเบิลเพื่อกำหนดทิศทางการหมุนได้

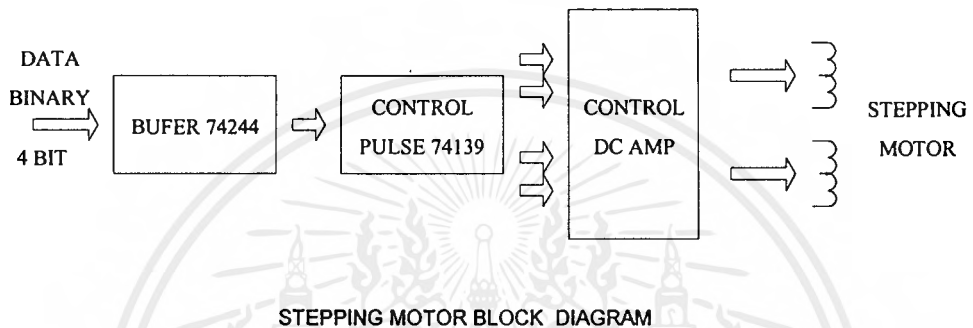
มีอุปกรณ์ไอซีที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในการออกแบบเป็นวงจรควบคุมสเตรปมอเตอร์ ที่ควบคุมความเร็วด้วยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของพัลส์ และที่มีขายกันตามท้องตลาดก็อย่างเช่น เบอร์ SAA 1027 , L297 และ L298 หรือ TL376 ULN2002 – ULN2005 เป็นต้น



5.3 การออกแบบภาค CONTROL STEPPING MOTOR

ภาค CONTROL STEPPING MOTOR ประกอบไปด้วย ตัว STEPPING MOTOR และ ส่วน CONTROL STEPPING MOTOR

ส่วนของตัว STEPPING MOTOR จะทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของสายอากาศทางภาครับ สัญญาณ ในการออกแบบ STEPPING MOTOR ตัว STEPPING MOTOR ที่ใช้เป็น แบบยูนิโพลาร์ ซึ่งง่ายต่อการควบคุมการทำงาน วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์สามารถออกแบบวงจร ได้ง่ายกว่าแบบโพลาร์



รูปที่ 5.17 แสดง BLOCK DIAGRAM การทำงานของ STEPPING MOTOR

การกระตุ้นการหมุนและการการหมุนของ STEPPING MOTOR ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละ STEP ทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ การกระตุ้นเป็นแบบ WAVE ซึ่งเป็นการกระตุ้นที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งและเรียงถัดกันไป ดังตารางการกระตุ้น

สเต็ปที่	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3	PHASE 4
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	L	L	H	L
4	L	L	L	H

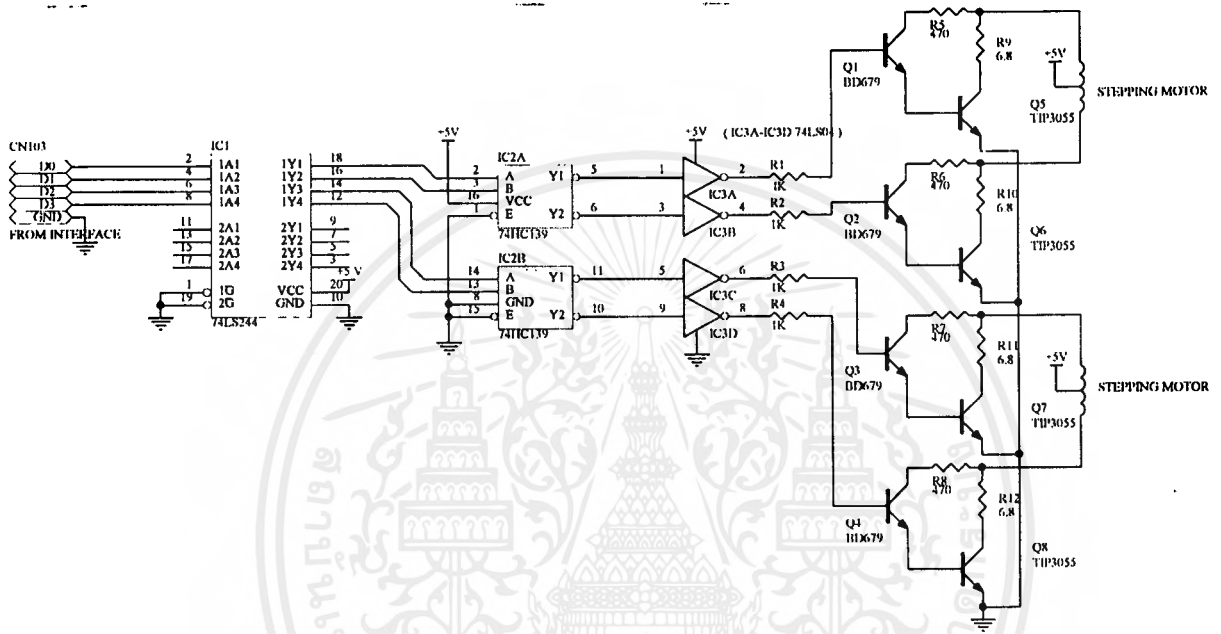
รูปที่ 5.18 แสดงการป้อน PULSE การทำงานให้แก่ STEPPING MOTOR

การกระตุ้นจะเรียงถัดกันไป ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน วงจรควบคุมสามารถควบคุมให้หมุนได้ตามต้องการ เช่น หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา การกระตุ้นจะเริ่มจาก PHASE 1 ไปยัง PHASE 2 ไปยัง PHASE 3 ไปยัง PHASE 4 แล้วกลับมาที่ PHASE 1 ใหม่ถ้าหมุนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา การกระตุ้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเริ่มจาก PHASE 4 ไปยัง PHASE 3 ไปยัง PHASE 2 ไปยัง PHASE 1 แล้วกลับมาที่ PHASE 4 ใหม่

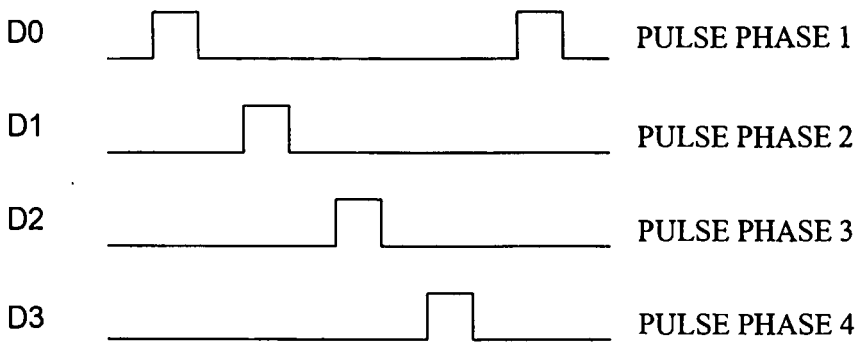
ส่วนควบคุมการหมุน STEPPING MOTOR ส่วนสำคัญอยู่ที่การออกแบบให้วงจรสามารถจ่ายกระแสให้กับ STEPPING MOTOR เพียงพอหรือไม่การกินกระแสของ STEPPING MOTOR ขึ้นอยู่กับตัว STEPPING MOTOR ที่ได้ออกแบบประมาณ 2.8 A ที่แรงดัน 5V ส่วนของการควบคุมจ่ายกระแสใช้ TRANSISTOR เบอร์ BD679 (Q1-Q4) DRIVE ให้กับ TRANSISTOR เบอร์ TIP3055 (Q5-Q8) สามารถจ่ายกระแสได้ 2.8 A PULSE ที่ใช้ CONTROL มาจากชุด INTERFACE มีขนาด 4 BIT

5.3.1 หลักการทำงานของวงจร STEPPING MOTOR



รูปที่ 5.19 แสดงวงจรในภาค CONTROL STEPPING MOTOR

จากวงจรรูปที่ 5.19 แสดงวงจรการทำงานของ STEPPING MOTOR CONTROL ดังนี้ Pulse ขนาด 4 Bit จากวงจร Interface จะถูกส่งผ่านมายัง IC1 เบอร์ 74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Buffer และ Line Driver ส่งผ่าน Data ไปยัง IC2 เบอร์ 74HC139 ทำหน้าที่เป็น Decoder โดยขา 1, ขา 15 เป็นขา Enable จะป้อนโลจิก "0" โดยการต่อลงกราวด์ขา Input ของส่วน A คือขา 2, ขา 3 ซึ่งจะมีหน้าที่เลือกให้โลจิก "0" ออกที่ Data Output โดยจะใช้ Output แค่ 2 ขาคือ ขา 5, ขา 6 เนื่องจาก Input มีขนาด 4 Bit จึงต้องใช้ IC2 ทั้งสองส่วน คือ ส่วน A และส่วน B โดยส่วน B จะมี Input Select คือขา 13, ขา 14 และ Data Output ขา 10, ขา 11 IC2 จะทำการแยก Pulse จ่ายให้กับ IC3 74LS04 ซึ่งเป็น NOT GATE ทำหน้าที่ INVERSE PULSE จากโลจิก "0" เป็นโลจิก "1" เพื่อส่งเป็นแรงดันไปทรานซิสเตอร์ที่ขา B ของ Transistor Q1-Q4 เพื่อให้ชุด Transistor ON และเกิดกระแสไหลผ่านขดลวดของสเต็ปป์มอเตอร์ ทำให้สเต็ปป์มอเตอร์หมุนตามจังหวะของ Data จากวงจร Interface IC2 ยังทำหน้าที่ป้องกัน Error ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก Data ที่ส่งมามีสถานะเป็น High ช้อนมาหลายๆ อัน ทำให้ สเต็ปป์มอเตอร์ได้รับแรงดันหลายเฟส อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ตัวสเต็ปป์มอเตอร์ได้

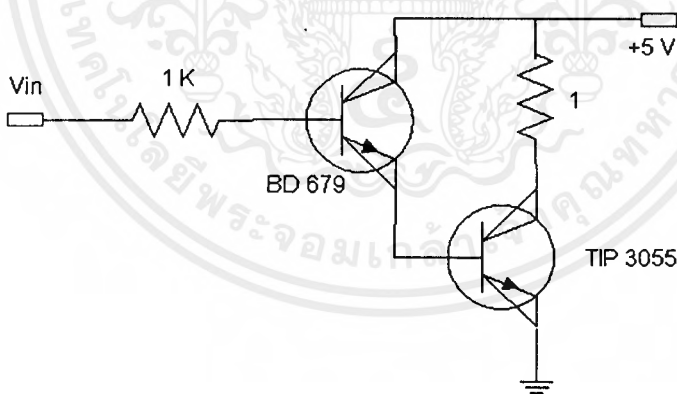


PULSE INTERFACE TO CONTROL STEPPING MOTOR

รูปที่ 5.20 แสดง PULSE ของ DATA ที่ป้อนให้กลับ STEPPING MOTOR

5.3.2 การออกแบบภาคจ่ายกระแสให้กับ STEPPING MOTOR

กำลังของ STEPPING MOTOR จะขึ้นอยู่กับวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าว่าสามารถจ่ายกระแสให้กับ STEPPING MOTOR ได้มากเท่าไร ในการออกแบบภาคจ่ายกระแส จะต้องดูคุณสมบัติของ STEPPING MOTOR ซึ่งต้องการไฟเลี้ยงเท่าไร และความต้องการของกระแส จากรูปข้างล่างเป็นการกำหนดวงจรจ่ายกระแสให้กับ STEPPING MOTOR



รูปที่ 5.21 แสดงวงจรควบคุมการจ่ายกระแสให้กับ STEPPING MOTOR

กำหนด Transistor TIP 3055 $V_{CE\ sat} = 0.4\text{ V}$, $I_{C\ sat} = 15\text{ A}$, $\beta = 100$, $V_{BE} = 1.6\text{ V}$, $V_{CC} = 5\text{ V}$

จากวงจรรูปที่ 5.20 กระแสที่ไหลผ่าน Load I_C ที่ต้องการ $= (V_{CC} - V_{CE\ sat}) / R_L$

$$I_{C\ load} = (5\text{ V} - 0.4\text{ V}) / 1$$

$$= 4.6\text{ A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_B = 4.6 \text{ A} / 100$$

$$= 46 \text{ mA}$$

กำหนด Transistor BD 679 $\beta = 200$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$

$$I_B = 46 \text{ mA} / 200$$

$$= 0.23 \text{ mA}$$

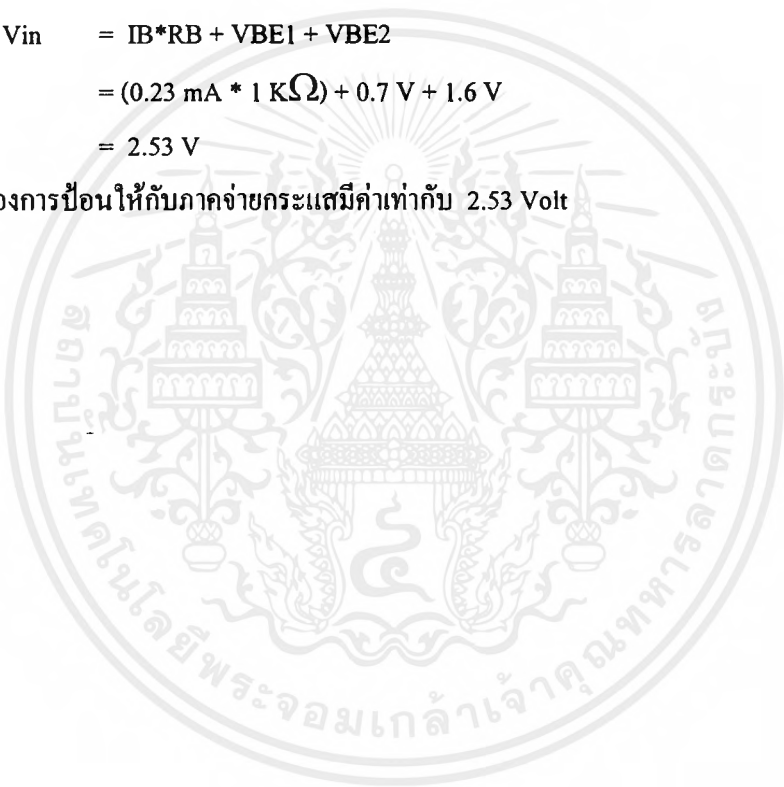
เนื่องจากค่า β ทำให้ใช้ กระแส I_B เพียง 0.23 mA สามารถควบคุมกระแส I_C 4.6 A ได้ (หรือกระแสไหลผ่านโหลด) จะได้แรงดัน Input ที่ต้องการคือ

$$V_{in} = I_B \cdot R_B + V_{BE1} + V_{BE2}$$

$$= (0.23 \text{ mA} \cdot 1 \text{ K}\Omega) + 0.7 \text{ V} + 1.6 \text{ V}$$

$$= 2.53 \text{ V}$$

แรงดันอินพุตที่ต้องการป้อนให้กับภาคจ่ายกระแสมีค่าเท่ากับ 2.53 Volt



บทที่ 6

ผลการทดสอบ

6.1 BLOCK DIAGRAM ของการต่อวงจรของภาคต่างๆ ที่ใช้ในการวัด

6.1.1 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ

ประกอบไปด้วยวงจรในส่วนของภาค PHASE LOCK LOOP (PLL)&VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR(VCO)ประกอบด้วยวงจรของความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง(BAND I)และวงจรของความถี่ช่อง 5 ถึง ช่อง 12 (BAND III) ดังแสดงวงจรในรูปที่ 6.1.1 PLL & VCO BAND I และในรูปที่ 6.2.1 PLL & VCO BAND III

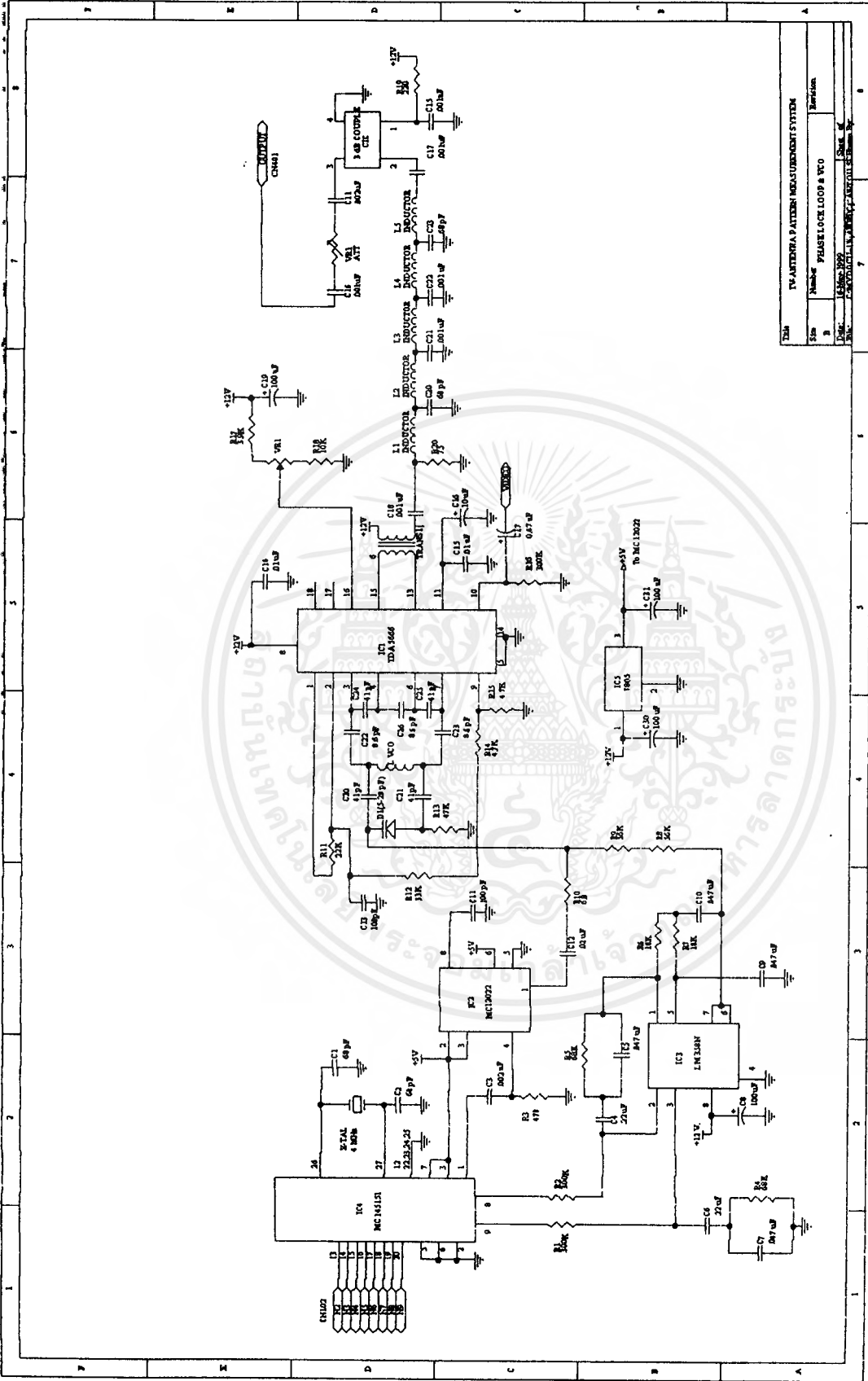


รูปที่ 6.1 BLOCK DIAGRAM แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุและวงจรรขยายสัญญาณความถี่วิทยุในย่านความถี่ช่อง 2 ถึง ช่อง 4



รูปที่ 6.2 BLOCK DIAGRAM แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุและวงจรรขยายสัญญาณความถี่วิทยุในย่านความถี่ช่อง 5 ถึง ช่อง 12

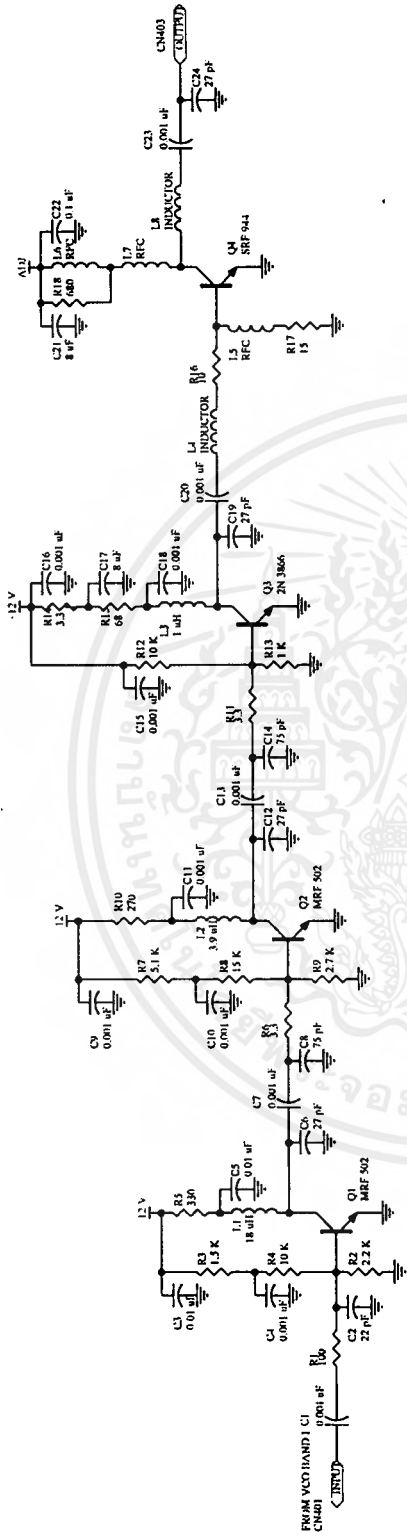
ในส่วนของวงจรรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ประกอบด้วยวงจรรขยายความถี่วิทยุของความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 4 (BAND I) และวงจรรขยายสัญญาณความถี่วิทยุของความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 (BAND III) วงจรแสดงการทำงานดังแสดงในรูปที่ 6.1.2 RF AMPLIFIER ของช่อง 2 ถึงช่อง 4 และในรูปที่ 6.2.2 RF AMPLIFIER ของช่อง 5 ถึงช่อง 12



TV ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM			
Size	Number	Phase Lock Loop & VCO	Revision
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

รูปที่ 6.1.1 แสดงวงจรต่างๆ ของภาค PHASE LOCK LOOP AND VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ของช่อง 2 ถึงช่อง 4

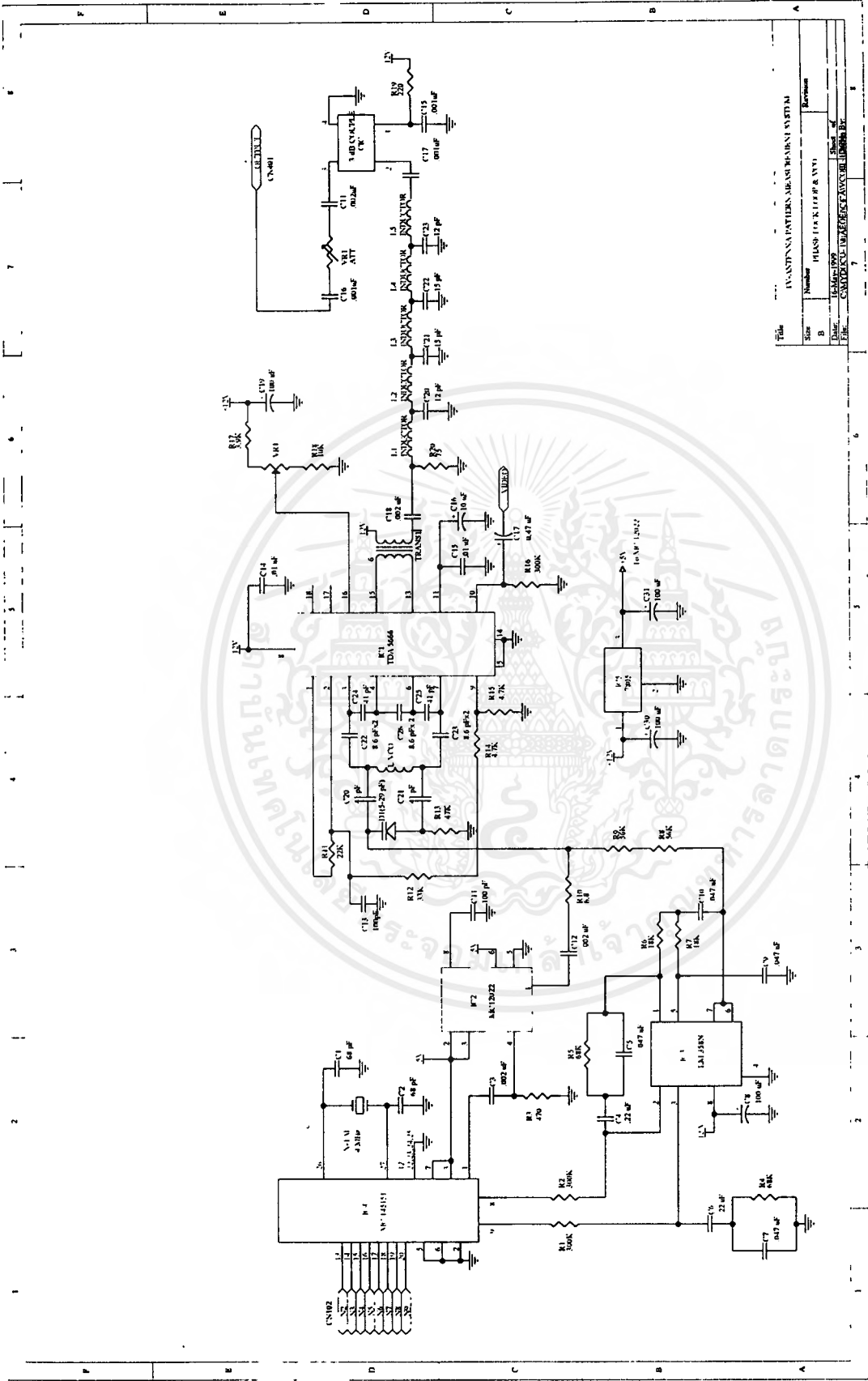
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TITLE		TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM	
Size	Number	Revision	
B	RF AMPLIFIER BAND I		
DATE	DESIGNED BY	SKETCHED BY	
10/10/77	CHANG/1999	SECRET	
FILE		C:\MY DOCS\TELECOM\AVAMP\RFAMP.BND	
	7		8

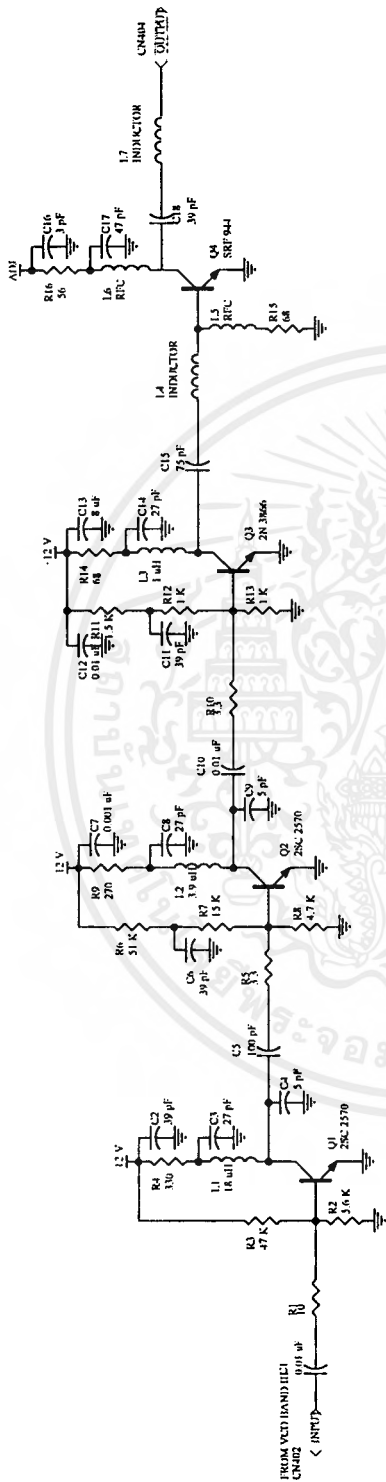
รูปที่ 6.1.2 แสดงวงจรต่างๆ ของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF AMPLIFIER) ของช่อง 2 ถึงช่อง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2.1 แสดงวงจรต่างๆ ของภาค PHASE LOCK LOOP AND VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ของช่อง 5 ถึงช่อง 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



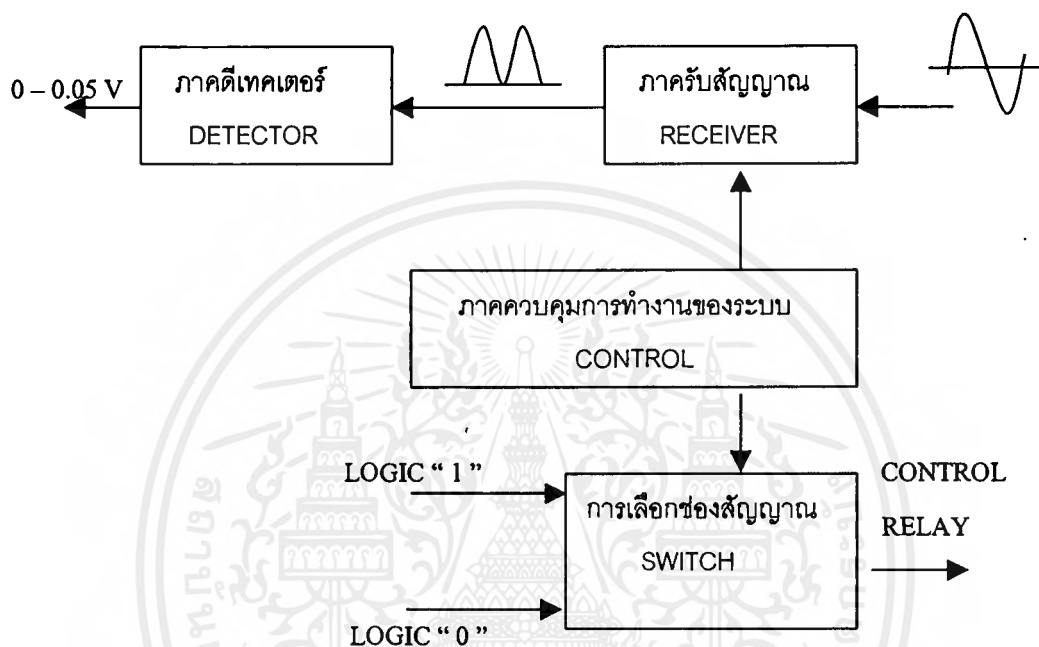
TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM	
Year	NATIONAL
B	RF AMPLIFIER BAND III
DATE	1958-11-13
DESIGNED BY	CHARLES E. HANCOCK
TESTED BY	WILLIAM B. ...

