ระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น
RADIO AMATEUR SATELLITE TRACKING SYSTEM

โดย

นายกำธร กาญจนมัจฉา

นางสาวจินตนา สุขรัตน์

นางสาวน้องนุช ศักดินาเกียรติกุล

นายวิสุทธิ์ อังคสุวรรณ

นายศุภชัย คุณติสุข

นายสมคิด นามโคตร

วัน เดือน ปี 19 ม.ค. 2539

เลขทะเบียน 034925

เลขเรียกหนังสือ T 174 225 ก6

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2537

ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น

(RADIO AMATEUR SATELLITE TRACKING SYSTEM)

ผู้จัดทำ

นายกำธร	กาญจนมัจฉา	34101015
นางสาวจินตนา	สุขรัตน์	34101057
นางสาวน้องนุช	ศักดินาเกียรติกุล	34103175
นายวิสุทธิ์	อังคสุวรรณ	34106344
นายศุภชัย	คุณติสุข	34107381
นายสมคิด	นามโคตร	34107389

.....

(รศ.ณรงค์ เหมกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1	
บทนำ	1-2
บทที่ 2	
ประวัติความเป็นมาของดาวเทียมแบบเฟสและทฤษฎีของสายอากาศ	3-31
บทที่ 3	
รายละเอียดการใช้งานบอร์ดควบคุมต่างๆ	32-74
บทที่ 4	
การออกแบบ การสร้างและแผนภาพแสดงการทำงาน	75-102
บทที่ 5	
การทดลองและ ผลการทดลอง	103-144
บทที่ 6	
สรุปผลการทดลองและแนวทางในการพัฒนา	145
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น

นายกำธร กาญจนมัจฉา 34101015

นางสาวจินตนา สุขรัตน์ 34101057

นางสาวน้องนุช ศักดินาเกียรติกุล 34103157

นายวิสุทธิ์ อังคสุวรรณ 34106344

นายศุภชัย คุณติสุข 34107381

นายสมคิด นามโคตร 34107389

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ณรงค์ เหมกรณ์

ประจำปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

สำหรับโครงงานชิ้นนี้ คือ ระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น ซึ่งก็คือการควบคุมสายอากาศให้หันไปตามการโคจรของดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น ดาวที่โคจรผ่านมาในบริเวณที่มีเครื่องรับส่งภาคพื้นดินและระบบติดตามดาวเทียมนี้ตั้งอยู่ ซึ่งตามปกติแล้วดาวเทียมแบบนี้จะมีวงโคจรอยู่ในระดับต่ำ และยังมีความเร็วการโคจรที่สูงกว่าการหมุนรอบตัวเองของโลก ดังนั้นการหันสายอากาศตาม จึงเท่ากับเป็นการเพิ่มเวลาที่สามารถจะติดต่อกับดาวเทียมให้ได้มากขึ้นกว่าการที่จะตั้งสายอากาศไว้คงที่ รวมทั้งยังสามารถลดผลอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ ในขณะที่ทำการรับสัญญาณ โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณค่าต่างๆที่เกี่ยวกับวง โคจรของดาวเทียม เช่น ค่าเวลา ค่ามุมอะซิมุธ และค่ามุมเงย ของสายอากาศที่ชี้ไปยังดาวเทียมในช่วงที่ผ่านเข้ามาในบริเวณนั้น แล้วส่งข้อมูลเหล่านี้ไปเก็บในบอร์ดควบคุม เพื่อสั่งให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 2 ชุด หมุนสายอากาศทั้ง 2 มุม เพื่อติดตามดาวเทียมในช่วงเวลาที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This project is "THE AMATEUR SATELLITE TRACKING SYSTEM" which will control the antenna to follow the orbit of radio amateur satellites which pass in the area that earth station is installed. Normaly, this kind of satellite is low orbit satellite and has orbit velocity much more than velocity of orbit itself of the earth, so the rotating of antenna to follow the orbit of satellite will be increasing the time that can communicate between the earth station and the satellite, including the decreasing of doppler effect. By using the software that can analyze and process the orbit of satellites, we will have data enough to track the satellite which pass in the area of the earth station can communicate such as time, azimuth angle and elevation angle,then to transfer these data to store in Control Board in order to drive 2 stepping-moters rotate the antennas in 2 plans for tracking the satellite in the period of time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการสร้างระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นนี้ได้อาศัยคุณสมบัติบางประการของดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นมาเป็นหลักในการสร้าง กล่าวคือ ดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นซึ่งเป็นดาวเทียมแบบเฟสซนิดหนึ่งนั้นตามปกติแล้วจะมีวงโคจรในระดับต่ำคือประมาณ 700-800 กิโลเมตร จากพื้นโลก ซึ่งผลจากการที่ดาวเทียมนี้มีวงโคจรต่ำจึงต้องโคจรรอบโลกเป็นรูปวงรี ด้วยอัตราที่เร็วกว่า การหมุนรอบตัวเองของโลก กล่าวคือโลกใช้เวลาในการหมุนรอบตัวเองเท่ากับ 24 ชั่วโมง ในขณะที่ดาวเทียมแบบนี้จะโคจรรอบโลกด้วยเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ซึ่งทั้งนี้ก็เพื่อรักษาสมดุลย์ของดาวเทียมนั่นเอง โดยที่ลักษณะการส่งสัญญาณจากตัวดาวเทียมนั้นจะเป็นแบบมีทิศทางเป็นลำคลื่นกว้าง และเนื่องจากมีระดับการโคจรระดับต่ำด้วยนั้น ทำให้สถานีภาคพื้นดินสามารถใช้สายอากาศ ที่มีลำคลื่นกว้างๆ และมีอัตราขยายไม่มากนักได้

สำหรับผลที่จะเกิดขึ้นกับการตั้งสายอากาศภาคพื้นดินไว้คงที่ก็คือ มักจะเกิดปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect) ที่เกิดเนื่องจากการที่ตัวส่งสัญญาณ คือดาวเทียมมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวรับสัญญาณซึ่งก็คือสถานีภาคพื้นดิน เป็นผลให้ความถี่ที่ได้รับมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นหากเราหันสายอากาศตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เราก็จะลดการเกิดปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ลงได้ในการสร้างระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นนี้ จริงๆแล้วนั้นประกอบด้วย 3 ส่วน หลักๆคือ

1.ส่วนฐานข้อมูลและแสดงผลหลัก ซึ่งก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์

2.ส่วนประมวลผลและควบคุมการหันของสายอากาศ ซึ่งก็คือ บอร์ดควบคุมสำเร็จรูปที่ใช้ ซีพียู (CPU) เบอร์ Z80180 และบอร์ดไดร์พสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Drive Stepping Motor) สำเร็จรูป

3.ส่วนชุดโครงสร้างควบคุมการหันสายอากาศ และสายอากาศ ซึ่งใช้สายอากาศแบครอสยากิ (Cross Yagi)

ในส่วนของฐานข้อมูล และแสดงผลหลักนั้นจะทำหน้าที่ประมวลผลและคำนวนการโคจรของดาวเทียมดวงต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เช่น ข้อมูลประจำตัวของดาวเทียม และตำแหน่งที่ตั้งของสถานีภาคพื้นดิน เป็นต้น จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการหันสายอากาศตาม สำหรับดาวเทียม 1 ดวง ในช่วงเวลาที่กำหนด(เช่น 1 วัน,1 สัปดาห์,1 เดือน)และคอยเปรียบเทียบเวลาปัจจุบันกับข้อมูลที่มีอยู่ว่า ที่เวลาใกล้กับเวลาปัจจุบันนั้น ดาวเทียมดวงที่กำลังติดตามอยู่ได้โคจรมาในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณได้หรือไม่ ถ้าหากว่ากำลังจะโคจรมาถึงส่วนฐานข้อมูลก็จะส่งข้อมูลที่จำเป็นไปให้ส่วนประมวลผล แล้วรอรับค่าจากส่วนควบคุมการหันสายอากาศเพื่อแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนประมวลผลและควบคุมการหันสายอากาศนั้น นอกจากจะรับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการหันสายอากาศตามดาวเทียมจากส่วนฐานข้อมูลแล้วนั้น ยังสามารถรับการป้อนข้อมูลผ่านแผงปุ่มกดของส่วนประมวลผลเองได้ด้วย โดยเมื่อได้รับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการหันสายอากาศแล้วนั้นก็ทำการประมวลผล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมสายอากาศจริงๆ และทำการควบคุมสายอากาศให้หันตามการโคจรของดาวเทียม เมื่อถึงเวลาที่กำหนด พร้อมทั้งส่งค่าการหันสายของอากาศไปแสดงผลยังหน่วยแสดงผลของส่วนควบคุมสายอากาศเอง และส่วนแสดงผลหลักด้วย

สำหรับชุดโครงสร้างควบคุมการหันสายอากาศ ก็จะมีส่วนของเฟืองทด และสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำหน้าที่หมุนสายอากาศไปตามข้อมูลที่ได้รับ และส่วนเข้ารหัสและนับค่าการหมุนของสายอากาศ จะทำการส่งค่ามุมที่หมุนไปของสายอากาศ แล้วส่งกลับไปยังส่วนประมวลผลเพื่อควบคุมให้สายอากาศหันไปยังทิศทางที่ถูกต้องได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ประวัติความเป็นมาของดาวเทียมแบบเฟสและทฤษฎีของสายอากาศ

นับตั้งแต่มีการปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณ 30 ปีมาแล้วในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาดาวเทียมชนิดต่างๆขึ้นใช้งานอย่างกว้างขวาง ดาวเทียมขนาดใหญ่มีการทำงานที่ซับซ้อนและราคาแพง โดยมีการใช้งานทั้งในด้านพาณิชย์และด้านการทหาร ดาวเทียมเหล่านี้มีทั้งแบบประจำที่ (ดาวเทียมค้างฟ้า) และดาวเทียมแบบเคลื่อนที่ (ปรากฏบนท้องฟ้าเป็นช่วงเวลา)

นอกจากดาวเทียมที่กล่าวถึงแล้ว ได้มีกลุ่มที่สนใจในเทคโนโลยีด้านระบบการสื่อสารซึ่งเรียกตัวเองว่า นักวิทยุสมัครเล่นได้ร่วมกันจัดสร้างและปล่อยดาวเทียมขนาดเล็กขึ้นสู่อวกาศเช่นกัน โดยใช้เงินบริจาคจากสมาชิกทั่วโลกในการสร้างและได้รับความช่วยเหลือจากองค์กรทางด้านอวกาศสำหรับการปล่อยเข้าสู่วงโคจร ดาวเทียมกลุ่มนี้มีชื่อเรียกว่า OSCAR (ORBITING SATELLITE CARRYING AMATEUR RADIO)

ดาวเทียม OSCAR I ได้ถูกปล่อยขึ้นสู่อวกาศในวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ.2504 เป็นดาวเทียมดวงแรกของนักวิทยุสมัครเล่น โดยทำงานได้ สามอาทิตย์ก่อนที่พลังงานจากแบตเตอรี่จะหมดลง OSCAR I ส่งสัญญาณวิทยุโทรเลขในย่านความถี่ VHF (145 MHz) โดยมีข้อความ HI HI และความเร็วของการเคาะสัญญาณโทรเลขจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของดาวเทียมในขณะนั้น

จนถึงปัจจุบันนี้ ดาวเทียม OSCAR ได้ถูกปล่อยขึ้นสู่อวกาศเป็นจำนวนประมาณ 28 ดวงและอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ในปัจจุบันมากกว่า 10 ดวง ในแต่ละปีจะมีโครงการจัดสร้างดาวเทียม OSCAR โดยหลายประเทศทั่วโลก เพื่อประโยชน์ในด้านการศึกษาและการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์ ดาวเทียมส่วนใหญ่จะถูกสร้างโดยกลุ่มนักศึกษาและในมหาวิทยาลัยที่มีการเรียนการสอนในด้านนี้ โดยความช่วยเหลือของเจ้าหน้าที่องค์การด้านอวกาศที่สนใจและเป็นนักวิทยุสมัครเล่นด้วยเช่นกัน

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่าดาวเทียมในเชิงพาณิชย์ที่มีราคาแพงนั้นประเทศไทยคงจะอยู่ในฐานะผู้ซื้อ และผู้นำมาใช้ประโยชน์มากกว่าจะจัดสร้างด้วยตนเองเช่น ดาวเทียมไทยคม ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับก็คือ ช่วยในการติดต่อสื่อสารภายในประเทศให้สามารถครอบคลุมได้อย่างกว้างขวางทุกภูมิภาค

ส่วนดาวเทียมขนาดเล็กที่ได้กล่าวถึงแล้วนั้น มีความเป็นไปได้สูงที่ประเทศไทยจะเข้าร่วมในการพัฒนาและจัดสร้างด้วยตนเองในที่สุด แต่ประโยชน์ที่จะได้รับนั้นคงจะเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมด้านอวกาศมากกว่าประโยชน์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารโดยตรง

ดาวเทียมขนาดเล็กของกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้น ประสบความสำเร็จอย่างสูงในแง่การพัฒนาการศึกษา และช่วยเพิ่มพูนความรู้แก่ผู้สนใจให้มีความเข้าใจและสามารถทำการทดลองหรือศึกษาเพิ่มเติมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยตนเองตลอดเวลา นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสิ่งกระตุ้นเพื่อชักชวนให้ผู้ที่สนใจเพิ่มจำนวนขึ้นและพัฒนาความรู้ส่วนตัวได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นการปูพื้นฐานที่ดีสำหรับการพัฒนาระบบสื่อสารที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต่อไปและสามารถใช้ประโยชน์จากกิจการดาวเทียมได้มากขึ้น

ดาวเทียมในตระกูล OSCAR มีตัวอย่างในการนำไปใช้งานต่างๆดังนี้

1. ใช้ในการสื่อสารทางไกล ปัจจุบันมีดาวเทียม OSCAR 13 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนสถานีทวนสัญญาณในย่าน 144/435/1200 MHz ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารข้ามทวีปได้โดยใช้ย่านความถี่ดังกล่าวพร้อมกันครั้งละหลายสิบคู่สถานีในรูปแบบเสียงพูด (ในระบบ SINGLE SIDE BAND) รหัสโทรเลข (ในระบบ CW) โทรพิมพ์ (RADIO TELETYPE) ภาพนิ่ง (SLOW SCAN TV) โดยมีช่วงกว้างของแถบความถี่ใช้งานประมาณ 150 kHz ในย่าน VERY HIGH FREQUENCY (144 MHz) เนื่องจากดาวเทียมนี้อยู่ในวงโคจรที่สูงมากในตำแหน่งสูงสุดประมาณ 36000 กิโลเมตร (โคจรเป็นวงรี) จึงทำให้ครอบคลุมพื้นที่ในการติดต่อประมาณครึ่งหนึ่งของโลกเช่น จากเอเชียจะสามารถติดต่อได้ถึงทวีปยุโรปและปรากฏบนท้องฟ้าวันหนึ่งเป็นระยะเวลาหลายชั่วโมง (6 ถึง 8 ชั่วโมง) ดาวเทียมดวงนี้มีขนาดใหญ่ที่สุดในกิจการวิทยุสมัครเล่นและจะตกจากอวกาศในอีก 2 ปีข้างหน้า ซึ่งขณะนี้กำลังจัดสร้างดาวเทียมดวงใหม่เพื่อส่งขึ้นไปทดแทน

2. ใช้ในการติดต่อสื่อสารในรูปแบบดิจิตอล ส่วนมากจะเป็นดาวเทียมขนาดเล็ก ที่มีวงโคจรต่ำ (ประมาณ 1000 กิโลเมตร) ซึ่งจะโคจรผ่านแต่ละพื้นที่เป็นระยะเวลาสั้นๆ ครั้งละไม่เกิน 15 นาที
และครอบคลุมพื้นที่ไม่ใหญ่นัก (ครอบคลุมประเทศไทยทั้งประเทศ) การติดต่อจะทำได้โดยการส่งข้อมูลแบบดิจิตอลขึ้นไปเก็บไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในดาวเทียม ซึ่งจะถูกเรียกใช้โดยผู้รับปลายทาง
เมื่อดาวเทียมโคจรไปอยู่เหนือขอบฟ้าของผู้รับข้อมูล ในระยะแรกมีความเร็วในการส่งข้อมูล 1200 BAUD และปัจจุบันมีความเร็ว 9600 BAUD ดาวเทียมในกลุ่มนี้ได้แก่ FUJI OSCAR 20 , AO-16, KO-23

3. การถ่ายภาพจากอวกาศแล้วส่งข้อมูลกลับมาในรูปแบบดิจิตอล โดยเริ่มทดลองจากดาวเทียม WO-18 ซึ่งส่งข้อมูลที่ 1200 BAUD ไปจนถึงดาวเทียม KO-23 และ KO-25 ซึ่งข้อมูลที่ 9600 BAUD

4. การทดลองทางวิทยาศาสตร์อื่นๆเช่น

4.1 การส่งข้อความเป็นเสียงพูด ซึ่งสามารถรับฟังได้ด้วยเครื่องรับวิทยุมือถือในย่าน 144 MHz ได้แก่ดาวเทียม DO-17 และ AO-17

4.2 การรับแถบความถี่ของคลื่นแสงในอวกาศ

4.3 การรับแถบความถี่วิทยุคลื่นสั้นในอวกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ดาวเทียมทุกดวงมีการส่งสัญญาณนำร่อง ซึ่งอาจมีสัญญาณ TELEMETRY ที่จะรายงานสภาวะการทำงานภายในดาวเทียมในขณะนั้นเช่น แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่ภายใน อุณหภูมิ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ และข้อมูลอื่นๆ สัญญาณนำร่องนี้อาจใช้ในการศึกษาการเดินทางของคลื่นวิทยุในอากาศ เช่นสัญญาณนำร่องในย่าน 21 และ 28 MHz จากดาวเทียม RS-10/11,RS-12/13 หรือ อาจส่งข่าวสารข้อมูลที่ต้องการแจ้งข่าวให้แก่สถานีต่างๆได้รับทราบ

การเริ่มต้นทดลองและติดต่อดาวเทียมในกิจการวิทยุสมัครเล่น อาจเริ่มจากเครื่องวิทยุรับ-ส่งในย่าน 144 MHz โดยการคำนวณช่วงเวลาที่ดาวเทียมจะโคจรมาถึงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีรับสัญญาณ เมื่อรับสัญญาณได้แล้วขั้นต่อไปคือ การถอดรหัสของข้อมูลซึ่งอาจใช้อุปกรณ์พิเศษที่เรียกว่า TERMINAL NODE CONTROLLER (TNC) หรือจัดสร้างวงจรอย่างง่ายและใช้โปรแกรมช่วยในการถอดรหัส สำหรับการส่งสัญญาณขึ้นไปยังดาวเทียมนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องรับวิทยุในย่านความถี่อื่น ซึ่งอยู่นอกเหนือสิทธิของพนักงานวิทยุสมัครเล่นขั้นต้น

2.2 <u>ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น</u>

หัวใจสำคัญของการใช้งานดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น คือ การใช้ทรานสปอนเดอร์ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.2.1 ลิเนียร์ทรานสปอนเดอร์ (Linear Transponder)

คือ การแบ่งช่วงของคลื่นความถี่ โดยมีความถี่ศูนย์กลางที่กำหนด เพื่อนำมาขยายแล้วส่ง ไปพร้อมกับความถี่ศูนย์กลางที่ความถี่ต่างๆ กัน เช่น ช่วงแบ่งของความถี่กว้าง 100 kHz มี ความถี่ศูนย์กลาง ,145.950 MHz จะมี 12 สัญญาณ SSB และ CW

ลิเนียร์ทรานสปอนเดอร์ที่ใช้บนดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นจะสามารถใช้ได้กับสัญญาณแบบ CW , SSB ,FM ,DIGITAL ,VIDEO และอื่น ๆ แต่นิยมใช้กับสัญญาณแบบ CW และ SSB เท่านั้น เพราะมีความจำกัดในกำลังส่งที่สามารถส่งของดาวเทียม ลิเนียร์ทรานสปอนเดอร์มีดีเลย์ไทม์น้อยมาก นอกจากนี้ ลิเนียร์ทรานสปอนเดอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

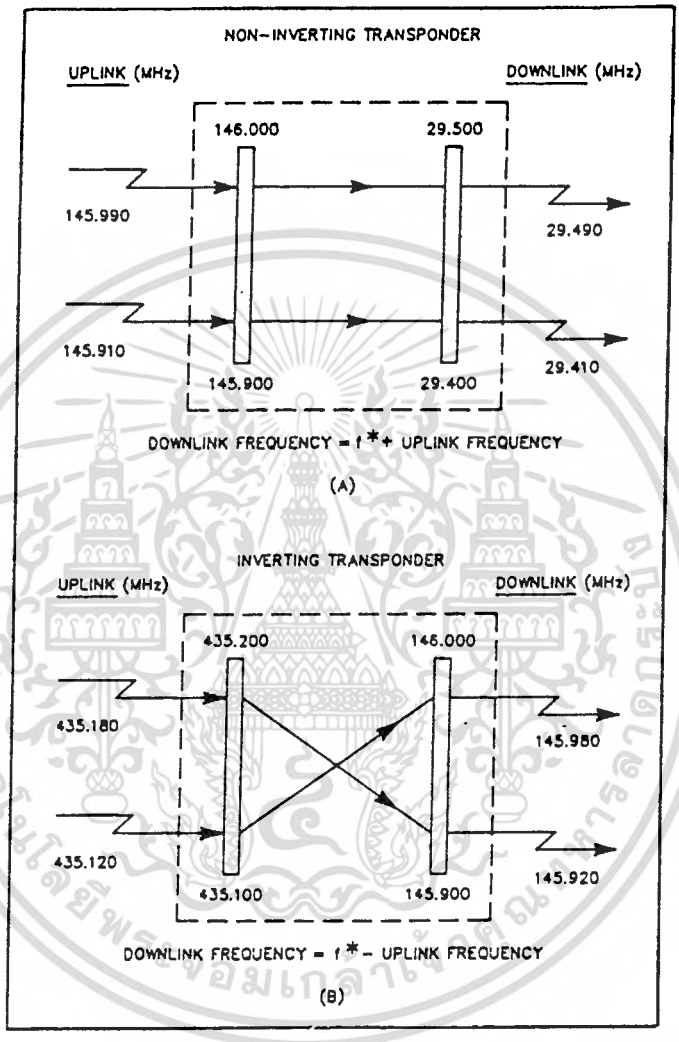
ก.นอนอินเวอร์ติ้งทรานสปอนเดอร์ (Noninverting transponder)

ทรานสปอนเดอร์ชนิดนี้จะมีการใช้ความถี่ขาขึ้น (Uplink) ในช่วงที่สูง แล้วแปลงเป็นความถี่ขาลง (Downlink) ในช่วงที่สูง สำหรับทรานสปอนเดอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้งาน ในโหมดเอ (Mode A) ที่มีดอปเปลอร์ชิฟ (Doppler shift) น้อย