รูปที่ 6.2.2 แสดงวงจรต่างๆ ของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF AMPLIFIER) ของช่อง 5 ถึงช่อง 12

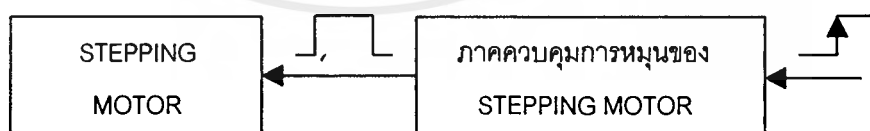
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 ภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ

ประกอบไปด้วยวงจรในส่วนของภาครับสัญญาณ (RECEIVER) ภาคดีเทคเตอร์ (DETECTOR) ภาควงจรควบคุมระบบ CONTROL ซึ่งทำหน้าที่สัมพันธ์กันกับภาครับสัญญาณ และภาควงจรควบคุมการทำงานของ STEPPING MOTOR วงจรภาครับสัญญาณ ภาคดีเทคเตอร์ และภาควงจร COMPARATOR แสดงวงจรดังรูปที่ 6.3.1 และวงจรควบคุมการทำงานของระบบ(CONTROL) ดังในรูปที่ 6.3.2 และรูปที่ 6.3.3 ในส่วนของภาควงจรควบคุมการทำงานของ STEPPING MOTOR ดังรูปที่ 6.4 .1



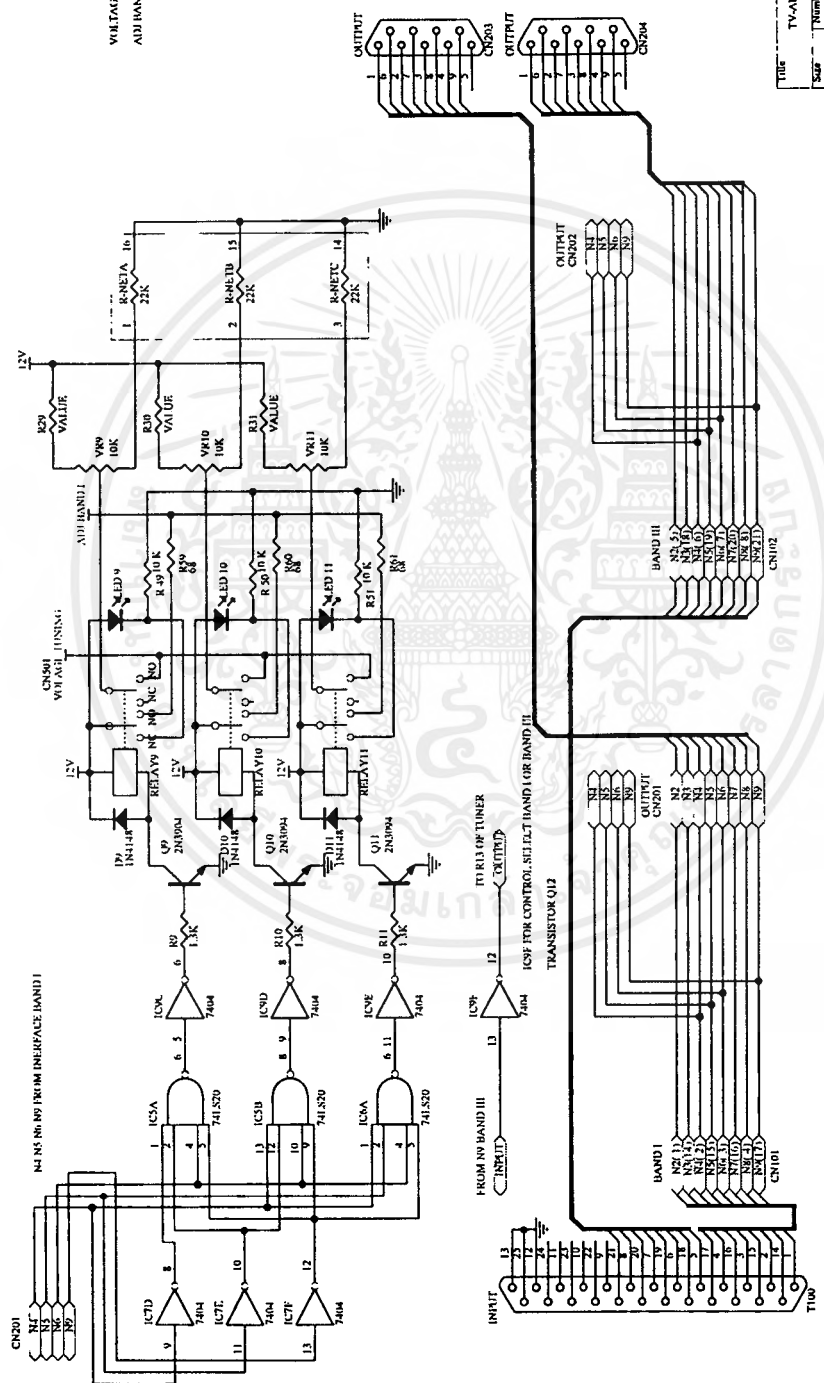
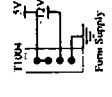
รูปที่ 6.3 BLOCK DIAGRAM แสดงวงจรของภาครับสัญญาณ(RECEIVER) ภาคดีเทคเตอร์ (DETECTOR) และในส่วนของภาควงจรควบคุมการทำงานของระบบ (CONTROL)



รูปที่ 6.4 BLOCK DIAGRAM แสดงวงจรภาควงจรควบคุมการทำงานของ STEPPING MOTOR และ STEPPING

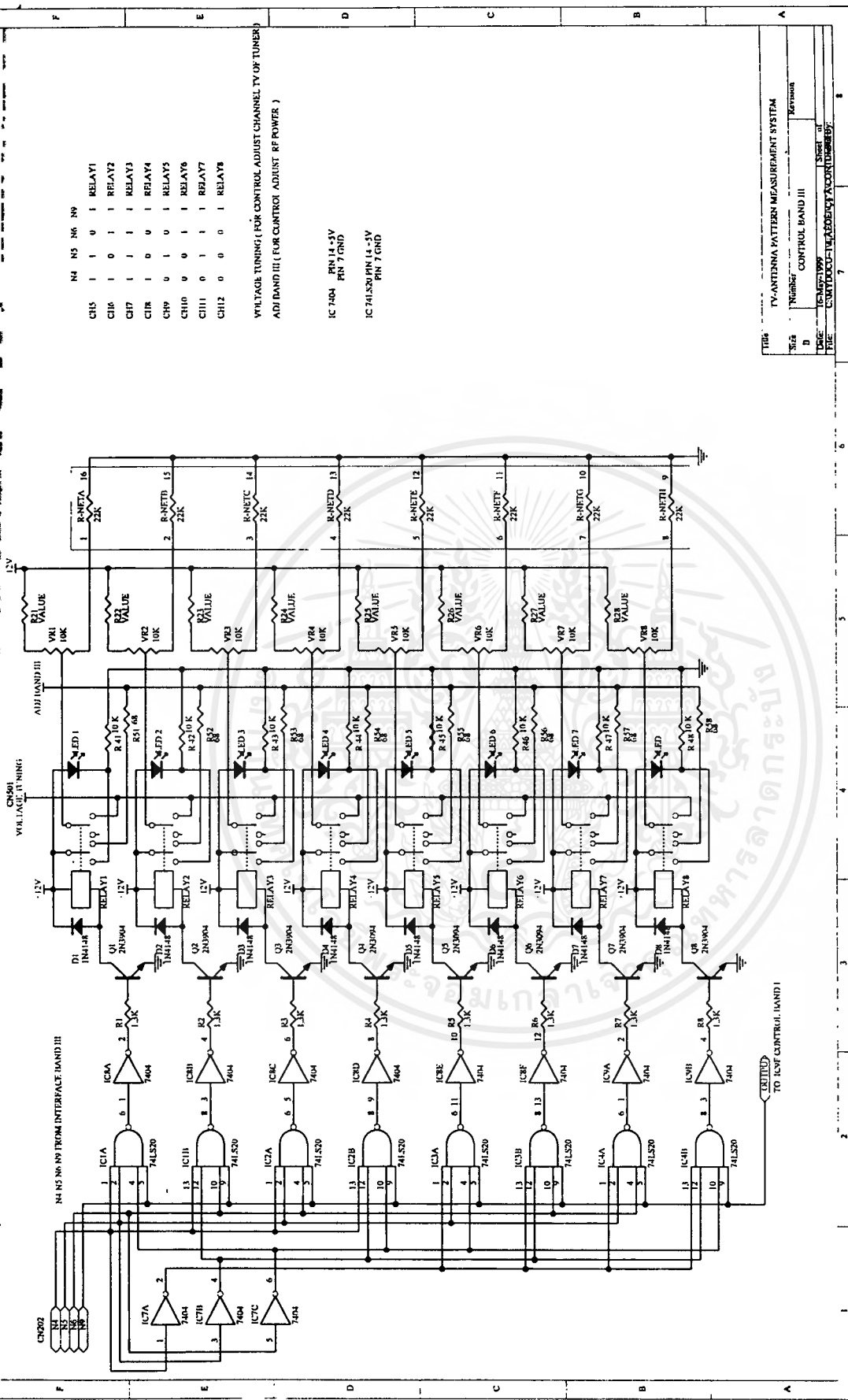
N4 N5 N6 N9
 C12 0 0 1 0 RELAY9
 C13 1 0 1 0 RELAY10
 C14 1 1 1 0 RELAY11

VOLTAGE TUNING (FOR CONTROL ADJUST CHANNEL TV OF TUNER)
 ADJ BAND I (FOR CONTROL ADJUST RF POWER)



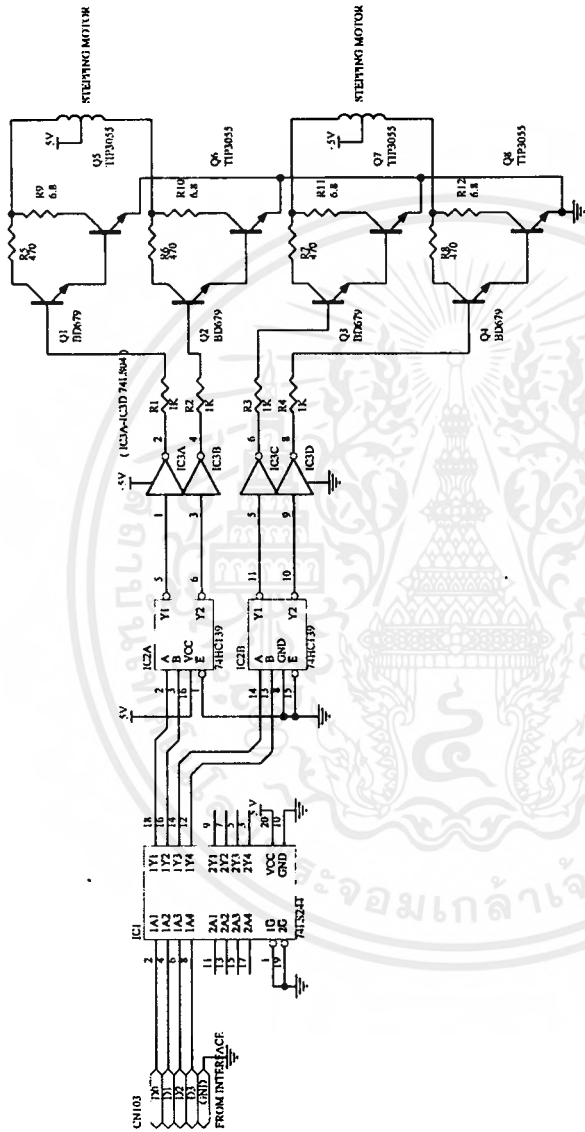
TITLE		TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM
Sup	Number	CONTROL BAND I
B	Date:	12/25/1999
FILE	Author:	CONYDOCU/TAJEDENCY/ACONT/0808/197
		7
		8

รูปที่ 6.3.2 แสดงวงจรต่างๆ ของภาคควบคุมการรับสัญญาณของช่อง 2 ถึงช่อง 4



รูปที่ 6.3.3 แสดงวงจรต่างๆ ของภาคควบคุมการรับสัญญาณของภาครับสัญญาณช่อง 5 ถึงช่อง 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



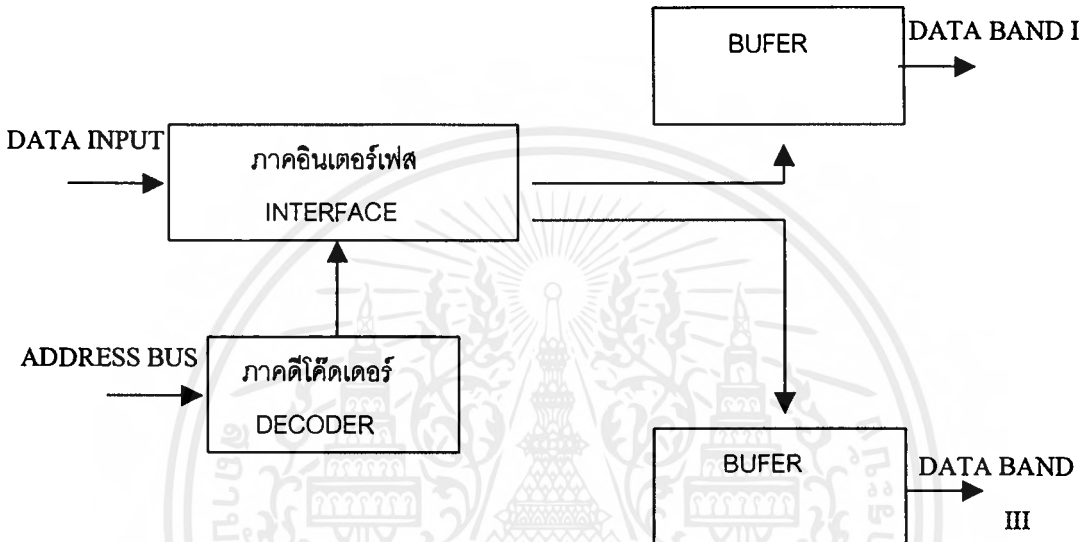
Title: TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM			
Size: B	Number: STEPPING MOTOR CONTROL	Revision:	
Date: 15 MAY 1999	Drawn by: M. KRATIT THIRASANA	Checked by:	
File: C:\MYDOCS\PROJECTS\ANTENNA\MEASUREMENT\TV-ANTENNA	Sheet of: 8	Sheet of:	

รูปที่ 6.4.1 แสดงวงจรต่างๆ ของภาคควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR

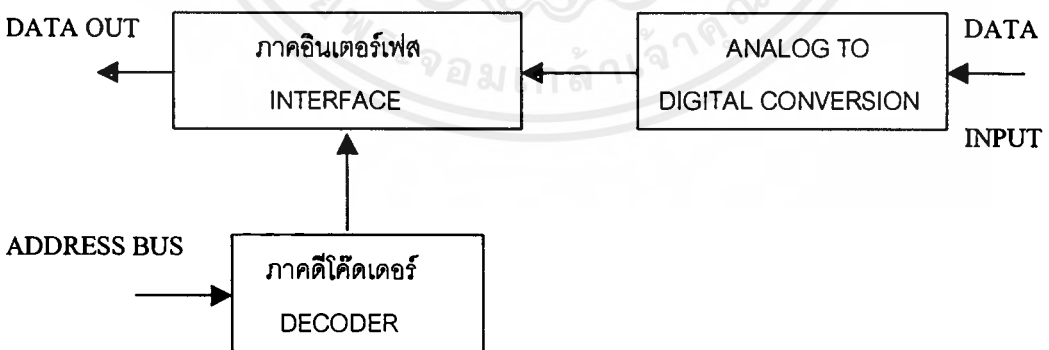
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 ภาคอินเตอร์เฟส (INTERFACE)

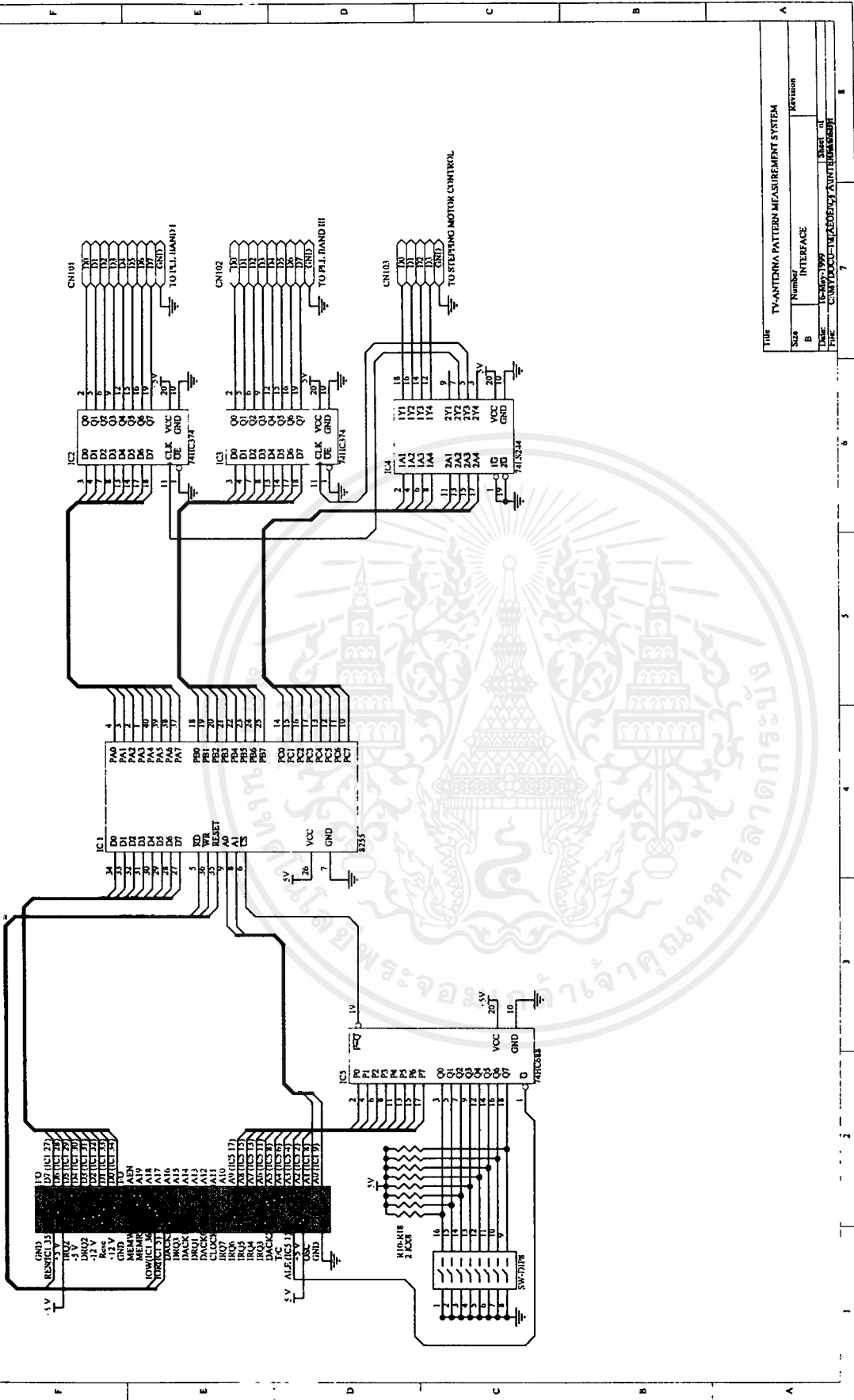
ประกอบไปด้วยวงจรในส่วนของการส่งข้อมูลไปควบคุมการกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ วงจรอินเตอร์เฟสในส่วนของการอ่านข้อมูลจากภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และวงจรในส่วน of ภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ANALOG TO DIGITAL CONVERSION) วงจรภาคอินเตอร์เฟส (INTERFACE) ดังแสดงในรูปที่ 6.5.1 INTERFACE และวงจรภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ANALOG TO DIGITAL CONVERSION) ดังแสดงในรูปที่ 6.6.1



รูปที่ 6.5 BLOCK DIAGRAM แสดงวงจรอินเตอร์เฟสในส่วนของการส่งข้อมูลไปควบคุมการกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุประกอบไปด้วยภาคดีโคดเดอร์และภาค BUFER



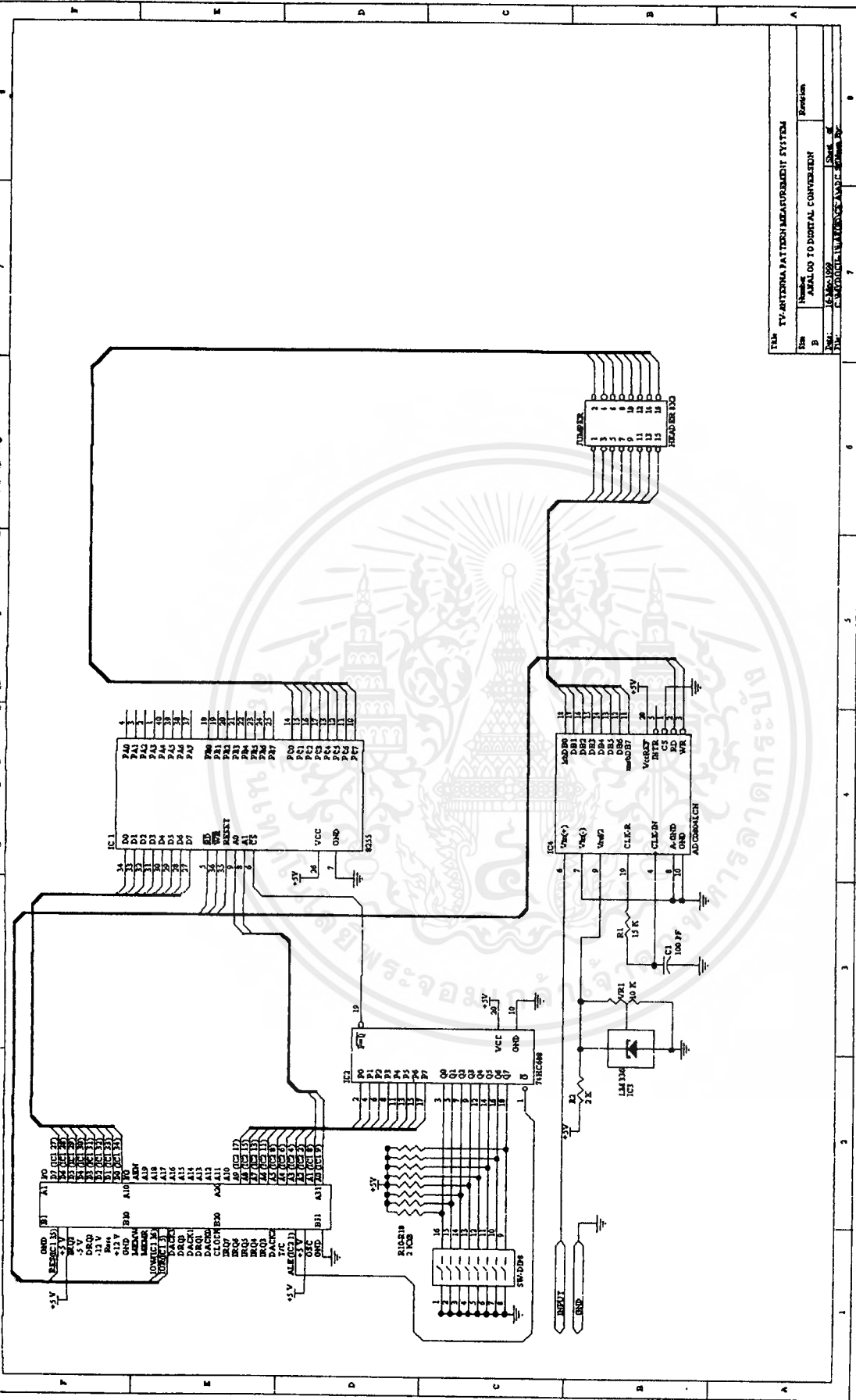
รูปที่ 6.6 BLOCK DIAGRAM แสดงวงจรอินเตอร์เฟสในส่วนของการรับข้อมูลจากภาค ANALOG TO DIGITAL และภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ANALOG TO DIGITAL CONVERSION)



TITLE		TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM
SIZE	Number	KEYWORD
B	INTERFACE	
DATE	15/06/2559	Sheet 11
THEE	C:\MY DOCS\THEE\DOCS\TV-ANTENNA.MSD	Sheet 11

รูปที่ 6.5.1 แสดงวงจรต่างๆ ของภาค INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TV ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM	
Item	NAME
B	ANALOG TO DIGITAL CONVERTER
REV.	DATE
1.0	10/10/88
DR.	DESIGNED BY
1.0	10/10/88