ข. อินเวอร์ติ้งทรานสปอนเดอร์ (Inverting Transponder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานสปอนเดอร์ชนิดนี้จะมีการใช้ความถี่ขาขึ้น (Uplink) ในช่วงที่สูง แล้วแปลงเป็นความถี่ขาลง(Downlink) ในช่วงที่ต่ำ สำหรับทรานสปอนเดอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้งาน ในโหมดอื่นทั่ว ๆ ไป



รูป 2.1 (A) แสดง Noninverting Transponder

(B) แสดง Inverting Transponder

2. ดิจิตอลทรานสปอนเดอร์ (Digital Transponder)

เป็นอุปกรณ์แบบนอนลิเนียร์ที่ใช้ส่งข้อมูลดิจิตอล เช่น ใช้สำหรับส่งอิเล็คทรอนิคส์เมล โดยมีช่องสัญญาณอินพุทหลายช่องแต่มีช่องสัญญาณเอาท์พุทเพียง 1 ช่อง และใช้อัตราการส่งข้อมูลและการมอดเป็นคุณสมบัติที่กำหนดในช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลง ทรานสปอนเดอร์ชนิดนี้จะใช้เป็นเหมือนกล่องเมล (Mail Box) คือ เมื่อต้องการส่งข่าวสารก็จะส่งไปเก็บไว้บนดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นและข่าวสารนั้นจะถูกส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปยังผู้รับ หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกลบออกจากหน่วยความจำของดาวเทียม ในการที่ข่าวสารเก่าถูกลบหลังจากส่งไปแล้ว แล้วมีการใส่ข้อมูลที่ต้องการส่งลงไปใหม่ในหน่วยความจำของดาวเทียม เรียกว่า *Store-and-forward communications System* ซึ่งลักษณะคล้าย Terrestial Packet Repeater จึงนิยมเรียก Pacsat (Packet Radio Satellite)

2.3 ดาวเทียมแบบวงโคจรสูงและวงโคจรต่ำ

ถ้าต้องการติดต่อโดยใช้ CW/SSB ในเวลาจริงจะต้องใช้ลิเนียร์ทรานสปอนเดอร์ โดยสามารถใช้งานดาวเทียมแบบวงโคจรสูงหรือวงโคจรต่ำก็ได้ แต่ถ้าจะใช้งานแบบ Packet Radio ต้องใช้การส่งข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งสามารถใช้ดาวเทียมแบบวงโคจรต่ำเท่านั้น

ดาวเทียมแบบวงโคจรต่ำจะใช้กำลังในการส่งน้อย (10-50 Watt) และสายอากาศที่มีเกนต่ำได้ โดยดาวเทียมจะผ่าน 4-6 ครั้งในช่วงเวลาสั้น ๆ (10-20 นาทีต่อวัน) ทำให้ระบบการติดตามดาวเทียมมีความสำคัญ

ดาวเทียมแบบวงโคจรสูงจะผ่านหลายชั่วโมงต่อวัน ดาวเทียมแบบนี้จะมีขอบเขตกว้างและระยะทางไกลกว่าทำให้ต้องใช้กำลังส่งมากกว่าและต้องใช้สายอากาศที่มีเกนสูงกว่า เช่น กำลังส่ง 50 วัตต์ เกนสายอากาศ 13 dBd

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นอีกเช่น คุณสมบัติของไอโอโนสเฟียริค (Ionosperic) ,พาทลอส (Path Loss) อุปกรณ์สายอากาศของดาวเทียม ,ดอปเปลอร์ชิฟ (Doppler Shift) ฯลฯ

2.4 โหมดการใช้งานของดาวเทียม

ในที่นี้โหมด หมายถึงการรวมกันของแต่ละย่านความถี่ที่ใช้งานของดาวเทียม

1. Mode A มีความยาวคลื่นขาขึ้น 2 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 10 เมตรจะใช้กับดาวเทียมแบบวงโคจรต่ำ

2. Mode K มีความยาวคลื่นขาขึ้น 15 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 10 เมตร

3. Mode KA มีความยาวคลื่นขาขึ้น 15 เมตรและ 2 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 10 เมตร เป็นการรวมโหมดเอกับโหมดเคเข้าด้วยกัน

4. Mode B มีความยาวคลื่นขาขึ้น 70 เซนติเมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 2 เมตรจะใช้ได้ดาวเทียมกับแบบวงโคจรต่ำและวงโคจรสูง

5. Mode L มีความยาวคลื่นขาขึ้น 23 เซนติเมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 70 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ได้กับดาวเทียมแบบวงโคจรสูง

6. Mode J (Mode JA) มีความยาวคลื่นขาขึ้น 2 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 70 เซนติเมตร จะใช้ได้กับดาวเทียมแบบวงโคจรต่ำและวงโคจรสูง

7. Mode JL เป็นการรวมกันระหว่างโหมดเจกับโหมดแอล

8. Mode JD มีความยาวคลื่นขาขึ้น 2 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 70 เซนติเมตรจะใช้กับดิจิตอลทรานสปอนเดอร์

9. Mode S มีความยาวคลื่นขาขึ้น 24 เซนติเมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 13 เซนติเมตร

10. Mode T มีความยาวคลื่นขาขึ้น 15 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 2 เมตร

11. Mode KT มีความยาวคลื่นขาขึ้น15 เมตร และมีความยาวคลื่นขาลง 10 และ 2 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transponder Mode Designations

Mode	*Ground station transmit band (uplink)*[1,2]	*Ground station receive band (downlink)*[1,2]	*Current satellites*[3] *(8/90)*	*Future satellites (1990/91 only)*
A	145 MHz	29 MHz	RS-10/11	RS-12/13
B	435 MHz	145 MHz	AO-10, AO-13	RS-14
J	145 MHz	435 MHz	FO-20	
JA[4]	145 MHz	435 MHz	FO-20	
JD[5]	145 MHz	435 MHz	FO-20 OSCARs 16, 19 OSCAR 18[6] UoSAT-OSCAR 14	
JL	1.2 GHz & 145 MHz	435 MHz	AO-13	
K	21 MHz	29 MHz	RS-10/11	RS-12/13
KA	21 MHz & 145 MHz	29 MHz	RS-10/11	RS-12/13
KT	21 MHz	29 MHz & 145 MHz	RS-10/11	RS-12/13
L	1.2 GHz	435 MHz	AO-13	
S	1.2 GHz	2.4 GHz	AO-13[7]	
T	21 MHz	145 MHz	RS-10/11	RS-12/13
U[8] (see Mode B)				

Notes

[1]Uplink is always specified first.

[2]Each spacecraft transponder uses a portion of the band. See Table 5-2 for specific frequency information. Bands are sometimes labeled in terms of wavelength as follows:

Band (frequency)	*Frequency limits*	*Band (wavelength)*
21 MHz	21.000- 21.450 MHz	15 meters
29 MHz	28.000- 29.700 MHz	10 meters
145 MHz	144.000-146.000 MHz	2 meters
435 MHz	435.000-438.000 MHz	70 cm
1.2 GHz	1.260- 1.270 GHz	24 cm
2.4 GHz	2.400- 2.450 GHz	13 cm

[3]This information should be updated by checking recent issues of *QST*.

[4]JA is short for J (A)nalog. Same as Mode J.

[5]JD is short for J (D)igital. Same input/output frequency bands as Mode J.

[6]The Mode JD transponder on Webersat-OSCAR 18 is a secondary payload.

[7]The transponder on AO-13 is *not* a true Mode S unit. It employs a 435-MHz uplink and is mainly designed to gather experience with the 2.4-GHz downlink.

[8]This is the same as Mode B. Since the West German amateurs who built the 435/145-MHz transponder often refer to it as the U-transponder, Mode B is sometimes (infrequently) referred to as Mode U.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดง Transponder Mode

2.5 หลักการของระบบติดตามดาวเทียม (Tracking System)

การ Tracking เป็นความสามารถในการกำหนดเวลาที่ดาวเทียมมาถึง และตำแหน่งที่กำหนด ให้สายอากาศชี้ไปหาดาวเทียม โดยการใช้สายอากาศแบบมีทิศทาง ซึ่งจะสามารถรับข้อมูล ได้ตามจุดประสงค์ ทั้งนี้เนื่องจากดาวเทียมจะมีเวลาของการเข้ามาภายในบริเวณของการรับสัญญาณของแต่ละสถานีได้เพียงบางช่วงเวลาในแต่ละวันเท่านั้น

สำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำ (เช่น FUJI-OSCAR 20 ,RS-10/11) โดยทั่วไปจะมีเวลาเข้ามาใกล้บริเวณของการรับส่งในแต่ละครั้งน้อยกว่า 25 นาที โดยที่สถานีภาคพื้นดินแต่ละแห่งมีโอกาสเห็นดาวเทียมแต่ละดวงได้เพียง 4-6 ครั้งต่อวัน ดาวเทียมวงโคจรรูปวงรีในระดับสูงเป็นดาวเทียมระยะที่ 3 (Phas3) เช่น OSCAR 10 และ 13 ซึ่งจะแตกต่างออกไปจากดาวเทียมวงโคจรต่ำ โดยมีการโคจรผ่านสถานีหนึ่งๆ ที่อยู่ทางซีกโลกเหนือเพียงวันละ 1-2 ครั้ง แต่อย่างไรก็ตามเวลารวมทั้งหมดที่มีโอกาสติดต่อกับดาวเทียมดวงดังกล่าวได้ประมาณวันละ 12 ชั่วโมง หรืออาจเปรียบเทียบได้ว่าเวลาที่สามารถทำการติดต่อกับดาวเทียม Phase 3 หนึ่งดวงเท่ากับเวลาในการติดต่อดาวเทียม Phase 2 ถึงแปดดวง

สิ่งที่ต้องการทราบสำหรับนักวิทยุสมัครเล่นคือ

1.เมื่อใดที่ดาวเทียมจะเข้าสู่บริเวณของการติดต่อ เวลาที่จะรับสัญญาณติดต่อได้ และเวลาที่สัญญาณจะหลุดไป สำหรับการผ่านเข้ามาของดาวเทียมแต่ละครั้ง

2. ที่ใดคือตำแหน่งที่สายอากาศจะชี้ไป (มุมอะซิมุท และมุมเงย) ในช่วงเวลานั้น ๆ

3. บริเวณบนโลกที่ดาวเทียมผ่านเข้าไป

เครื่องมือการ Tracking อย่างดี อาจสามารถให้ข้อมูลได้ทั้งหมด แต่ในทางปฏิบัติรู้เพียง 1-2 หัวข้อ ก็เพียงพอแล้ว

การหาข้อมูล tracking โดยสามารถทำการหาโดยใช้แผนที่ประกอบ (ใช้แผนที่ เครื่องคิดเลขและแผ่นใสที่ใช้คำนวณโดยเฉพาะเรียกว่า แผ่น overlay) หรือการใช้คอมพิวเตอร์ โดยวิธีการแรกนั้นประหยัดกว่าแม้ว่าระยะหลังการคำนวณวงโคจรจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้นก็ตาม และเมื่อเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์พัฒนาขึ้น การใช้คอมพิวเตอร์นั้นมีการใช้งานอยู่ทั่วไป ทำให้มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณอย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณ โดยคอมพิวเตอร์ควรมีความรู้เกี่ยวกับการใช้แผนที่ประกอบ เพื่อเป็นประโยชน์ในการตีความภาพที่ปรากฏอยู่บนจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การหาข้อมูลการ Tracking โดยใช้คอมพิวเตอร์

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปนั้น โดยทั่วไปเพื่อทราบว่าเวลาเท่าใดที่ดาวเทียมจะเข้ามาในบริเวณของการติดต่อ การกำหนดทิศทางของสายอากาศ ซึ่งในแต่ละชุดข้อมูลจะมีข่าวสารเพิ่มเติมต่าง ๆ เช่น ระยะห่างระหว่างดาวเทียมและสถานีแต่ละแห่ง (Range), เวลาที่เกิดการเลื่อนเนื่องจากการเดินทางของคลื่นจากดาวเทียมมาถึงสถานี (Path Delay Time), ความสูงของดาวเทียม, ตัวเลขที่แสดงถึงตำแหน่งของดาวเทียมบนเส้นทางโคจร (Phase or mean anomaly),พารามิเตอร์ที่บอกว่าเสาอากาศของดาวเทียมที่ชี้มาในทิศทางนี้ อยู่ใกล้มากน้อยแค่ไหน (Squint angle) , ระดับของสัญญาณที่คาดว่าจะมาถึงของสถานีแต่ละแห่ง และดอปเปลอร์ชิฟ

โปรแกรม Tracking ในปัจจุบันสามารถใช้ได้ทั้ง Elliptical orbit และ Circular Orbit (ไม่มี Circular Orbit ที่สมบูรณ์ เพราะฉะนั้นจึงพยายามทำให้ Orbit ทั้งหมดเป็น Elliptical) สิ่งแรกที่ควรพิจารณาคือ ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ต้องการ โดยทั่วไปคือ ตำแหน่งของกราวนด์สเตชั่น (Ground Sation) โดยมีข้อมูลคือ ละติจูดและลองจิจูด, บางครั้งโปรแกรมอาจต้องการรู้ความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งไม่ค่อยมีผลมากนัก

คอมพิวเตอร์จำเป็นต้องรู้วงโคจรของดาวเทียมที่สนใจแน่นอน ดังนั้นจึงต้องมีการป้อนข้อมูล คือ Orbital Elements จากการที่ดาวเทียมแต่ละดวงมีรูปทรงและขนาดรวมทั้งวงโคจรต่างกัน โดย Element จะประกอบด้วย 1 ชุด ของ 6 ตัวเลขที่ใช้ (เรียกว่า Epoch) บางโปรแกรมอาจมีการเพิ่ม Element อื่น ๆ เข้าไปอีก หลังจากป้อน Orbital Elements ของดาวเทียมที่สนใจแล้ว ก็จะมีฐานข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูลนี้ทุกครั้ง โดยเมื่อจะใช้งานโปรแกรมก็จะกำหนดดาวเทียมที่สนใจ, เวลาที่ต้องการ, รูปแบบของข้อมูลเอาท์พุท ก็จะได้ข้อมูลออกมาดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample of Tracking Program Batch Output

AMSAT-OSCAR 13

Ground Station: Lat = 39°N, Long = 77°W, Ht = 0 km
Minimum Elevation = 0 degrees

Day # 358 - - - Friday, December 23 - - - 1988

UTC *HHMM*	*AZ* *deg*	*EL* *deg*	*DOPPLER* *Hz*	*RANGE* *km*	*HEIGHT* *km*	*LAT* *deg*	*LONG* *deg*	*PHASE* *<256>*
1145	167	5	—	23325	18353	-29.8	62.7	34
1200	166	11	-1867	25068	20664	-25.2	62.5	40
1215	165	16	-1733	26686	22773	-21.1	63.1	45
1230	166	21	-1596	28176	24694	-17.5	64.2	51
1245	166	26	-1462	29541	26438	-14.3	65.7	57
1300	168	30	-1332	30784	28017	-11.4	67.5	62
1315	170	33	-1206	31910	29438	-8.7	69.5	68
1330	173	37	-1083	32922	30711	-6.2	71.6	73
1345	175	40	-966	33823	31843	-3.9	73.9	79
1400	179	42	-851	34617	32838	-1.6	76.2	85
1415	183	45	-739	35308	33701	0.5	78.7	90
1430	187	47	-630	35896	34437	2.5	81.1	96
1445	192	49	-523	36384	35049	4.5	83.6	101
1500	197	51	-416	36773	35540	6.4	86.2	107
1515	202	52	-311	37063	35911	8.3	88.7	113
1530	208	53	-206	37255	36164	10.1	91.3	118
1545	213	54	-100	37348	36300	11.9	93.8	124
1600	219	55	7	37341	36320	13.7	96.4	129
1615	225	55	116	37233	36224	15.5	98.9	135
1630	231	55	226	37022	36011	17.3	101.4	141
1645	237	54	340	36705	35680	19.2	103.8	146
1700	243	54	456	36279	35231	21.0	106.2	152
1715	248	53	577	35741	34661	22.9	108.5	157
1730	254	53	703	35084	33967	24.8	110.8	163
1745	259	52	835	34305	33148	26.8	112.9	168
1800	264	51	973	33396	32198	28.9	114.9	174
1815	269	51	1119	32351	31114	31.0	116.7	180
1830	273	50	1276	31160	29890	33.3	118.3	185
1845	278	49	1442	29813	28520	35.6	119.6	191
1900	283	49	1621	28300	26996	38.1	120.5	196
1915	287	49	1815	26606	25310	40.8	120.9	202
1930	293	49	2027	24714	23451	43.7	120.6	208
1945	298	50	2258	22606	21407	46.8	119.2	213
2000	305	51	2511	20262	19166	50.0	116.2	219
2015	313	54	2784	17663	16715	53.3	110.6	224
2030	326	57	3066	14801	14045	56.3	100.8	230
2045	348	60	3300	11720	11160	57.5	84.5	236
2100	30	58	3243	8692	8115	53.9	61.2	241
2115	75	30	1933	6887	5126	39.9	36.4	247

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างผลที่ได้จากโปรแกรม Tracking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปสามารถอธิบายได้ คือ มีการกำหนดว่าดาวเทียม OSCAR 13, เวลาเริ่ม 0000 UTC Dec 23, 1988 และต้องการข้อมูลทุก ๆ 15 นาที (time-step) โดยอธิบายแต่ละส่วนได้ดังนี้

Column 1 : UTC คือ เวลาที่กรีนนิช (Greenwish) ตามตารางคือช่วงเวลาที่ดาวเทียมผ่านมาอยู่ใน Range

Column 2,3 : AZ, EL คือ มุมอะซิมุทและมุมเงย ของสายอากาศที่จะชี้ดาวเทียม

Column 4 : จะบอกถึง Doppler Shift ที่มีความคลาดเคลื่อนจากความถี่ที่กำหนด

Column 5 : จะบอกถึงระยะทางระหว่างสถานีกับดาวเทียม (Range)

Column 6 : จะบอกถึงความสูงของดาวเทียมเหนือโลก (อยู่เหนือระดับน้ำทะเล) โดยจุดที่อยู่สูงที่สุด (เรียกว่า Apogee) อยู่ที่เวลา 1600 UTC

Column 7,8: จะบอกถึงละติจูด และลองจิจูดของตำแหน่งบนผิวโลก (ลองจิจูดอยู่ในองศาตะวันตก, ละติจูดอยู่ในองศาเหนือจะมีค่าเป็นบวก)

Column 9 : เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการทำงาน ของดาวเทียมแบบเฟส เนื่องจากทรานสปอนเดอร์มีหลายทรานสปอนเดอร์ และไม่สามารถควบคุมได้เหมือนกัน

โดยข้อมูลในตารางนี้ต้องมีการปรับทุก 2-3 เดือนตามความเป็นจริง ซึ่งการหมุนของดาวเทียมต้องมีการปรับหลายครั้งต่อปี เพื่อให้เปลี่ยนแปลงตามมุมที่ทำกับดวงอาทิตย์ เช่น อาจมีตารางของ OSCAR 13 คือ

off : from MA 0 until MA 49

Mode B : from MA 50 until MA 159

Mode JL : from MA 160 until MA 199

Mode B : from MA 200 until MA 255

หน่วย MA อ้างถึงการเข้าไปใน Phase Column เช่น จะเห็นว่า Mode B นั้น Transponder จะไม่ถูกใช้จนกระทั่ง 1230 UTC MA นั้นย่อมาจาก Mean Anomaly Anomaly คล้ายกับมุมที่สมมติขึ้น นักดาราศาสตร์กำหนดการหมุนเป็น 360 segments แต่เพื่อการใช้งานได้สะดวกจะมีการออกแบบเพื่อใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมดาวเทียมเฟส 3 ซึ่งจะใช้ 256 segments โดยนักวิทยุสมัครเล่นจะอ้างเป็น Mean Anomaly หรือ Phase Units โดยถ้าเป็น MA 0 (เริ่มการโคจร) และ MA 256 (จบการโคจร) ดาวเทียมจะอยู่ที่ Perigee (จุดต่ำสุด) ที่ MA128 (ครึ่งของวงโคจร) ดาวเทียมจะอยู่ที่ Apogee (จุดสูงสุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Orbital Elements ที่ใช้สำหรับโปรแกรม tracking

Example of Orbital Elements Provided for Computer Tracking Programs

Parameter name	*Value*	*Units*
Satellite:[1]	OSCAR 13	
Catalog Number:	19216	
Epoch Year:	1988	
Epoch Time:	258.28144	days
Element Set:	RUH9-88	
Inclination:	57.57	deg
RAAN:[2]	239.56	deg
Eccentricity:	0.6563	
Arg of Perigee:[3]	190.53	deg
Mean Anomaly:	0.0	deg
Mean Motion:	2.09699369	rev/day
Decay Rate:[4]	0.	rev/day/day
Epoch Rev:[5]	193	
Semi-Major axis:	25783	km
Bahn Latitude[6]	0	deg
Bahn Longitude[7]	180	deg

Alternate parameter names
[1]Object
[2]Right Ascension of Ascending Node; RA of Node
[3]Argument of Perigee
[4]Drag factor; Rate of change of mean motion, first derivative of mean motion
[5]Revolution number, orbit number
[6]ALAT, BLAT
[7]ALON, BLON

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่าง Orbit Elements ที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรม Tracking

1. ชื่อดาวเทียมที่ต้องการใช้งาน

2. Catalog number เป็นเลขที่ชี้เฉพาะที่กำหนดโดย NASA

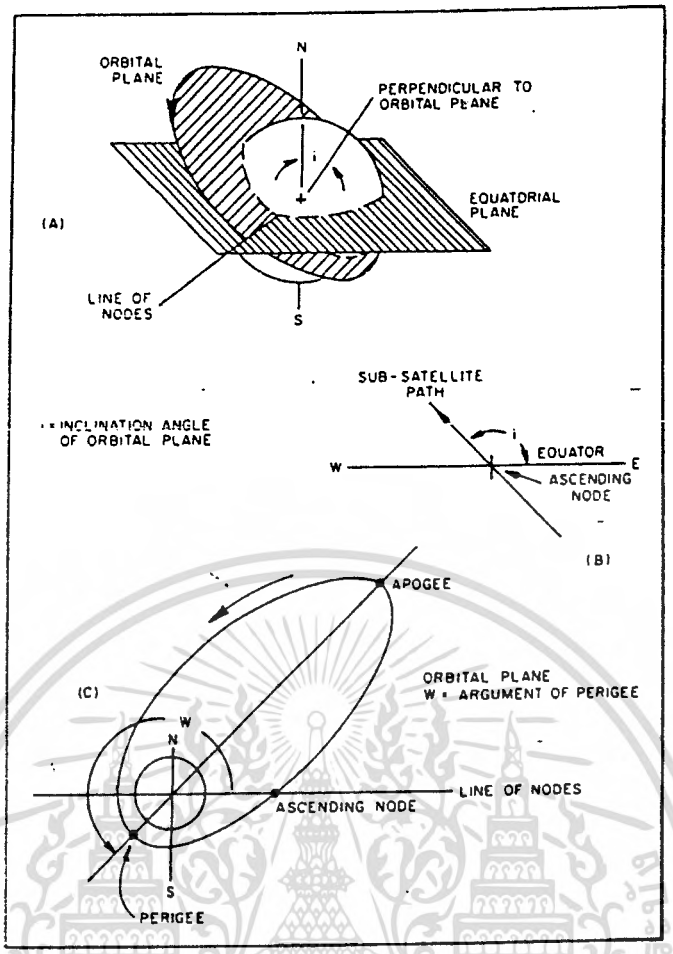
3. Epoch (เป็นเวลาสำหรับ Elements ที่ถูกคำนวณ) อาจแยกเป็นวันกับเวลาหรือรวมกันก็ได้โดยมีตัวอย่างการคำนวณของ Epoch time ดังนี้

4. Element set ใช้บอกแหล่งที่มาของข้อมูลไม่เกี่ยวกับการ Tracking

5. 6 Key Orbital Elements ที่โปรแกรมต้องการ

   5.1 Inclination คือ มุมที่ทำระหว่างระนาบของแนวเส้นศูนย์สูตรกับระนาบของวงโคจรของดาวเทียมดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



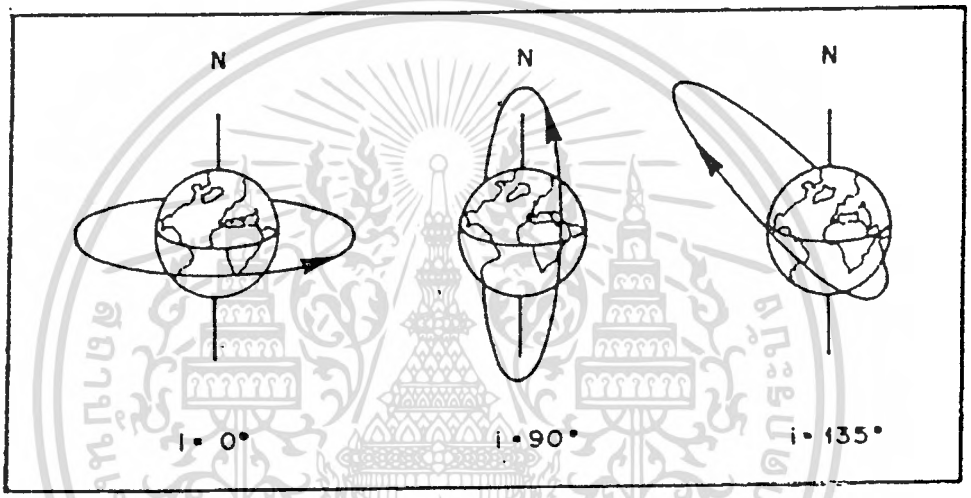
รูปที่ 2.2 รูปแสดงการโคจรแบบวงรีเมื่อเทียบกับระนาบของเส้นศูนย์สูตรของโลก ซึ่งถูกกำหนดโดย i , inclination angle และตำแหน่งของ perigee ในระนาบการโคจรได้จาก w , the argument of perigee

โดยเส้นตัดกันระหว่าง 2 ระนาบเรียกว่า The Line of Nodes สำหรับ inclination มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา โดยมีการแสดง inclination ของ 0, 90, 135 องศาดังรูปที่ 2.3 ถ้า 0 องศาคือดาวเทียมจะอยู่ในแนวเดียวกับเส้นศูนย์สูตร ถ้าไม่ 0 องศาดาวเทียมจะผ่านเหนือเส้นศูนย์สูตร 2 ครั้งต่อรอบ คือส่วนซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ถ้า 90 องศาดาวเทียมจะผ่านขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ในแต่ละรอบ

5.2 RAAN (Right Ascension of Ascending Node) ค่ามุมซึ่งได้จากระนาบการหมุนแบบวงรีของดาวเทียมที่กับ FIXED STAR

5.3 Eccentricity ใช้บอกรูปร่างลักษณะวงโคจรวงรีว่ามีลักษณะคล้ายวงกลมเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3รูปแสดงวงโคจรของดาวเทียมที่มีค่า includination angle 0 ,90,135 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 6-9

Typical NASA Two-Line Orbital Element Set

```
ISSUE DATE: JUNE 6, 1989
BLTN     36 ELEM     36 OBJ  19216

          1         2         3         4         5         6
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901

1 19216U           89147.06007421 0.00000137            10000-3 0   364

2 19216  57.2077 206.1830 6723768 204.7577  96.6993  2.09696457  7298
```

Explanation

Heading

BLTN 36 = Bulletin number 36
OBJ 19216 = NASA Catalog number (19216 is OSCAR 13)
Column numbers (1-69) are not provided. They have been added here to clarify NASA format.

Line 1

line number = 1
19216 = NASA catalog number
U = Unclassified
* 89147.06007421 = Epoch (1989, day 147 = May 27 at 01:26:30.41 UTC)
0.00000137 = First derivative (rate of change) of mean motion
364 = Element set number 36; checksum 4

Line 2

line number = 2
19216 = NASA catalog number
* 57.2077 = Inclination (degrees)
* 206.1830 = RAAN (degrees)
* 6723768 = eccentricity (note: leading decimal point is missing)
* 204.7577 = Argument of perigee (degrees)
* 96.6993 = Mean anomaly (degrees); multiply by 256/360 for phase units
* 2.09696457 = Mean motion (rev/day)
7298 = Revolution 729 at epoch; checksum 8

*Fundamental orbital elements at epoch required by all tracking programs.

For information on entries not covered, request "Format Explanation of the Two-Line Orbital Elements" from: Project Operations Branch, Code 513, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771.

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงความหมายของ Orbit Element Set

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีสูตรดังนี้ $e^2 = 1 - (b/a)^2$

โดยค่า b และ a เป็นค่าแกนของวงรี และถ้า e = 0 จะได้วงโคจรเป็นวงกลม

5.4 Argument of perigee คือมุมระหว่าง line of node กับแกนหลักของวงโคจรวงรี ดังรูปที่ 2.2 (C) แต่อาจเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

5.5 Mean anomaly คือ ตำแหน่งของดาวเทียมในระนาบวงโคจร(สำหรับ orbit elements เหล่านี้ใช้แบบ 0-360 องศา)

5.6 Mean motion คือ จำนวนรอบที่ดาวเทียมโคจรในแต่ละวัน ซึ่ง element นี้เป็นข้อมูลทางอ้อมที่เกี่ยวกับขนาดของวงโคจรวงรี

6. Decay rate คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงของวงโคจรที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ mean motion โดยจะมีผลมากต่อดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำ

7. Epoch revolution คือ จำนวน orbit ที่ใช้เพื่ออ้างอิง ไม่มีผลต่อการ tracking

8. Semi major axis ครึ่งหนึ่งของแกนยาวของวงรี สามารถใช้บอกขนาดของวงโคจรแบบวงรี

ในโปรแกรม tracking นี้ต้องมีการ updateข้อมูลเสมอ ซึ่งจะช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับ satellite orbit, แหล่งข้อมูลและความต้องการของผู้ใช้ โดย ดาวเทียม phase 3 (high altitude satellite) ควร update ทุก ๆ 3 เดือนจึงจะได้ผลดี ดาวเทียม phase 2 (low earth circular orbit satellite) ถ้าสูง 800 miles ควร update ทุก ๆ 6 เดือน ถ้าระหว่าง 500 ถึง 800 miles ควร update ทุก ๆ 3 เดือน ถ้าระหว่าง 400 ถึง 500 miles ควร update ทุก 6 สัปดาห์ ถ้าต่ำกว่า 400 ควร update บ่อย ๆ เท่าที่เป็นไปได้ เพราะเนื่องจากดวงอาทิตย์มีผลทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ดาวเทียมยิ่งใกล้โลกมีการเปลี่ยนแปลงแรงดึงดูด ทำให้ข้อมูลที่ทำนายไว้มีความคลาดเคลื่อนจึงควร update ข้อมูลสม่ำเสมอ

2.8 ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์

เกิดจากแหล่งกำเนิดความถี่ (ในที่นี้หมายถึงดาวเทียม) กับผู้สังเกตการณ์เคลื่อนที่สัมพัทธ์กันโดยที่ผู้สังเกตการณ์คนที่หนึ่งอยู่ที่แหล่งกำเนิดความถี่แล้ววัดความถี่ f_o ในขณะที่ผู้สังเกตการณ์คนที่สองกำลังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดความถี่พร้อมกับวัดค่าความแตกต่างของความถี่ f ด้วยจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$f = f_o - (V/C) f_o$$

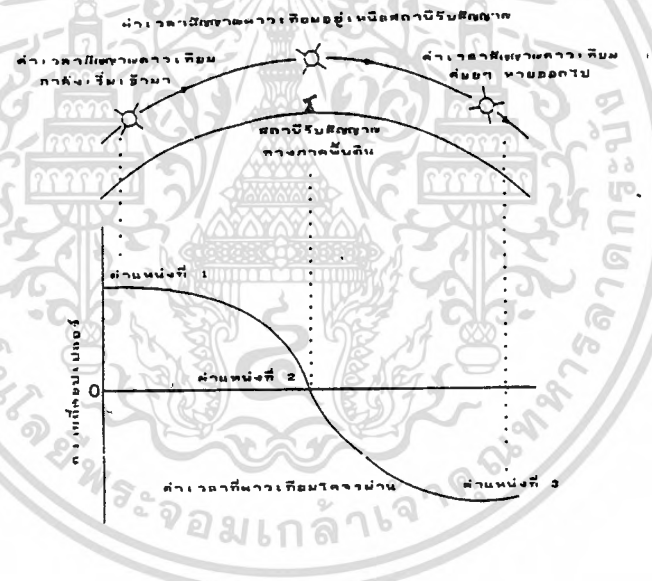
โดยที่ f_o เป็นค่าความถี่ของแหล่งกำเนิดความถี่โดยมีผู้สังเกตการณ์คนที่หนึ่งทำการวัดความถี่ขณะอยู่กับที่ (แหล่งกำเนิดความถี่) (Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f เป็นค่าผลต่างของความถี่ที่ทำการวัด โดยผู้สังเกตการณ์คนที่สองกำลังเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดความถี่

C เป็นค่าความเร็วของแสงเท่ากับ $3*10^8$ เมตร/วินาที

จะสังเกตพบว่าค่า V จะมีค่าติดลบเมื่อดาวเทียมโคจรเข้ามาใกล้สถานีรับสัญญาณ (ตำแหน่งที่ 1) ค่าเวลาสัญญาณดาวเทียมกำลังเริ่มเข้ามา ดังนั้นความถี่ที่รับได้จะมีค่าสูงกว่าความถี่ที่ดาวเทียมส่งออกมา ในตำแหน่งที่ 2 เป็นค่าเวลาสัญญาณดาวเทียมอยู่เหนือสถานีรับสัญญาณ ค่า V เป็นศูนย์ ดังนั้นความถี่ที่รับได้จะเท่ากับความถี่ที่ส่งออกมาจากดาวเทียม ค่า V จะมีค่าเป็นบวกเมื่อดาวเทียมโคจรออกมาออกห่างจากสถานีรับสัญญาณใน (ตำแหน่งที่ 3) ค่าเวลาสัญญาณดาวเทียมค่อยๆหายออกไปดังนั้นความถี่ที่รับได้จะมีค่าต่ำกว่าความถี่ที่ดาวเทียมส่งออกมา



รูปที่ 2.4 แสดงค่า V ขึ้นอยู่กับการโคจรของดาวเทียมและการหมุนของโลก

2.9 STEPPING MOTOR

STEPPING MOTOR เป็นมอเตอร์ชนิดที่หมุนทีละขั้น โดยแต่ละขั้น มอเตอร์จะหมุนด้วยมุมคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งในการควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR นั้นจะอาศัยวงจรควบคุมทางดิจิตอล โดยที่วงจรทางดิจิตอลนี้จะทำหน้าที่ในการจัดลำดับการกระตุ้นในแต่ละเฟสของ STEPPING MOTOR ซึ่งจะทำให้

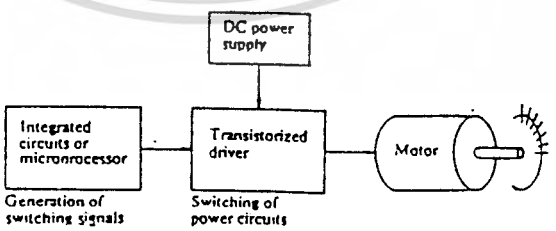
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามาถกำหนดทิศทางการหมุน ความเร็วในการหมุนและตำแหน่งที่ต้องการจะเลื่อนไปของ STEPPING MOTOR ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

เนื่องจากวงจรทางดิจิตอลที่ใช้ในการควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR สามารถกำหนดความเร็วในการหมุนและตำแหน่งที่ต้องการจะเลื่อนไปของ STEPPING MOTOR ได้อย่างถูกต้องแม่นยำดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ (FEEDBACK CONTROL) เพื่อควบคุมความเร็วและตำแหน่งในการหมุน เพราะฉะนั้นเราอาจจะกล่าวได้ว่าระบบควบคุมการหมุนของ STEPPING MOTOR เป็นแบบไม่มีการป้อนกลับ (OPEN-LOOP CONTROL SYSTEM) แต่ในการหมุนของ STEPPING MOTOR อาจจะทำให้เกิดการออสซิเลท (OSCILLATOR) ที่แกนของมอเตอร์ได้และอาจจะทำให้มอเตอร์เกิดการ UNSTABLE ได้

2.9.1 <u>ทฤษฎีและหลักการทำงานของ STEPPING MOTOR</u>

ทฤษฎีและหลักการทำงานของ STEPPING MOTOR เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า ที่มีอินพุทเป็นกลุ่มของไบนารีโวลท์เตจ และเอาท์พุทเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม หรือหมุนไปทีละขั้น (แต่ละขั้นอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 30 องศา ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของ STEPPING MOTOR) ตามสัญญาณพัลซ์ที่ป้อนให้กับขดสเตเตอร์ (STATOR)ซึ่งจะเกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ (ROTOR) หมุนไป แต่ลักษณะของ STEPPING MOTOR จะมีขดของสเตเตอร์อยู่หลายขดซึ่งเรียกว่า เฟส (PHASE) ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณที่เป็นพัลซ์ในลักษณะลำดับ (SEQUENCE) ของเลขไบนารีโดยผ่านวงจรขับ (DRIVER)จะทำให้โรเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 2.5

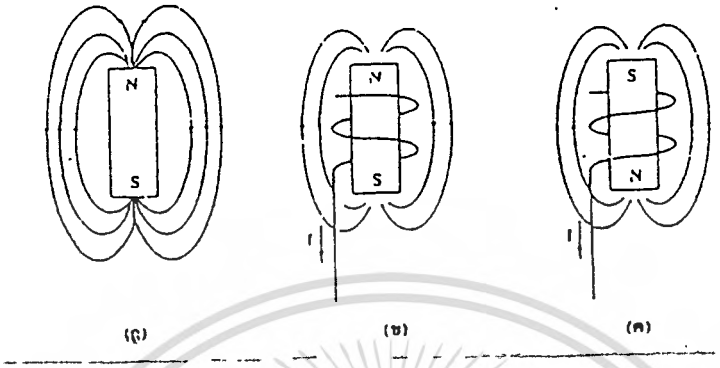


รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุม STEPPING MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 หลักการทำงานของ STEPPING MOTOR โดยทั่วไป

ในรูปที่ 2.6 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก



รูปที่ 2.6 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่าง ๆ

(ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร

(ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I

(ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทาง เมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทาง และทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

หลักการทำงานของ STEPPING MOTOR

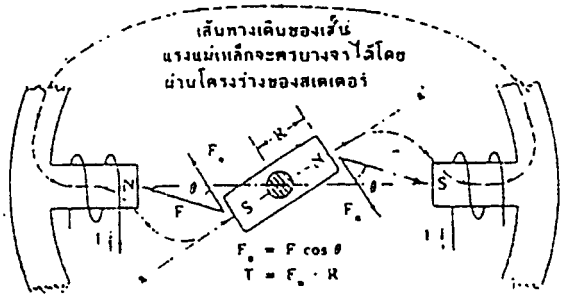
ในรูปที่ 2.7 แท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่กับเพลาและหมุนได้อิสระเหมือนอาร์มาเจอร์ (AMATURE) มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ขั้วซึ่งเป็นหนึ่งของโครงโลหะที่เป็นสเตเตอร์ ตำแหน่งแกนของอาร์มาเจอร์แม่เหล็กคือ a-a ซึ่งต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม θ แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน ทำให้เกิดส่วนของแรงบิด (TORQUE) ขึ้น

- แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรง

  $F_n = F.\cos\theta$ (แรงนี้ตั้งฉากกับแกน a-a)

- แรงบิดรวม $T = F_n * R$ (ทำให้อาร์มาเจอร์หมุนไปทิศทาง CW จนกว่าแกน ของอามาเจอร์ a-a จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนขั้วของสเตเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการดึงดูดที่ทำให้เกิดแรงบิดที่หมุนอาร์มาเจอร์ให้อยู่ในตำแหน่งสมดุล

หากมีคู่ขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหลาย ๆ คู่ขั้วรอบ ๆ สเตเตอร์และถ้าหากขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้น ด้วยกระแสพัลซ์ในรูปแบบที่เรียงลำดับกันไปอามาเจอร์ก็จะหมุนในรูปลักษณะของสเตปที่เป็นไปตามการหมุนของสนามแม่เหล็ก ที่เกิดจากการสวิทช์ที่เรียงลำดับของขดลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

2.9.4 การแบ่งชนิดของ STEPPING MOTOR

STEPPING MOTOR แบ่งชนิดตามลักษณะโครงสร้างได้ 3 ชนิด คือ

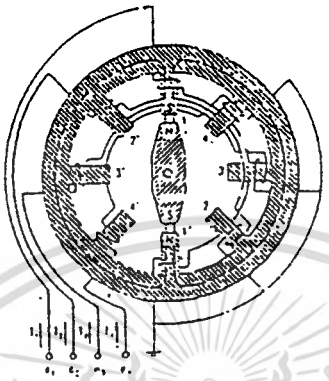
1) PERMANENT MAGNET STEPPING MOTOR
(PM STEPPING MOTOR)
2) VARIABLE RELUCTANCE STEPPING MOTOR
(VR STEPPING MOTOR)
3) HYBRID STEPPING MOTOR

1) PERMANENT MAGNET STEPPING MOTOR

มอเตอร์ (MOTOR) ชนิดนี้โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งมีอำนาจแม่เหล็กตามแนวรัศมีดึงดูดกับขั้วของสเตเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้จะมี HOLDING TORQUE เกิดขึ้นแม้ไม่ได้ถูก ENERGIZE ที่ขดลวดบนสเตเตอร์

ในรูปที่ 2.8 เป็นมอเตอร์แบบ 4เฟส แต่ละเฟสเป็นขดลวดอยู่บน 2 ขั้วของสเตเตอร์ ดังนั้นในการออกแบบนี้สเตเตอร์จะต้องมี 8 ขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟสและแต่ละเฟสพันด้วยขดลวดบน 2 ขั้วของสเตเตอร์มุมสเต็ป= 45 องศา

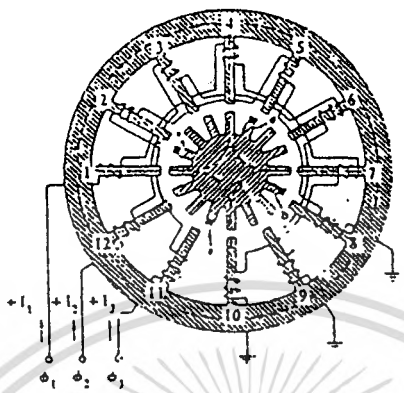
VARIABLE RELUCTANCE STEPPING MOTOR

มอเตอร์ชนิดนี้มีโรเตอร์เป็นซี่พันและเป็น SOFT IRON ตัวสเตเตอร์ถูกพันด้วยขดลวดตามปกติ การหมุนเกิดขึ้นได้โดยเราให้กระแสไฟฟ้าต่อขดลวดที่พันบนสเตเตอร์ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงดูดให้โรเตอร์หมุนได้ตามตำแหน่งของ STATOR POLE ที่ต้องการ ROTOR INERTIAL ของมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าต่ำและมี RESPONSE ที่เร็วถ้าขดลวดไม่ได้ถูก ENERIZE แล้ว STATIC TORQUE ของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าเป็นศูนย์

- VR STEPPING MOTOR แบบมีสแต็คเดียว

โครงสร้างของ VR STEPPING MOTOR จะแสดงไว้ดังรูปที่ 2.9 VR STEPPING MOTOR ที่มีแสต็คเดียวจะมีโรเตอร์เดียว ซึ่งทำจากสารแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 VR STEPPING MOTOR แบบสแต็คเดียว ซึ่งมีรายละเอียดโครงสร้างดังนี้

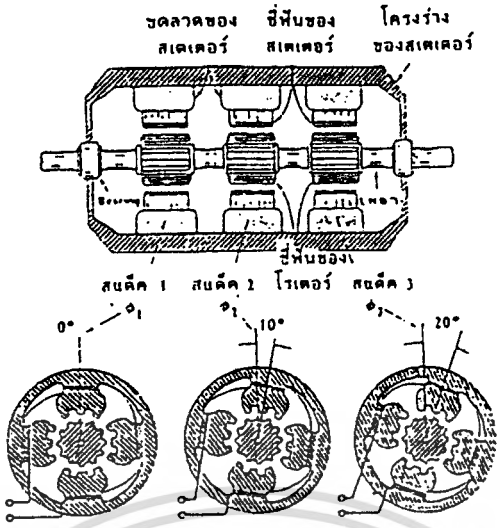
N_r = 16 , N_s =12 , X = 4 โพล/เฟส

θ_s = 7.5 องศา , R_s = 48 สเต็ป/รอบ

- VR STEPPING MOTOR แบบมีหลายสแต็ค

สแต็คในที่นี้หมายรวมไปถึงโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟันและโครงร่างของสเตเตอร์อยู่รอบนอกดังในรูปที่ 2.10 ซึ่งได้ถูกออกแบบให้สเตเตอร์ของแต่ละสแต็คประกอบด้วย 4 โพลแต่ละโพลจะมีซี่ฟัน 3 ซี่ ซึ่งต่างจาก VR STEPPING MOTOR แบบสแต็คเดียว(แต่ละโพลจะมีซี่ฟันเดียว) ข้อสังเกตุในแต่ละสแต็คจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีจำนวนเท่ากัน ซึ่งต่างจาก VR STEPPING MOTORแบบสแต็คเดียว จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ จะเท่ากันไม่ได้ ถ้าหากมีจำนวนซี่ฟันเท่ากันมันจะไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