รูปที่ 6.6.1 แสดงวงจรต่างๆ ของภาค ANALOG TO DIGITAL CONVERSION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดสอบการทำงานวงจรในภาคต่างๆ

6.2.1 การทดสอบการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต

การทดสอบภาค INTERFACE ของ BAND I นำภาคอินเทอร์เฟซของ BAND I ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ทดสอบการอ่านค่าข้อมูลขนาด 8 บิต ของความถี่ช่อง 2 ถึงความถี่ช่อง 4 ทางOUTPUT ของภาคอินเทอร์เฟซ แล้วทำการ RUN PROGRAM ทดสอบโดยการส่งทางคอมพิวเตอร์ ผลของข้อมูลในแต่ละช่องความถี่ ได้ดังตารางที่ 6.2.1 แสดงข้อมูลของช่อง 2 ถึงช่อง 4 ประกอบด้วยค่า N3 ถึง N9

ผลการทดลองส่งข้อมูลขนาด 8 บิตของค่าความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 4 BAND I									
CH	FREQ	N3	N2	N4	N5	N6	N7	N8	N9
2	48.25	0	0	0	0	1	1	0	0
3	55.25	1	1	1	0	1	1	0	0
4	62.25	1	0	1	1	1	1	0	0

ตารางที่ 6.2.1 แสดงผลการทดลองส่งข้อมูลไปยัง OUTPUT ของอินเทอร์เฟซของ BAND I

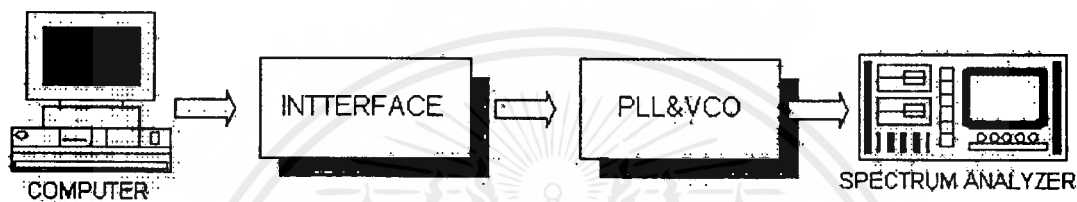
การทดสอบภาค INTERFACE ของ BAND III นำภาคอินเทอร์เฟซของ BAND III ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ทดสอบการอ่านค่าข้อมูลขนาด 8 บิต ของความถี่ช่อง 5 ถึงความถี่ช่อง 12 ทางOUTPUT ของภาคอินเทอร์เฟซ แล้วทำการ RUN PROGRAM ทดสอบโดยการส่งทางคอมพิวเตอร์ ผลของข้อมูลในแต่ละช่องความถี่ ได้ดังตารางที่ 6.2.2 แสดงข้อมูลของช่อง 5 ถึงช่อง 12 ประกอบด้วยค่า N3 ถึง N9

ผลการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตของค่าความถี่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 BAND III									
CH	FREQ	N3	N2	N4	N5	N6	N7	N8	N9
5	175.25	1	1	1	1	0	1	0	1
6	182.25	1	0	1	0	1	1	0	1
7	189.25	0	1	1	1	1	1	0	1
8	196.25	0	0	1	0	0	0	1	1
9	203.25	1	1	0	1	0	0	1	1
10	210.25	1	0	0	0	1	0	1	1
11	217.25	0	1	0	1	1	0	1	1
12	224.25	0	0	0	0	0	1	1	1

ตารางที่ 6.2.2 แสดงผลการทดลองส่งข้อมูลไปยัง OUTPUT ของอินเทอร์เฟซของ BAND III

6.3 การทดลองการกำเนิดภาคสัญญาณ RF

การทดสอบภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุของช่อง 2 ถึงช่อง 4 นำภาค PHASE LOCK LOOP & VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ของช่อง 2 ถึงช่อง 4 ต่อเข้ากับภาคอินเทอร์เฟซของ BANDI การทดสอบโดยการใช้ SPECTRUM ANALYZER วัดสัญญาณที่ OUTPUT ของภาค VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR โดยตั้ง ATT ไว้ที่ 20 dB และ VBW ไว้ที่ 100 KHz แล้วทำการ RUN PROGRAM ทดสอบโดยการสั่งทางคอมพิวเตอร์ เลือกช่องความถี่ที่ต้องการทดสอบตั้งแต่ช่อง 2 ถึงช่อง 4 ผลของการต่อวัดสัญญาณได้แสดงดังรูป ซึ่ง PLOT ออกทางเครื่องพิมพ์ในแต่ละช่องความถี่ที่วัดได้และตารางแสดงผลการทดลองโดยอ่านค่าจากรูป SPECTRUM ANALYZER จากข้างล่าง

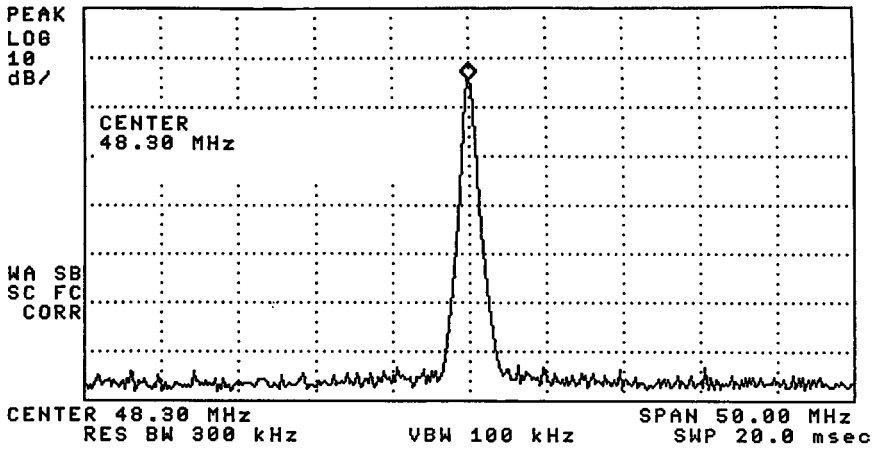


ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 2 ได้ดังรูปที่ 6.3.1 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 3 ได้ดังรูปที่ 6.3.2 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 4 ได้ดังรูปที่ 6.3.3 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง

CHANNEL	FREQUENCY	POWER
2	48.30 MHz	-4.30 dBm
3	55.30 MHz	-4.72 dBm
4	61.30 MHz	-4.04 dBm

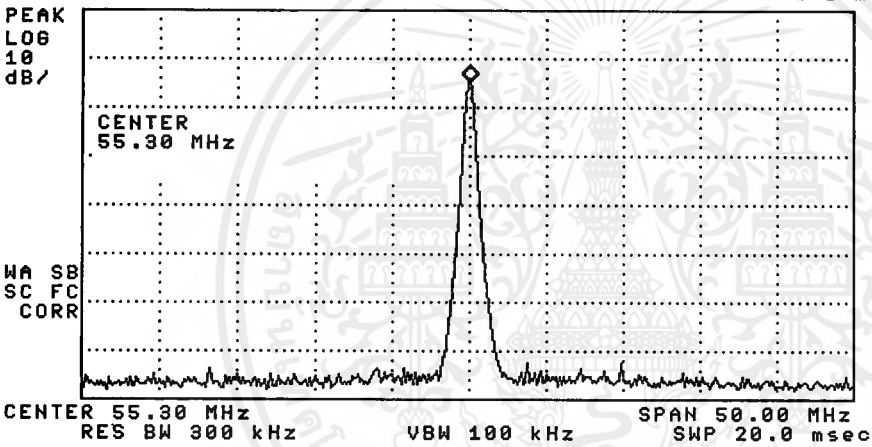
ตารางแสดงผลการทดลองวัดความถี่และกำลังส่งของสัญญาณที่ได้ของ VCO BAND I

REF 10.0 dBm #AT 20 dB



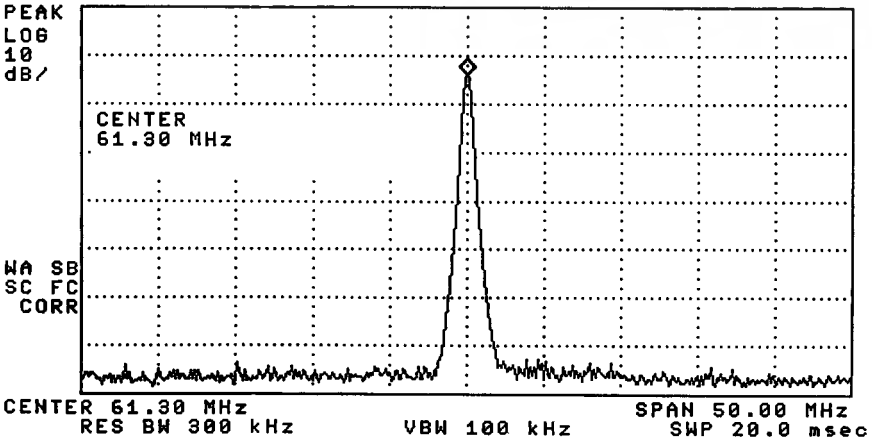
รูปที่ 6.3.1

REF 10.0 dBm #AT 20 dB



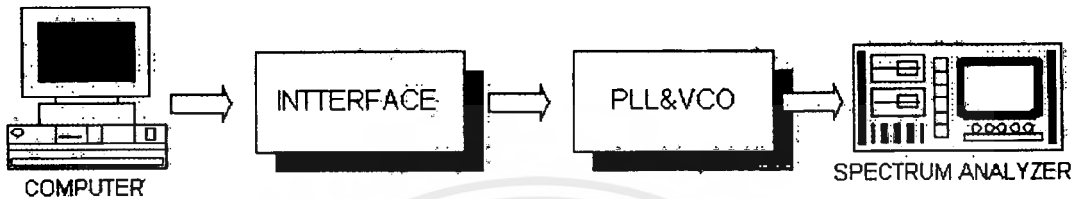
รูปที่ 6.3.2

REF 10.0 dBm #AT 20 dB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 6.3.3 ที่วิทยาลัยศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุของช่อง 5 ถึงช่อง 12 น้ภาค PHASE LOCK LOOP & VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ของ BAND III ต่อเข้ากับภาคอินเตอร์เฟสของ BAND III การทดสอบโดยการใช้ SPECTRUM ANALYZER วัดสัญญาณที่ OUTPUT ของภาค VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR โดยตั้ง ATT ไว้ที่ 20 dB และ VBW ไว้ที่ 100 KHz แล้วทำการ RUN PROGRAM ทดสอบโดยการสั่งทางคอมพิวเตอร์ เลือกช่องความถี่ตั้งแต่ช่อง 5 ถึงช่อง 12 ผลของการต่อวัดสัญญาณได้แสดงดังรูป ซึ่ง PLOT ออกทางเครื่องพิมพ์ในแต่ละช่องความถี่ที่วัดและตารางแสดงผลการทดลองข้างล่าง



ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 5 ได้ดังรูปที่ 6.3.4 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 6 ได้ดังรูปที่ 6.3.5 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 7 ได้ดังรูปที่ 6.3.6 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 8 ได้ดังรูปที่ 6.3.7 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 9 ได้ดังรูปที่ 6.3.8 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 10 ได้ดังรูปที่ 6.3.9 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 11 ได้ดังรูปที่ 6.3.10 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 12 ได้ดังรูปที่ 6.3.11 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง

CHANNEL	FREQUENCY	POWER
5	175.30 MHz	-0.87 dBm
6	182.30 MHz	-1.14 dBm
7	189.30 MHz	-1.82 dBm
8	196.30 MHz	-2.43 dBm
9	203.30 MHz	-2.69 dBm
10	210.30 MHz	-2.23 dBm
11	217.30 MHz	-1.26 dBm
12	223.30 MHz	-1.31 dBm

ตารางแสดงผลการทดลองวัดความถี่และกำลังส่งของสัญญาณที่ได้ของ VCO BAND III

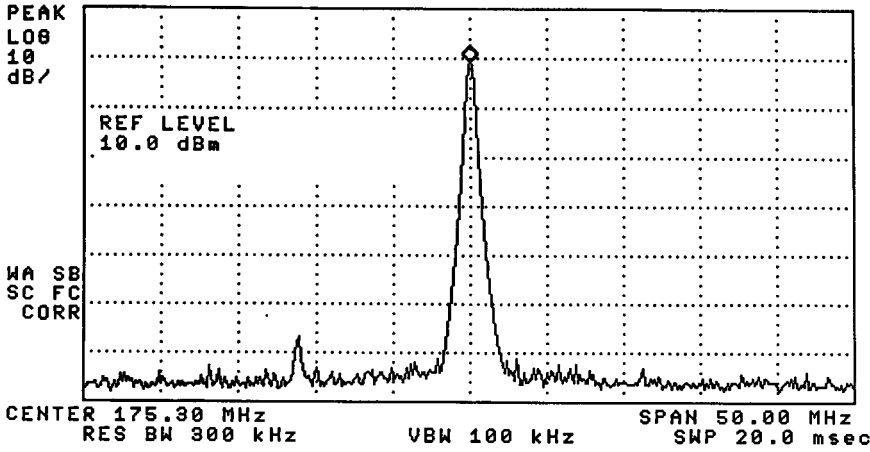
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22:04:53 10 MAR 1999

94

MKR 175.30 MHz
-0.87 dBm

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

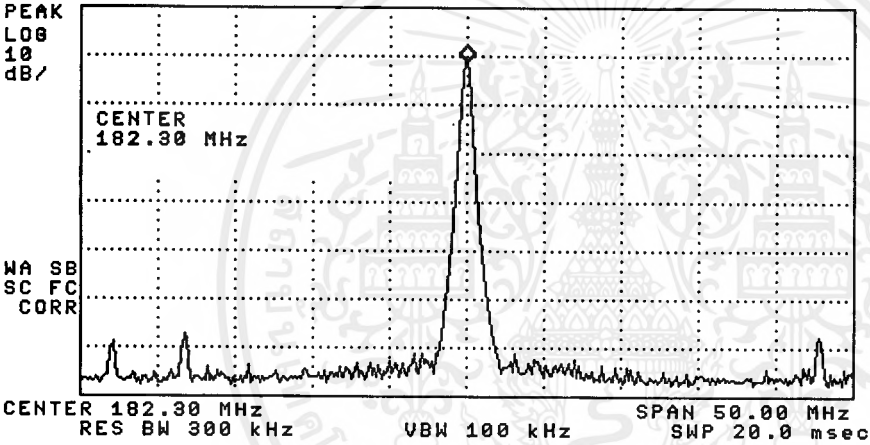


รูปที่ 6.3.4

22:05:09 10 MAR 1999

MKR 182.30 MHz
-1.14 dBm

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

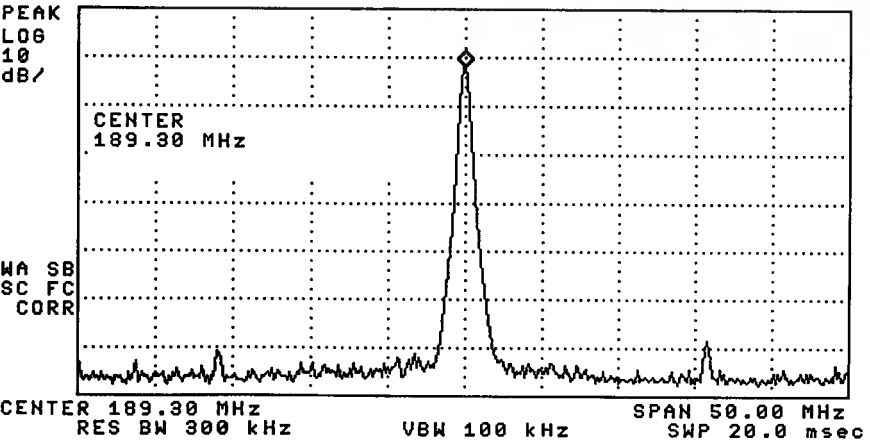


รูปที่ 6.3.5

22:05:19 10 MAR 1999

MKR 189.30 MHz
-1.82 dBm

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

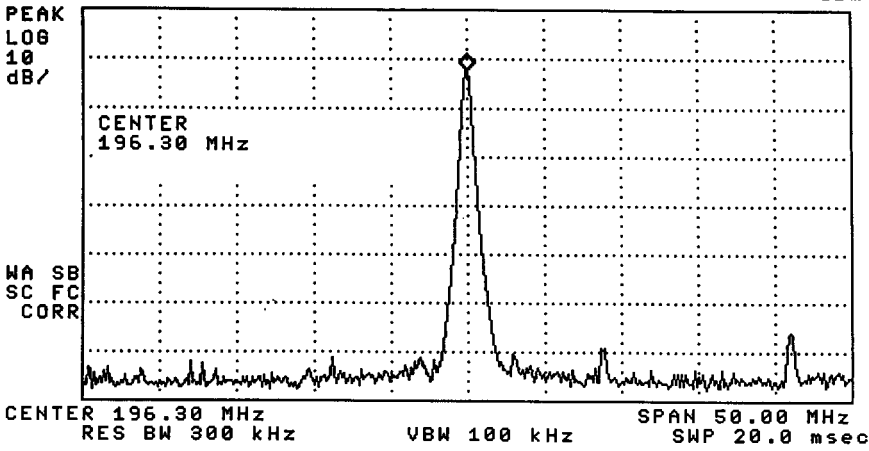


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 6.3.6 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22:06:07 10 MAR 1999

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

MKR 196.30 MHz
-2.43 dBm

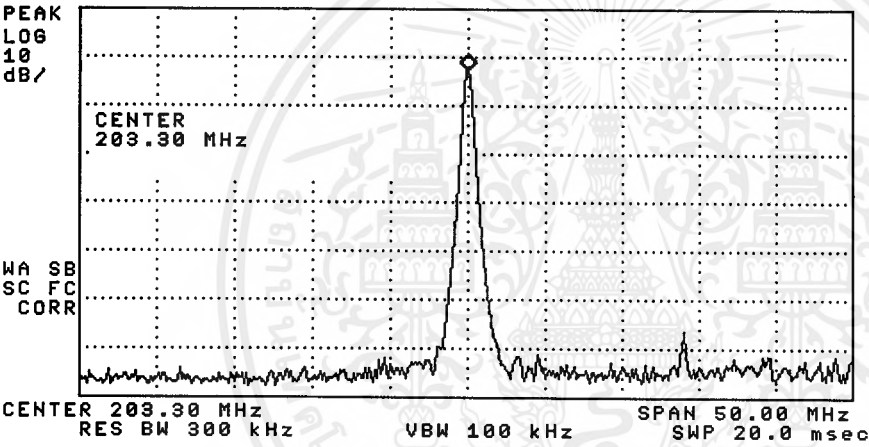


รูปที่ 6.3.7

22:06:36 10 MAR 1999

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

MKR 203.30 MHz
-2.69 dBm

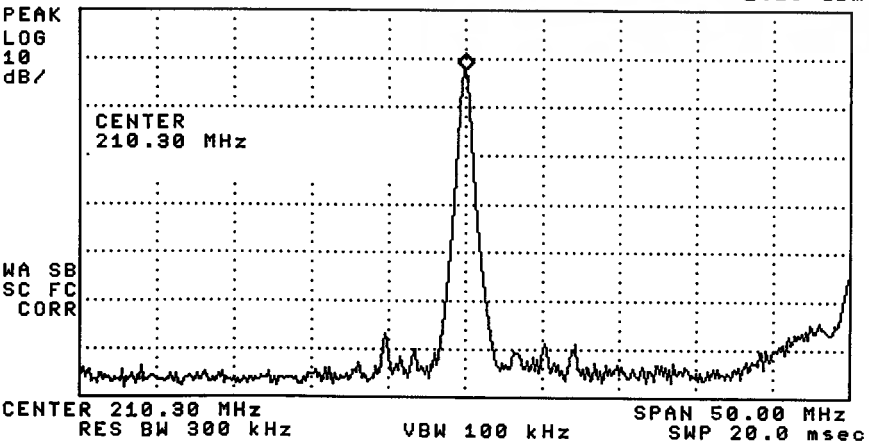


รูปที่ 6.3.8

22:06:59 10 MAR 1999

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

MKR 210.30 MHz
-2.23 dBm

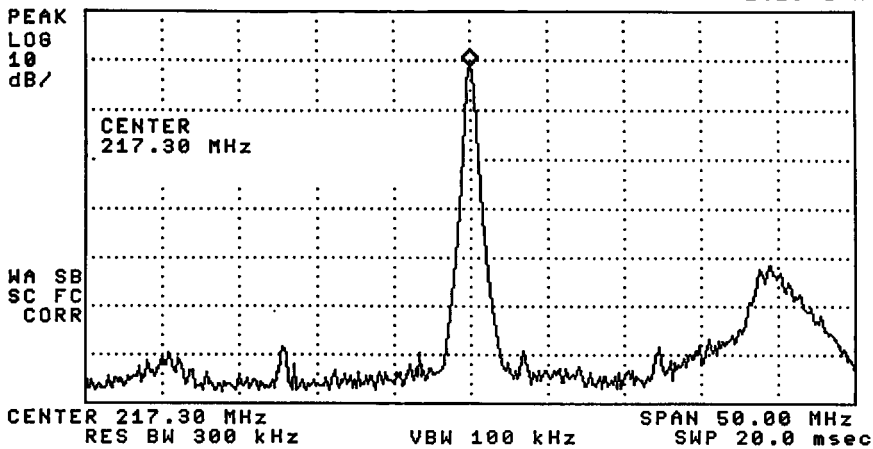


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 6.3.9 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22:08:22 10 MAR 1999

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

MKR 217.30 MHz
-1.26 dBm

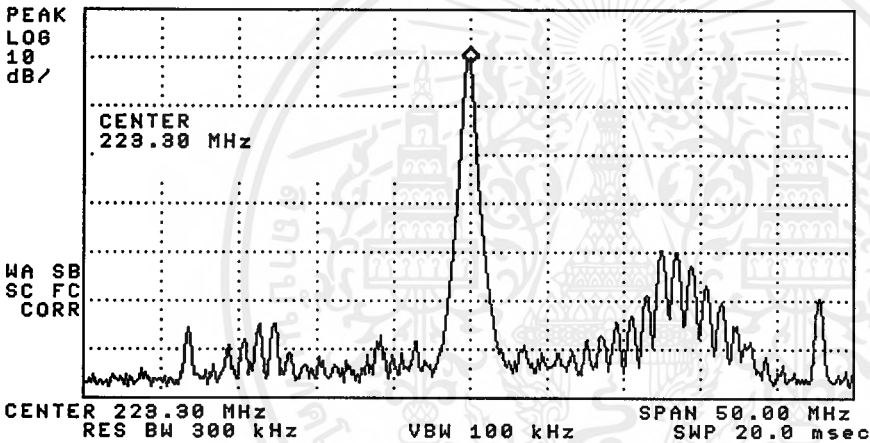


รูปที่ 6.3.10

22:08:43 10 MAR 1999

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

MKR 223.30 MHz
-1.31 dBm

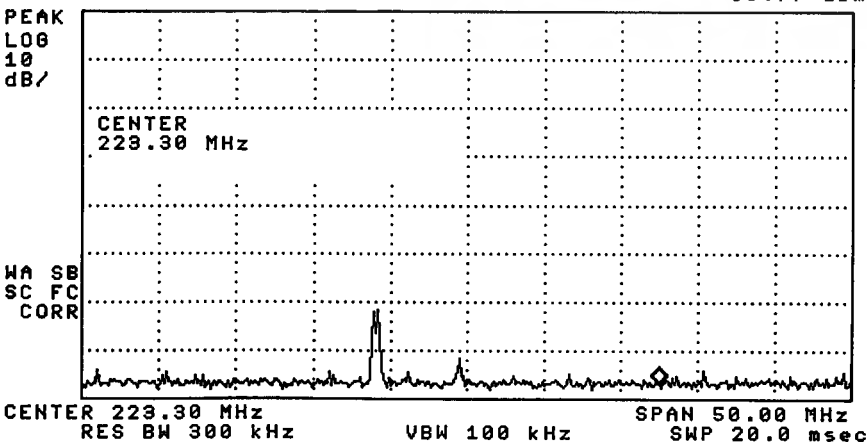


รูปที่ 6.3.11

22:09:09 10 MAR 1999

REF 10.0 dBm #AT 20 dB

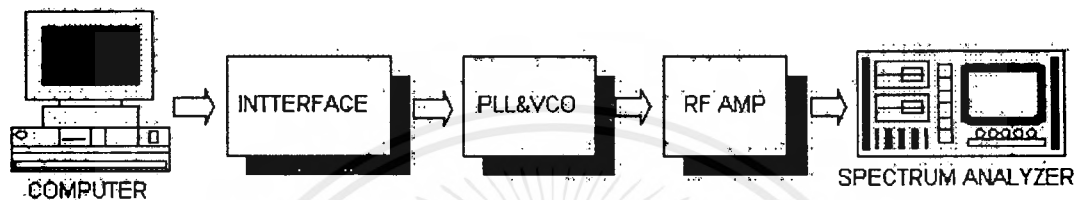
MKR 235.80 MHz
-66.77 dBm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การทดลองภาคขยายสัญญาณความถี่ RF

การทดสอบภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุของช่อง 2 ถึงช่อง 4 นำภาค RF AMPLIFIER ของ BAND I ต่อเข้ากับภาค PHASE LOCK LOOP & VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ของ BAND I การทดสอบโดยการใช้ SPECTRUM วัดสัญญาณที่ OUTPUT ของภาค RF AMPLIFIER โดยตั้ง ATT ที่ 30 dB และ VBW ที่ 100 KHz แล้วทำการ RUN PROGRAM ทดสอบโดยการตั้งทางคอมพิวเตอร์ เลือกช่องความถี่ตั้งแต่ช่อง 2 ถึง ช่อง 4 ผลของการต่อวัดสัญญาณได้แสดงดังรูป ซึ่ง PLOT ออกทางเครื่องพิมพ์ในแต่ละช่องความถี่ที่วัดได้และตารางแสดงผลการทดลองข้างล่าง



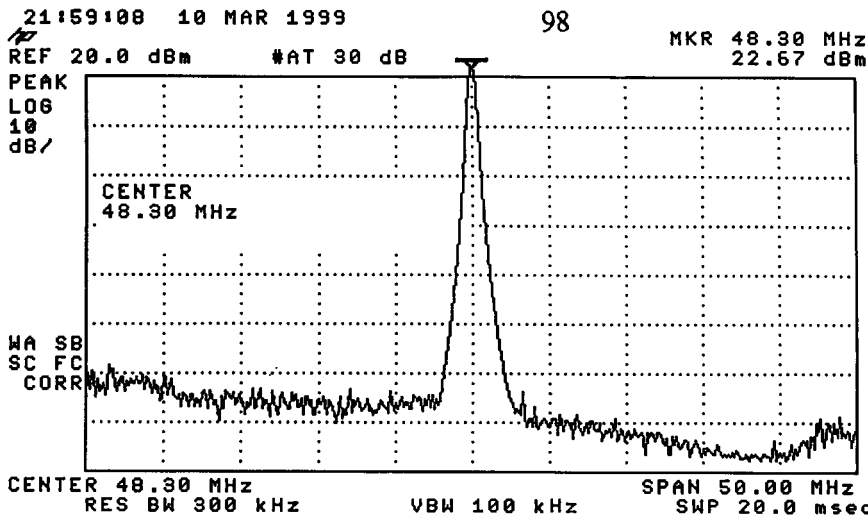
ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 2 ได้ดังรูปที่ 6.4.1 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง

ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 3 ได้ดังรูปที่ 6.4.2 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง