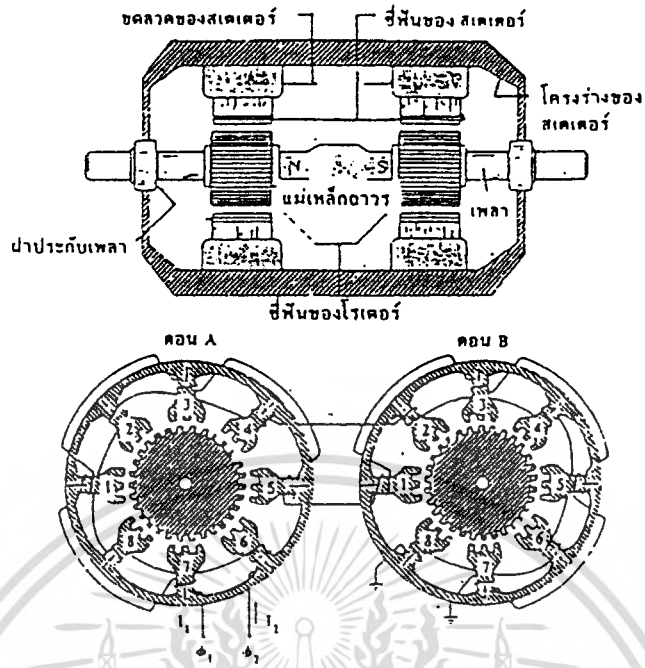


รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของ STEPPING MOTOR แบบ VR ที่มี 3 เฟส โรเตอร์และสเตเตอร์ของแต่ละเฟส(สแต็ค) จะมีขี้ฟัน 12 ขี้ฟัน และมุมขั้น(θ_s)= 10 องศา แต่ละเฟสของสเตเตอร์ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันจะถูกจัดตำแหน่งให้ต่างกันเท่ากับ 1/3 ของช่องห่างระหว่างขี้ฟันของโรเตอร์(10 องศา)

3) STEPPING MOTOR แบบไฮบริด

ไฮบริดสเต็ปปิ้งมอเตอร์(HSM)มีคุณลักษณะผสมของ PM และ VR STEPPING MOTORในรูปที่ 2.11 แสดงถึงโครงสร้างของ HSM ประกอบด้วย 2 ตอน กับแกนแม่เหล็กอยู่ ระหว่าง 2 ตอน แต่ละตอนประกอบ์ขี่ฟันของโรเตอร์และโพลของสเตเตอร์ที่มีขี่ฟันเช่นกันและพันด้วยขดลวด รายละเอียดโครงสร้างของสเตเตอร์ของโรเตอร์ของแต่ละตอนแสดงในไดอะแกรมข้างล่างของรูที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของ HYBRID STEPPING MOTOR N_r =30,N_s=24

ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอน จะอยู่ในแนวเดียวกัน

ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตัวจะมีตำแหน่งต่างกัน 1/2 P_r(=6 องศา)

θ_s=3 องศา

2.10 การทำให้เกิด CIRCULAR POLARIZATION

เทคนิคในการสร้างให้เกิด CIRCULAR POLARIZATION มีจำนวนจำกัด ตามสายอากาศที่มีอยู่ วิธีหนึ่งที่สร้าง CIRCULAR POLARIZATION WAVE ได้โดยสร้างสายอากาศเป็นลักษณะHELIX ซึ่งเป็นการออกแบบที่เป็นพื้นฐาน วิธีอื่นๆก็คือ การรวม LINEAR POLARIZATION ANTENNA ในวิธีที่เหมาะสมหรือในลักษณะที่เหมาะสม หลายๆวิธีในการผลิต CIRCULAR POLARIZATION WAVE จากLINEAR POLARIZATION ANTENNA ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตาราง 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการสำหรับการผลิต CIRCULAR POLARIZATION โดยใช้ LINEAR POLARIZATION ANTENNA
1. สายอากาศที่มีลักษณะเหมือนกัน 1คู่โดยป้อน 90 องศา OUT OF PHASE
2. สายอากาศที่มีลักษณะเหมือนกัน 1คู่โดยเป็น IN PHASE
3. DUAL MODE HORN
4. การรวมของ ELECTRIC และ MAGNETIC ANTENNA
5. TRANSMISSION-TYPE POLARIZERS
6. REFLECTION-TYPE POLARIZERS

ตารางที่ 2.5 วิธีการผลิต CIRCULAR POLARIZATION

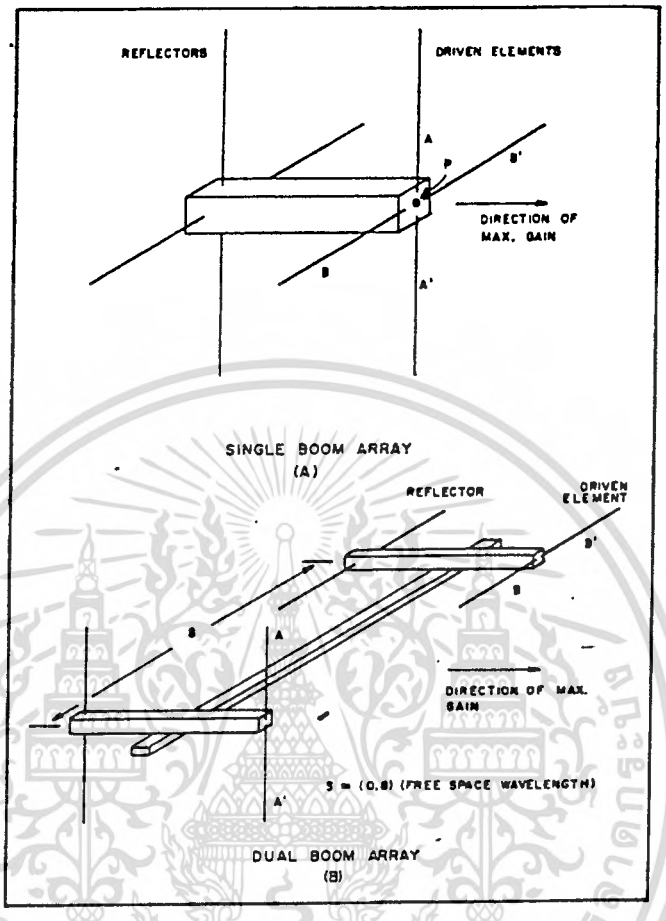
2 วิธีแรกนิยมใช้อย่างกว้างขวางในวิทยุสมัครเล่น หลายๆ EMG ผู้กระทำหลายคนจะมีความสำเร็จได้โดยใช้วิธีที่ 3 ที่ความถี่ ตั้งแต่ 1 GHz เป็นต้นไปใช้ป้อนให้กับ PARABOLIC ANTENNA ส่วนวิธีที่คงเหลืออยู่จะปรากฏว่าไม่เหมาะสมสำหรับที่จะปรับปรุงที่จะใช้กับสถานีภาคพื้นดาวเทียมดังนั้นจึงไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้

ในที่นี้จะขอกล่าวในรายละเอียดในวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ความต้องการหนึ่งสำหรับคู่ของการแมทช์(MATCH) LINEAR PORALIZATION ANTENNA สายอากาศที่มีลักษณะเหมือนกัน 2 อัน (YAGI) จะต้องมีความระวังในการปรับให้ได้ INPUT IMPEDANCE เท่ากับ 50 โอห์ม โดยจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้ ดโพล 2 ตัว,ยากิหลายๆอีลีเมนท์ (ELEMENT) 2 ตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้

<u>วิธีการสร้างสายอากาศ</u>

วิธีนี้สายอากาศ 2 ตัวจะแสดงดังรูป 2.12 A (ซึ่งเป็น SINGLE BOOM หรือ CONCENTRIC BOOM ARRAY) หรือแสดงดังรูป 2.12 B (ซึ่ง เป็น DUAL-BOOM หรือ CROSS-BOOM ARRAY)

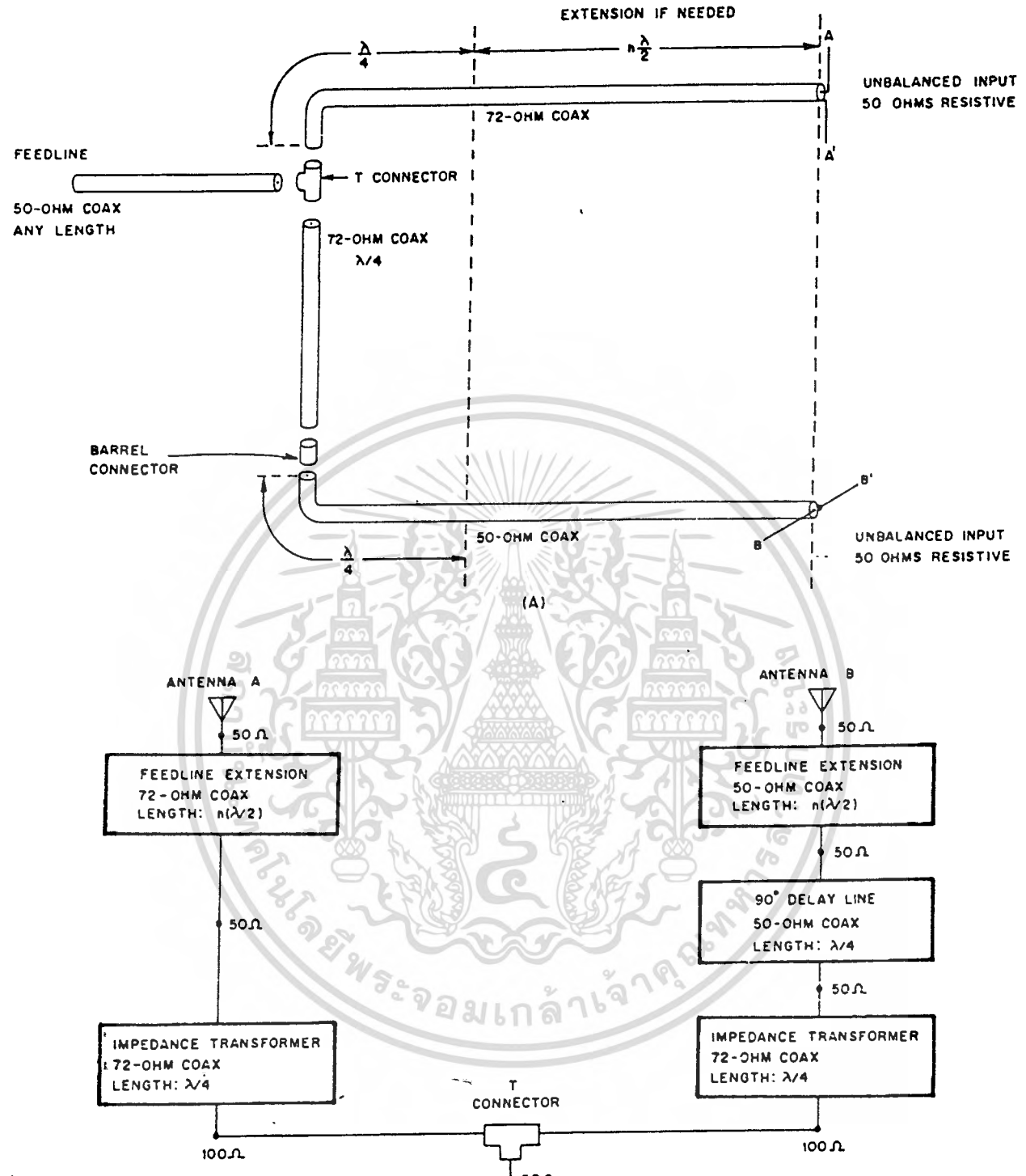
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การสร้างสายอากาศ YAGI

เฟสและการแมทช์จะทำให้ได้การแบ่งกำลังงานที่ถูกต้อง การแมทช์จะแสดงดังรูป 2.13 โดยที่เมื่อสายอากาศ 2 อันทำมุม 90 องศา OUT OF PHASE กันด้วยกำลังงานที่เท่าๆกันจะทำให้ได้ CIRCULAR POLARIZATION WAVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Notes

1) n may be either 0, 1, 2, and so on, depending on how many half-wavelength extensions are needed (see text).
2) All cable dimensions refer to electrical length λ = (velocity factor of cable) (free-space wavelength). Values for the velocity factor of 0.66 (polyethylene-dielectric) and 0.81 (foam-filled cable) are often used. However, large variations are common. Because small errors in the matching harness can significantly degrade performance, one should either (1) measure the electrical length of each cable or (2) measure the actual velocity factor of the cables being used. Methods for doing this are discussed in Chapter 6.
3) Since the antenna impedance repeats every half wavelength along the feed line, regardless of the feed-line impedance, we can use 72-ohm coax to feed antenna A and eliminate one splice in the matching harness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 แสดงการแมทช์ของสายอากาศ

ผลกระทบจากความผิดพลาดหลายๆอย่างในการแบ่งกำลังงานและความต่างเฟสจะแสดงได้ดัง

ตาราง 7.3

ผลกระทบของเฟสของการแบ่งกำลังงานบนสายอากาศยากิที่แสดงดังรูปที่ 2.12 A และ 2.12 B

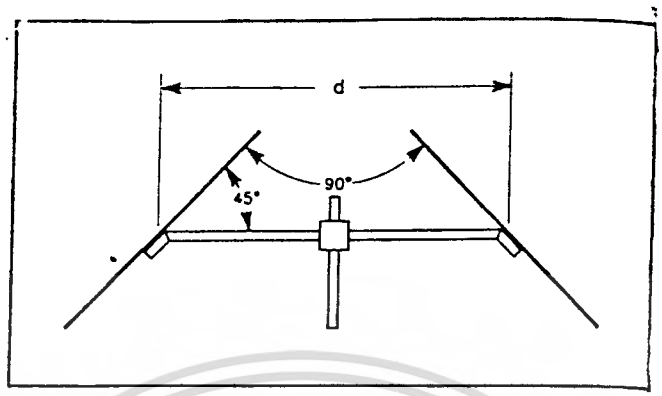
เฟส (ความแตกต่าง)	การแบ่งกำลังงาน	ผลลัพธ์คลื่นตามแกนหลัก
90 องศา	เท่ากัน	CIRCULAR POLARIZATION
90 องศา	ไม่เท่ากัน	ELLIPE POLARIZATION
0 องศา	เท่ากัน	LINEAR PORALIZATION ในระนาบของยากิ 2 ตัว
0 องศา	ไม่เท่ากัน	LINEAR PORALIZATION ระนาบขึ้นกับการแบ่งพลังงาน
$0<\theta<90$ องศา	เท่ากัน	ELLIPE POLARIZATION
$0<\theta<90$ องศา	ไม่เท่ากัน	ELLIPE POLARIZATION

ตารางที่ 2.6 แสดงผลการกระทบของเฟสของการแบ่งกำลัง
บนสายอากาศยากิ

สำหรับการ FEED สายอากาศในระบบแต่ละอันจะต้องค่อยๆปรับจะมีการสมดุลย์ให้ได้ 50 โอห์ม ที่แน่นอนก่อนการปรับจูนค่าที่ผิดพลาดเล็กๆน้อยๆของสายอากาศแต่ละอัน ถึงแม้ว่าจะเหมือนกันโดยตลอดสามารถที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการแบ่งกำลังงานและเฟส และผลิต ELLIPTICAL WAVE ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบ LINEAR เป็นส่วนมากมันอาจจะเกิดขึ้นถึงแม้ว่าค่า SWR จะเป็นค่าที่ยอมรับได้ก็ตาม

ในรูป 2.12 จะแสดงสายอากาศยากิที่เป็นแนวตั้งและแนวนอนซึ่งในการจัดสายอากาศไม่จำเป็นต้องวางทำมุมกับอีกอันหนึ่ง อาจมีการจัดวางตามรูป 2.14 ซึ่งใช้กับแบบ CROSS BOOM หรือ ROTATORS จะทำให้เกิดความสมดุลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงการจัดชุดโครงสร้างสายอากาศ

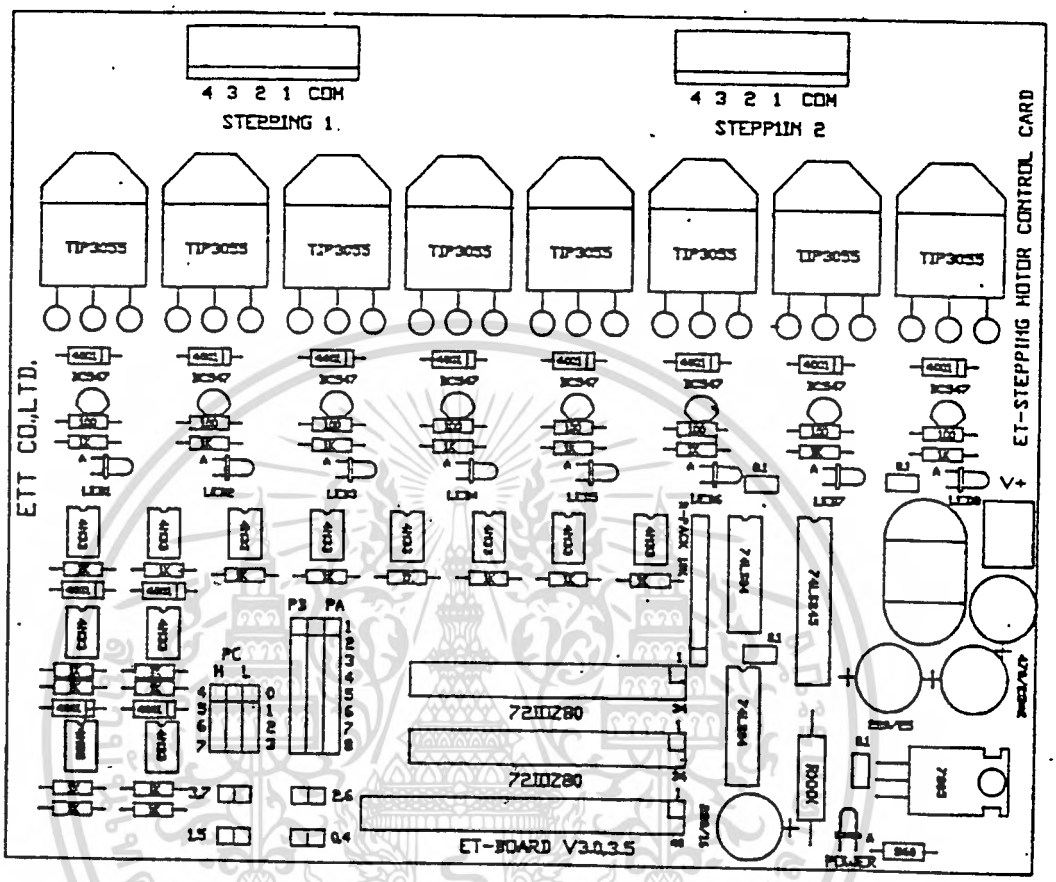
วิธีการที่ง่ายๆของการให้เฟสต่างกัน 90 องศา และให้มีการแบ่งกำลังงานเท่าๆกันจะได้ CIRCULAR POLARIZATION เฟสและการแมทช์ของสายอากาศจะแสดงดังรูป 2.13 B ซึ่งได้ออกแบบ ให้ทำงานโดยสายอากาศที่ทำให้เอียงและมีค่า INPUT IMPEDANCE เท่ากับ 50 โอห์มแน่นอนซึ่งแสดง BLOCK DIAGRAM การทำงานดังรูป 2.13 B เป็นแนวทาง เราจะศึกษาการทำงานเริ่มที่ปลายของสายอากาศและที่ปลายของจุดที่ FEED ในทางปกติ ถ้าเราไม่พิจารณาการเพิ่มของสาย FEED (FEED-LINE)ตั้งแต่ ARRAY ที่มีความต่างเฟส 90 องศาระหว่างELEMENT 2 ชุด สาย COAXCIAL ซึ่งใช้ในที่นี้ความยาวคลื่น 1/4 (1 λ = 360 องศา $\therefore$ 1/4 λ = 90 องศา) สาย COAXCIAL จะมีผลกระทบต่อค่า IMPEDANCE ถ้า CHARACTERISTIC IMPEDANCE ของสายซึ่งไม่แมทช์จะใช้สาย CABLE 50 โอห์มต่อไป เราสามารถต่อส่วนประกอบ 2 ส่วนขนานกันที่ COAXCIAL T CONNECTOR และมีกำลังงานแบ่ง 2 ส่วนเท่าๆกันได้อย่างถูกต้องแต่จุดที่ FEED จะต้องมี IMPEDANCE 25 โอห์มซึ่งจะทำการแมทช์ได้ยาก เราติดตั้งค่า IMPEDANCE 2 ค่าเพื่อเพิ่มค่า IMPEDANCE ของแต่ละสายเป็น 100 โอห์ม เมื่อนำค่า 100 โอห์ม 2 เส้นมาต่อขนานกันเป็นแบบ T เราจะได้ค่าแมทช์ที่50 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
รายละเอียดการใช้งานบอร์ดควบคุมต่างๆ

3.1 ET-SMCC STEPPING MOTOR CONTROL CARD

ลักษณะของ ET-SMCC



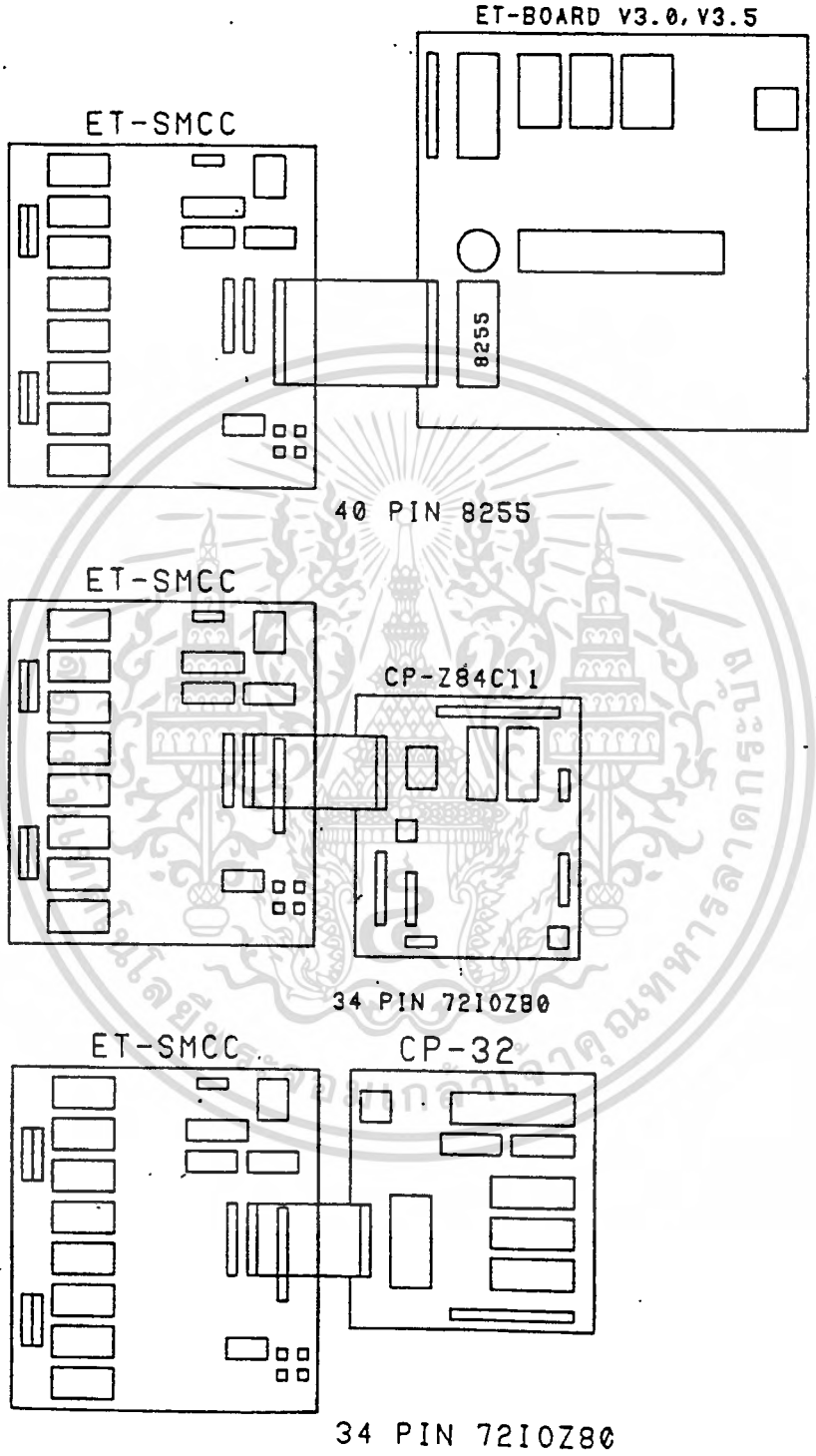
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของการ์ด ET-SMCC

ET-SMCCจะเป็นการ์ดที่ต่อเข้ากับ PORT ของ 8255 หรือ PORT อื่นๆด้วยก็ได้ โดยจะใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของ Stepping motor โดยสามารถจะต่อกับ Stepping motor ได้ 2 ตัวต่อหนึ่ง CARD หรือจะต่อพ่วงอีกหนึ่ง CARD เพื่อใช้กับ Stepping Motor 4 ตัวต่อ PORT 8255 จำนวนหนึ่งตัวด้วยก็ได้ นอกจากนี้ ET-SMCC จะมี INPUT ในรูปลักษณะ OPTO อีก 4 INPUT สามารถต่อสวิทช์ต่างๆได้อีกด้วย เช่น ต่อกับ MICRO SWITCH การหมุนของ Stepping Motor ว่าถึงจุดที่ต้องการหรือยังเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงการต่อ STEPPING MOTOR

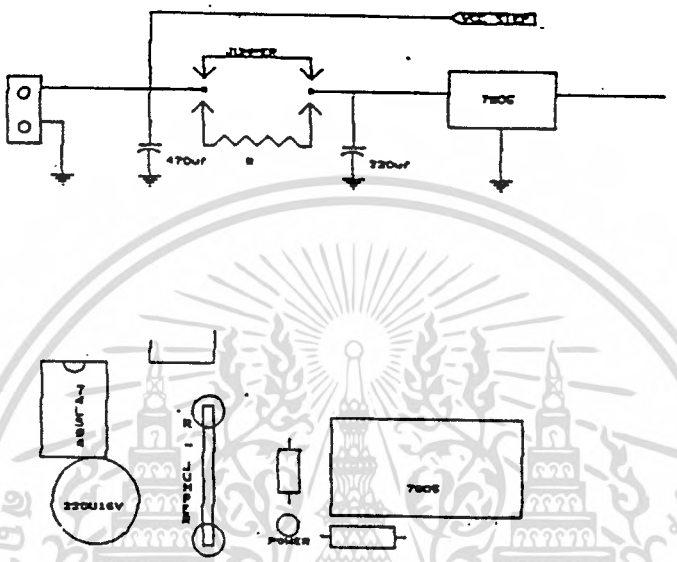
2. ต่อรวมกับ CARD ต่างๆ ของบริษัทอีทีที ทาง CONNECTOR 72IOZ80 (34 PIN) หรือต่อกับ 8255 (40 PIN) ก็ได้ดังรูป



รูปที่ 3.3 แสดงการต่อบอร์ด ETSMCC กับบอร์ดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

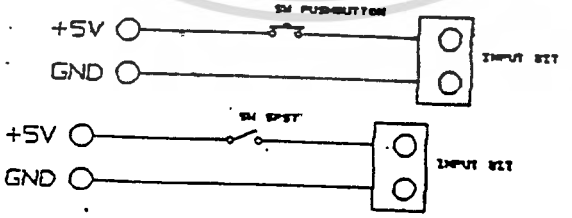
3. ต่อ POWER SUPPLY กับ ET-SMCC และ Stepping Motor จาก CARD ET-SMCC นั้นจะมีส่วนจ่าย POWER ให้กับอุปกรณ์บนบอร์ดจาก POWER ชุดเดียวกันกับที่จ่ายให้ Stepping Motor โดยจะใช้ 7805 ปรับไฟจาก +12V หรือ +24V ตามระดับไฟที่ป้อนให้ Stepping Motor โดยอาจใช้ R ต่อแทนสาย JUMP ถ้าในกรณีต่อกับ Stepping Motor ที่ต้องการไฟมากกว่า 12V โดยควรต่อ R แทนสาย JUMP (ในกรณี 24V ให้ต่อ R 50 OHM 5W)



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อ POWER SUPPLY กับ ET-SMCC

โดยวงจรภายใน ET-SMCC(ไม่รวม Stepping Motor)ใช้กระแสไฟสูงสุด 250 mA

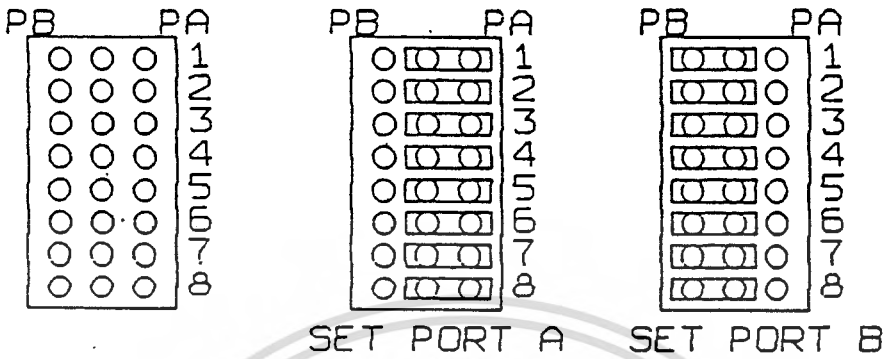
4. ถ้ามี INPUT จะต้องร่วมกับบอร์ด ET-SMCC ก็ได้ ต่อ INPUT PORT โดย เป็นลักษณะ OPTO ดังรูป โดยใช้ POWER และถ้าต้องการใช้เป็น INPUT 24V ก็เปลี่ยน R 1K ในส่วนของ INPUT เป็น R ค่า 3.3K ได้ดังรูป



รูปที่ 3.5 แสดงการต่อ INPUT PORT เป็นลักษณะ OPTO

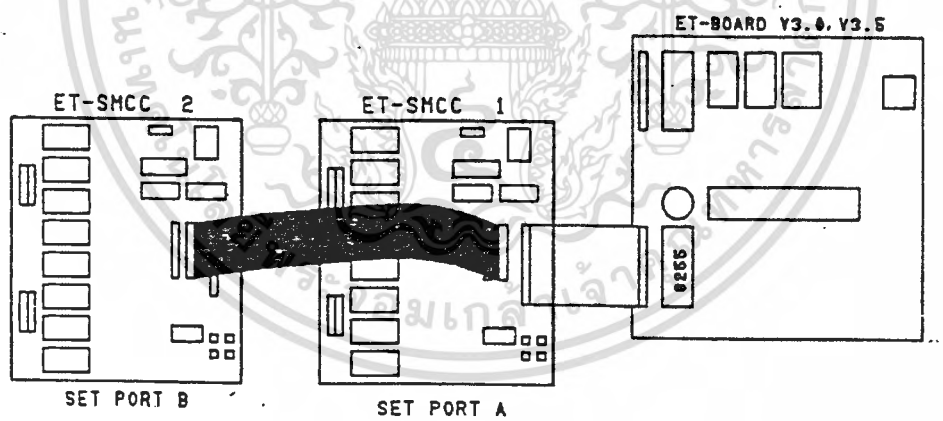
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การ DECORD PORT CARD ET-SMCC จะมี JUMPER อยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะเป็นการเลือกว่า Stepping Motor เราจะใช้ PORT ใดในการควบคุม คือจะใช้ PORT A หรือ PORT B ก็ได้ดังรูป



รูปที่ 3.6 แสดงการเลือก PORT A หรือ PORT B

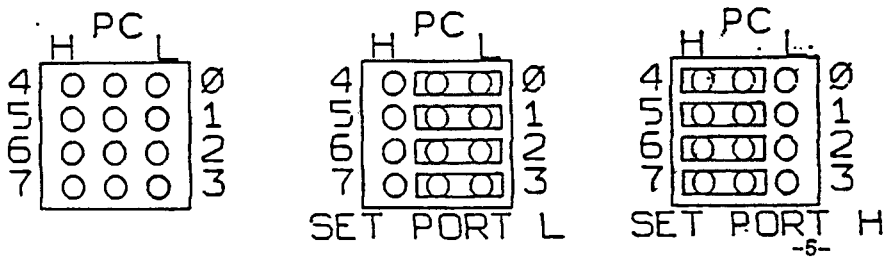
จากลักษณะนี้เราสามารถเลือก PORT A หรือ PORT B ได้ ทำให้ ET_SMCC สามารถต่อพ่วง ET_SMCC อีกชุดหนึ่งได้จากขั้ว 34 PIN (72IOZ80)ได้อีกด้วย โดยต้อง SET การใช้ PORT ในแต่ละ CARD ไม่ให้ตรงกันด้วยดังรูป



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อเชื่อมบอร์ด ET-SMCC

ชุดที่สองจะเป็นส่วนของ INPUT PORT โดยเราสามารถเลือกว่าจะรับ INPUT จาก PORT C ด้วย 4 BIT HI หรือ 4 BIT LO ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการเลือกรับ INPUT PORT จาก PORT C

3.1.3 หลักการทำงานในการควบคุม Stepping Motor

เราสามารถสั่งงานให้ Stepping Motor หมุนได้ง่ายๆ 3 แบบ ตามกระแสไฟที่เรา ป้อนเฟสต่างๆดังนี้ (รายละเอียดของ Stepping ให้อ่านได้จากคู่มือ ET HARDWARE LAB)

1.แบบจ่ายกระแสไฟให้เฟสเดียวนเวียนกันไป หรือ ONE EXCITATION หรือ แบบ HALF DRIVE คือ OUTPUT จะได้เป็น 0001,1100,0100,1000

HALF DRIVE

	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1
1	Ø	Ø	Ø	1
2	Ø	Ø	1	Ø
3	Ø	1	Ø	Ø
4	1	Ø	Ø	Ø

รูปที่ 3.9 แสดง OUTPUT ของการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เฟสเดียวหมุนเวียนกันไป

การ ONE EXCITATION แบบนี้ แรงบิดจะน้อย

2.แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันทีเดียว 2 เฟสหรือ TWO EXCITATION หรือ FULL STEP คือ 0011,0110,1100,1001 หมุนเวียนกันไปแบบนี้แรงบิดจะมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FULL STEP

	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1
1	Ø	Ø	1	1
2	Ø	1	1	Ø
3	1	1	Ø	Ø
4	1	Ø	Ø	1

รูปที่ 3.10 แสดง OUTPUT ของการจ่ายกระแสให้ STEPPING MOTOR
พร้อมกันทีเดียว 2 เฟส

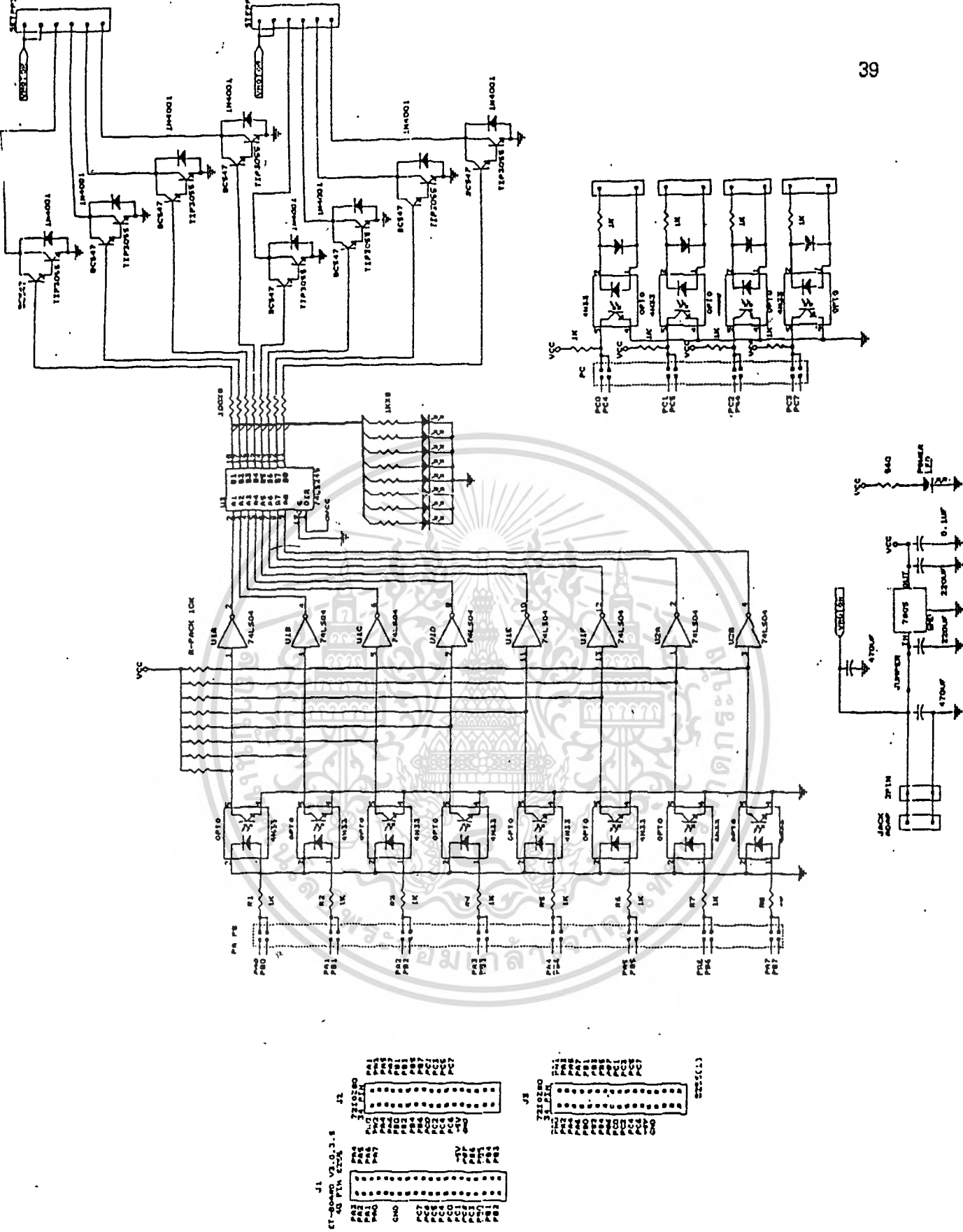
3.แบบจ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส เรียก ONE-TWO EXCITATION แต่แบบนี้จำนวน STEP จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของสองแบบแรกแต่แรงบิดเฉลี่ยจะน้อย การหมุนจะเป็น 0001,0011,0010,0100,1100,1000,1001

ONE-TWO EXCITATION

	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1
1	Ø	Ø	Ø	1
2	Ø	Ø	1	1
3	Ø	Ø	1	Ø
4	Ø	1	1	Ø
5	Ø	1	Ø	Ø
6	1	1	Ø	Ø
7	1	Ø	Ø	Ø
8	1	Ø	Ø	1

รูปที่ 3.11 แสดง OUTPUT ของการกระแสให้ STEPPING MOTOR
ทีละ 1 เฟสสลับกับ 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรของบอร์ด ET-SMCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 CP-AT180 CONTROL PACK ADVANCE

เป็นบอร์ดเดียวที่มีครบทุกอย่าง ใช้ CPU Z80180 ทำงานที่ความถี่ 9.216 MHz จัดเป็น CPU ที่เต็มรูปแบบ CPU และเป็น SUPER SET ของ Z80 ใช้คำสั่งของ Z80 ได้ และยังเพิ่มคำสั่งพิเศษใช้งานอีก 12 ชุดคำสั่ง ภายใน CPU ยังสนับสนุนการทำงานที่ต้องการความเร็วโดยมี CHIP DMA ภายในตัวมี SERIAL PORT 2 PORT ในตัว มีทั้ง SYNCHRONOUS และ ASYNCHRONOUS โดยมีขาสัญญาณ MODEM เพื่อติดต่อสื่อสาร และยังมี TIMER ในตัว สามารถใช้ ฐานเวลาของอุปกรณ์และกำหนดการทำงานในหลายงานที่ทำพร้อมกันด้วยวิธี MULTITASKING ได้อย่างคล่องตัว

CP-AT180 ประกอบด้วย

1.SERIAL PORT 2 CHANNEL และยังมี SERIAL I/O อีก 1CHANNEL

2.DMA ที่กระทำด้วย MEMORY,I/O ทั้งภายในและภายนอก 2 CHANNEL

3.TIMER COUNTER ภายใน 2 CHANNEL

4.TIMER COUNTER Z80 CTC อีก 4 CHANNEL

5.A/D 8 BIT 8 CHANNEL

6.RTC PORT เป็นฐานเวลาให้ระบบพร้อม BATTERY BACKUP

7.PRINTER PORT 1 PORT

8.WATCH DOG

9.POWER ON RESET ตรวจสอบระดับ SUPPLY ที่ใช้ถ้าต่ำกว่าปกติก็จะ RESET CPU

10.ต่อ LCD MODULE ได้ในตัวสามารถเลือกได้ว่าจะเป็นแบบ DOT หรือ GRAPHIC

11.MEMORY ON BOARD ขยายได้เต็มที่ 128 KBYTE (ต่อ BACKUP RAM ได้ 64 KBYTE)

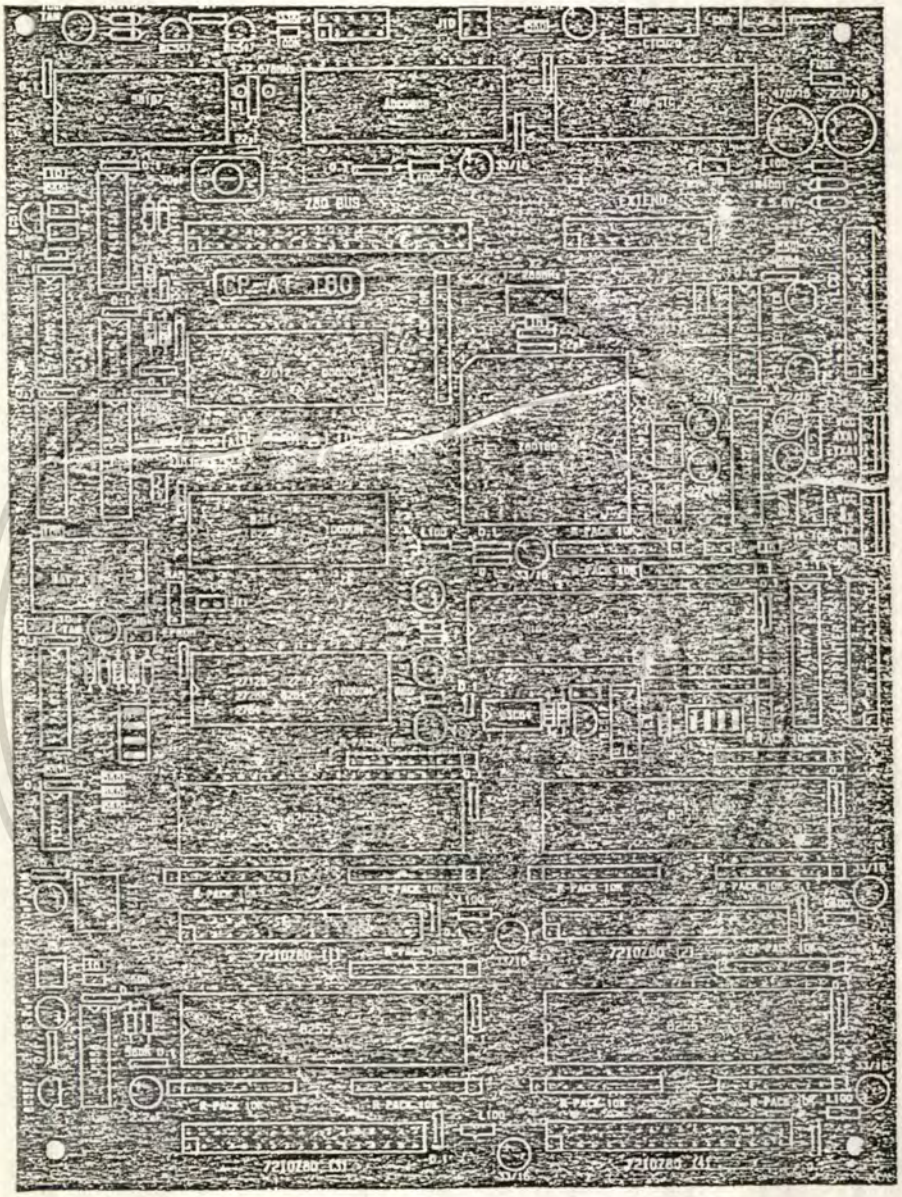
12.สามารถใช้ EPROM 93C46 (1 KBIT) เก็บข้อมูลต่างๆได้อีก