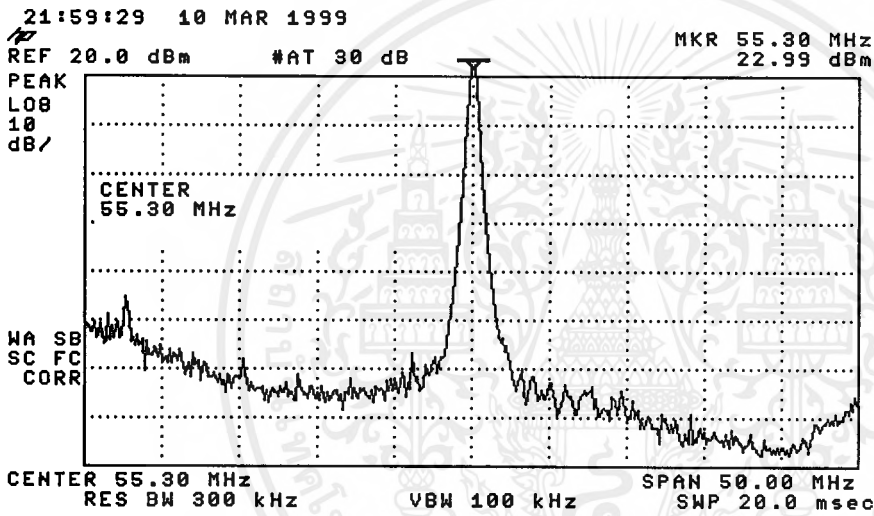
ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 4 ได้ดังรูปที่ 6.4.3 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง

CHANNEL	FREQUENCY	POWER
2	48.30 MHz	22.67 dBm
3	55.30 MHz	22.99 dBm
4	61.30 MHz	23.25 dBm

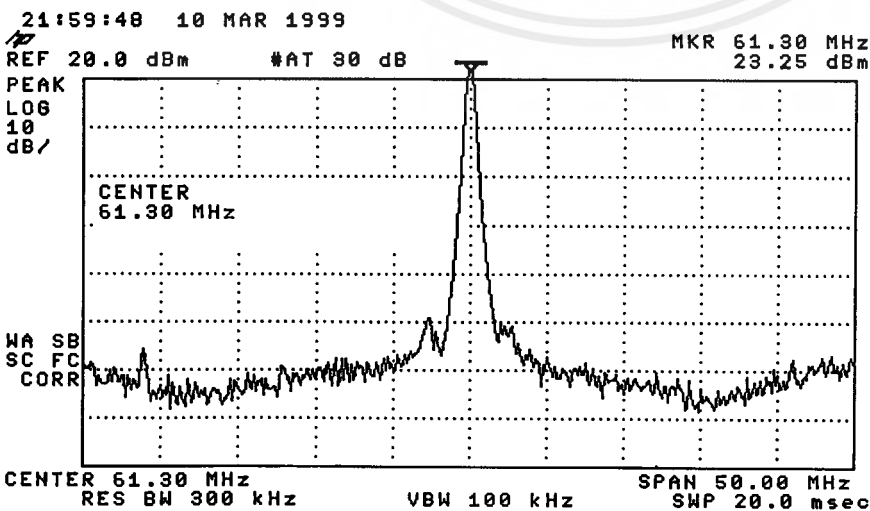
ตารางแสดงผลการทดลองวัดความถี่และกำลังส่งสัญญาณที่ได้ของ RF AMPLIFIER BAND I



รูปที่ 6.4.1



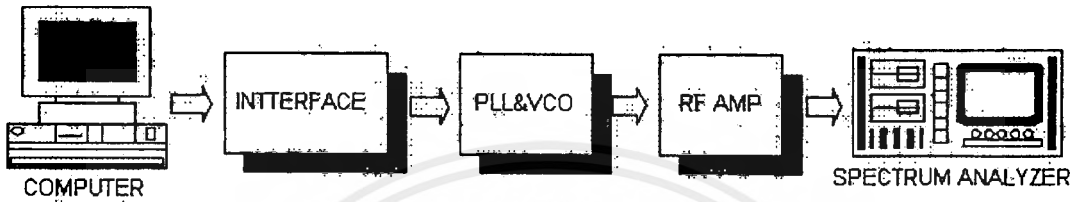
รูปที่ 6.4.2



รูปที่ 6.4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสั่งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุของช่อง 2 ถึงช่อง 4 นำภาค RF AMPLIFIER ของ BAND III ต่อเข้ากับภาค PHASE LOCK LOOP & VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR ของ BAND III การทดสอบโดยการใช้ SPECTRUM ANALYZER วัดสัญญาณที่ OUTPUT ของภาค RF AMPLIFIER โดยตั้ง ATT ไว้ที่ 30 dB และ VBW ไว้ที่ 100 KHz แล้วทำการ RUN PROGRAM ทดสอบโดยการสั่งทางคอมพิวเตอร์ เลือกช่องความถี่ตั้งแต่ช่อง 5 ถึง ช่อง 12 ผลของการต่อวัดสัญญาณ ได้แสดงดังรูป ซึ่ง PLOT ออกทางเครื่องพิมพ์ในแต่ละช่องความถี่ที่วัดได้และตารางแสดงผลการทดลอง ข้างล่าง



ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 5 ได้ดังรูปที่ 6.4.4 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 6 ได้ดังรูปที่ 6.4.5 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 7 ได้ดังรูปที่ 6.4.6 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 8 ได้ดังรูปที่ 6.4.7 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 9 ได้ดังรูปที่ 6.4.8 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 10 ได้ดังรูปที่ 6.4.9 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 11 ได้ดังรูปที่ 6.4.10 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง
 ผลการทดลองทดสอบ CHANNEL 12 ได้ดังรูปที่ 6.4.11 ค่าที่อ่านได้จากรูปแสดงดังตารางข้างล่าง

CHANNEL	FREQUENCY	POWER
5	175.30 MHz	17.82 dBm
6	182.30 MHz	17.89 dBm
7	189.30 MHz	18.32 dBm
8	196.30 MHz	18.34 dBm
9	203.30 MHz	18.01 dBm
10	210.30 MHz	17.56 dBm
11	217.30 MHz	17.03 dBm
12	223.30 MHz	16.52 dBm

ตารางแสดงผลการทดลองวัดความถี่และกำลังส่งของสัญญาณที่ได้ของ RF AMPLIFIER

BAND III

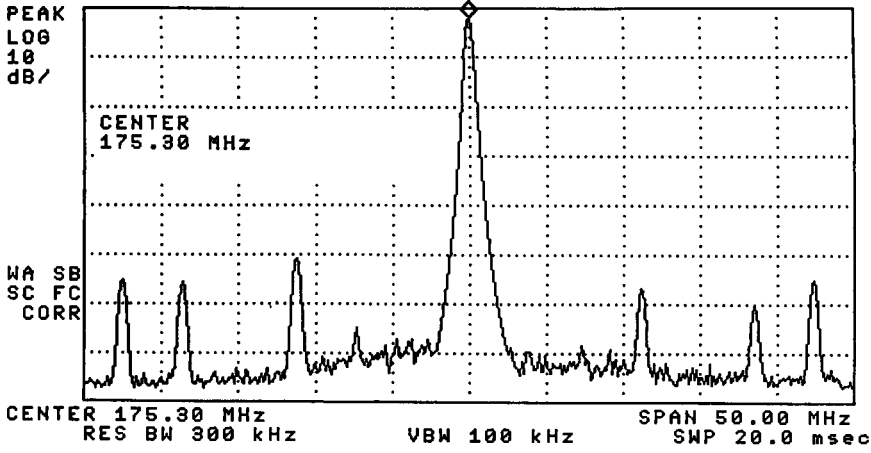
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21:43:37 10 MAR 1999

100

MKR 175.30 MHz
17.82 dBm

REF 20.0 dBm #AT 30 dB

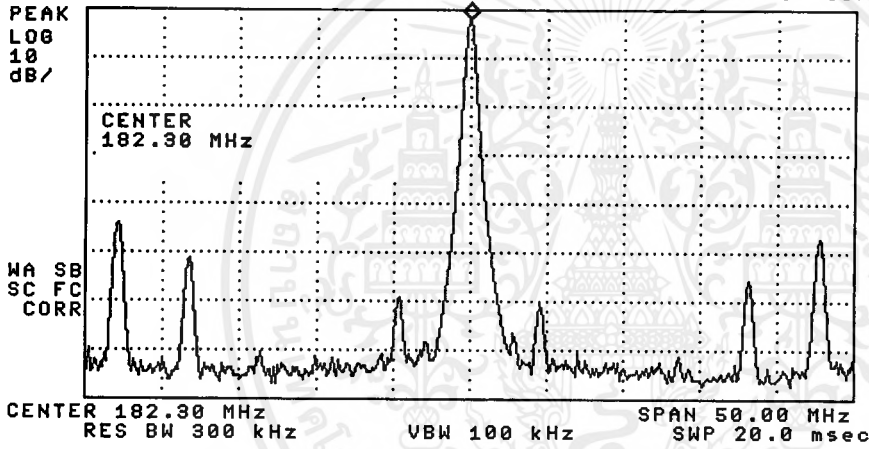


รูปที่ 6.4.4

21:44:02 10 MAR 1999

MKR 182.30 MHz
17.89 dBm

REF 20.0 dBm #AT 30 dB

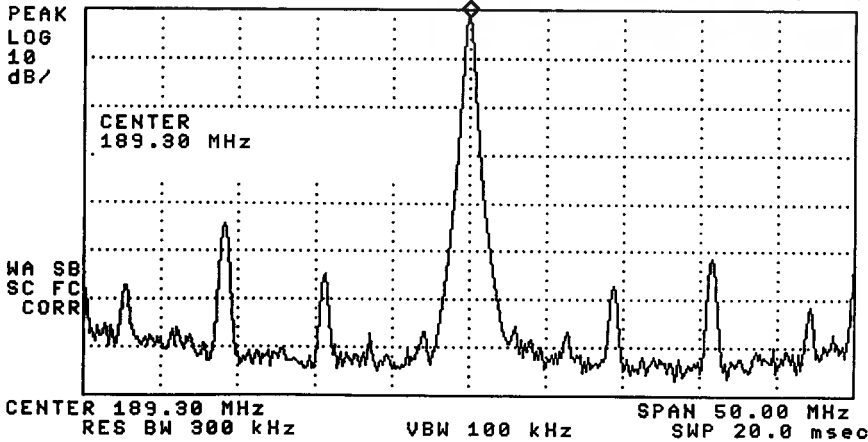


รูปที่ 6.4.5

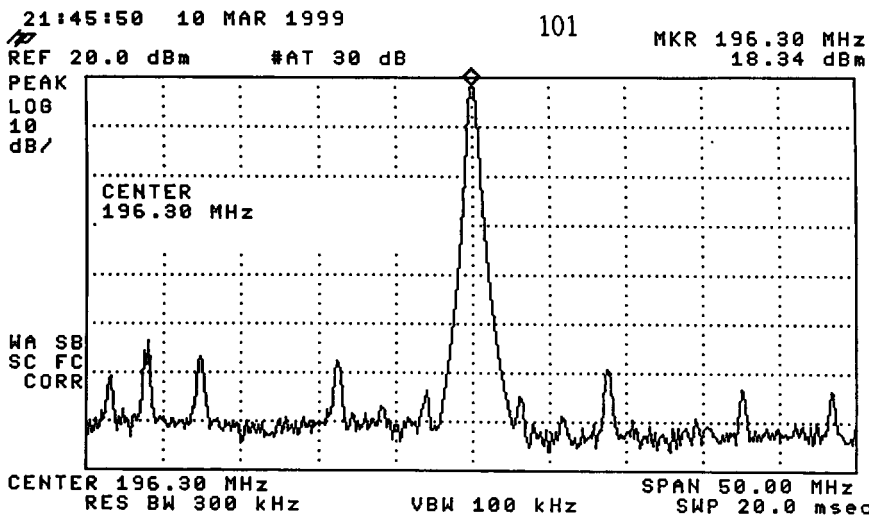
21:44:22 10 MAR 1999

MKR 189.30 MHz
18.32 dBm

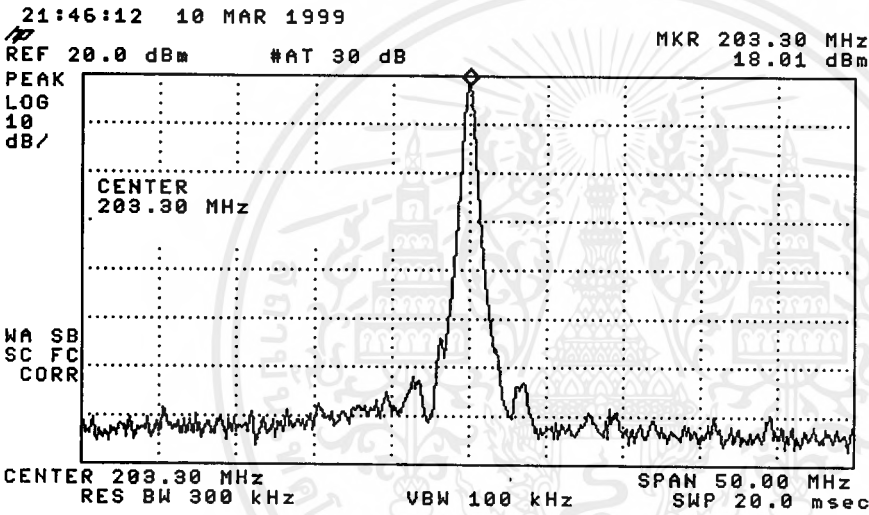
REF 20.0 dBm #AT 30 dB



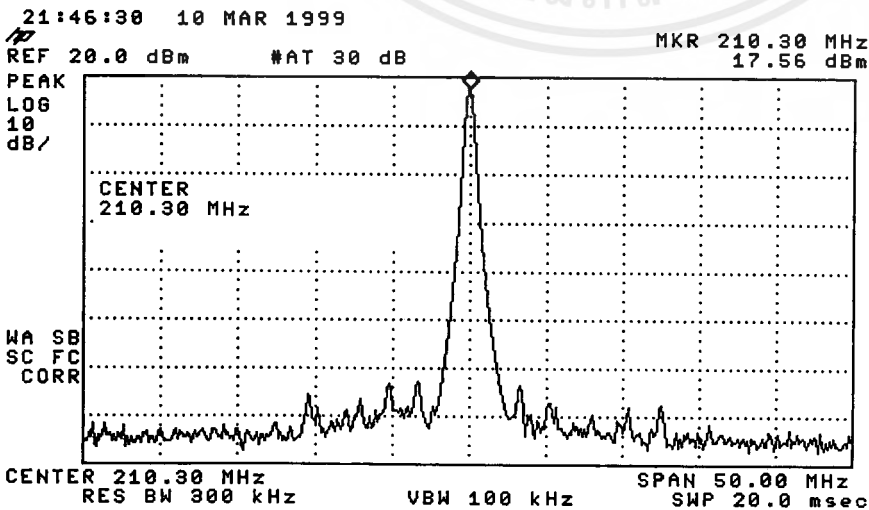
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4.7



รูปที่ 6.4.8



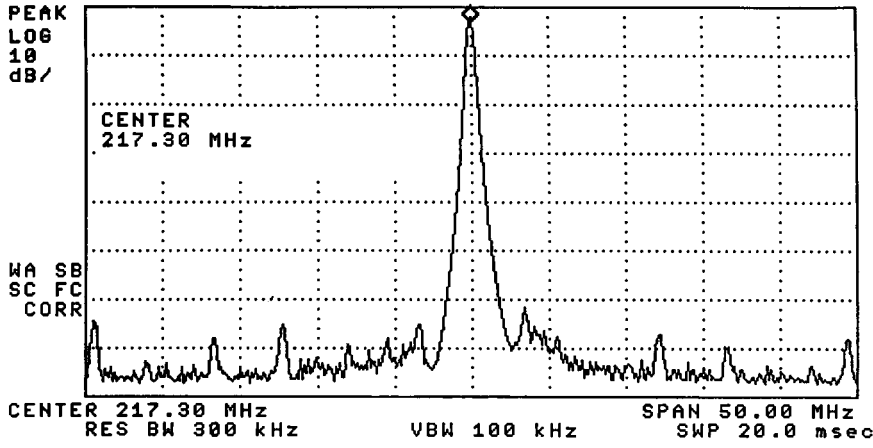
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21:48:04 10 MAR 1999

102

MKR 217.30 MHz
17.03 dBm

REF 20.0 dBm #AT 30 dB

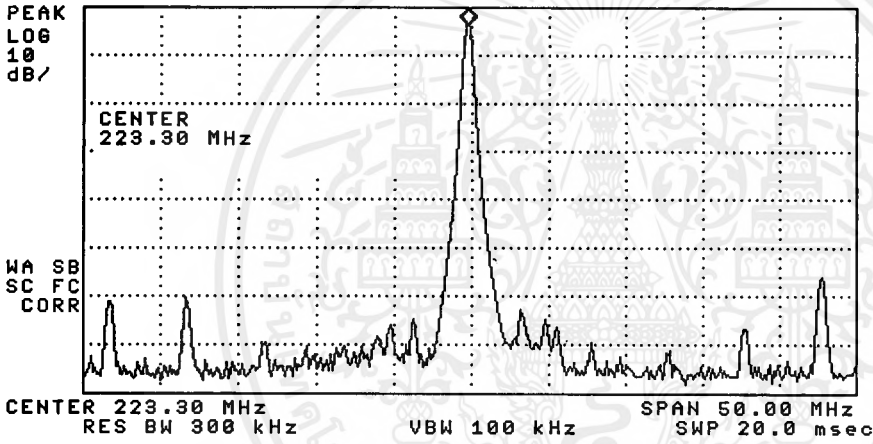


รูปที่ 6.4.10

21:48:33 10 MAR 1999

MKR 223.05 MHz
16.52 dBm

REF 20.0 dBm #AT 30 dB

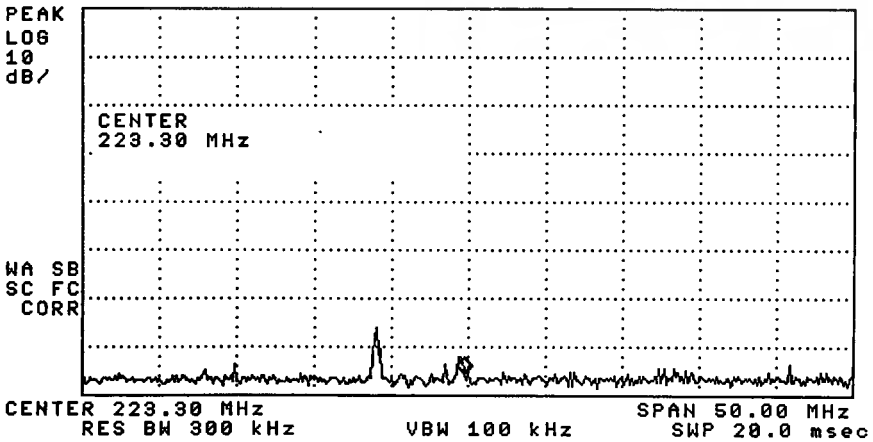


รูปที่ 6.4.11

21:49:30 10 MAR 1999

MKR 223.05 MHz
-55.73 dBm

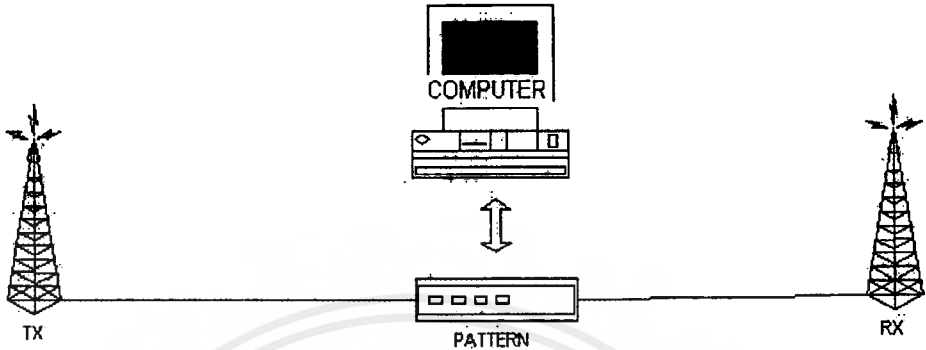
REF 20.0 dBm #AT 30 dB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

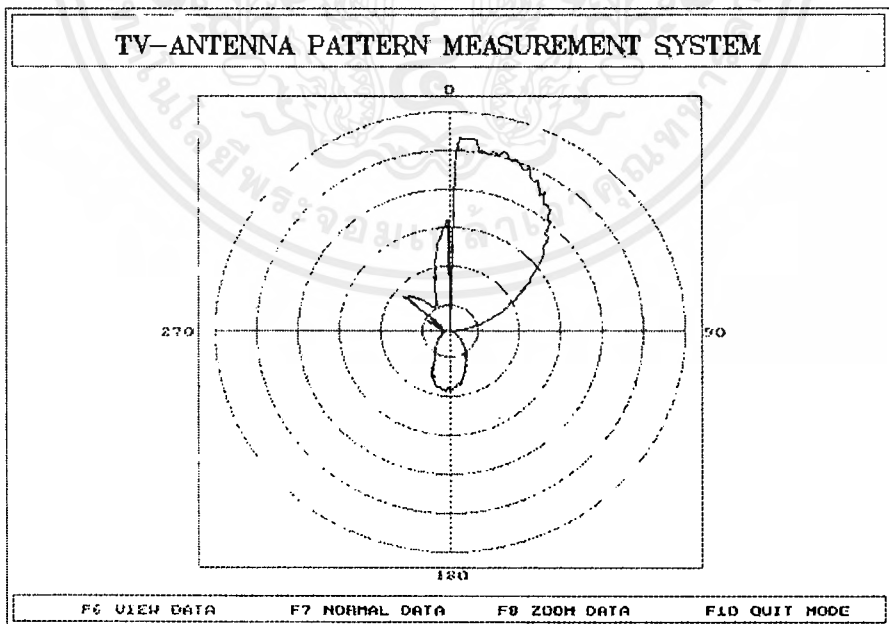
6.5 การทดลองทดสอบ PLOT รูป PATTERN โดยใช้สายอากาศยาก็ 5 ELEMENT

การทดสอบเพื่อดูรูปแบบ PATTERN ของสายอากาศ โดยการนำสายอากาศยาก็ขนาด 5 element ต่อเข้ากับฐานควบคุมการหมุนของสายอากาศทางภาครับสัญญาณ โดยการต่อระบบทั้งหมดเข้าด้วยกัน ดังรูปข้างล่าง หลังจากนั้นทำการ RUN PROGRAM เพื่อทำการทดสอบโดยมีขั้นตอนดังนี้



ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL

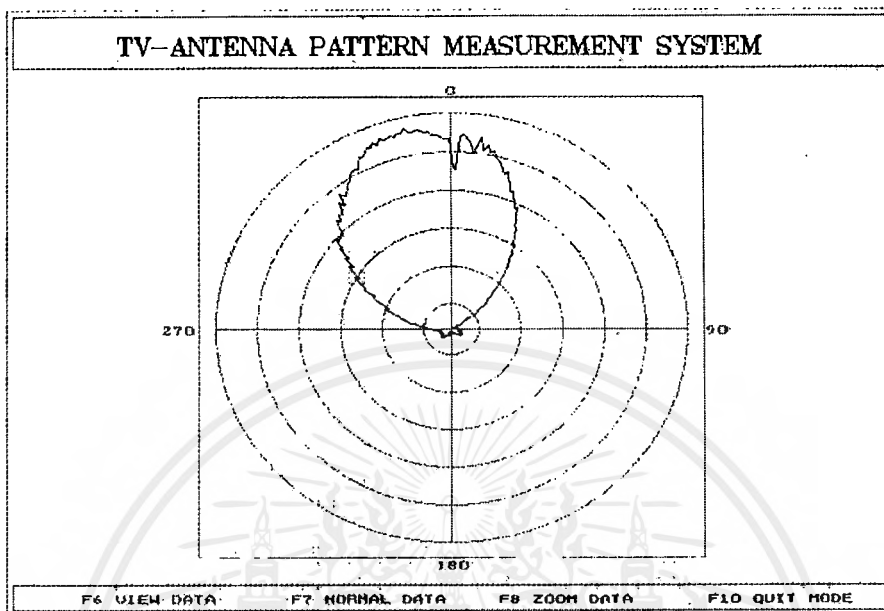
เลือกช่องความถี่ช่อง 5 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศา ผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.1



รูปที่ 6.5.1 แสดงผลการทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 5

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 6

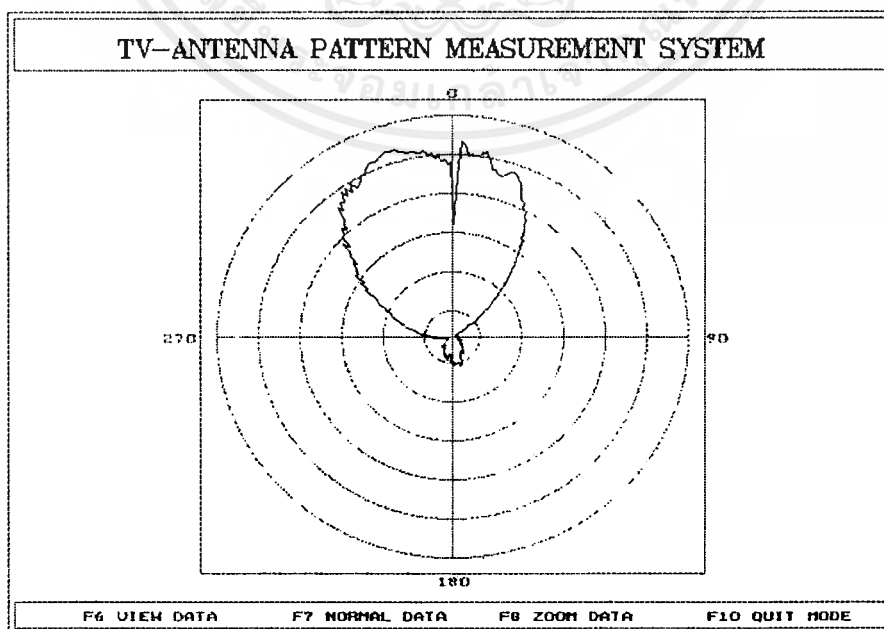
เลือกช่องความถี่ช่อง 6 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศาผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.2



รูปที่ 6.5.2 แสดงผลการทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 6

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 7

เลือกช่องความถี่ช่อง 7 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศาผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.3

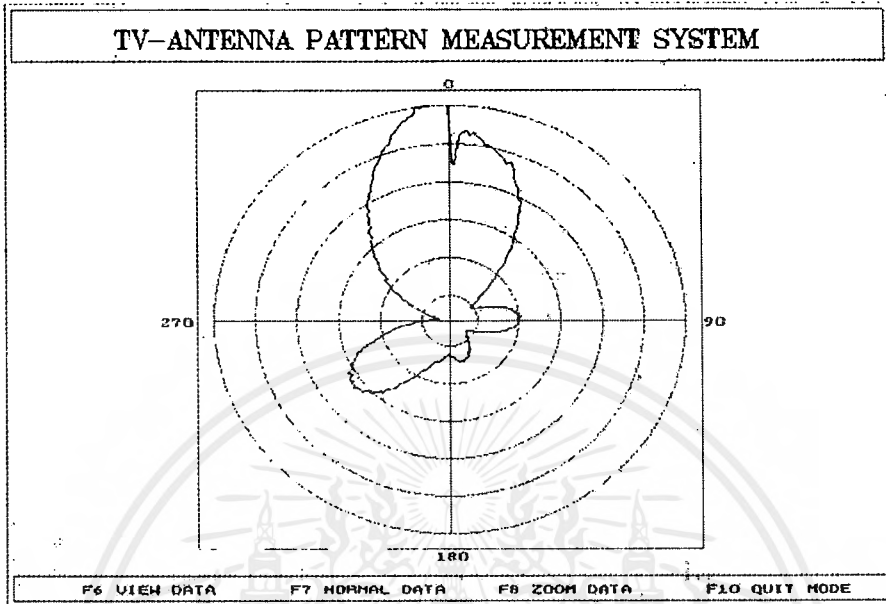


รูปที่ 6.5.3 แสดงผลการทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 8

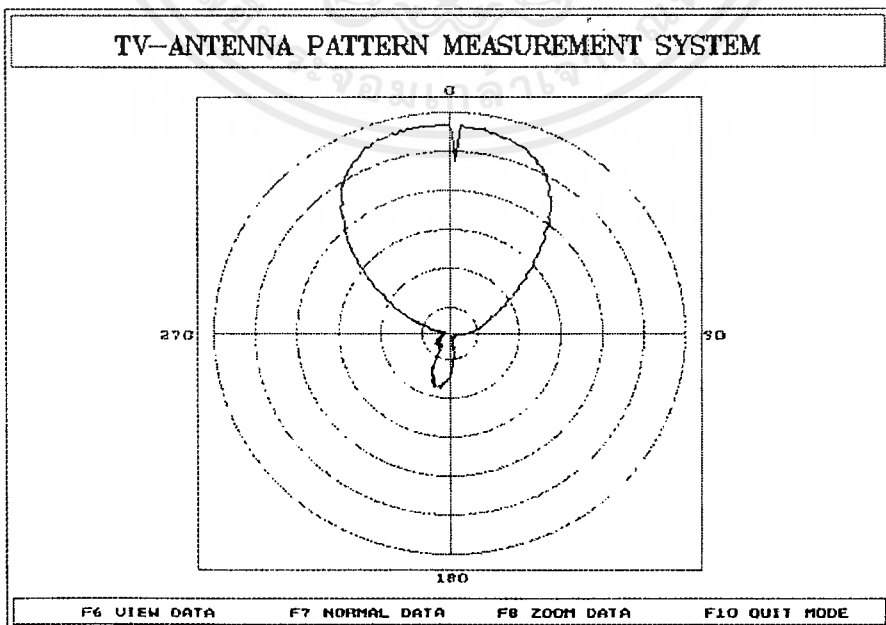
เลือกช่องความถี่ช่อง 8 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศา ผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.4



รูปที่ 6.5.4 แสดงผลการทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 8

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 9

เลือกช่องความถี่ช่อง 9 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศา ผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.5

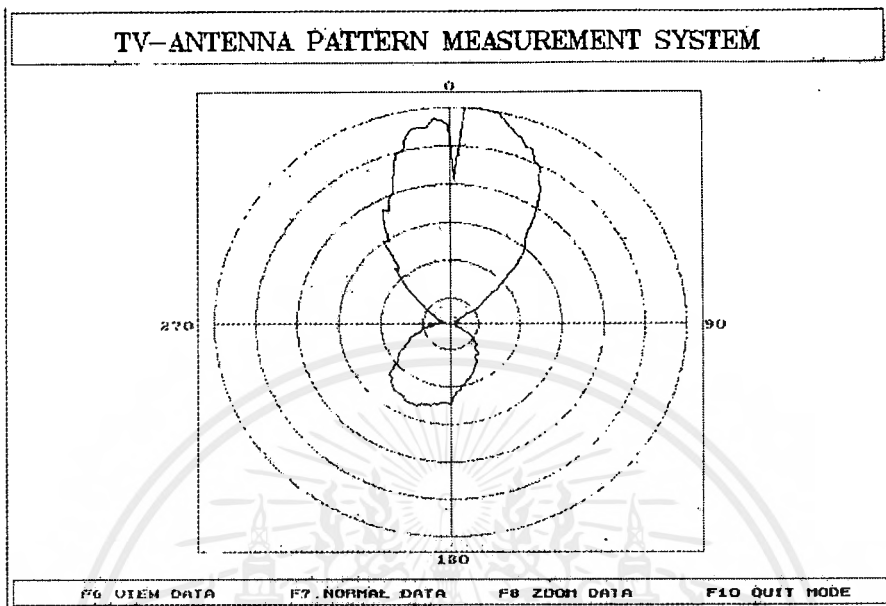


รูปที่ 6.5.5 แสดงผลการทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 10

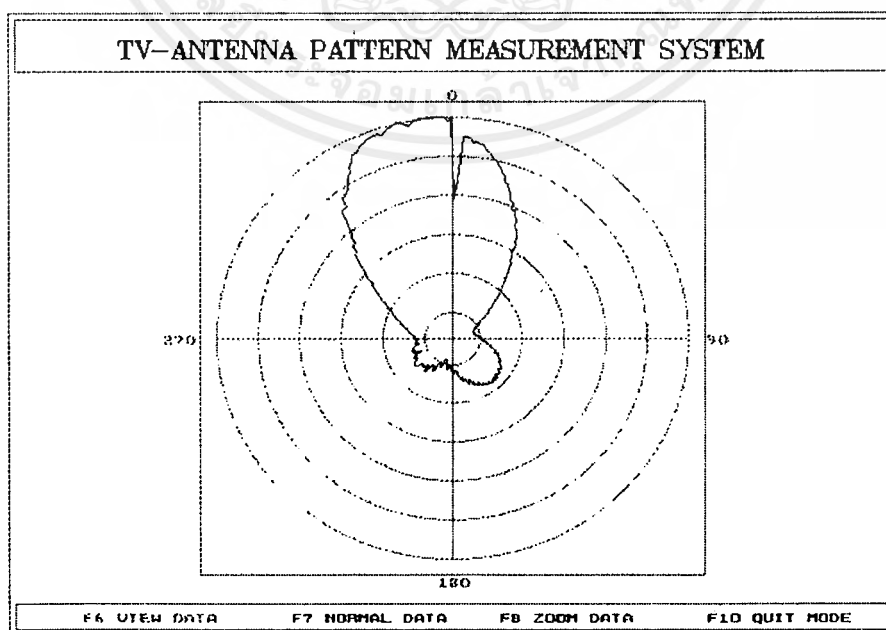
เลือกช่องความถี่ช่อง 10 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศาผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.6



รูปที่ 6.5.6 แสดงผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 10

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 11

เลือกช่องความถี่ช่อง 11 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศาผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.7

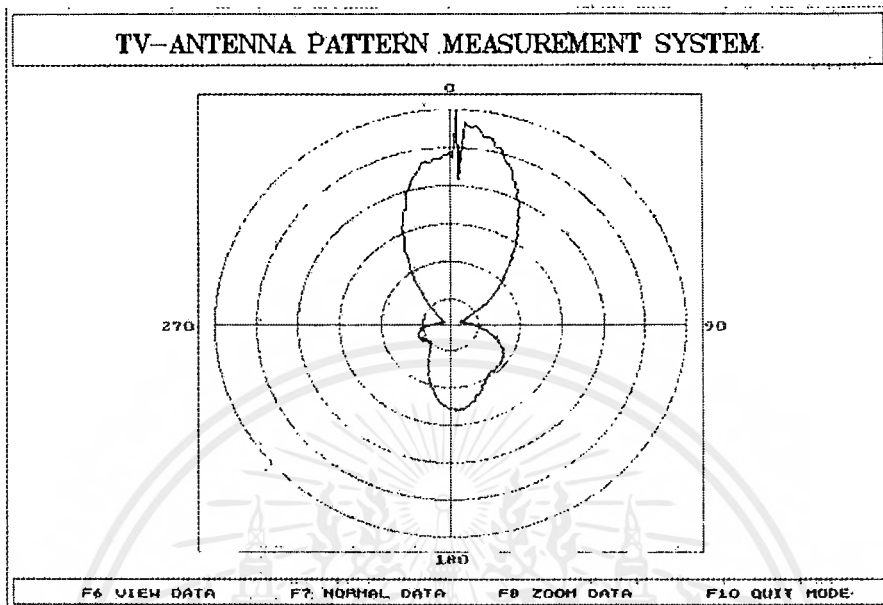


รูปที่ 6.5.7 แสดงผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองทดสอบ PLOT PATTERN ที่ CHANNEL 12

เลือกช่องความถี่ช่อง 12 สำหรับทดสอบ หลังจากนั้นเลือก Step องศาที่ต้องการเพื่ออ่านค่าที่ต้องการให้แสดงผลบนจอมอนิเตอร์ ผลการทดลองเลือก step 1 องศา แล้วเริ่ม Start หมุนสายอากาศจนครบ 360 องศา ผลของรูป PATTERN ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.6.8



รูปที่ 6.5.8 แสดงผลการทดสอบ PLOT PATTERN ช่อง 12

บทที่ 7

บทสรุปปัญหาแนวทางแก้ไขและพัฒนา

7.1 บทสรุป

โครงการระบบวัดการแพร่กระจายคลื่นของทีวี เป็นการทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศทีวีในย่าน VHF ประกอบไปด้วยย่านความถี่ของช่อง 2 ถึงช่อง 12 การทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในโครงการนี้จะทดสอบทางด้านภาครับ ซึ่งจะใช้สายอากาศที่ทดสอบเป็นตัวรับสัญญาณ

การทำงานของระบบประกอบไปด้วยภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุของความถี่ช่อง 2 จนถึงช่อง 4 ในย่าน Band I และภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุของความถี่ช่อง 5 จนถึงช่อง 12 ในย่าน Band III ส่วนประกอบของภาคกำเนิดสัญญาณประกอบด้วย PHASE LOCK LOOP (PLL) และ VOLTAGE CONTROL OSCILLATOR (VCO) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุที่ต้องการนำไปทดสอบและภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ เพื่อให้ความถี่ที่ส่งออกไปมีความเหมาะสมสำหรับทางภาครับ ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับระยะห่างระหว่างภาคส่งและภาครับ ทำให้ภาครับสามารถรับความแรงสัญญาณได้พอดีเมื่อนำไปแสดงทางคอมพิวเตอร์ ภาคขยายสัญญาณประกอบไปด้วยภาคขยายในย่าน Band I และภาคขยายในย่าน Band III แยกอิสระจากกัน

การทำงานทางภาครับสัญญาณประกอบไปด้วยภาครับสัญญาณความถี่วิทยุในย่านทีวี สามารถรับสัญญาณที่ความถี่ช่อง 2 ถึงช่อง 12 ความถี่ที่รับได้จะถูกแปลงให้เป็นความถี่ปานกลาง ความแรงของสัญญาณที่ได้จะมีค่าแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับทิศทางการรับสัญญาณ ความถี่ปานกลางจะถูกนำไปยังภาค Detector แปลงเป็นระดับแรงดันไฟ DC ระดับแรงดันที่ได้จะมีค่าที่ต่ำมากซึ่งจะต้องแปลงระดับแรงดันให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ระดับแรงดัน DC จะนำไปแปลงสัญญาณ DIGITAL เพื่อนำไปเข้าโปรแกรม Plot เป็น Pattern ออกมา

ในส่วนของภาครับสัญญาณจะใช้ TUNER ทีวี เป็นตัวรับสัญญาณแล้วแปลงเป็นความถี่ปานกลาง สัญญาณความถี่ปานกลาง จะถูก Detect แปลงเป็นระดับแรงดัน DC

7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ

ปัญหาที่เกิดจากโครงการนี้ ส่วนหลักจะอยู่ที่ภาคส่งเนื่องความถี่ที่ใช้งานจะมีความถี่สูง จะทำให้เกิดปัญหาสัญญาณรบกวนและการออกแบบวงจรและอุปกรณ์สำหรับนำมาใช้จะหายาก ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดจากโครงการ คือ

1. จากการทดลองการทำงานของภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่อยู่ที่ PLL ความถี่จะเลื่อน (Frequency Shifting) ทำให้การ LOCK ความถี่นั้นทำได้ยาก ขึ้นอยู่กับการออกแบบลายวงจรพิมพ์

2. ในส่วนของอุปกรณ์ อุปกรณ์ส่วนใหญ่ไม่ได้มาตรฐาน ไม่สามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติของตัวมันเอง ซึ่งจะต้องหาอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานพอสมควร

3. ปัญหาของภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ เป็นปัญหาสำคัญที่สุด คือ ไม่สามารถควบคุม NOISE ให้ลดลงได้ตลอดย่านความถี่เนื่องจากย่านความถี่กว้างมาก อยู่ที่มีการออกแบบวงจรและลายวงจรพิมพ์

4. ปัญหาเรื่องการควบคุมอัตราขยายของวงจร เพื่อให้เท่ากันตลอดย่านความถี่ และควมมีเสถียรภาพของอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติของตัวมันเอง



บรรณานุกรม

1. เจน สงสมพันธุ์. “ โทรทัศน์สีภาคสนาม ” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิชาการโรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพ โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพ , 2534
2. วันชัย คุณากรวงศ์. “ การคำนวณวงจรทรานซิสเตอร์ ” พิมพ์ครั้งที่ 1 : โครงการตำราเรียนสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
3. วันชัย คุณากรวงศ์. “ ออปแอมป์ ” พิมพ์ครั้งที่ 2 : โครงการตำราเรียน สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
4. พิชัย ภักดีพาณิชย์เจริญ. “ ทฤษฎีและการใช้งานย่านไมโครเวฟ ” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : โครงการตำราเรียนสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , 2536
5. กฤษ สุขสำราญจิตต์. “ Broadband Communications Journal. ” ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรุงเทพมหานคร : บริษัท ยูไนเต็คคอมมูนิเคชั่น อินดัสตรี จำกัด (มหาชน) , 2540
6. ชัยวัฒน์ ลีมพรจิตรวิไล. “ เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 126 ” พิมพ์ครั้งที่ 1 : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2536
7. VHF 2 KW TV Transmitters. “ Instruction Manual VOL I (PCN-1402SH/1) ” : NEC Corporation Tokyo . JAPAN
8. FM Broadcast Transmitters. “ Instruction Manual (FM-1.5 Kilowatt) ” : Broadcast Electroncs , 1989
9. Technical Information Center. “ Motorola RF Data Manual ” First Printing : Motorola Inc, 1983



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

WELCOME TO PROGRAM TEST

F1 SELECT CHANNEL F2 RUN PATTERN F3 OPEN FILE F4 SAVE FILE ESC QUIT

จากรูปเป็นการแสดงหน้าจอในขณะเข้าสู่โปรแกรม PLOT PATTERN เมื่อเข้าสู่โปรแกรมครั้งแรก จะปรากฏ MENU ให้ทำการเลือก MENU F1 SELECT, F2 RUN PATTERN, F3 OPEN PATTERN, F4 SAVE FILE OR ESC QUIT

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

SELECT CHANNEL TV =

จากเป็นการแสดงหน้าจอเมื่อกด F1 SELECT CHANNEL เพื่อทำการเลือกช่องที่ต้องการทดสอบ (ช่อง 2 ถึง ช่อง 12) ให้ใส่ช่องที่ต้องการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

SELECT CHANNEL TV =

PLEASE SELECT CHANNEL 2-12 !

จากรูปเป็นการแสดงเมื่อเลือกช่องที่ไม่อยู่ในช่วงของช่อง 2 ถึงช่อง 12 หน้าจอจะแสดงข้อความ " PLEASE SELECT CHANNEL 2-12 ! " ให้ใส่ช่องใหม่อีกครั้ง

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

SELECT DEGREE =

จากรูปเป็นการแสดงเมื่อทำการกด F2 RUN PATTERN เพื่อเลือกองศาที่ต้องการให้ MOTOR หยุดหมุนเพื่ออ่านค่ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำและแสดงบนจอภาพทีละองศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

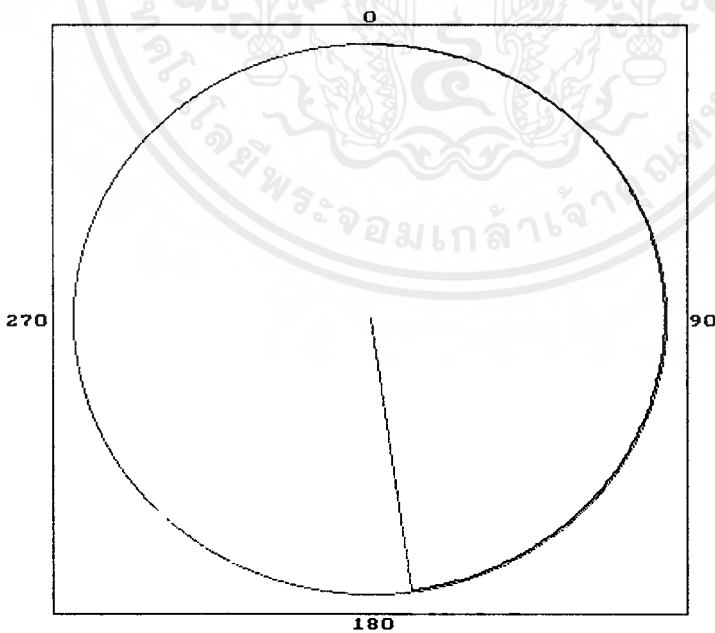
SELECT DEGREE = 1

PLEASE SELECT DEGREE 1-360 !

F9 START

เมื่อเลือกทิศทางการหมุนแล้ว จะปรากฏ MENU F9 START ให้ทำการกด F9 START เพื่อทำการหมุน STEPPING MOTOR โปรแกรมจะอ่านค่า DATA เข้ามาและแสดงบนจอภาพ

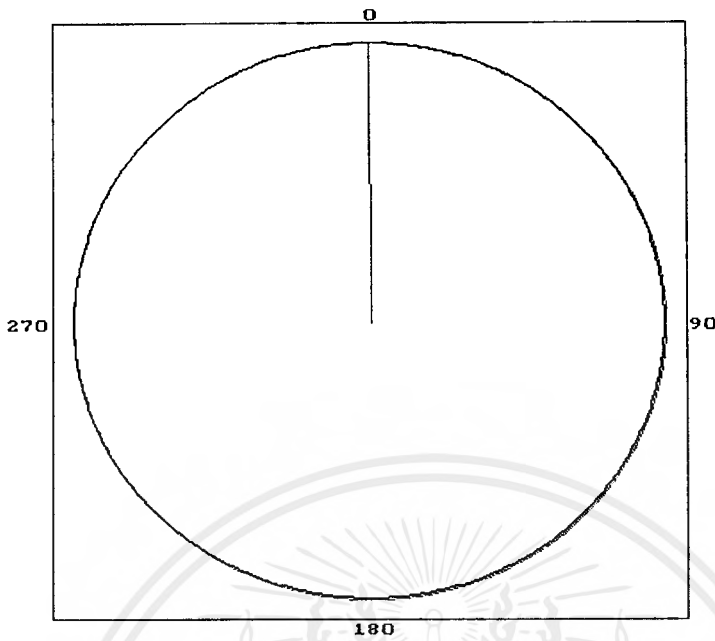
TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM



จากรูปเป็นการแสดงรูปแบบ PATTERN ของสายอากาศในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

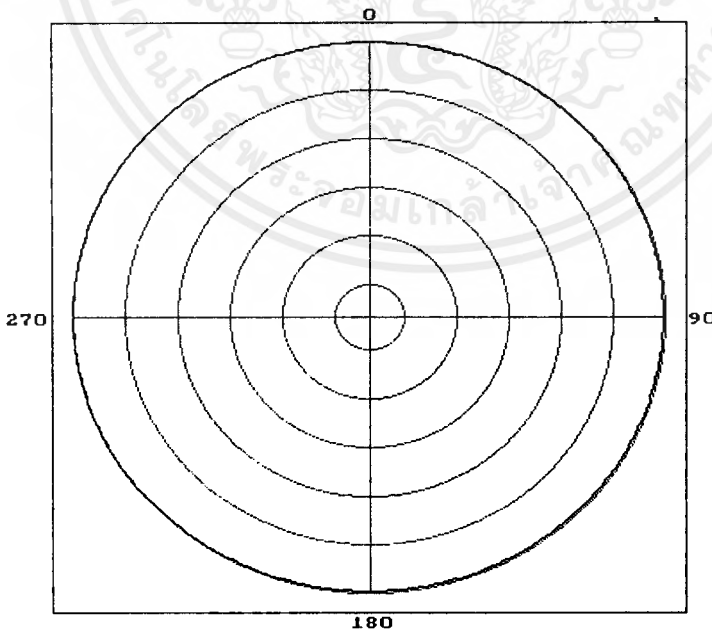


F6 VIEW DATA

F10 QUIT MODE

จากรูปเป็นการแสดงหน้าจอเมื่อทำการหมุนทดสอบสายอากาศเรียบร้อยแล้ว จะปรากฏ MENU F6 VIEW DATA และ F10 QUIT MDE ให้ทำการเลือก F6 เพื่อดู PATTERN บน CIRCLE GRAPH หรือ F10 เพื่อออกจาก MODE เข้าสู่ MENU หลัก

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM



F6 VIEW DATA

F7 NORMAL DATA

F8 SOOM DATA

F10 QUIT MODE

เมื่อทำการกด F6 VIEW DATA จะปรากฏหน้าจอดังรูป หรือ กด F8 SOOM DATA เพื่อดูรูปที่เต็ม SCALE และ กด F7 NORMAL DATA เพื่อดู SCALE ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

OPEN FILE NAME:

จากรูปแสดงถึงการเปิดแฟ้มข้อมูล เมื่อ กด F3 OPEN FILE เพื่อทำการเปิดแฟ้มที่ได้เก็บไว้ออกมาดู ให้ใส่ชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการเปิด

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

CANNOT OPEN FILE !

SELECT F10 TO QUIT MODE !

F6 VIEW DATA

F10 QUIT MODE

จากรูปได้แสดงถึง ไม่สามารถเปิดแฟ้มข้อมูลได้ จะปรากฏข้อความดังรูป ให้ทำการกด F10 QUIT MODE เพื่อออกจาก MODE กลับไปสู่ MENU หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

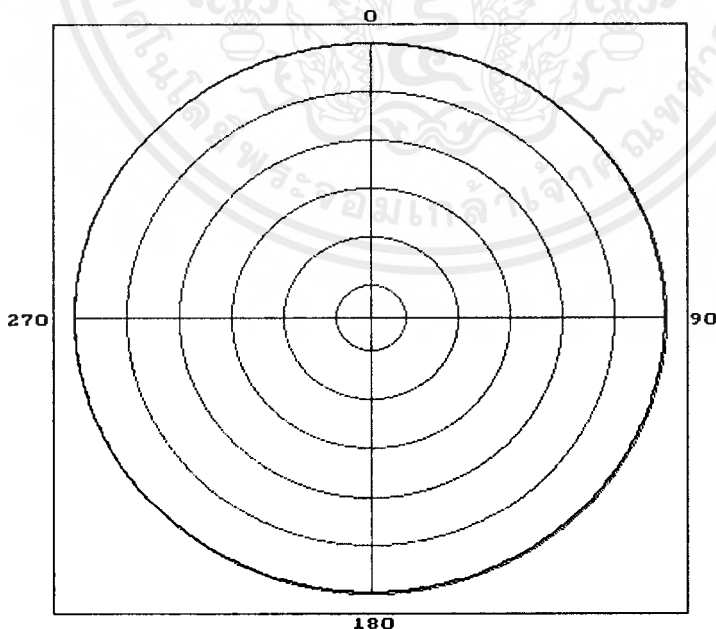
OPEN FILE READY !

F6 VIEW DATA

F10 QUIT MODE

เมื่อทำการใส่ชื่อ FILE ที่ต้องการเปิดเพิ่มข้อมูล ปรากฏว่ามีชื่อเพิ่มข้อมูล จะปรากฏ MENU F6 VIEW DATA ให้กด F6 ดูรูปแบบ PATTERN ของเพิ่มข้อมูลนั้น ถ้าไม่ต้องการ ให้กด F10 เพื่อออกจาก MODE การทำงาน กลับไปสู่ MENU หลัก

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM



F6 VIEW DATA

F7 NORMAL DATA

F8 SOOM DATA

F10 QUIT MODE

หลังจากกด F6 เพื่อดูรูปแบบ PATTERN แล้ว จะปรากฏ MENU ดังรูป ถ้าต้องการดูรูปแบบเต็ม SCALE ให้กด F8 SOOM DATA และถ้าต้องการดูในลักษณะเดิมให้กด F7 NORMAL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

SAVE FILE NAME =

จากรูปแสดงถึงการบันทึกเพิ่มข้อมูล เมื่อ กด F4 SAVE FILE เพื่อทำการบันทึกเพิ่มข้อมูลไปเก็บไว้ เมื่อปรากฏ
ดังรูปให้ใส่ชื่อเพิ่มข้อมูลที่ต้องการบันทึก

TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

SAVE FILE OK ?