13.สามารถต่อ KEYBOARD ขนาด 4X4 ได้ด้วย

14.PORT 8255 ใช้งานเต็มที่ 4 ตัว หรือ 12 PORT (96 BIT) ทั้งนี้รวมอยู่ในบอร์ด CP-AT180 บอร์ดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงลักษณะ CP-AT180

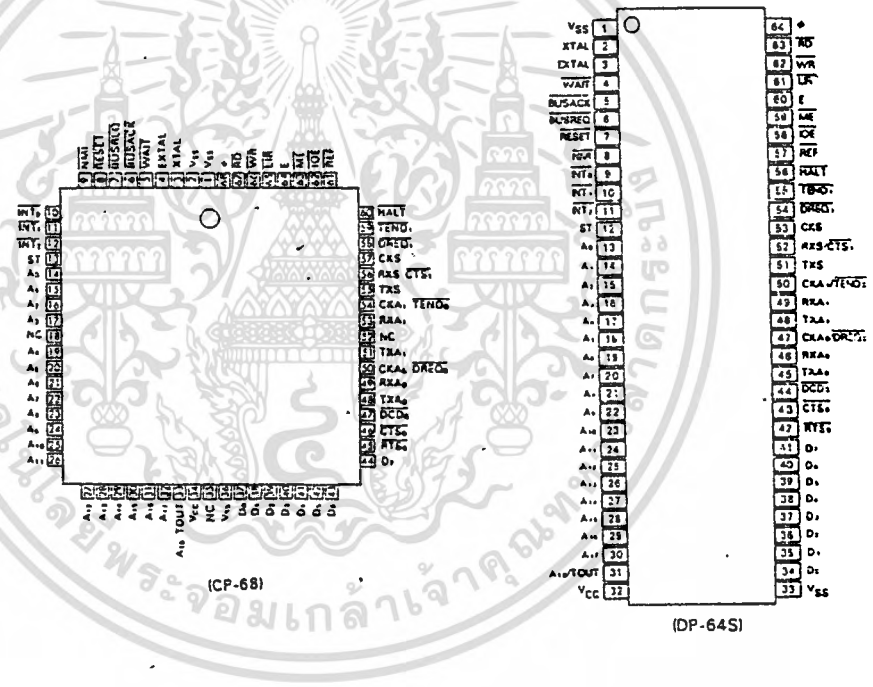


รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะของบอร์ด CP-AT180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU

Z80180 ของบริษัท ZILOG โดยเป็น SUPER SET ของ Z80 ใช้คำสั่ง Z80 ได้ทั้งหมด และมีอีก 12 ชุดคำสั่งใช้งาน เช่น คำสั่ง MLT(คูณ), TST g (คำสั่ง TEST BIT ใน REGISTOR) เป็นต้น ในบอร์ดเราเลือกใช้ Z80180 ความเร็วขนาด 8 MHz แต่ก็สามารถใช้กับความถี่ 9.126 MHz ได้ทำให้การทำงาน 1 คำสั่งใช้เวลาเพียง 0.3 μsec เท่านั้น ปัญหาที่ตามมาแล้วจะหา EPROM หรือ RAM ที่มี ACCESS TIME ต่ำๆได้ หรือ ข้อนี้ใน ZILOG ได้ออกแบบตัว Z80180 ไว้ แล้วโดยสามารถ SET WAIT STATE ภายในตัว CPU ได้โดยโปรแกรมรูปแบบลักษณะของ CPU จะเป็น PACKAGE แบบ 68 PIN PLCC



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของ CPU Z80180

MEMORY

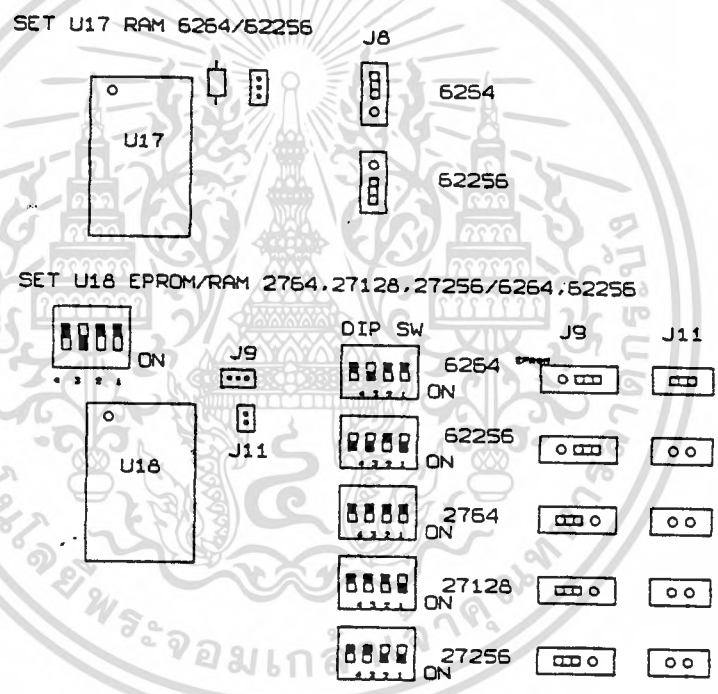
CP-AT180 สามารถต่อใส่หน่วยความจำได้สูงสุด 128 KBYTE ON BOARD โดยแบ่งเป็น SOCKET ที่ 0000H เป็น EPROM สามารถใส่ EPORM ขนาด 64 KBYTE ได้โดยเป็นเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27512 มีหน่วยความจำเริ่มจาก 0000H ถึง FFFFH

SOCKET ที่ 0000H เป็น RAM สามารถใส่ EPROM ขนาด 8 KBYTE (6264) หรือ 32 KBYTE (62256) ได้โดยการ SET JUMPER กำหนดเบอร์ไอซีมีหน่วยความจำเริ่มจาก 10000H ถึง 17FFFH

SOCKET ที่ 18000H เป็น RAM หรือ EPROM ได้ขนาด 8 KBYTE หรือ 16 KBYTE หรือ 32 KBYTE โดย SET JUMPER กำหนดเบอร์ไอซี 6264,62256,2764,27128,27256 มี หน่วยความจำเริ่มจาก 18000H ถึง 1FFFFH

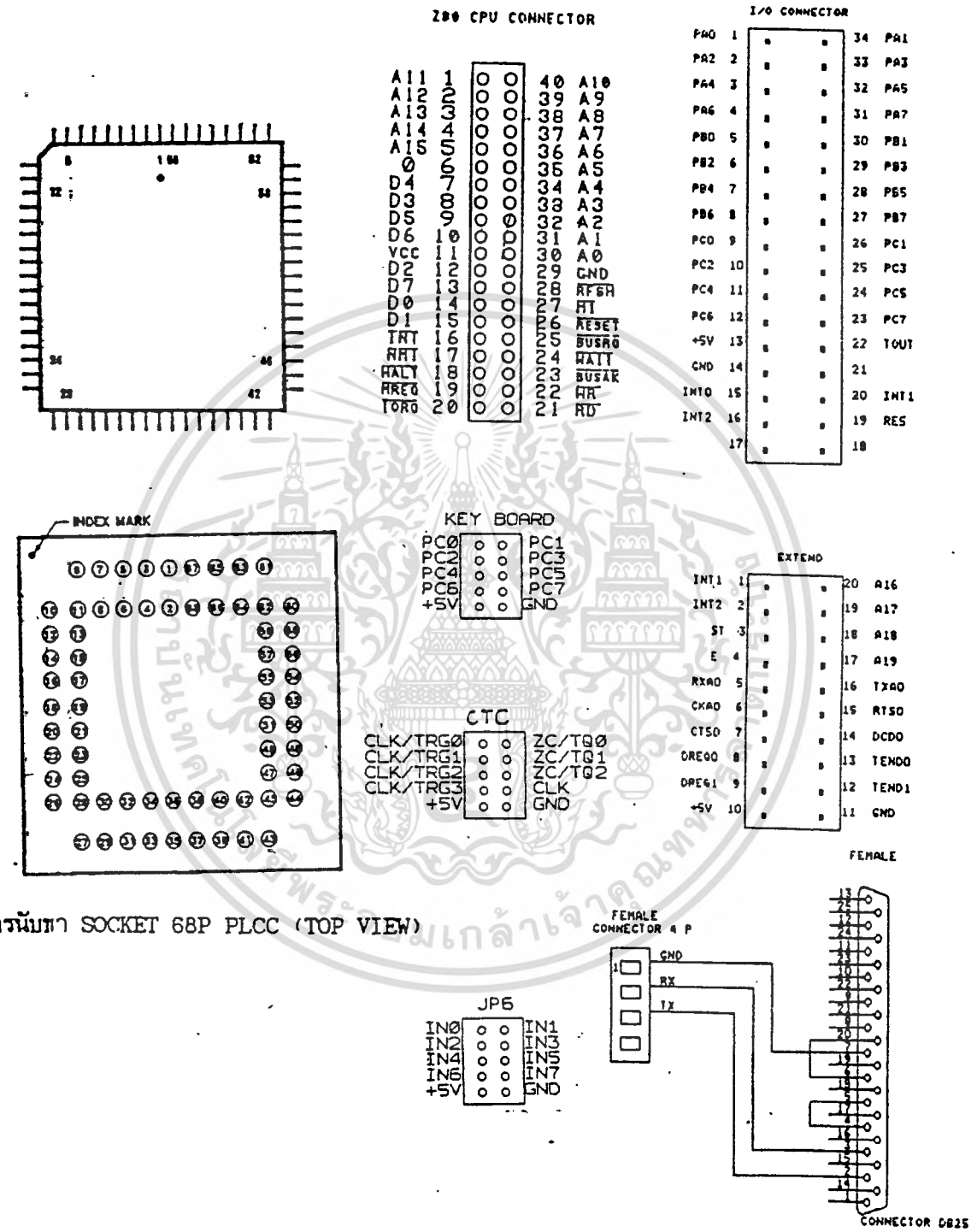


รูปที่ 3.15 แสดงการเซต DIP SWITCH และ JUMPER

หน่วยความจำในส่วนของ RAM ทั้ง 2 SOCKET จะต่อกับ BATTERY 3.6 Volt ใช้ BACKUP ข้อมูลของหน่วยจำนี้ได้ด้วย สามารถใช้ BACKUP RAM ได้เต็มที่ 64 KBYTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

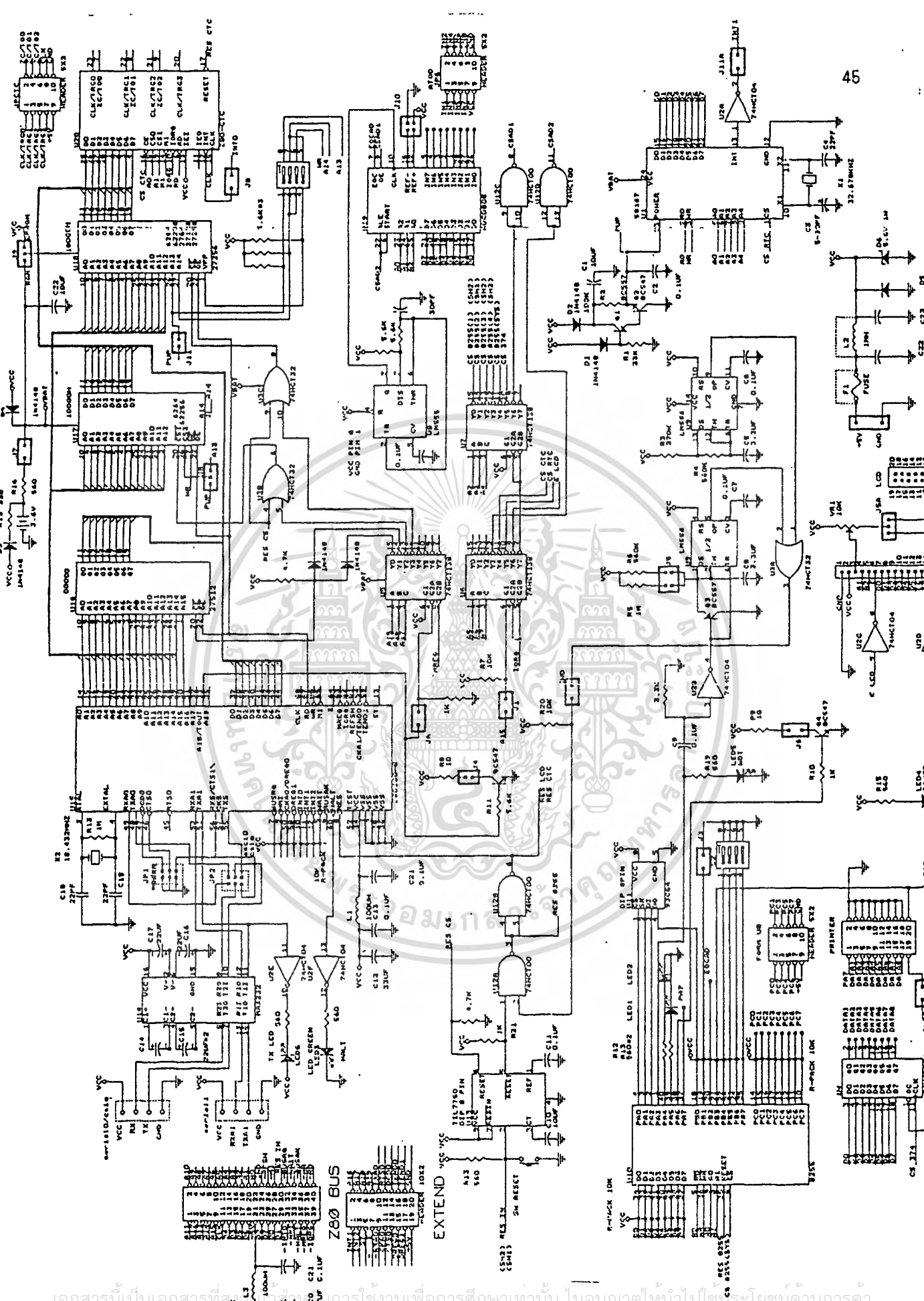
รายละเอียดขา CONNECTOR



การนับขา SOCKET 68P PLCC (TOP VIEW)

รูปที่ 3.16 แสดงรายละเอียดของขา CONNECTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



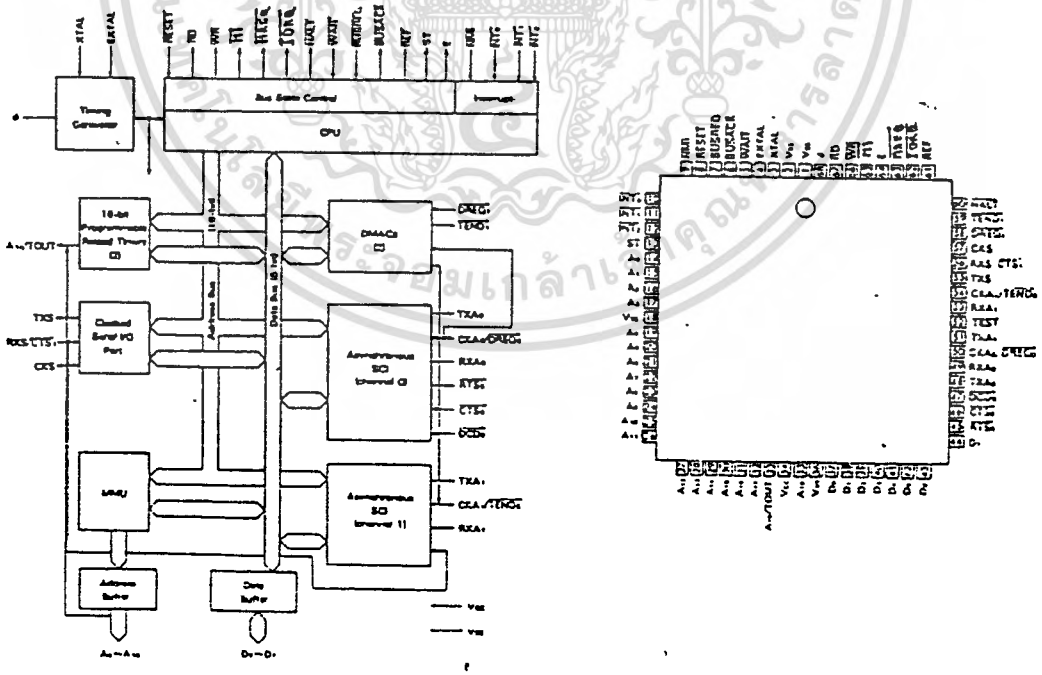
รูปที่ 3.17 แสดงวงจรของบอร์ด CP-AT180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Z80180 MPU

Z80180 เป็น CPU ที่มีความสามารถสูงที่ได้รวม CHIP สำคัญอื่นๆไว้ใน CPU CHIP เดียว จึงทำให้มีลักษณะคล้ายกับ CPU ที่ใช้ในงาน CONTROL ในจำพวก 'SINGLE CHIP'แต่เนื่องจาก SINGLE CHIP มีข้อดีคือ เป็นระบบเล็กราคาถูก แต่ข้อเสียคือ การโปรแกรม CONTROL ค่อนข้างยากในตอนเริ่มต้นและระบบงานที่ใหญ่ขึ้น แต่ Z80180 ทางด้านโปรแกรมจะสะดวกอย่างมากเพราะคำสั่งที่ใช้มีมาก และตรงไปตรงมาทั้งคู่มือภาษาไทยและตัวอย่างการใช้งานมีมากมายเพราะ CPU Z80180 นี้เป็น SUPER COMPAT Z80 คือคำสั่งทั้งหมดยังเป็น Z80 และได้เพิ่มชุดคำสั่งขึ้นมา เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานขึ้นอีก

เมื่อมองดูระบบ MICRO CONTROLLER 'SINGLE CHIP' แล้ว Z80180 จะด้อยกว่าตรง ไม่มี ROM,RAM และ PORT แต่ถ้าในระดับงานอุตสาหกรรมแล้ว ระบบของ Z80180 กับ CHIP MICRO CONTROLLER แล้วจะไม่ต่างกันเลยเพราะความต้องการเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลมากและ PORT มากตาม จึงทำให้ต้องต่อเพิ่มภายนอกขึ้น จึงทำให้ Z80180 ในระดับงาน CONTROL อุตสาหกรรมคล่องตัวมากกว่าเพราะภายใน Z80180 จะประกอบด้วย เป็น CMOS,OSCILLATOR ในตัว RUN ที่ 10 MHz ,MMU CHIP อ้าง MEMORY ได้ 1 MBYTE,DMA 2 CHANNEL,PORT สื่อสาร UART 2 CHANNEL,CLOCK SERIAL I/O,16 BIT TIMER COUNTER และเกี่ยวกับ PORT สื่อสารสามารถทำ MULTI PROCESSOR COMMUNICATION ซึ่งโครงสร้างของ CHIP นี้ จะเป็นดังรูป



รูปที่ 3.18 แสดงโครงสร้างของ CHIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ขาการใช้งาน

A0-A19	ADDRESS BUS ระหว่าง RESET จะเป็น HIGH IMPEDANCE
$\overline{\text{BUSAK}}$	BUS ACKNOWLEDGE เป็นขา OUTPUT ACTIVE LOW ทำงานก็ต่อเมื่อ Z80180 ตอบสนองต่อการขอ BUS ของ $\overline{\text{BUSRQ}}$ และจะทำให้ BUS ข้อมูล BUS ADDRESS และสัญญาณ CONTROL บางเส้นเป็น HIGH IMPEDANCE
$\overline{\text{BUSRQ}}$	BUS REQUEST เป็นขา INPUT ACTIVE LOW ซึ่งจะมีความสำคัญสูงกว่า NMI โดยจะมีการตรวจสอบสัญญาณนี้ทุกๆการสิ้นสุดของ MACHINE CYCLE
CKA0,CKA1	ASYNCRONOUS CLOCK 0 และ 1 เป็นขาสัญญาณ CLOCK แบบ 2 ทิศทาง คือ จะใช้เป็นขา INPUT หรือ OUTPUT ก็ได้
CKS	SERIAL CLOCK เป็นขา CLOCK 2 ทิศทางของ CSI/O
CLOCK	เป็นขา OUTPUT โดยจะเป็นครึ่งหนึ่งของ X'TAL หรือ CLOCK OUT
$\overline{\text{CTS0}}$-$\overline{\text{CTS1}}$	CLEAR TO SEND 0 และ 1 เป็นขา INPUT ACTIVE LOW ใช้ในการควบคุม MODEM
D0-D7	DATA BUS เป็นแบบ 2 ทิศทาง
$\overline{\text{DCD0}}$	DATA CARIER DETECTO เป็นขา INPUT ACTIVE LOW ใช้ ควบคุมในการติดต่อกับ MODEM ของ ASCI CHANNEL 0
$\overline{\text{DREQ0}}$-$\overline{\text{DREQ1}}$	DMA REQUEST 0 และ 1 เป็นขา INPUT ACTIVE LOW ใช้ในการขอ DMA และขานี้จะโปรแกรมได้ว่าให้ตรวจสัญญาณที่ ขอบหรือระดับได้
E	ENABLE CLOCK เป็นขา INPUT ACTIVE HIGH ซึ่งใช้ซิงค์การทำงานกับอุปกรณ์ภายนอก ระหว่างการทำงานเกี่ยวกับ BUS และใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในตระกูล 68XX และ 80XX
$\overline{\text{HALT}}$	เป็นขา OUTPUT ACTIVE LOW จะทำงานเมื่อทำคำสั่ง HALT หรือ SLP
$\overline{\text{INT0}}$	MASKABLE INTERRUPT 0 เป็นขา INPUT ACTIVE LOW สัญญาณที่ขานี้จะถูกตรวจทุกๆการสิ้นสุดคำสั่ง
$\overline{\text{INT1}}$,$\overline{\text{INT2}}$	เช่นเดียวกับ INT0 แต่มีลำดับความสำคัญรองลงมาตามลำดับ
$\overline{\text{IORQ}}$	เป็นขา OUTPUT เพื่อบอกว่ากำลังติดต่อกับ I/O หรือ IE ใน 6418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1	MACHINE CYCLE 1 เป็นขา OUTPUT ACTIVE LOW จะทำงานเมื่อ FETCH OP-CODE หรือเป็นขา LIR ของ 64180
NMI	NON MASKABLE INTERRUPT เป็นขา INPUT ACTIVE LOW ขานี้จะตอบสนองการ INTERRUPT เสมอ โดยไม่สามารถหยุดด้วย SOFTWARE
RD	เป็นขาที่ใช้ทำการอ่านข้อมูลจาก MEMORY หรือ I/O
RFSH	เป็นขาที่ให้ ADDRESS LOW (A0-A7) ไป REFRESH DYNAMIC RAM หรือขา REF ของ 64180
RTS0	REQUEST TO SEND เป็นขา OUTPUT ACTIVE LOW ขานี้ใช้โปรแกรมสัญญาณควบคุม MODEM ของ ASCI CHANNEL 0
RXA0,RXA1	RECEIVE DATA 0 และ 1 เป็นขารับสัญญาณจาก SERIAL PORT ของ ASCI
RXS	CLOCK SERIAL RECEIVE DATA เป็นขารับสัญญาณ SERIAL ของ CSI0
ST	STATUS เป็นขา OUTPUT ACTIVE HIGH ใช้แสดงสถานะการทำงานของ CPU โดยร่วมกับ M1 และ HALT ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.1 แสดงการทำงานของ ST ร่วมกับ HALT และ M1