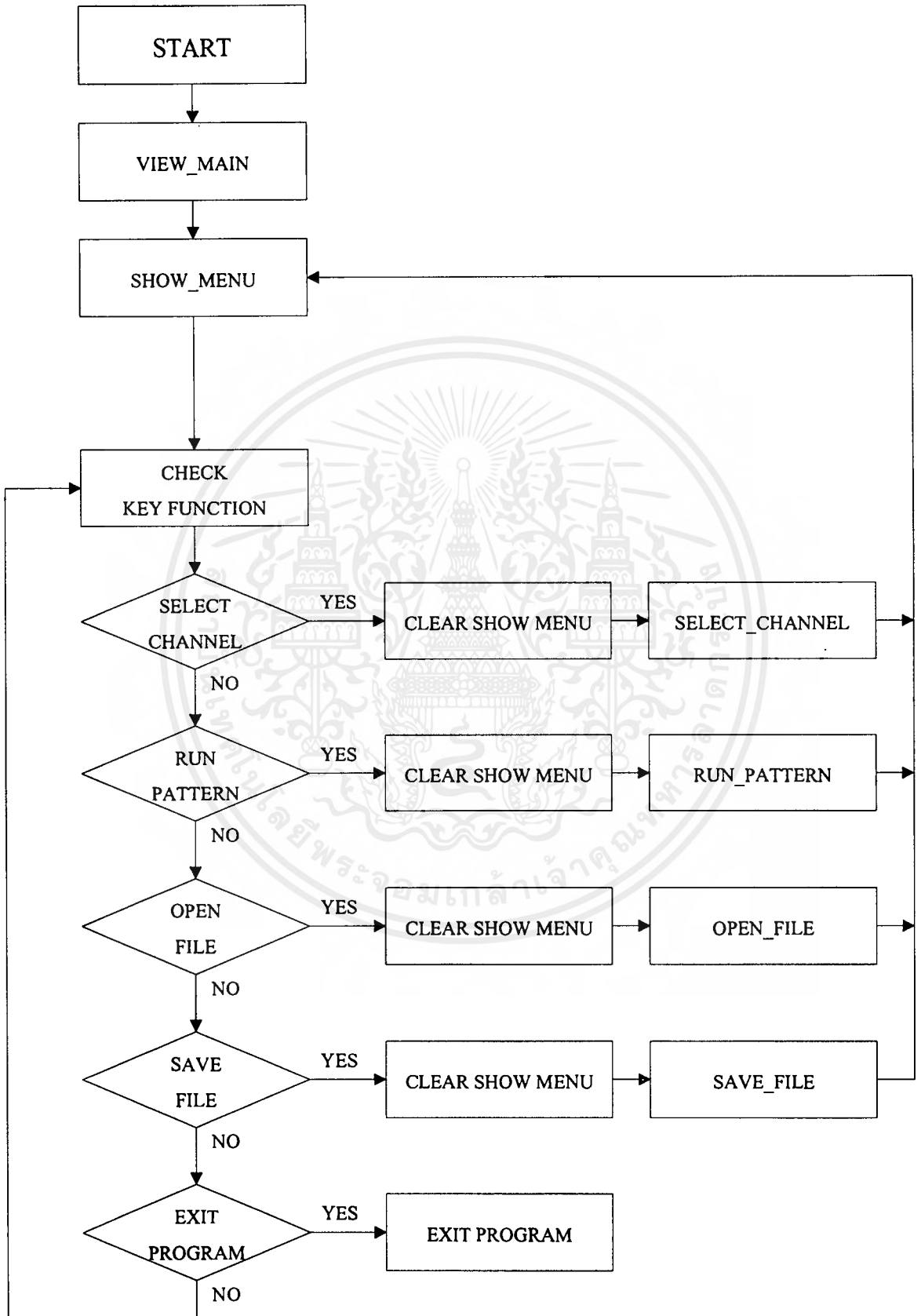
เมื่อใส่ชื่อที่ต้องการจะบันทึกเพิ่มข้อมูล สามารถบันทึกเพิ่มข้อมูลได้จะปรากฏดังรูป

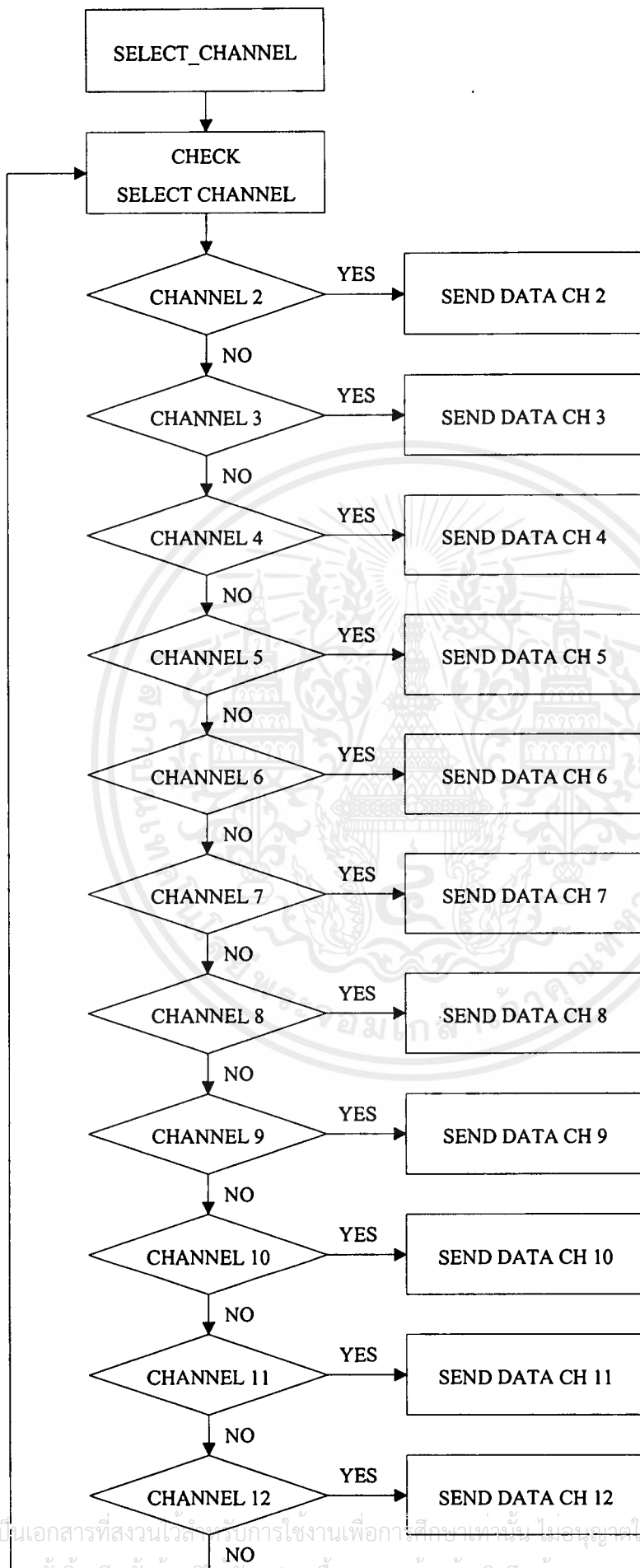
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

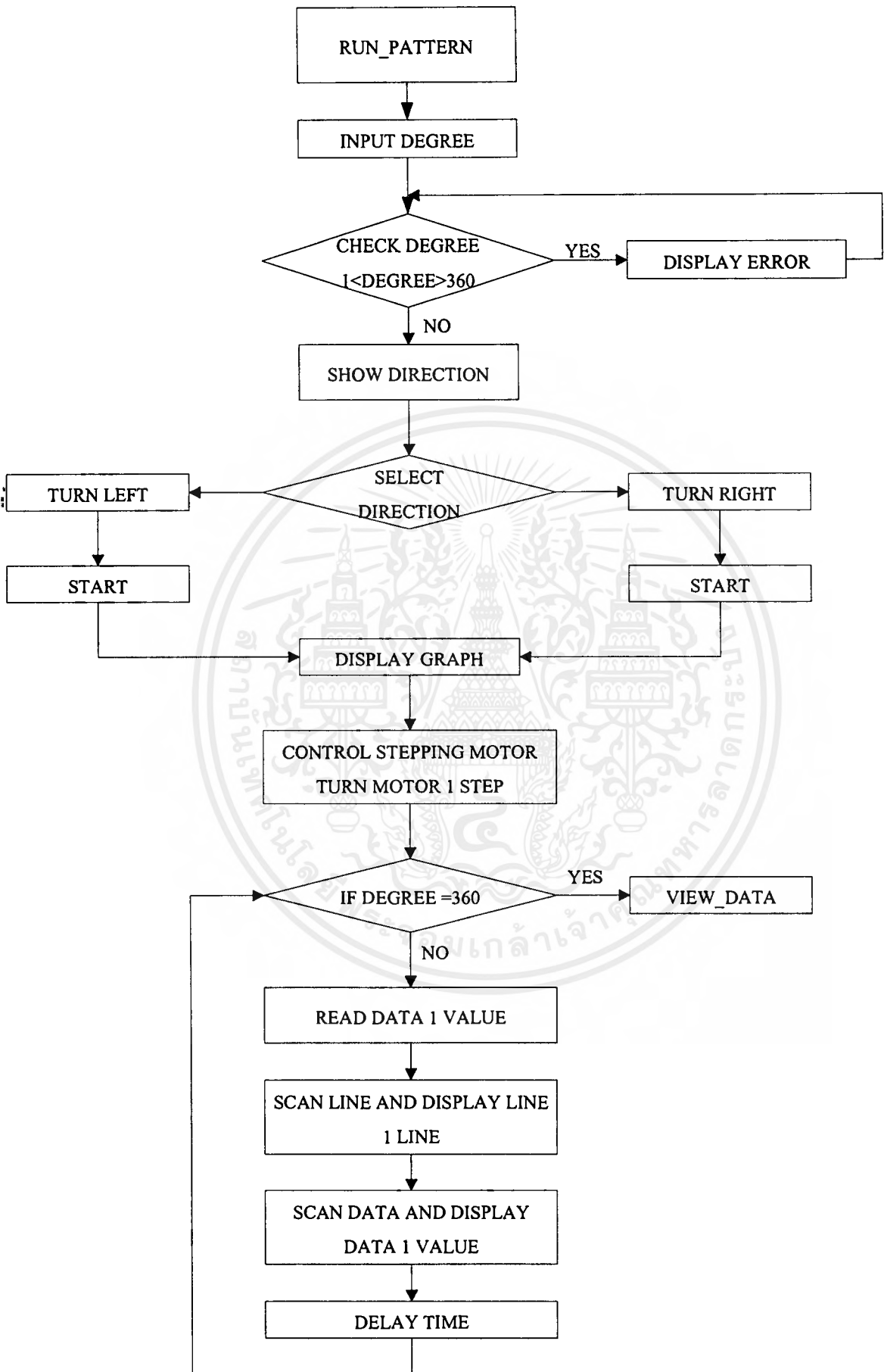


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

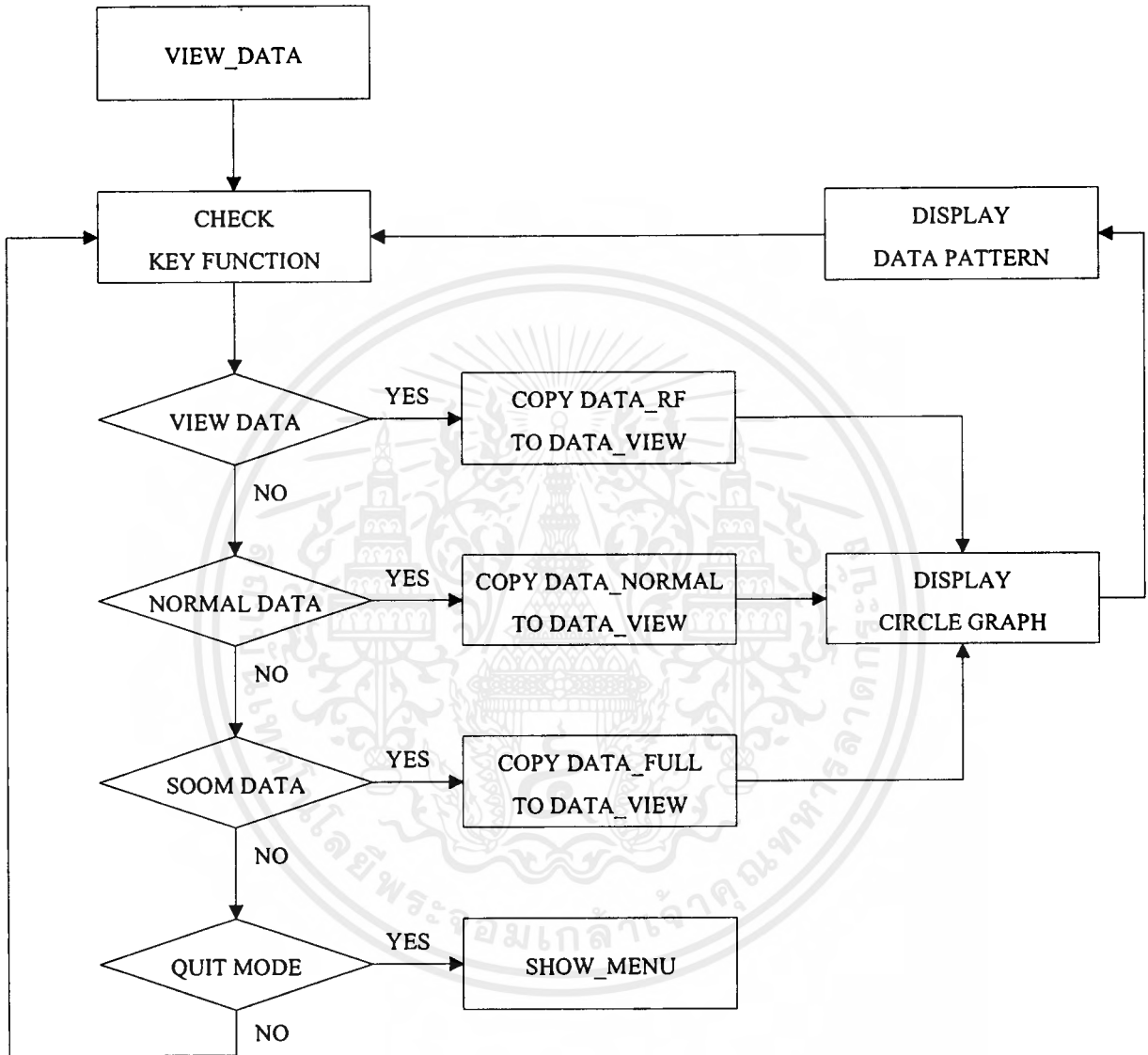
FLOW CHART FUNCTION_MAIN
TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM

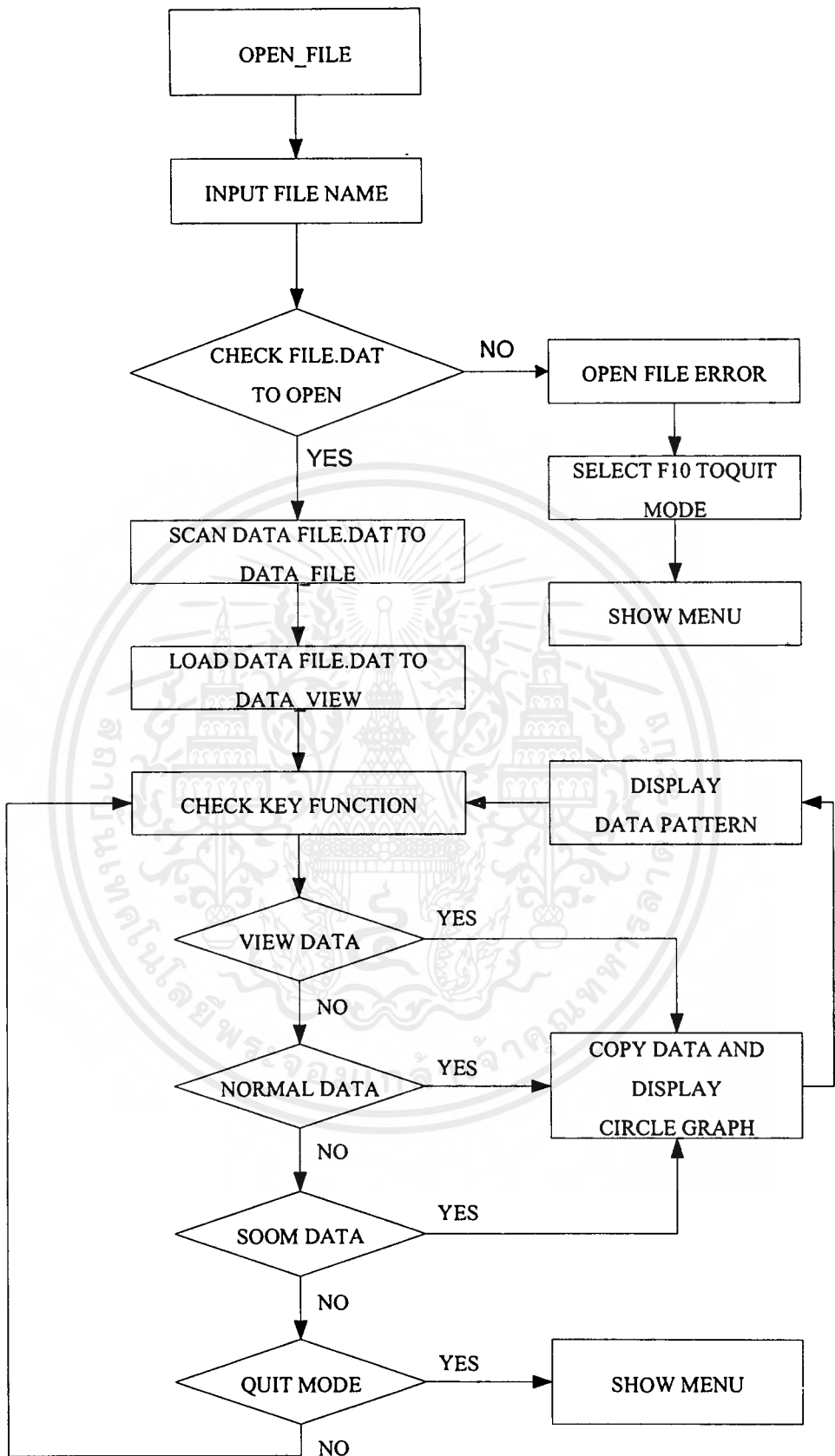




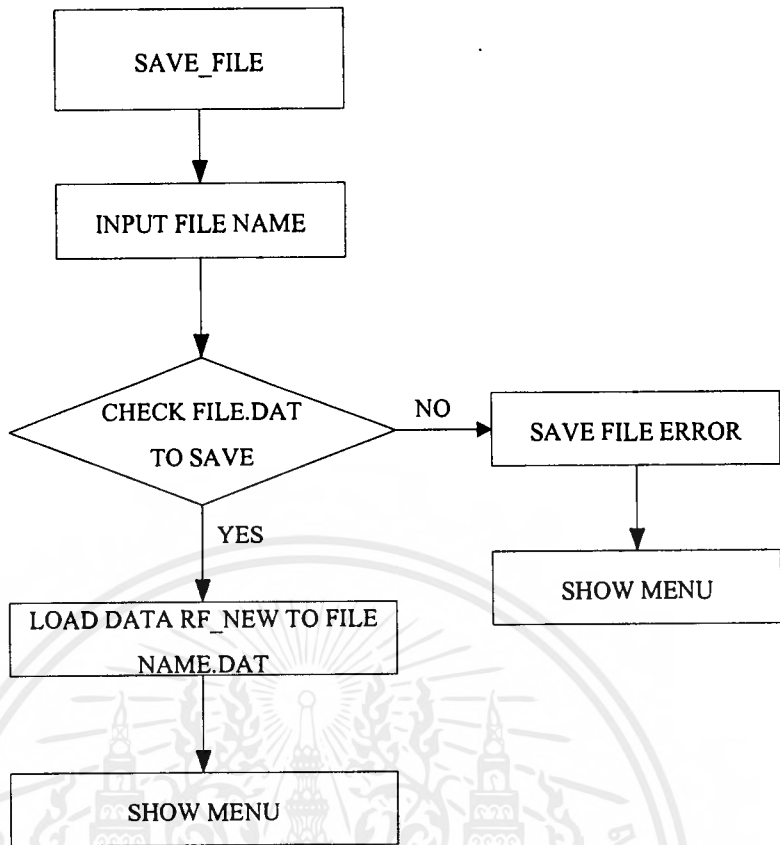


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

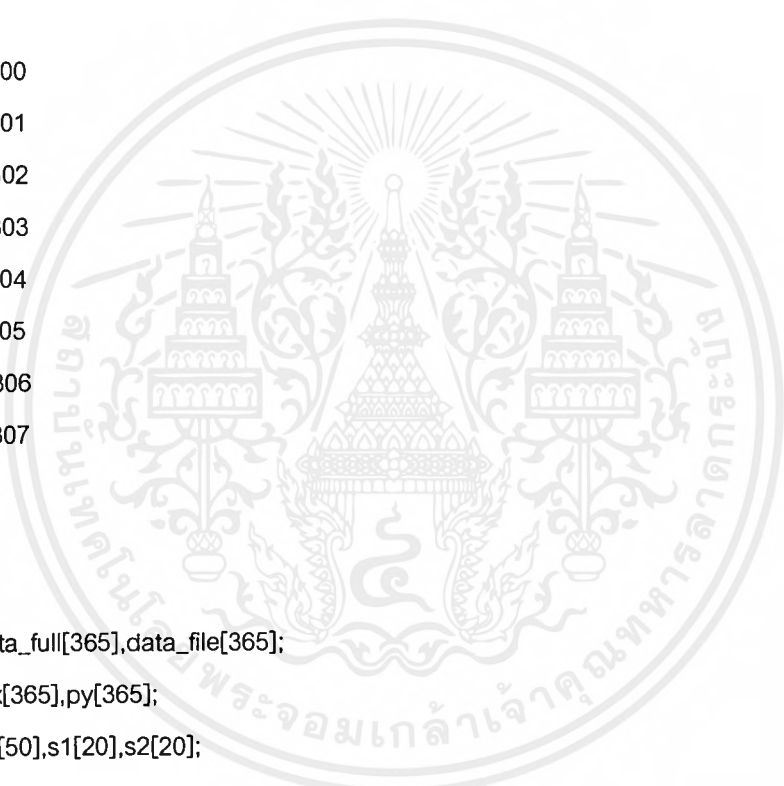
```

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <bios.h>
#include <alloc.h>
#include <math.h>
#include <string.h>

#define SELECTA 0x300
#define SELECTB 0x301
#define SELECTC 0x302
#define SELECTD 0x303
#define SELECTE 0x304
#define SELECTF 0x305
#define SELECTG 0x306
#define SELECTH 0x307

union REGS regs;
int real_disp;
int rf_new[365];
int data_view[365],data_full[365],data_file[365];
int cx[365],cy[365],px[365],py[365];
char name[20],name1[50],s1[20],s2[20];
unsigned char key;
unsigned long data_temp[365];
/*****/
int d,f,i,j,k,scx,scy;
int channel,datatrans,degree,direction,button,state,rffmax,degmax;
int rffmax_view,degmax_view,rffmax_file,degmax_file;
/*****/
void initg(),view_main(),show_menu();
void key_function(),function_main(),select_channel();
void run_pattern(),show_direction(),select_direction(),start();

```



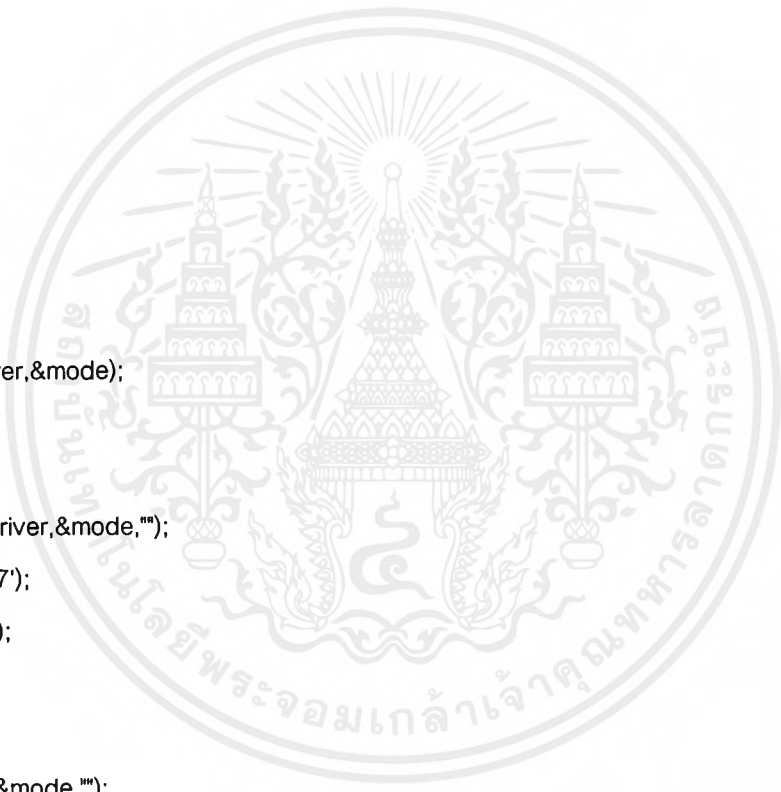
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void data_trans(),view_data(),circle_graph();
void open_file(),save_file(),view_soom();
void read_name(char ch[40]),load_file(char ch[50]);
void open_view(),save_name(char ch[50]);

/***** MAIN *****/
void main()
{
    real_disp=0;
    initg();
    view_main();
    show_menu();
    function_main();
}
void initg()
{
    int driver,mode;
    detectgraph(&driver,&mode);
    if(driver!=9) {
        clrscr();
        initgraph(&driver,&mode,"");
        putchar('\007');
        closegraph();
        exit(1);
    }
    initgraph(&driver,&mode,"");
    cleardevice();
}
void view_main()
{
    setbkcolor(BLACK);
    setcolor(RED);
    rectangle(0,0,639,479);
    rectangle(5,5,634,45);
    delay(1000);
}

```



```

settextstyle(1,0,2);
setcolor(LIGHTBLUE);
outtextxy(80,15,"TV-ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM");
setviewport(5,50,634,450,0);
delay(1000);
setcolor(LIGHTCYAN);
outtextxy(160,200,"WELCOME TO PROGRAM TEST ");

```

```

}
void show_menu()

```

```

{
    setviewport(5,454,634,474,1);
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);
    delay(1000);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    settextstyle(0,0,1);
    outtextxy(5,8,"F1 SELECT CHANNEL");
    outtextxy(170,8,"F2 RUN PATTERN");
    outtextxy(310,8,"F3 OPEN FILE");
    outtextxy(435,8,"F4 SAVE FILE");
    outtextxy(560,8,"ESC QUIT");
}

```

```

void key_function()

```

```

{
    regs.h.ah=0x0C;
    int86(0x21,&regs,&regs);
    key=inport(0x60)&255;
}

```

```

/***** FUNCTION MAIN *****/

```

```

void function_main()

```

```

{
    f=1;
    do{
        key_function();
        if(key==0x3b && f==1){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clearviewport();
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
select_channel();
clearviewport();
show_menu();
}
if(key==0x3C && f==1){
clearviewport();
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
run_pattern();
clearviewport();
show_menu();
}
if(key==0x3D && f==1){
clearviewport();
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
open_file();
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
setviewport(5,454,634,474,0);
clearviewport();
show_menu();
}
if(key==0x3E && f==1){
clearviewport();
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
save_file();
show_menu();
}
if(key==0x10 || key==0x01){
button=2;

```

}

}

while(button!=2);

}

/*****SELECT CHANNEL TV*****/

void select_channel()

{

outportb (SELECTD,0x80);

outportb (SELECTH,0x89);

/*****SET BLOCK2 SHOW DATA *****/

newa: setviewport(5,50,634,450,0);

setcolor(LIGHTCYAN);

rectangle(180,130,460,170);

gotoxy(28,13);

printf("SELECT CHANNEL TV = ");

scanf("%d",&channel);

if(channel<2 || channel>12){

clearviewport();

delay(500);

setcolor(LIGHTCYAN);

rectangle(180,240,460,280);

gotoxy(28,20);

printf("PLEASE SELECT CHANNEL 2-12");

goto newa;

}

if(channel==2){

outportb(SELECTB,0X00);

outportb(SELECTA,0X30);

outportb(SELECTC,0X00);

outportb(SELECTC,0x20);

}

else if(channel==3){

outportb(SELECTB,0X00);

outportb(SELECTA,0X37);

outportb(SELECTC,0X00);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outportb(SELECTC,0x20);
}
else if(channel==4){
    outportb(SELECTB,0X00);
    outportb(SELECTA,0X3E);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x20);
}
else if(channel==5){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XAF);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==6){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XB5);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==7){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XBE);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==8){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XC4);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==9){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XCB);

```



```

    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==10){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XD1);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==11){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XDA);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else if(channel==12){
    outportb(SELECTA,0X00);
    outportb(SELECTB,0XE0);
    outportb(SELECTC,0X00);
    outportb(SELECTC,0x40);
}
else;
}
/***** RUN PATTERN *****/
void run_pattern()
{
    datatrans=0;
    button=0;
    /*****SET BLOCK2 SHOW DATA*****/
newb: setviewport(5,50,634,450,0);
    setcolor(LIGHTCYAN);
    rectangle(180,130,460,170);
    gotoxy(28,13);
    printf("SELECT DEGREE = ");
    scanf("%d",&d);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

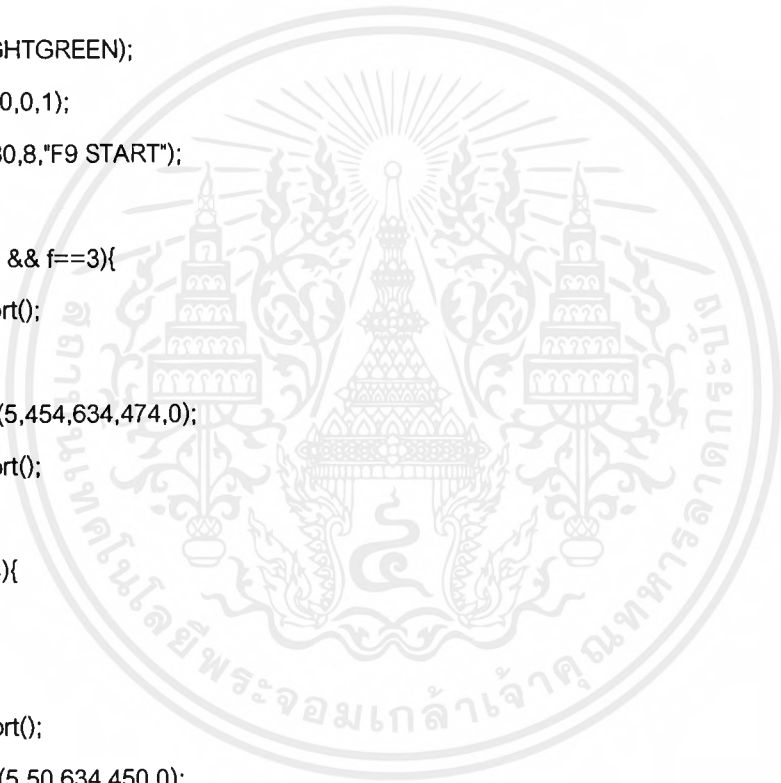
degree=d;
if(degree<1 || degree>360) {
    clearviewport();
    delay(500);
    setcolor(LIGHTCYAN);
    rectangle(180,240,460,280);
    gotoxy(28,20);
    printf("PLEASE SELECT DEGREE 1-360");
    goto newb;
}
show_direction();
select_direction();
}
void show_direction()
{
    setviewport(5,454,634,474,0);
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    settextstyle(0,0,1);
    outtextxy(100,8,"F1 TURN LEFT");
    outtextxy(350,8,"F2 TURN RIGHT");
}
void select_direction()
{
    f=2;
    do{
        key_function();
        if(key==0x3b && f==2){
            f=3;
            direction=0;
            clearviewport();
            setcolor(LIGHTRED);
            rectangle(0,0,629,20);
            delay(300);

```

```

setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(0,0,1);
outtextxy(280,8,"F9 START");
}
if(key==0x3c && f==2){
f=3;
direction=1;
clearviewport();
setcolor(LIGHTRED);
rectangle(0,0,629,20);
delay(300);
setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(0,0,1);
outtextxy(280,8,"F9 START");
}
if(key==0x43 && f==3){
clearviewport();
start();
setviewport(5,454,634,474,0);
clearviewport();
}
if(key==0x44){
f=1;
button=10;
clearviewport();
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
}
}
while (button!=10);
}
void start()
{
for(i=1;i<=360;i++){
rf_new[i]=0;

```



```

}

/****SET BLOCK2 SHOW DATA*****/
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();

/*****DRAW CIRCLE GRAPH*****/
setcolor(LIGHTRED);
rectangle(133,18,497,382);
setcolor(LIGHTGRAY);
setlinestyle(0,0,1);
circle(315,200,170);
setcolor(LIGHTCYAN);
settextstyle (0,0,1);
outtextxy(312,10,"0");
outtextxy(499,198,"90");
outtextxy(305,385,"180");
outtextxy(107,198,"270");

/***** CONTROL STEEPING MOTOR *****/
state=0x01;
for(i=1;i<=360;i++){
    if(direction==0){
        if(state==0x08)state=0x01;
        else state=state<<1;
    }
    else{
        if(state==0x01)state=0x08;
        else state=state>>1;
    };
}

/****SEND DATA CONTROL STEEPING****/
outportb(SELECTC,state);

/*****/
degmax=degree;
rfmax=0;
if(i%degree==0){
    rf_new[i]=*inportb(SELECTG)*0xFE;
    if(rfmax<rf_new[i]){

```

```

rfmax=rf_new[i];
degmax=i;
}
/*****SCAN LINE*****/
scx=169*cos(((i-d)+270)*M_PI/180)+315;
scy=169*sin(((i-d)+270)*M_PI/180)+200;
setcolor(BLACK);
moveto(315,200);
lineto(scx,scy);
scx=169*cos((i+270)*M_PI/180)+315;
scy=169*sin((i+270)*M_PI/180)+200;
setcolor(LIGHTCYAN);
moveto(315,200);
lineto(scx,scy);
/*****/
if(i==degree){
cx[i]=(rf_new[i]/1.5)*cos((i+270)*M_PI/180)+315;
cy[i]=(rf_new[i]/1.5)*sin((i+270)*M_PI/180)+200;
k=i;
putpixel(cx[i],cy[i],WHITE);
}
else{
/*****SCAN DATA*****/
cx[i]=(rf_new[i]/1.5)*cos((i+270)*M_PI/180)+315;
cy[i]=(rf_new[i]/1.5)*sin((i+270)*M_PI/180)+200;
setcolor(LIGHTBLUE);
setlinestyle(0,0,1);
moveto(cx[i],cy[i]);
lineto(cx[k],cy[k]);
k=i;
}
}
/*****DELAY TIME*****/
delay(10);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outportb(SELECTC,0x00);

for(i=1;i<=360;i++){
    data_temp[i]=rf_new[i];
}

for(i=1;i<=360;i++){
    data_temp[i]=(data_temp[i]*255)/rfmax;
    data_full[i]=data_temp[i];
}

datatrans=1;
data_trans();

f=6;
view_data();
}

void data_trans()
{
    if(datatrans==1){
        for(i=1;i<=360;i++){
            data_view[i]=rf_new[i];
        }
        rfmax_view=rfmax;
        degmax_view=degmax;
    }
    else{
        for(i=1;i<=360;i++){
            data_view[i]=data_file[i];
        }
        rfmax_view=rfmax_file;
        degmax_view=degmax_file;
    }
}

void view_data()
{
    setviewport(5,454,634,474,0);
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);

```

```

delay(500);
setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(0,0,1);
outtextxy(50,8,"F6 VIEW DATA");
delay(200);
outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");

```

```

do{
key_function();
if(key==0x40 && f==6){
delay(100);
f=7;
setviewport(5,454,634,474,0);
clearviewport();
setcolor(LIGHTRED);
rectangle(0,0,629,20);
setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(0,0,1);
outtextxy(200,8,"F7 NORMAL DATA");
outtextxy(350,8,"F8 SOOM DATA");
outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");
setcolor(LIGHTCYAN);
delay(200);
outtextxy(50,8,"F6 VIEW DATA");
viewgraph:circle_graph();
j=0;
do{
j++;
if(j%degree==0){
cx[j]=(data_view[j]/1.5)*cos((j+270)*M_PI/180)+315;
cy[j]=(data_view[j]/1.5)*sin((j+270)*M_PI/180)+200;
}
}
while(j%degree!=0);
k=j;
putpixel(cx[j],cy[j],RED);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/**SCAN START DEG TO 360 DEG**/
for(i=1;i<=360;i++){
    if(i%degree==0){
        cx[i]=(data_view[i]/1.5)*cos((i+270)*M_PI/180)+315;
        cy[i]=(data_view[i]/1.5)*sin((i+270)*M_PI/180)+200;
        setcolor(LIGHTBLUE);
        setlinestyle(0,0,1);
        moveto(cx[i],cy[i]);
        lineto(cx[k],cy[k]);
        k=i;
        delay(20);
    }
}

/**SCAN END 360 DEG TO START DEG**/
cx[j]=(data_view[j]/1.5)*cos((j+270)*M_PI/180)+315;
cy[j]=(data_view[j]/1.5)*sin((j+270)*M_PI/180)+200;
setcolor(LIGHTBLUE);
setlinestyle(0,0,1);
moveto(cx[j],cy[j]);
lineto(cx[k],cy[k]);

/*****/
}

/*****NORMAL *****/
if(key==0x41 && f==7){
    clearviewport();
    delay(100);
    setviewport(5,454,634,474,0);
    clearviewport();
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    settextstyle(0,0,1);
    outtextxy(300,8,"F8 SOOM DATA");
    outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");
    setcolor(LIGHTCYAN);

```

```

delay(200);
outtextxy(50,8,"F7 NORMAL DATA");

for(i=1;i<=360;i++){
    data_view[i]=rf_new[i];
}
key=0;
goto viewgraph;
}
/*****SOOM DATA*****/
if(key==0x42 && f==7){
    delay(100);
    setviewport(5,454,634,474,0);
    clearviewport();
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    settextstyle(0,0,1);
    outtextxy(50,8,"F7 NORMAL DATA");
    outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");
    setcolor(LIGHTCYAN);
    delay(200);
    outtextxy(300,8,"F8 SOOM DATA");
    for(i=1;i<=360;i++){
        data_view[i]=data_full[i];
    }
    key=0;
    goto viewgraph;
}
/*****/
if(key==0x44){
    f=1;
    setviewport(5,454,634,474,0);
    clearviewport();
    button=10;

```

```

    }
}
while(button!=10);
}
void circle_graph()
{
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
setcolor(LIGHTRED);
rectangle(133,18,497,382);
setcolor(LIGHTGRAY);
setlinestyle(0,0,1);
circle(315,200,20);
circle(315,200,50);
circle(315,200,80);
circle(315,200,110);
circle(315,200,140);
circle(315,200,170);
moveto(145,200);
lineto(485,200);
moveto(315,30);
lineto(315,370);
setcolor(LIGHTCYAN);
settextstyle (0,0,1);
outtextxy(312,10,"0");
outtextxy(499,198,"90");
outtextxy(305,385,"180");
outtextxy(107,198,"270");
}
/***** OPEN FILE *****/
void open_file()
{
read_name("OPEN FILE NAME:");
load_file(name);
datatrans=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
data_trans();
```

```
button=0;
```

```
open_view();
```

```
}
```

```
void read_name(char ch[40])
```

```
{
```

```
int length,i;
```

```
strcpy(s2, ".DAT");
```

```
setviewport(5,50,634,450,0);
```

```
setcolor(WHITE);
```

```
rectangle(180,130,460,170);
```

```
gotoxy(28,13);
```

```
printf(ch);
```

```
gets(s1);
```

```
length=strlen(s1);
```

```
for(i=0;i<length; i++) {
```

```
    s1[i] = toupper(s1[i]);
```

```
}
```

```
strcat(s1,s2);
```

```
strcpy(namel,s1);
```

```
}
```

```
void load_file(char ch[50])
```

```
{
```

```
int i;
```

```
unsigned char r;
```

```
FILE *name;
```

```
if((name = fopen(namel,"rb"))== NULL){
```

```
    clearviewport();
```

```
    delay(500);
```

```
    clearviewport();
```

```
    setcolor(LIGHTCYAN);
```

```
    rectangle(180,130,460,170);
```

```
    gotoxy(28,13);
```

```
    printf("  CANNOT OPEN FILE !");
```

```
    delay(1000);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(LIGHTCYAN);
rectangle(180,130,460,170);
rectangle(180,240,460,280);
gotoxy(28,20);
printf(" SELECT F10 TO QUIT MODE !");
delay(1000);
f=1;
goto comeback;
}

```

```

clearviewport();
setcolor(WHITE);
rectangle(180,240,460,280);
gotoxy(28,20);
printf(" OPEN FILE READY !");
delay(1000);
f=8;
for(i=1;i<=360;i++) {
    fscanf(name,"%c",&r);
    data_file[i]=r;
}
fscanf(name,"%c",&degree);
fscanf(name,"%d",&degmax_file);
fscanf(name,"%c",&rfile);
for(i=1;i<=360;i++){
    data_temp[i]=data_file[i];
}
for(i=1;i<=360;i++){
    data_temp[i]=(data_temp[i]*255)/rfile;
    data_full[i] = data_temp[i];
}
fclose(name);

comeback:;
}

void open_view()
{

```

```

setviewport(5,454,634,474,0);
setcolor(LIGHTRED);
rectangle(0,0,629,20);
delay(500);
setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(0,0,1);
outtextxy(50,8,"F6 VIEW DATA");
delay(200);
outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");

```

```

do{
key_function();
if(key==0x40 && f==8){
delay(100);
f=9;
setviewport(5,454,634,474,0);
clearviewport();
setcolor(LIGHTRED);
rectangle(0,0,629,20);
setcolor(LIGHTGREEN);
settextstyle(0,0,1);
outtextxy(200,8,"F7 NORMAL DATA");
outtextxy(350,8,"F8 SOOM DATA");
outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");
setcolor(LIGHTCYAN);
delay(200);
outtextxy(50,8,"F6 VIEW DATA");

```

```

viewgraph:circle_graph();

```

```

j=0;
do{
j++;
if(j%degree==0){
cx[j]=(data_view[j]/1.5)*cos((j+270)*M_PI/180)+315;
cy[j]=(data_view[j]/1.5)*sin((j+270)*M_PI/180)+200;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(j%degree!=0);

k=j;
putpixel(cx[j],cy[j],RED);
/**SCAN START DEG TO 360 DEG**/
for(i=1;i<=360;i++){
    if(i%degree==0){
        cx[i]=(data_view[i]/1.5)*cos((i+270)*M_PI/180)+315;
        cy[i]=(data_view[i]/1.5)*sin((i+270)*M_PI/180)+200;
        setcolor(LIGHTBLUE);
        setlinestyle(0,0,1);
        moveto(cx[i],cy[i]);
        lineto(cx[k],cy[k]);
        k=i;
        delay(10);
    }
}
/**SCAN END 360 DEG TO START DEG**/
cx[j]=(data_view[j]/1.5)*cos((j+270)*M_PI/180)+315;
cy[j]=(data_view[j]/1.5)*sin((j+270)*M_PI/180)+200;
setcolor(LIGHTBLUE);
setlinestyle(0,0,1);
moveto(cx[j],cy[j]);
lineto(cx[k],cy[k]);
/*****/
}
/*****NORMAL *****/
if(key==0x41 && f==9){
    delay(100);
    setviewport(5,454,634,474,0);
    clearviewport();
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    settextstyle(0,0,1);
    outtextxy(300,8,"F8 SOOM DATA");
}

```

```

outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");
setcolor(LIGHTCYAN);
delay(200);
outtextxy(50,8,"F7 NORMAL DATA");

```

```

for(i=1;i<=360;i++){
    data_view[i]=data_file[i];
};
key=0;
goto viewgraph;
}

```

```

/*****SOOM DATA*****/

```

```

if(key==0x42 && f==9){
    delay(100);
    setviewport(5,454,634,474,0);
    clearviewport();
    setcolor(LIGHTRED);
    rectangle(0,0,629,20);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    settextstyle(0,0,1);
    outtextxy(50,8,"F7 NORMAL DATA");
    outtextxy(500,8,"F10 QUIT MODE");
    setcolor(LIGHTCYAN);
    delay(200);
    outtextxy(300,8,"F8 SOOM DATA");

```

```

for(i=1;i<=360;i++){
    data_view[i]=data_full[i];
}
key=0;
goto viewgraph;
}

```

```

/*****/

```

```

if(key==0x44){

```

```

    f=1;
    setviewport(5,454,634,474,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clearviewport();
button=10;
}
}
while(button!=10);
}

/***** SAVE FILE *****/

void save_file()
{
read_name("SAVE FILE NAME = ");
save_name(name1);
}

void save_name(char ch[50])
{
FILE *name;
if((name=fopen(name1,"wb"))==NULL){
clearviewport();
delay(500);
setcolor(WHITE);
rectangle(180,240,460,280);
gotoxy(28,20);
printf(" CANNOT SAVE FILE");
delay(1000);
goto f1ret;
}

for(i=1;i<=360;i++){
fprintf(name,"%c",rf_new[i]);
}

fprintf(name,"%c",degree);
fprintf(name,"%d",degmax);
fprintf(name,"%c",rfmax);
setviewport(5,50,634,450,0);
clearviewport();
setcolor(WHITE);

```

```
rectangle(180,240,460,280);
```

```
gotoxy(28,20);
```

```
printf(" SAVE FILE OK");
```

```
delay(1000);
```

```
fclose(name);
```

```
fret;
```

```
}
```

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



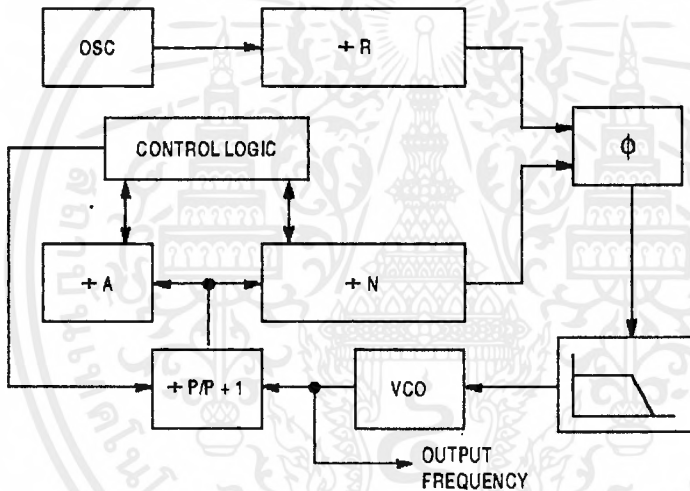
**PLL Frequency Synthesizer
Family
CMOS**

MC145151-2
MC145152-2
MC145155-2
MC145156-2
MC145157-2
MC145158-2

The devices described in this document are typically used as low-power, phase-locked loop frequency synthesizers. When combined with an external low-pass filter and voltage-controlled oscillator, these devices can provide all the remaining functions for a PLL frequency synthesizer operating up to the device's frequency limit. For higher VCO frequency operation, a down mixer or a prescaler can be used between the VCO and the synthesizer IC.

These frequency synthesizer chips can be found in the following and other applications:

- CATV
- AM/FM Radios
- Two-Way Radios
- TV Tuning
- Scanning Receivers
- Amateur Radio



CONTENTS

	Page
DEVICE DETAIL SHEETS	
MC145151-2 Parallel-Input, Single-Modulus	2
MC145152-2 Parallel-Input, Dual-Modulus	5
MC145155-2 Serial-Input, Single-Modulus (Not Recommended for New Designs)	9
MC145156-2 Serial-Input, Dual-Modulus (Not Recommended for New Designs)	13
MC145157-2 Serial-Input, Single-Modulus	17
MC145158-2 Serial-Input, Dual-Modulus	20
FAMILY CHARACTERISTICS	
Maximum Ratings	23
DC Electrical Characteristics	23
AC Electrical Characteristics	25
Timing Requirements	26
Frequency Characteristics	27
Phase Detector/Lock Detector Output Waveforms	27
DESIGN CONSIDERATIONS	
Phase-Locked Loop — Low-Pass Filter Design	28
Crystal Oscillator Considerations	29
Dual-Modulus Prescaling	30

REV 2
1/98

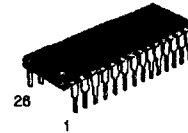
MC145151-2

Parallel-Input PLL Frequency Synthesizer
Interfaces with Single-Modulus Prescalers

The MC145151-2 is programmed by 14 parallel-input data lines for the N counter and three input lines for the R counter. The device features consist of a reference oscillator, selectable-reference divider, digital-phase detector, and 14-bit programmable divide-by-N counter.

The MC145151-2 is an improved-performance drop-in replacement for the MC145151-1. The power consumption has decreased and ESD and latch-up performance have improved.

- Operating Temperature Range: - 40 to 85°C
- Low Power Consumption Through Use of CMOS Technology
- 3.0 to 9.0 V Supply Range
- On- or Off-Chip Reference Oscillator Operation
- Lock Detect Signal
- + N Counter Output Available
- Single Modulus/Parallel Programming
- 8 User-Selectable + R Values: 8, 128, 256, 512, 1024, 2048, 2410, 8192
- + N Range = 3 to 16383
- "Linearized" Digital Phase Detector Enhances Transfer Function Linearity
- Two Error Signal Options: Single-Ended (Three-State) or Double-Ended
- Chip Complexity: 8000 FETs or 2000 Equivalent Gates



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 710

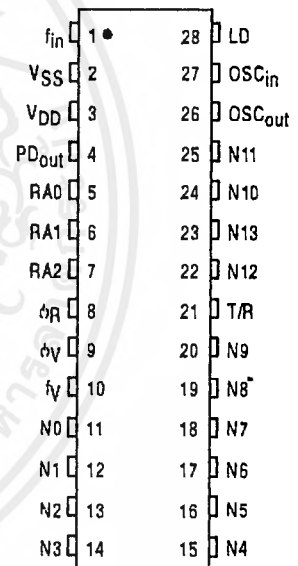


DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751F

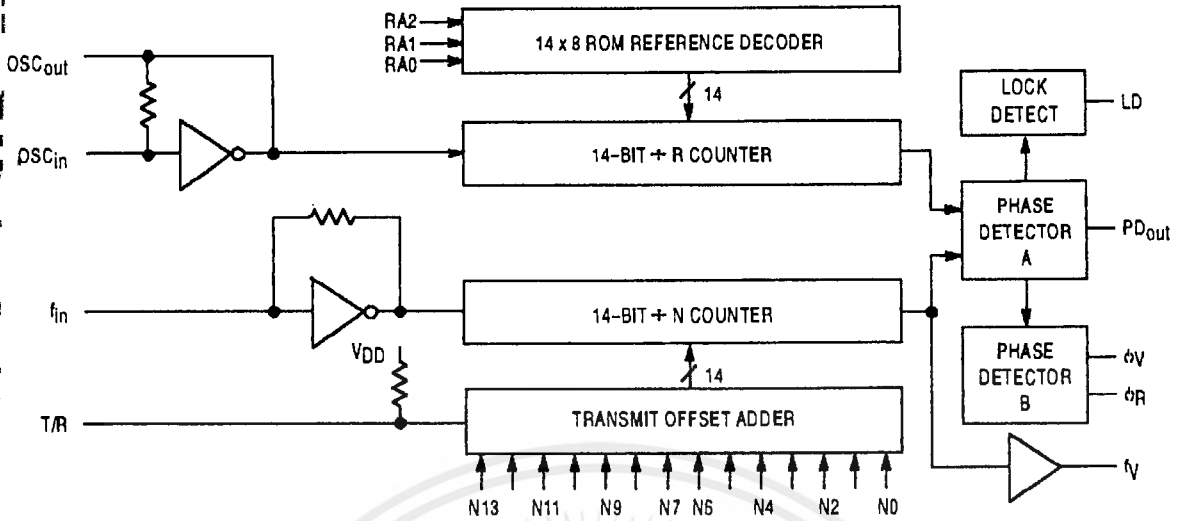
ORDERING INFORMATION

- MC145151P2 Plastic DIP
- MC145151DW2 SOG Package

PIN ASSIGNMENT



MC145151-2 BLOCK DIAGRAM



NOTE: N0 – N13 inputs and inputs RA0, RA1, and RA2 have pull-up resistors that are not shown.

PIN DESCRIPTIONS

INPUT PINS

f_{in} Frequency Input (Pin 1)

Input to the + N portion of the synthesizer. f_{in} is typically derived from loop VCO and is ac coupled into the device. For larger amplitude signals (standard CMOS logic levels) dc coupling may be used.

RA0[†]– RA2 Reference Address Inputs (Pins 5, 6, 7)

These three inputs establish a code defining one of eight possible divide values for the total reference divider, as defined by the table below.

Pull-up resistors ensure that inputs left open remain at a logic 1 and require only a SPST switch to alter data to the zero state.

Reference Address Code			Total Divide Value
RA2	RA1	RA0	
0	0	0	8
0	0	1	128
0	1	0	256
0	1	1	512
1	0	0	1024
1	0	1	2048
1	1	0	2410
1	1	1	8192

N0[†] – N11 N Counter Programming Inputs (Pins 11 – 20, 22 – 25)

These inputs provide the data that is preset into the + N counter when it reaches the count of zero. N0 is the least significant and N13 is the most significant. Pull-up resistors en-

sure that inputs left open remain at a logic 1 and require only an SPST switch to alter data to the zero state.

T/R Transmit/Receive Offset Adder Input (Pin 21)

This input controls the offset added to the data provided at the N inputs. This is normally used for offsetting the VCO frequency by an amount equal to the IF frequency of the transceiver. This offset is fixed at 856 when T/R is low and gives no offset when T/R is high. A pull-up resistor ensures that no connection will appear as a logic 1 causing no offset addition.

OSC_{in}, OSC_{out} Reference Oscillator Input/Output (Pins 27, 26)

These pins form an on-chip reference oscillator when connected to terminals of an external parallel resonant crystal. Frequency setting capacitors of appropriate value must be connected from OSC_{in} to ground and OSC_{out} to ground. OSC_{in} may also serve as the input for an externally-generated reference signal. This signal is typically ac coupled to OSC_{in}, but for larger amplitude signals (standard CMOS logic levels) dc coupling may also be used. In the external reference mode, no connection is required to OSC_{out}.

OUTPUT PINS

PD_{out} Phase Detector A Output (Pin 4)

Three-state output of phase detector for use as loop-error signal. Double-ended outputs are also available for this purpose (see ϕ_V and ϕ_R).

Frequency $f_V > f_R$ or f_V Leading: Negative Pulses

Frequency $f_V < f_R$ or f_V Lagging: Positive Pulses

Frequency $f_V = f_R$ and Phase Coincidence: High-Impedance State

ϕ_R, ϕ_V
Phase Detector B Outputs (Pins 8, 9)

These phase detector outputs can be combined externally for a loop-error signal. A single-ended output is also available for this purpose (see PD_{out}).

If frequency f_V is greater than f_R or if the phase of f_V is leading, then error information is provided by ϕ_V pulsing low. ϕ_R remains essentially high.

If the frequency f_V is less than f_R or if the phase of f_V is lagging, then error information is provided by ϕ_R pulsing low. ϕ_V remains essentially high.

If the frequency of $f_V = f_R$ and both are in phase, then both ϕ_V and ϕ_R remain high except for a small minimum time period when both pulse low in phase.

f_V
N Counter Output (Pin 10)

This is the buffered output of the +N counter that is internal-

ly connected to the phase detector input. With this output available, the +N counter can be used independently.

LD
Lock Detector Output (Pin 28)

Essentially a high level when loop is locked (f_R, f_V of same phase and frequency). Pulses low when loop is out of lock.

POWER SUPPLY

VDD
Positive Power Supply (Pin 3)

The positive power supply potential. This pin may range from +3 to +9 V with respect to V_{SS}.

VSS
Negative Power Supply (Pin 2)

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

TYPICAL APPLICATIONS

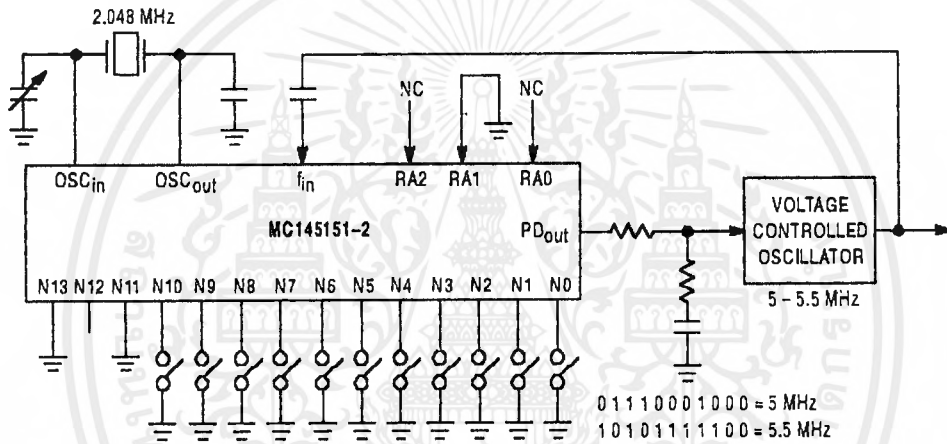
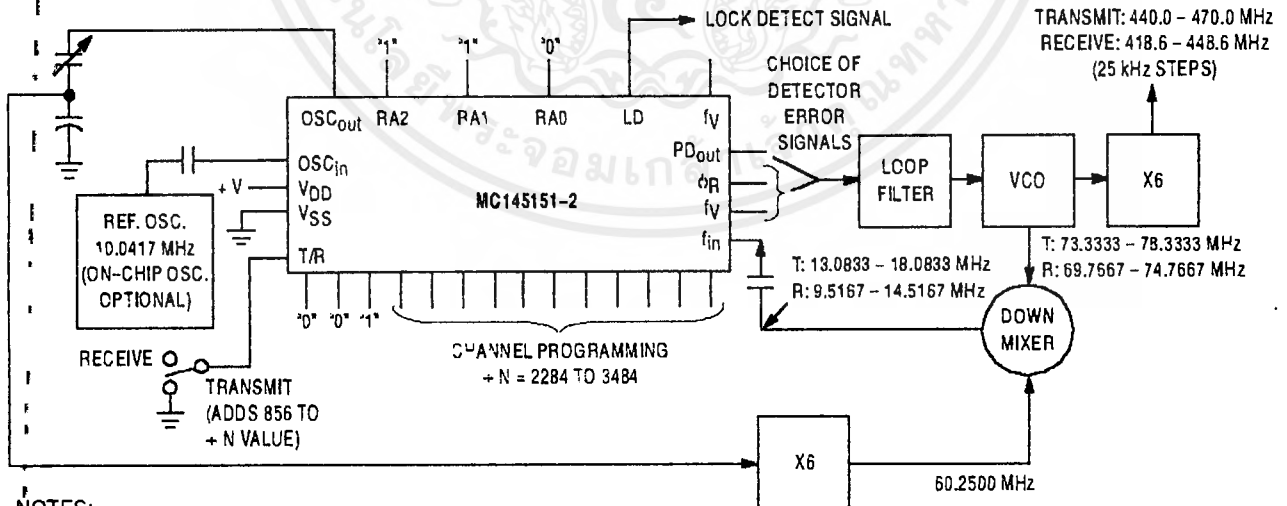


Figure 1. 5 MHz to 5.5 MHz Local Oscillator Channel Spacing = 1 kHz



NOTES:

1. $f_R = 4.1667$ kHz; + R = 2410; 21.4 MHz low side injection during receive.
2. Frequency values shown are for the 440 - 470 MHz band. Similar implementation applies to the 406 - 440 MHz band. For 470 - 512 MHz, consider reference oscillator frequency X9 for mixer injection signal (90.3750 MHz).