ST	HALT	M1	OPERATION
0	1	0	CPU Operation (1 st op-code fetch)
1	1	0	CPU Operation (2 nd op-code and 3 rd op-code fetch)
1	1	1	CPU Operation (MC except for op-code fetch)
0	X	1	DMA operation
0	0	0	HALT mode
1	0	1	SLEEP mode (include SYSTEM STOP mode

NOTE X : Don't care

MC : Machine cycle

$\overline{\text{TEND0}}$-$\overline{\text{TEND1}}$ TRANSFER END 0และ 1 เป็นขา OUTPUT ACTIVE LOW ใช้แสดงถึงว่าทำ DMA สิ้นสุดลงแล้ว

TOUT TIME OUT ใช้กำเนิดพัลส์จาก PRT CHANNEL 1

TXA0,TXA1 TRANSMIT DATA 0 และ 1 เป็นขาส่งข้อมูล SERIAL ของ ASCI

TXS CLOCK SERIAL TRANSMIT DATA เป็นขาส่งข้อมูล SERIAL ของ CSIO

$\overline{\text{WAIT}}$ ขา INTPUT ACTIVE LOW จะถูกตรวจที่ขอบขาลงของ CLOCK ลูกที่ 2 ของทุกๆ MACHINE เพื่อเป็นการรอให้อุปกรณ์ภายนอก ทำงานให้ทันกับการทำงานของ CPU

WR ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยัง I/O หรือ MEMORY

X'TAL เป็นขาที่ใช้ต่อกับ X'TAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ MULTIPLEX

A18/TOUT	ระหว่าง RESETจะเป็น A18 แต่ถ้ามีการเลือก SET BIT TOC1 หรือ TOC0 ใน TIMER CONTROL REGISTER (TCR) ก็จะทำหน้าที่เป็น TOUT
CKA0/DREQ0	ระหว่าง RESET ขานี้จะเป็น CKA0 แต่ถ้า DM 1 หรือ SM 1 ใน DMA MODE REGISTOE (DMODE) ถูก SET เป็น 1 จะเป็นขา DREQ0
CKA1/$\overline{\text{TEND0}}$	ระหว่าง RESET จะเป็นขา CKA1 แต่ถ้า BIT CKA1D ใน ASCI ถูก SETจะเป็นขา $\overline{\text{TEND0}}$
RXS/$\overline{\text{CTS1}}$	ระหว่าง RESET ขานี้จะเป็นขา RXS ถ้า BIT CTS1E ใน ASCI ถูก SET จะเป็นขา $\overline{\text{CTS1}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ADD     A,(HL)
                LD      B,00H
                LD      HL,(ADDR12)   ;POINT ADDRESS
                LD      (HL),B
                INC     HL
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      (ADDR12),HL
                JP      KEY1677
KEY1676:        LD      HL,ADDR8
                LD      A,(HL)
                LD      B,00H
                LD      HL,(ADDR12)   ;POINT ADDRESS
                LD      (HL),B
                INC     HL
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      (ADDR12),HL
KEY1677:        POP     DE
                LD      A,D
                CP      00H
                JP      Z,KEY1679
                LD      A,E
                CALL    READB
                AND     0FH
KEY1678:        LD      HL,(ADDR12)   ;POINT ADDRESS
                LD      (HL),A
                INC     HL
                LD      (ADDR12),HL
                LD      HL,ADDR4
                LD      A,(HL)
                CP      07H
                JP      NZ,KKK
                LD      (HL),08H
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KKK:        LD      (HL),07H
            RET
KEY1679:    LD      A,00H
            JP      KEY1678
;*********************************KEY169 UPDATE SAT. NAME*********************************
KEY169:     LD      HL,ADDR8
            LD      D,00H
KEY1691:    LD      A,E
            CALL    READB
            LD      (HL),A
            INC     D
            LD      A,D
            DEC     A
            CP      C
            JP      Z,KEY1692
            INC     HL
            INC     E
            JP      KEY1691
KEY1692:    LD      HL,ADDR8
            LD      BC,ADDR20
            LD      D,01H
KEY1693:    LD      A,(HL)      ;MOVE 3 BUF.->3 SUB.
            LD      (BC),A
            LD      A,03H
            CP      D
            JP      Z,KEY1694
            INC     D
            INC     HL
            INC     BC
            JP      KEY1693
KEY1694:    LD      HL,ADDR4
            INC     (HL)
            RET
;**********KEY16_10 GET SAT. NAME --> SAT. NUM.***********
KEY16_10:   LD      HL,ADDR8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      C,(HL)
                PUSH    BC
                LD      BC,ADDR20
                LD      D,01H
KEY16_101:      LD      A,(BC)      ;MOVE 3 SUB.->3 BUF.
                LD      (HL),A
                LD      A,03H
                CP      D
                JP      Z,KEY16_102
                INC     D
                INC     BC
                INC     HL
                JP      KEY16_101
KEY16_102:      POP     BC
                DEC     C           ;FIND 1ST ADDRS.
                LD      A,C         ;SAT. NAME
                CALL    MULSP10
                LD      HL,ADDRS4
                ADD     HL,DE
                LD      B,0AH
                LD      DE,ADDR8
KEY16_103:      LD      A,(DE)      ;GET SAT. NAME
                LD      (HL),A
                DEC     B
                JP      Z,KEY16_104
                INC     HL
                INC     DE
                JP      KEY16_103
KEY16_104:      RET
;
;**********************************************READ DATA BYTE**************************************
READB:          CALL    GOTO
                CALL    RDBYTE
                RET
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************MULTIPLY WITH 100 SPECIAL*********************************
;               OUTPUT  =  REG PAIR HL
MULSP100:       LD      B,A
                LD      HL,0000H
                CP      00H
                JP      Z,MSP0
                PUSH    DE
                LD      DE,0064H
MSP100:         ADD     HL,DE
                DJNZ    MSP100
                POP     DE
MSP0:           RET
;
;*****************************************MULTIPLY WITH 100*********************************
;               OUTPUT  =  REG A
MUL100:         LD      B,A
                CP      00H
                JP      Z,MUL0
                LD      A,00H
M100:           ADD     A,64H
                DJNZ    M100
                RET
MUL0:           LD      A,00H
                RET
;
;*****************************************MULTIPLY WITH 10 SPECIAL*********************************
;               OUTPUT  =  REG PAIR DE
MULSP10:        LD      B,A
                CP      00H
                JP      Z,MP0
                PUSH    HL
                LD      HL,0000H
                LD      DE,000AH
MSP10:          ADD     HL,DE
                DJNZ    MSP10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                EX      DE,HL
                POP     HL
                RET
MP0:            LD      DE,0000H
                RET
;
;*****************************************MULTIPLY WITH 10*****************************************
;       OUTPUT = REG A
MUL10:          LD      B,A
                CP      00H
                JP      Z,MUL0
                LD      A,00H
M10:            ADD     A,0AH
                DJNZ    M10
                RET
;
;*****************************************INITIAL ADDRESS FOR USES*********************************
;
INADDR:         LD      HL,ADDR0        ;ADDRESS ADDR0
                LD      (HL),0FFH       ;FOR CHECK KEY PRESSED
                INC     HL              ;ADDRESS ADDR1
                LD      (HL),01H        ;FOR CHECK KEY -(00H)/.(01H)
                INC     HL              ;ADDRESS ADDR2
                LD      (HL),020H       ;FOR CHECK A-Z,a-z,SPACE
                INC     HL              ;ADDRESS ADDR3
                LD      (HL),00H        ;FOR CHECK LENGTH DATA
                RET
;
;*****************************************KIANG****************************************************

;*****************************************FIND THE FIRST ROUND*************************************
;
SEARCH:         CALL    DLY3            ;CLEAR SCREEN FOR SHOW DATE/TIME
                CALL    CLSLCD
                LD      A,0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      (ADDR8),A
        ;
        LD      IY,08A7DH
        LD      (A_T_ASR),IY    ;STORE START AD.OF TABLE OF
                                ;START AD. OF ROUND IN BUFFER
        LD      L,(IY+00H)
        LD      H,(IY+01H)
        LD      (A_ANG),HL      ;STORE START AD.OF ROUND IN BUFFER
        ;
        LD      HL,08A5FH
        LD      (A_TIMES),HL
        ;
        LD      C,01H           ;SET ROUND = 1
        ;
LTIME:  LD      IX,(A_ANG)      ;LOAD START AD.OF THIS ROUND
        LD      A,(IX+01H)      ;LOAD YEAR OF THIS ROUND
        LD      (YEAR),A ;STORE IN BUFFER
        LD      A,(IX+02H)      ;LOAD MONTH OF THIS ROUND
        LD      (MONTH),A       ;STORE IN BUFFER
        LD      A,(IX+03H)      ;LOAD DAY OF TIHS ROUND
        LD      (DAY),A         ;STORE IN BUFFER
        LD      A,(IX+04H)      ;LOAD HOUR OF THIS ROUND
        LD      (HOUR),A        ;STORE IN BUFFER
        LD      A,(IX+05H)      ;LOAD MINUTE OF THIS ROUND
        LD      (MIN),A         ;STORE IN BUFFER
        LD      A,(IX+06H)      ;LOAD SECOND OF THIS ROUND
        LD      (SEC),A         ;STORE IN BUFFER
        ;
        CALL    M10M    ;MINUS TIME IN BUFFER WITH 10 MINUTE
        ,
CPYR:   LD      A,(B_YER)       ;LOAD YEAR FROM BUFFER(HEX)
        LD      D,A
        LD      A,(YEAR) ;LOAD YEAR FROM BUFFER
        CP      D               ;COMPARE YEAR
        JR      C,RPCP          ;IF '<' GOTO RPCP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JR      NZ,STAD         ;  '>' GOTO STAD ,'=' GOTO CPMO
CPMO:   IN      A,(C_MON)       ;LOAD MONTH FROM RTC
        CALL    BTH
        LD      D,A
        LD      A,(MONTH)       ;LOAD MONTH FROM BUFFER
        CP      D               ;COMPARE MONTH
        JR      C,RPCP          ;IF '<' GOTO RPCP
        JR      NZ,STAD         ;  '>' GOTO STAD ,'=' GQTO CPDY
CPDY:   IN      A,(C_DAY)       ;LOAD DAY FROM RTC
        CALL    BTH
        LD      D,A
        LD      A,(DAY)         ;LOAD DAY FROM BUFFER
        CP      D               ;COMPARE DAY
        JR      C,RPCP          ;IF '<' GOTO RPCP
        JR      NZ,STAD         ;  '>' GOTO STAD ,'=' GOTO CPHR
CPHR:   IN      A,(C_HOR)       ;LOAD HOUR FROM RTC
        CALL    BTH
        LD      D,A
        LD      A,(HOUR)        ;LOAD HOUR FROM BUFFER
        CP      D               ;COMPARE HOUR
        JR      C,RPCP          ;IF '<' GOTO RPCP
        JR      NZ,STAD         ;  '>' GOTO STAD ,'=' GOTO CPMN
CPMN:   IN      A,(C_MIN)       ;LOAD MINUTE FROM RTC
        CALL    BTH
        LD      D,A
        LD      A,(MIN)         ;LOAD MINUTE FROM BUFFER
        CP      D               ;COMPARE MINUTE
        JR      C,RPCP          ;IF '<' GOTO RPCP
        JR      NZ,STAD         ;  '>' GOTO STAD ,'=' GOTO CPSC
CPSC:   IN      A,(C_SEC)       ;LOAD SECOND FROM RTC
        CALL    BTH
        LD      D,A
        LD      A,(SEC)         ;LOAD SECOND FROM BUFFER
        CP      D               ;COMPARE SECOND
        JR      NC,STAD         ;IF '>=' GOTO STAD ,'<' GOTO RPCP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;
RPCP:           LD      A,(ROUNDS)      ;LOAD TOTAL ROUNDS
                CP      C               ;ROUND = TOTAL ROUNDS ?
                JP      Z,FAULT         ;IF YES JUMPBACK TO MENU TRACK
                INC     C               ;INCREASE ROUND
                LD      IY,(A_T_ASR)
                INC     IY
                INC     IY
                LD      (A_T_ASR),IY    ;POINT TO NEXT ROUND
                LD      L,(IY+00H)
                LD      H,(IY+01H)
                LD      (A_ANG),HL      ;TRANSFER ADR. OF NEXT ROUND TO A_ANG
                JP      LTIME           ;REPEAT COMPARE
FAULT:          LD      A,055H
                OUT     (PA2),A
                CALL    DELAY2
                JP      TEST1
                ;
STAD:           LD      (A_ANG),IX      ;STORE START-ADDRESS OF FIRST ROUND
                                        ;IN BUFFER
                LD      A,C             ;LOAD START ROUND
                LD      (B_ROUNDS),A    ;STORE IN (B_ROUNDS)
                ;
                DEC     C
                LD      B,00H
                LD      HL,(A_TIMES)
                ADD     HL,BC
                LD      (A_TIMES),HL
                .
                LD      A,(HL)
                OUT     (PA2),A
                CALL    DELAY2
                .
                LD      A,00H
                OUT     (PA2),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DELAY2
                ;
;***************************************************************************
;
S_SETUP:        ;INITIAL DISPLAY BUFFER (AZ.,EL.)
                LD      A,020H          ;FFH = NULL
                LD      (D_3AZ),A
                LD      (D_3EL),A
                LD      (D_2AZ),A
                LD      (D_2EL),A
                LD      A,030H          ;30H = '0'
                LD      (D_1AZ),A
                LD      (D_1EL),A
                LD      (D_FAZ),A
                LD      (D_FEL),A
                LD      A,02EH          ;2EH = '.'
                LD      (08032H),A
                LD      (08037H),A
                ;
                ;INITIAL STEPPING MOTOR (AZ.,EL.)
;AZ_0:          CALL    MOVE1
                CALL    DELAY1
                IN      A,(PA3)
                CPL
                OUT     (PA2),A
                CP      05H
                JR      NZ,AZ_0
                .
;EL_0:          CALL    MOVE3
                CALL    DELAY1
                IN      A,(PA4)
                CPL
                OUT     (PA2),A
                CP      05H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;           JR      NZ,EL_0
            ;
            ;STORE START ADR. OF No.OF STEP IN THIS ROUND INTO BUFFER
            LD      HL,08AB9H
            LD      (A_STEP),HL
            ;STORE No.OF SAT.OF THIS ROUND INTO BUFFER
            LD      IY,(A_ANG)
            LD      A,(IY+00H)
            LD      (No.SAT),A
            ;STORE START TIME OF THIS ROUND INTO BUFFER
            LD      A,(IY+01H)
            LD      (YEAR),A
            LD      A,(IY+02H)
            LD      (MONTH),A
            LD      A,(IY+03H)
            LD      (DAY),A
            LD      A,(IY+04H)
            LD      (HOUR),A
            LD      A,(IY+05H)
            LD      (MIN),A
            LD      A,(IY+06H)
            LD      (SEC),A
            ;
            CALL    TEST5
            CALL    DSLCD
            ;
;**********************************COMPUTE A NUMBER OF STEPS IN THIS ROUND**********************
;
STEP:       LD      C,00H           ;SET TIMES=0
            LD      IX,(A_ANG)      ;IX = ADDR.OF ANGLE
            LD      DE,0007H
            ADD     IX,DE
            LD      IY,(A_STEP)     ;IY = ADDR.OF STEP
            ;COMPUTE SETUP STEP(AZ.)
            LD      A,(IX+00H)      ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      (BUF_ANG1+01H),A .
        LD      A,(IX+01H)          ;TRANSFER SETUP ANG.(AZ.) 3 BYTE
        LD      (BUF_ANG1),A        ;TO (BUF_ANG1)
        LD      A,(IX+02H)          ;
        LD      (BUF_ANG1+02H),A ;
        ;
        CALL    D1.8        ;SETUP STEP(AZ.) = AZ.ANG. / 1.8
        LD      A,D
        LD      (IY+00H),A    ;STORE SETUP STEP(AZ.) IN MEMORY
        ;
        INC     C           ;INCREMENT TIMES
        INC     IY          ;INCREMENT IY
        LD      DE,0003H
        ADD     IX,DE       ;IX = IX + 3
        ;COMPUTE SETUP STEP(EL.)
        LD      A,(IX+00H)          ;
        LD      (BUF_ANG1+01),A  ;
        LD      A,(IX+01H)          ;TRANSFER SET ANG.(EL.) 3 BYTE
        LD      (BUF_ANG1),A        ;TO (BUF_ANG1)
        LD      A,(IX+02H)          ;
        LD      (BUF_ANG1+02H),A ;
        CALL    D1.8        ;SETUP STEP(EL.) = EL.ANG. / 1.8
        LD      A,D
        LD      (IY+00H),A    ;STORE SETUP STEP(EL.) IN MEMORY
        ;
        INC     C           ;INCREMENT TIMES
        INC     IY          ;INCREMENT IY
        DEC     IX          ;
        DEC     IX       , IX = IX - 3
        DEC     IX       ;
        ;
SCP     LD      A,(IX+00H)  ;LOAD PREVIOUS ANGLE
                            ;(HIGH BYTE)
        LD      B,(IX+06H)  ;LOAD NEXT ANGLE
                            ;(HIGH BYTE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CP      B
        JR      C,B_A       ;IF NEXT > PRE.GOTO B_A:
        JR      NZ,A_B      ;IF PRE. > NEXT GOTO A_B:
LOW:    LD      A,(IX+01H)  ;LOAD PRE.ANG. (LOW BYTE)
        LD      B,(IX+07H)  ;LOAD NEXT ANG.(LOW BYTE)
        CP      B
        JR      C,B_A       ;IF NEXT >= PRE.GOTO B_A:
        JR      NZ,A_B      ;IF PRE. > NEXT GOTO A_B:
FLT:    LD      A,(IX+02H)  ;LOAD PRE.ANG.(FLOAT BYTE)
        LD      B,(IX+08H)  ;LOAD NEXT.ANG.(FLOAT BYTE)
        CP      B
        JR      C,B_A       ;IF NEXT > PRE.GOTO B_A:
        JR      Z,B_A       ;IF NEXT = PRE.GOTO B_A:
        ;(PRE.ANG. - NEXT ANG.)/ 1.8
A_B:    LD      A,(IX+00H)      ;TRANSFER PRE.ANG
        LD      (BUF_ANG1+01H),A  ;TO BUF_ANG1
        LD      A,(IX+01H)
        LD      (BUF_ANG1),A
        LD      A,(IX+02H)
        LD      (BUF_ANG1+02H),A
        LD      A,(IX+06H)          ;TRANSFER NEXT ANG.
        LD      (BUF_ANG2+01H),A  ;TO BUF_ANG2
        LD      A,(IX+07H)
        LD      (BUF_ANG2),A
        LD      A,(IX+08H)
        LD      (BUF_ANG2+02H),A
        CALL    M_ANG       ;PRE.ANG. - NEXT ANG.
        CALL    D1.8        ;DEVIDE RESULT WITH 1.8
        LD      A,D
        CPL                 ;TRASNFORM TO
        ADD     A,01H       ;2'S COMPLEMENT
        LD      (IY+00H),A
        JR      STR
        ;(NEXT ANG. - PRE.ANG.) / 1.8
B_A:    LD      A,(IX+06H)  ;TRANSFER NEXT ANG.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      (BUF_ANG1+01H),A   ;TO BUF_ANG1
        LD      A,(IX+07H)
        LD      (BUF_ANG1),A
        LD      A,(IX+08H)
        LD      (BUF_ANG1+02H),A
        LD      A,(IX+00H)         ;TRANSFER PRE.ANG
        LD      (BUF_ANG2+01H),A   ;TO BUF_ANG2
        LD      A,(IX+01H)
        LD      (BUF_ANG2),A
        LD      A,(IX+02H)
        LD      (BUF_ANG2+02H),A
        CALL    M_ANG      ;NEXT ANG. - PRE.ANG.
        CALL    D1.8       ;DEVIDE RESULT WITH 1.8
        LD      A,D
        LD      (IY+00H),A  ;STORE STEPS IN MEMMORY
STR:    INC     C          ;INCREMENT TIMES
        LD      HL,(A_TIMES)
        LD      A,(HL)
        ADD     A,A        ;MULTIPLY VALUE IN REG.A WITH 2
        CP      C          ;TIMES = TOTAL TIMES ?
        JR      Z,W_SETUP  ;IF YES :GOTO W_SETUP
                           ;IF NO  :TO BE CONTINUED
        LD      DE,0003H
        ADD     IX,DE      ;IX := IX + 3
        INC     IY         ;IY := IY + 1
        JP      SCP        ;TO BE CONTINUED
;(BUF_ANG1) - (BUF_ANG2)
M_ANG:  LD      HL,(BUF_ANG1) ;LOAD 1ST.ANG.(H,L BYTE)
        LD      DE,(BUF_ANG2) ;LOAD 2ND.ANG.(H,L BYTE)
        LD      A,(BUF_ANG2+02H);LOAD 2ND. ANG.(FLOAT BYTE)
        LD      B,A
        LD      A,(BUF_ANG1+02H);LOAD 1ST. ANG.(FLOAT BYTE)
        CP      B
        JR      NC,MF      ;IF 1ST. > 2ND.GOTO MF:
        LD      A,L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CP      00H             ;LOW BYTE(1ST.)=0 ?
        JR      NZ,M001         ;IF NO GOTO M001
        DEC     H               ;DECREMENT HIGH BYTE(1ST.)
        LD      L,0FFH          ;SET LOW BYTE(1ST.)=255
        JR      A10
M001:   DEC     L               ;DECREMENT LOW BYTE(1ST.)
A10:    LD      A,(BUF_ANG1+02H)
        ADD     A,0AH           ;ADD FLOAT(1ST.)WITH 10
MF:     SUB     B               ;FLOAT(1ST.) - FLOAT(2ND.)
        CP      A       ;CLEAR CARRY FLAG
        SBC     HL,DE           ;HIGH,LOW(1ST.)-HIGH,LOW(2ND.)
        LD      (BUF_ANG1),HL   ;
        LD      (BUF_ANG1+02H),A;STORE RESULT TO BUF_ANG1
        RET