Figure 2. Synthesizer for Land Mobile Radio UHF Bands

MC145151-2 Data Sheet Continued on Page 23



1.1 GHz Low-Voltage Dual Modulus Prescaler

The MC12022LVA can be used with CMOS synthesizers requiring positive edges to trigger internal counters such as Motorola's MC145XXX series in a PLL to provide tuning signals up to 1.1 GHz in programmable frequency steps.

The MC12022LVB can be used with CMOS synthesizers requiring negative edges to trigger internal counters.

A Divide Ratio Control (SW) permits selection of a 64/65 or 128/129 divide ratio as desired.

The Modulus Control (MC) selects the proper divide number after SW has been biased to select the desired divide ratio.

NOTE: The "B" Version Is Not Recommended for New Designs

- 1.1 GHz Toggle Frequency
- Supply Voltage of 2.7 to 5.0 V
- Low-Power 4.0 mA Typical at $V_{CC} = 2.7$ V
- Operating Temperature Range of -40 to 85°C
- Short Setup Time (t_{set}) 16ns Maximum @ 1.1 GHz
- Modulus Control Input Level Is Compatible With Standard CMOS and TTL

FUNCTIONAL TABLE

SW	MC	Divide Ratio
H	H	64
H	L	65
L	H	128
L	L	129

NOTES: 1. SW: H = V_{CC} , L = Open. A logic L can also be applied by grounding this pin, but this is not recommended due to increased power consumption.
 2. MC: H = 2.0 V to V_{CC} , L = GND to 0.8 V.

DESIGN GUIDE

Criteria	Value	Unit
Internal Gate Count*	67	ea
Internal Gate Propagation Delay	200	ps
Internal Gate Power Dissipation	0.75	mW
Speed Power Product	0.15	μJ

NOTE: * Equivalent to a two-input NAND gate

MC12022LVA MC12022LVB

MECL PLL COMPONENTS +64/65, +128/129 DUAL MODULUS PRESCALER

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

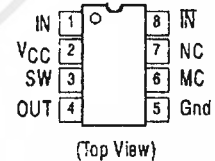


D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temp Range	Package
MC12022LVAD	$T_A = -40^{\circ}$ to $+85^{\circ}\text{C}$	SO-8
MC12022LVAP		Plastic
MC12022LVBD		SO-8
MC12022LVBP		Plastic

MC12022LVA MC12022LVB

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage, Pin 2	V _{CC}	-0.5 to 7.0	Vdc
Operating Temperature Range	T _A	-40 to 85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to 150	°C
Modulus Control Input, Pin 6	MC	-0.5 to 6.5	Vdc

NOTE: ESD data available upon request.

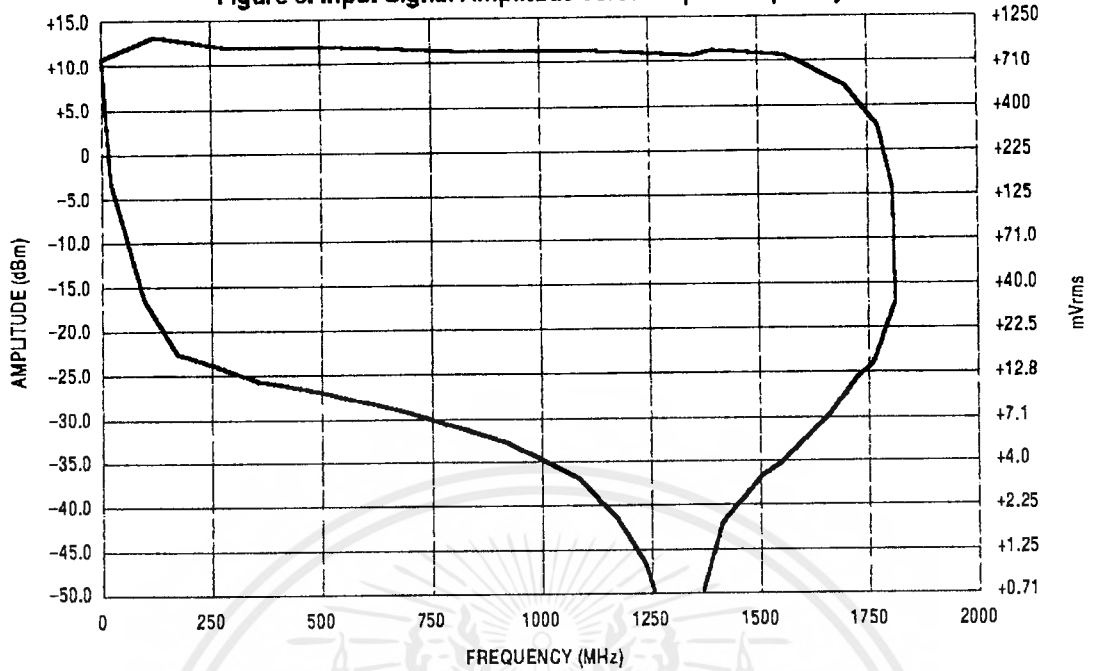
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 4.5 to 5.5 V; T_A = -40°C to 85°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Toggle Frequency (Sine Wave Input)	f _t	0.1	1.4	1.1	GHz
Supply Current Output Unloaded (Pin 2)	I _{CC}	-	4.7	6.5	mA
Supply Current Output Unloaded (Pin 2) at 5.0 Vdc	I _{CCH}	-	5.8	8.0	mA
Modulus Control Input High (MC)	V _{IH1}	2.0	-	V _{CC}	V
Modulus Control Input Low (MC)	V _{IL1}	-	-	0.8	V
Divide Ratio Control Input High (SW)	V _{IH2}	V _{CC}	V _{CC}	V _{CC}	Vdc
Divide Ratio Control Input Low (SW)	V _{IL2}	Open	Open	Open	-
Output Voltage Swing (C _L = 12 pF; R _L = 1.1 kΩ at 2.7 Vdc)	V _{out}	0.8	1.0	-	V _{pp}
Output Voltage Swing (C _L = 12 pF; R _L = 2.2 kΩ at 5.0 Vdc)	V _{out}	1.0	1.6	-	V _{pp}
Modulus Setup Time MC to Out	t _{set}	-	11	16	ns
Input Voltage Sensitivity 250-1100 MHz 100-250 MHz	V _{in(min)}	100 400	- -	1500 1500	mVpp
Output Current (C _L = 12 pF; R _L = 2.2 kΩ at 2.7 Vdc)	I _O	-	1.2	4.0	mA
Output Current (C _L = 12 pF; R _L = 2.2 kΩ at 5.0 Vdc)	I _O	-	1.2	4.0	mA



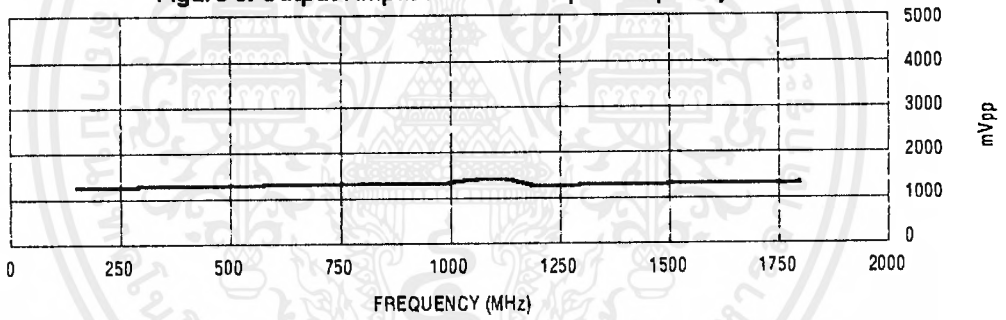
MC12022LVA MC12022LVB

Figure 5. Input Signal Amplitude versus Input Frequency



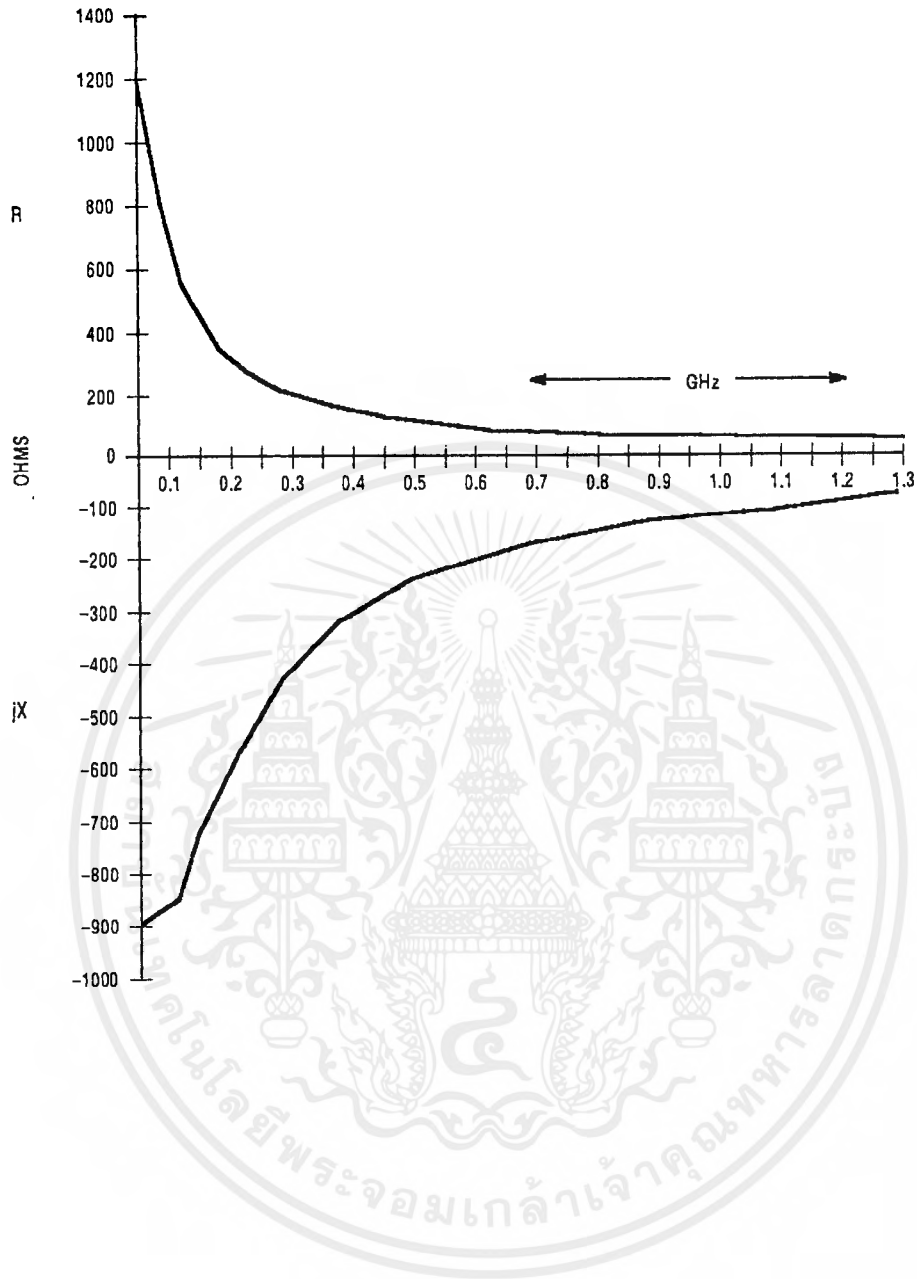
Divide Ratio = 128; VCC = 5.0 V; TA = 25°C

Figure 6. Output Amplitude versus Input Frequency



MC12022LVA MC12022LVB

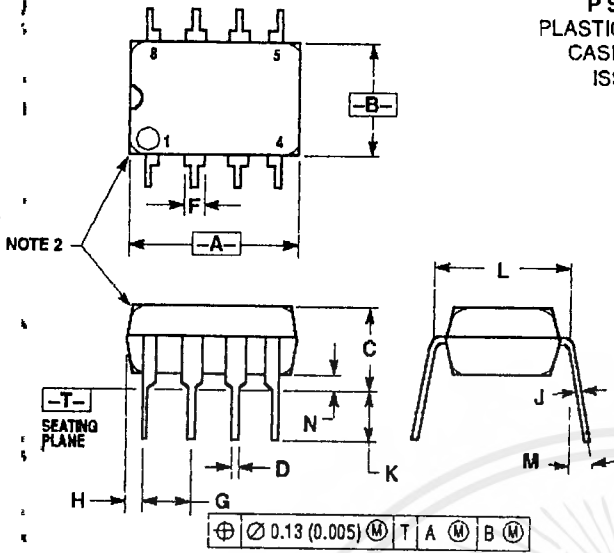
Figure 7. Typical Input Impedance versus Input Frequency



MC12022LVA MC12022LVB

OUTLINE DIMENSIONS

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626-05
ISSUE K

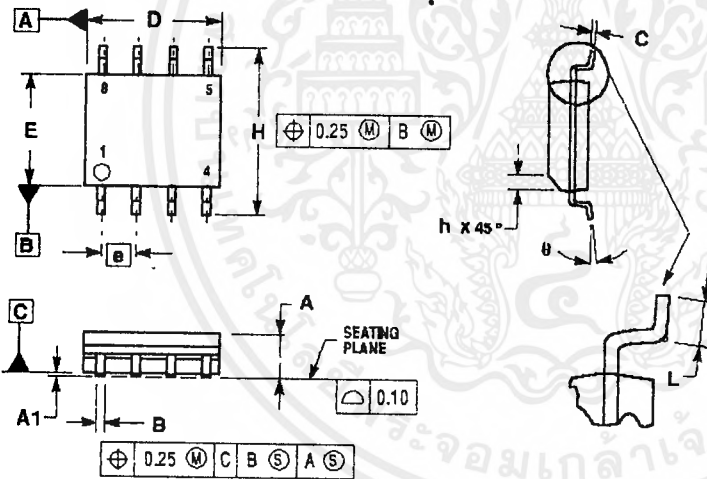


NOTES:

1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.80	0.240	0.280
C	3.94	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.51	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.82	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	—		10°	
N	—		10°	

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751-06
(SO-8)
ISSUE T



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETER.
3. DIMENSION D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	1.35	1.75
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.19	0.25
D	4.80	5.00
E	3.80	4.00
e	1.27 BSC	
H	5.80	6.20
h	0.25	0.50
L	0.40	1.25
θ	0° 7°	



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

Mfax is a trademark of Motorola, Inc.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 1-303-675-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.: SPD, Strategic Planning Office, 141,
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shagawa-ku, Tokyo, Japan. 03-5487-8488

Customer Focus Center: 1-800-521-6274

Mfax™: RMFAX0@email.spe.mot.com – TOUCHTONE 1-602-244-6609
Motorola Fax Back System – US & Canada ONLY 1-800-774-1848
– http://sps.motorola.com/mfax/

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

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



MOTOROLA ทรัพย์สินทางปัญญาของ Motorola Inc. ได้รับการคุ้มครองตามกฎหมายของสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่น ๆ ทั่วโลก การใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

General Description

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

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

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

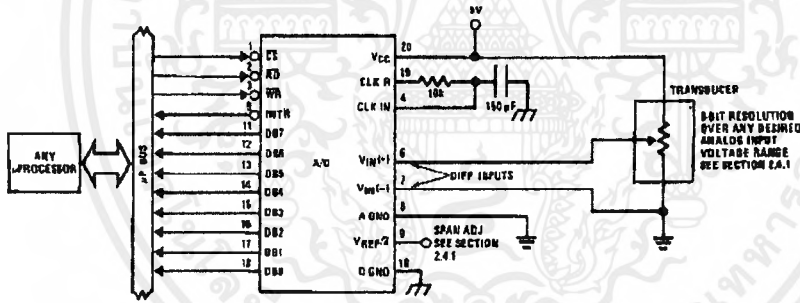
Features

- Compatible with 8080 μ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

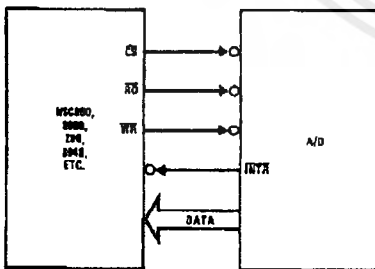
Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error $\pm 1/4$ LSB, $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Conversion time 100 μ s

Typical Applications



8080 Interface



Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V _{REF/2} = 2.500 V _{DC} (No Adjustments)	V _{REF/2} = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		± 1 LSB	
ADC0805			± 1 LSB

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
2-80[™] is a registered trademark of Zilog Corp.

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Quad-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$
ADC0801/02LJ, ADC0802LJ/883	-55°C < T_A < +125°C
ADC0801/02/03/04LCJ	-40°C < T_A < +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C < T_A < +85°C
ADC0804LCN	0°C < T_A < +70°C
ADC0802/03/04LCV	0°C < T_A < +70°C
ADC0802/03/04LCWM	0°C < T_A < +70°C
Range of V_{CC}	4.5 V_{DC} to 6.3 V_{DC}

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC} = 5 V_{DC}$, $T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$ and $f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$ unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/4$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			± 1	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			± 1	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k Ω k Ω
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC} + 0.05$	V_{DC}
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC} = 5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC} = 5 V_{DC}$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	$f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$ (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	1/ f_{CLK}
f_{CLK}	Clock Frequency Clock Duty Cycle	$V_{CC} = 5V$, (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	\overline{INTR} tied to \overline{WR} with $\overline{CS} = 0 V_{DC}$, $f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$	8770		9708	conv/s
$t_{W(WR)}$	Width of \overline{WR} Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS} = 0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of \overline{RD} to Output Data Valid)	$C_L = 100 \text{ pF}$		135	200	ns
$t_{H, t_{OH}}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of \overline{RD} to Hi-Z State)	$C_L = 10 \text{ pF}$, $R_L = 10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{W, t_{RI}}$	Delay from Falling Edge of \overline{WR} or \overline{RD} to Reset of \overline{INTR}			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF

CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]

$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 5.25 V_{DC}$	2.0		15	V_{DC}
-------------	---	------------------------	-----	--	----	----------

AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for $V_{CC} = 5V_{DC}$ and $T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (All inputs)	$V_{IN} = 5 V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (All inputs)	$V_{IN} = 0 V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_{T+}	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND INTR						
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT} = 1.6 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	V_{DC} V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0 V_{DC}$ $V_{OUT} = 5 V_{DC}$	-3		3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC} , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current)	$f_{CLK} = 640 kHz$, $V_{REF/2} = NC, T_A = 25^\circ C$ and $CS = 5V$				
	ADC0801/02/03/04LCJ/05			1.1	1.8	mA
	ADC0804LCN/LCV/LCWM			1.9	2.5	mA

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

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC} .

Note 4: For $V_{IN(-)} \geq V_{IN(+)}$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures—and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640 kHz$. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 2 and section 2.0.

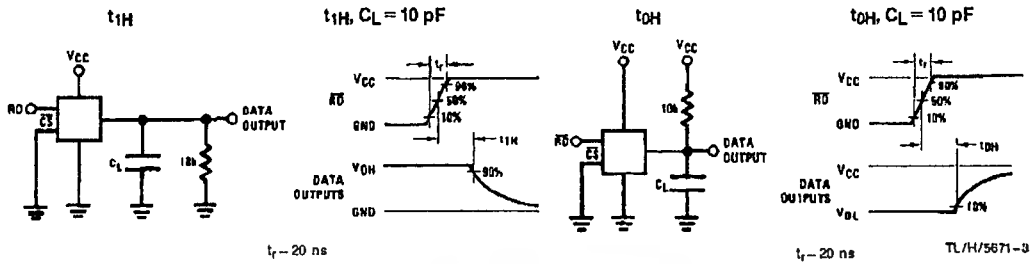
Note 7: The CS input is assumed to bracket the WR strobe input and therefore timing is dependent on the WR pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the WR pulse (see timing diagrams).

Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 5.

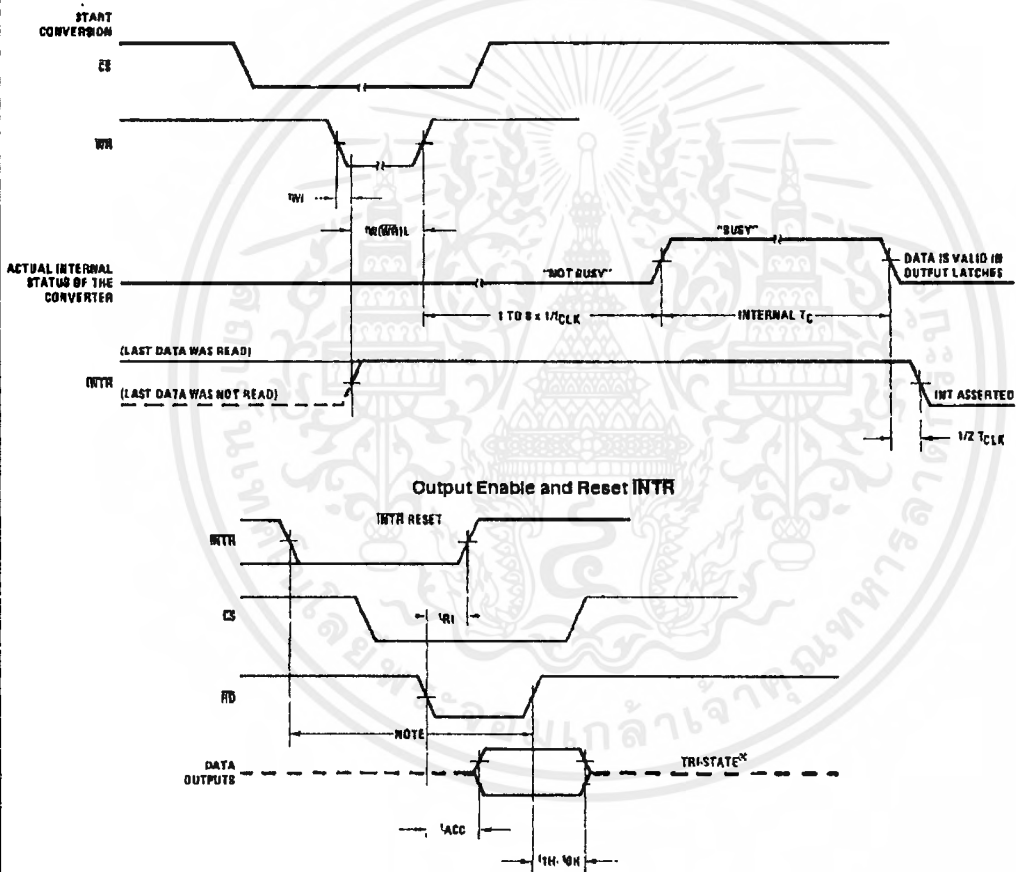
Note 9: The $V_{REF/2}$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k Ω . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k Ω .

Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



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

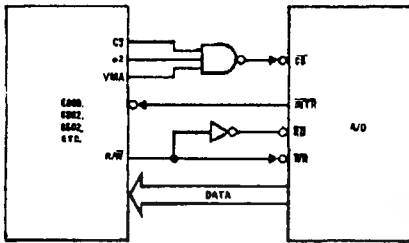


Note: Read strobes must occur 8 clock periods ($8/t_{\text{CLK}}$) after assertion of interrupt to guarantee reset of INTR

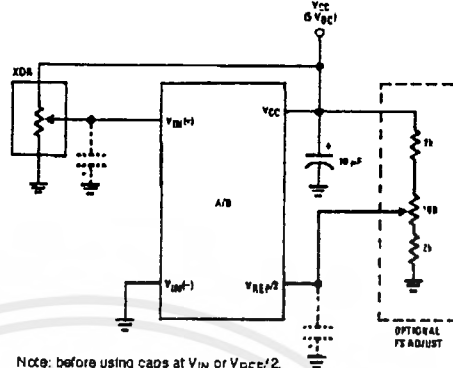
TL/H/5671-4

Typical Applications (Continued)

6800 Interface

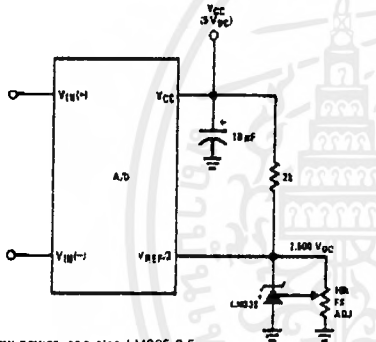


Ratiometric with Full-Scale Adjust



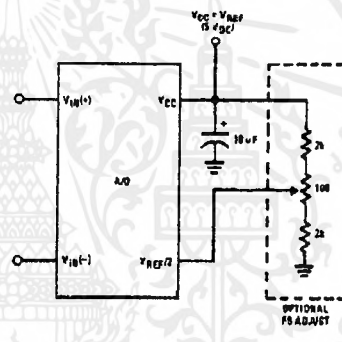
Note: before using caps at V_{IN} or $V_{REF/2}$, see section 2.3.2 Input Bypass Capacitors

Absolute with a 2.500V Reference

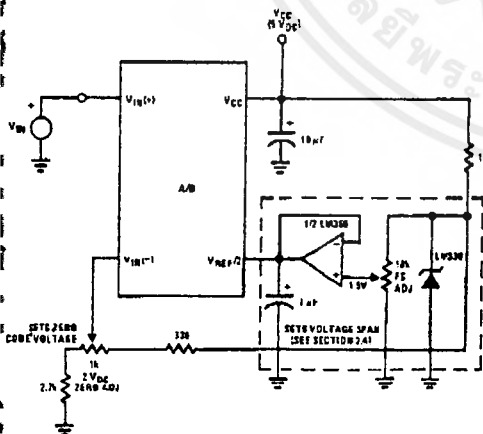


*For low power, see also LM385-2.5

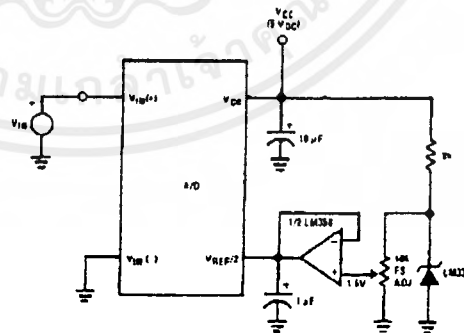
Absolute with a 5V Reference



Zero-Shift and Span Adjust: $2V < V_{IN} < 5V$



Span Adjust: $0V < V_{IN} < 3V$



TL/H/5671-5