;**********************************WAIT FOR SET UP**********************************
W_SETUP:        ;
        LD      HL,(A_TIMES)
        LD      A,(HL)
        ADD     A,A
        LD      B,A
        LD      HL,(A_STEP)
LOD:    LD      A,(HL)
        OUT     (PA2),A
        CALL    DELAY2
        CALL    DELAY2
        LD      A,00H
        OUT     (PA2),A
        CALL    DELAY2
        INC     HL
        DJNZ    LOD
        ;
        CALL    M5M     ;MINUS START TIME WITH 5 MINUTE
        ;               ;AND STORE IN BUFFER
        CALL    WAIT    ;WAIT FOR SET UP TIME
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;
                CALL    DSPCOM  ;SEND TO PC THAT 'SETTING UP ANT.'
;*****************************************************************************************
                LD      A,00H
                LD      (ADDR20),A
                LD      (ADDR21),A
;*****************************************************************************************
;**********************************SET UP ANTENNA AT START ANGLE**************************
                ;SET UP ANT.(AZ.)
SET_AZ:         LD      HL,(A_STEP)
                LD      A,(HL)  ;LOAD No.STEPS OF SETUP ANGLE(AZ.)
                LD      E,A
;*********************************
                LD      (ADDR20),A
;*********************************
                LD      (B_STEP1),A     ;STORE No.STEPS
                CP      00H             ;SETUP ANGLE = 0 ?
                JR      Z,SET_EL ;IF YES GOTO SET_EL
;*********************************
                CALL    PROV1
;*********************************
CT01:           IN      A,(PA3)         ;LOAD No.STEP FROM CT.1
                CPL                     ;COMPLEMENT VALUE FROM PA3
                ;
                OUT     (PA2),A
                ;
                CALL    DSP1    ;DISPLAY AZ.ANG. TO LCD DISPLAY
                CP      E       ;No.STEP FROM CT.1 = SETUP STEP(AZ.)?
                JR      C,M01           ;IF '<' GOTO M01
                JR      NZ,M02          ;IF '>' GOTO M02 ; '=' CONTINUE
                LD      HL,(A_STEP)
                INC     HL              ;INCREASE POINTER TO No.STEP OF
                                        ;EL.SETUP
                LD      (A_STEP),HL
                JR      SET_EL          ;GOTO SETUP EL.ANGLE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
M01:        CALL    MOVE1           ;INCREASE AZ. ANGLE
            CALL    DELAY1
            JR      CT01
M02:        CALL    MOVE2
            CALL    DELAY1
            JR      CT01
            ;
            ;SET UP ANT.(EL.)
SET_EL:     LD      HL,(A_STEP)
            LD      A,(HL)          ;LOAD No.STEPS OF SETUP ANGLE(EL.)
            LD      E,A
;************************************
            LD      (ADDR21),A
;************************************
            LD      (B_STEP2),A     ;STORE No.STEPS
            CP      00H             ;SETUP ANGLE = 0 ?
            JR      Z,N_STEP        ;IF YES GOTO N_STEP
;************************************
            CALL    PROV2
;************************************
CT02:       IN      A,(PA4)         ;LOAD No.STEP FROM CT.2
            CPL                     ;COMPLEMENT VALUE FROM PA4
            ;
            OUT     (PA2),A
            ;
            CALL    DSP2    ;DISPLAY ELANG. TO LCD DISPLAY
            CP      E       ;No.STEP FROM CT.2 = SETUP STEP(EL.)?
            JR      C,M03           ;IF '<' GOTO M03
            JR      NZ,M04          ;IF '>' GOTO M04 ; '=' CONTINUE
N_STEP:     LD      HL,(A_STEP)
            INC     HL              ;INCREASE POINTER TO NEXT No.STEP
            LD      (A_STEP),HL
            LD      A,01H
            LD      (B_TIMES),A     ;SET No.TIMES = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DELAY2
                OUT     (PA2),A
                CALL    DELAY2
                ;
                IN      A,(PA3)
                CPL
                OUT     (PA2),A
                ;
                JR      W_TRACK             ;WAIT FOR START TRACK
M03:            CALL    MOVE3               ;INCREASE EL ANGLE
                CALL    DELAY1
                JR      CT02
M04:            CALL    MOVE4
                CALL    DELAY1
                JR      CT02
                ;
;*************************************WAIT FOR START TRACK*************************************
                ;LOAD START TIME AND STORE IN BUFFER
W_TRACK:        LD      IY,(A_ANG)
                LD      A,(IY+01H)
                LD      (YEAR),A
                LD      A,(IY+02H)
                LD      (MONTH),A
                LD      A,(IY+03H)
                LD      (DAY),A
                LD      A,(IY+04H)
                LD      (HOUR),A
                LD      A,(IY+05H)
                LD      (MIN),A
                LD      A,(IY+06H)
                LD      (SEC),A
                ;
                CALL    WAIT                ;WAIT START TRACK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************TRACK ANTENNA*****************************************

                ;TRACK ANT.(AZ.)
TRK_AZ:         LD      A,(B_STEP1)  ;LOAD PREVIOUS No.STEPS(AZ.)
                LD      E,A
                LD      HL,(A_STEP)
                LD      A,(HL)    ;LOAD DIFFERENT OF No.STEPS(AZ.)
                ADD     A,E       ;NEXT No.STEPS=PRE.+DIF.OF STEPS
                LD      E,A
                LD      (B_STEP1),A  ;STORE NEXT No.STEP(AZ.)
;*************************************
                LD      A,(ADDR20)
                CP      00H
                JP      NZ,PROV4
                LD      A,E
                CP      00H
                JP      Z,PROV3
                CALL    PROV1
                LD      (ADDR20),A
                JP      CT1
PROV3:          LD      (ADDR20),A
                JP      TRK_EL
PROV4:      LD      A,E
                LD      (ADDR20),A
;*************************************
CT1:            IN      A,(PA3)   ;LOAD No.STEP FROM COUNTER 1(AZ.)
                CPL               ;COMPLEMENT VALUE FROM PA3
                ;
                OUT     (PA2),A
                ;
                CALL    DSP1      ;DISPLAY AZ.ANG. TO LCD DISPLAY
                CP      E         ;COMPARE NEXT No.STEP WITH No.STEP
                                  ;FROM COUNTER 1
                JR      C,M1      ;IF '>' GOTO M1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      NZ,M2   ;IF '<' GOTO M2 ,IF '=' CONTINUE
                LD      HL,(A_STEP)
                INC     HL      ;INCRESE POINTER TO NEXT No.STEP
                LD      (A_STEP),HL
                CALL    DSPCOM ;SEND BACK AZ.ANG. TO PC
                JR      TRK_EL  ;GOTO TRACK ELEVATION
M1:             CALL    MOVE1   ;INCRESE AZIMUTH ANGLE
                CALL    DELAY1
                JR      CT1
M2:             CALL    MOVE2   ;DECRESE AZIMUTH ANGLE
                CALL    DELAY1
                JR      CT1
                :
                ;TRACK ANT.(EL.)
TRK_EL:         LD      A,(B_STEP2)  ;LOAD PRE.No.STEP(EL.)
                LD      E,A
                LD      HL,(A_STEP)
                LD      A,(HL)    ;LOAD DIFF.OF No.STEP(EL.)
                ADD     A,E       ;NEXT=PRE.+DIFF.OF No.STEP
                LD      E,A
                LD      (B_STEP2),A  ;STORE NEXT No.STEP(EL.)
;*************************************
                LD      A,(ADDR21)
                CP      00H
                JP      NZ,PROV6
                LD      A,E
                CP      00H
                JP      Z,PROV5
                CALL    PROV2
                LD      (ADDR21),A
                JP      CT2
PROV5:          LD      (ADDR21),A
                JP      CPT
PROV6:          LD      A,E
                LD      (ADDR21),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**************************************
CT2:    IN      A,(PA4) ;LOAD No.STEP FROM CT.2(EL.)
        CPL             ;COMPLEMENT VALUE FROM PA4
        ;
        OUT     (PA2),A
        ;
        CALL    DSP2    ;DISPLAY EL.ANG. TO LCD DISPLAY
        CP      E       ;COMPARE NEXT No.STEP WITH No.STEP
                        ;FROM COUNTER 2
        JR      C,M3    ;IF '>' GOTO M3
        JR      NZ,M4   ;IF '<' GOTO M4
        JR      CPT     ;IF '=' GOTO CPT
M3:     CALL    MOVE3   ;INCRESE ELEVATION ANGLE
        CALL    DELAY1
        JR      CT2
M4:     CALL    MOVE4   ;DECRESE ELEVATION ANGLE
        CALL    DELAY1
        JR      CT2
CPT:    CALL    DSPCOM ;SEND BACK EL.ANG. TO PC
        LD      HL,(A_TIMES)
        LD      B,(HL)          ;LOAD TOTAL No.TIMES IN THIS ROUND
        LD      A,(B_TIMES)     ;LOAD PRE.No.TIMES
        INC     A               ;INCRESE No.TIMES
        LD      (B_TIMES),A     ;STORE CURRENT No.TIMES
        OUT     (PA2),A
        CP      B
        JR      Z,KBK_EL ;IF CURRENT No.TIMES=TOTAL No.TIMES
                                ;GOTO KBK_EL
        LD      HL,(A_STEP)
        INC     HL              ;INCRESE POINTER TO NEXT No.STEP
        LD      (A_STEP),HL
        CALL    A30S            ;ADD ALARM TIME WITH 30 SEC.
        CALL    WAIT            ;WAIT FOR NEXT 30 SEC.
        JP      TRK_AZ          ;GOTO TRACK AZIMUTH ANGLE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**********************************************KEEP BACK ANTENNA**********************************************
                ;
                LD      A,00H           ;CLEAR FOR NO SHOW
                LD      (ADDR8),A       ;DATE,TIME
                CALL    INIDSP3
                ;
                ;KEEP BACK ANT.(EL.)
KBK_EL:         LD      A,00H
                LD      E,A             ;SET No.STEP = 0
                LD      (B_STEP2),A     ;STORE No.STEP(EL.)
CT12:           CALL    DSP3    ;DISPLAY 'TURNING BACK' TO LCD
                ;
                IN      A,(PA4)
                CPL
                OUT     (PA2),A
                ;
                IN      A,(PB4)  ;CHECK 0 DEGREE
                CP      00H      ;0 DEGREE ?
                JR      NZ,M14   ;IF 'NO' GOTO M14
                JR      KBK_AZ   ;IF 'YES' GOTO KBK_AZ
M14:            CALL    MOVE4    ;DECRESE EL ANGLE
                CALL    DELAY1
                JR      CT12
                ;
                CALL    INIDSP3
                ;
                ;KEEP BACK ANT.(AZ.)
KBK_AZ:         LD      A,00H
                LD      E,A             ;SET No.STEP = 0
                LD      (B_STEP1),A     ;STORE No.STEP(AZ.)
CT11:           CALL    DSP3    ;DISPLAY 'TURNING BACK' TO LCD
                ;
                IN      A,(PA3)
                CPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OUT     (PA2),A
        ;
        IN      A,(PB3)  ;CHECK 0 DEGREE
        CP      00H      ;0 DEGREE ?
        JR      NZ,M12   ;IF "NO" GOTO M12
        CALL    DSP4     ;IF "YES" DISPLAY "0 DEGREE"(AZ.,EL.) TO LCD
        CALL    DELAY5M  ;DELAY TIME 5 MINUTES
        JR      CPR      ;           AND GOTO CPR
M12:    CALL    MOVE2    ;DECRESE AZ.ANGLE
        CALL    DELAY1
        JR      CT11
        ;
CPR:    CALL    DSPCOM ;SEND TO PC THAT "KEEPBACK ALREADY"
        LD      A,(ROUNDS)       ;LOAD TOTAL No.ROUND
        LD      B,A
        LD      A,(B_ROUNDS)     ;LOAD CURRENT No.ROUND
        CP      B          ;CURRENT No.ROUND=TOTAL No.ROUND ?
        JP      Z,TEST1  ;IF "YES" GO BACK TO MENU TRACK
        JP      SEARCH           ;RETURN TO SEARCH NEXT ROUND

;**********************************MOVE ANTENNA ROUTINE**********************************

        ;ROTATE ANT.(AZ.) RIGHT
MOVE1:  LD      A,(B_EXC)
        LD      D,A
        RES     0,D
        RES     1,D
        RES     2,D
        RES     3,D
        LD      A,(B_PHS1)
        LD      B,A
        RES     7,A
        RES     6,A
        RES     5,A
        RES     4,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OR      D
        OUT     (PA1),A         ;INC.ANG.(AZ.)
        LD      (B_EXC),A
        RLC     B
        LD      A,B
        LD      (B_PHS1),A
        RET
        ;
        ;ROTATE ANT.(AZ.) LEFT
MOVE2:  LD      A,(B_EXC)
        LD      D,A
        RES     0,D
        RES     1,D
        RES     2,D
        RES     3,D
        LD      A,(B_PHS1)
        LD      B,A
        RES     7,A
        RES     6,A
        RES     5,A
        RES     4,A
        OR      D
        OUT     (PA1),A         ;DEC.ANG.(AZ.)
        LD      (B_EXC),A
        RRC     B
        LD      A,B
        LD      (B_PHS1),A
        RET
        ;
        ;ROTATE ANT.(EL.) RIGHT
MOVE3:  LD      A,(B_EXC)
        LD      D,A
        RES     7,D
        RES     6,D
        RES     5,D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RES     4,D
        LD      A,(B_PHS2)
        LD      B,A
        RES     3,A
        RES     2,A
        RES     1,A
        RES     0,A
        OR      D
        OUT     (PA1),A         ;INC.ANG.(EL.)
        LD      (B_EXC),A
        RLC     B
        LD      A,B
        LD      (B_PHS2),A
        RET
        ;
        ;ROTATE ANT.(EL.) LEFT
MOVE4:  LD      A,(B_EXC)
        LD      D,A
        RES     7,D
        RES     6,D
        RES     5,D
        RES     4,D
        LD      A,(B_PHS2)
        LD      B,A
        RES     3,A
        RES     2,A
        RES     1,A
        RES     0,A
        OR      D
        OUT     (PA1),A             ;DEC.ANG.(EL.)
        LD      (B_EXC),A
        RRC     B
        LD      A,B
        LD      (B_PHS2),A
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**********************************************DELAY TIME 1 SEC.**********************************

DELAY1:     PUSH    HL
            LD      HL,DLT1
D1:         DEC     HL
            PUSH    HL
            LD      HL,DLT2
D2:         DEC     HL
            LD      A,H
            OR      L
            JR      NZ,D2
            POP     HL
            LD      A,H
            OR      L
            JR      NZ,D1
            POP     HL
            RET
            ;

;**********************************************DELAY TIME 2 SEC.**********************************

DELAY2:     PUSH    HL
            LD      HL,DLT3
D3:         DEC     HL
            PUSH    HL
            LD      HL,DLT2
D4:         DEC     HL
            LD      A,H
            OR      L
            JR      NZ,D4
            POP     HL
            LD      A,H
            OR      L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      NZ,D3
                POP     HL
                RET
                ;

;***********************************************DELAY TIME 5 MIN.*************************************

DELAY5M:        PUSH    HL
                LD      HL,0258H
D5M1:           DEC     HL
                PUSH    HL
                LD      HL,0FFFFH
D5M2:           DEC     HL
                LD      A,H
                OR      L
                JR      NZ,D5M2
                POP     HL
                LD      A,H
                OR      L
                JR      NZ,D5M1
                POP     HL
                RET

;***********************************************DISPLAY AZ. ANGLE*************************************
;INPUT = REG.A
;OUTPUT = D_3AZ(HUNDRED),D_2AZ(TEN),D_1AZ(UNIT),D_FAZ(FLOAT)

DSP1:           LD      D,A
                LD      B,A
                PUSH    DE
                CALL    M1.8            ;ANG. = STEP * 1.8
                LD      A,(BUF_ANG1)
                LD      L,A             ;LOW BYTE -> REG.L
                LD      A,(BUF_ANG1+01H)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      H,A             ;HIGH BYTE -> REG.H
        LD      A,(BUF_ANG1+02H)
        LD      C,A             ;FLOAT BYTE -> REG.C
        CALL    TR_ANG  ;TRANSFER ANG. (HEX -> ASCII)
        LD      A,B             ;
        LD      (D_3AZ),A       ;
        LD      A,D             ;
        LD      (D_2AZ),A       ;STORE IN DISPLAY BUFFER
        LD      A,E             ;
        LD      (D_1AZ),A       ;
        LD      A,02EH          ; 02EH = '.'
        LD      (08032H),A      ;
        LD      A,C             ;
        LD      (D_FAZ),A       ;
        CALL    DSLCD   ;OUT TO LCD DISPLAY
        POP     DE
        LD      A,D
        RET
;*****************************************DISPLAY EL. ANGLE*****************************************
;INPUT = REG.A
;OUTPUT = D_3EL(HUNDRED),D_2EL(TEN),D_1EL(UNIT),D_FEL(FLOAT)

DSP2:   LD      D,A
        LD      B,A
        PUSH    DE
        CALL    M1.8            ;ANG. = STEP * 1.8
        LD      A,(BUF_ANG1)
        LD      L,A             ;LOW BYTE -> REG.L
        LD      A,(BUF_ANG1+01H)
        LD      H,A             ;HIGH BYTE -> REG.H
        LD      A,(BUF_ANG1+02H)
        LD      C,A             ;FLOAT BYTE -> REG.C
        CALL    TR_ANG  ;TRANSFER ANG. (HEX -> ASCII)
        LD      A,B             ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      (D_3EL),A       ;
        LD      A,D             ;
        LD      (D_2EL),A       ;STORE IN DISPLAY BUFFER
        LD      A,E             ;
        LD      (D_1EL),A       ;
        LD      A,02EH          ; 02EH = '.'
        LD      (08037H),A      ;
        LD      A,C             ;
        LD      (D_FEL),A       ;
        CALL    DSLCD   ;OUT TO LCD DISPLAY
        POP     DE
        LD      A,D
        RET

;**********************************DISPLAY 0 DEGREE (AZ.,EL.) TO LCD**********************

DSP4:   LD      A,020H          ;020H = NULL (ASCII CODE)
        LD      (D_3AZ),A
        LD      (D_3EL),A
        LD      (D_2AZ),A
        LD      (D_2EL),A
        ;
        LD      A,030H          ;030H = "0" (ASCII CODE)
        LD      (D_1AZ),A
        LD      (D_1EL),A
        LD      (D_FAZ),A
        LD      (D_FEL),A
        ;
        LD      A,02EH          ;02EH = "." (ASCII CODE)
        LD      (08032H),A
        LD      (08037H),A
        CALL    DSLCD           ;DISPLAY TO LCD
        CALL    DELAY2          ;DELAY TIME 2 SEC.
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**********************************WAIT FOR ALARM TIME ROUTINE ********************************

;INPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(HOUR),(MIN),(SEC)

WAIT:   LD    A,(YEAR) ;LOAD YEAR FOR WAIT
        LD    B,A
YER:    LD    A,(B_YER)      ;LOAD YEAR FROM BUFFER(HEX)
        CP    B              ;COMPARE YEAR
        JR    NZ,YER         ;IF NO GOTO YER
        ;
        LD    A,(MONTH)      ;LOAD MONTH FOR WAIT
        LD    B,A
MON:    IN    A,(C_MON) ;LOAD MONTH FROM RTC
        CALL  BTH            ;TRANSFORM BCD CODE TO HEX
        CP    B              ;COMPARE MONTH
        JR    NZ,MON         ;IF NO GOTO MON
        ;
        LD    A,(DAY)        ;LOAD DAY FOR WAIT
        LD    B,A
DY:     IN    A,(C_DAY)      ;LOAD DAY FROM RTC
        CALL  BTH            ;TRANSFORM BCD CODE TO HEX
        CP    B              ;COMPARE DAY
        JR    NZ,DY          ;IF NO GOTO DY
        ;
        LD    A,(HOUR)       ;LOAD HOUR FOR WAIT
        LD    B,A
HOR:    IN    A,(C_HOR)      ;LOAD HOUR FROM RTC
        CALL  BTH            ;TRANSFORM BCD CODE TO HEX
        CP    B              ;COMPARE HOUR
        JR    NZ,HOR         ;IF NO GOTO HOR
        ;
        LD    A,(MIN)        ;LOAD MINUTE FOR WAIT
        LD    B,A
MNT:    IN    A,(C_MIN)      ;LOAD MINUTE FROM RTC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    BTH             ;TRANSFORM BCD CODE TO HEX
                CP      B               ;COMPARE MINUTE
                JR      NZ,MNT          ;IF NO GOTO MNT
                ;
                LD      A,(SEC)         ;LOAD SECOND FOR WAIT
                LD      B,A
SCD:            IN      A,(C_SEC)       ;LOAD SECOND FROM RTC
                CALL    BTH             ;TRANSFORM BCD CODE TO HEX
                CP      B               ;COMPARE SECOND
                JR      NZ,SCD          ;IF NO GOTO SCD
                RET
                ;
;**********************************ADD ALARM TIME WITH 30 SEC.**********************************

;INPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(MONTH),(HOUR),(MIN),(SEC)
;OUTPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(MONTH),(HOUR),(MIN),(SEC)

A30S:           PUSH    BC
                PUSH    DE
                PUSH    HL
                LD      A,(YEAR)
                LD      H,A             ;YEAR -> REG.H
                LD      A,(MONTH)
                LD      L,A             ;MONTH ->REG.L
                LD      A,(DAY)
                LD      B,A             ;DAY -> REG.B
                LD      A,(HOUR)
                LD      C,A             ;HOUR -> REG.C
                LD      A,(MIN)
                LD      D,A             ;MINUTE -> REG.D
                LD      A,(SEC)
                LD      E,A             ;SECOND -> REG.E
                ;
                ADD     A,0FH           ;ADD SECOND WITH 15
                LD      E,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CP      03CH            ;SECOND >= 60 ?
JP      C,STO_T         ;IF NO GOTO STO_T
SUB     03CH            ;   YES SUBTRACT SECOND WITH 60
LD      E,A
INC     D               ;INCREASE MINUTE
LD      A,D
CP      03CH            ;MINUTE = 60 ?
JP      NZ,STO_T        ;IF NO GOTO STO_T
LD      D,00H           ;   YES SET MINUTE = 0
INC     C               ;INCREASE HOUR
LD      A,C
CP      018H            ;HOUR = 24 ?
JP      NZ,STO_T        ;IF NO GOTO STO_T
LD      C,00H           ;   YES SET SECOND = 0
LD      A,L             ;LOAD MONTH
CP      01H             ;= JANUARY ?
JR      Z,JAN1          ;IF YES GOTO JAN1
CP      02H             ;= FEBUARY ?
JR      Z,FEB1  ;IF YES GOTO FEB1
CP      03H             ;= MARCH ?
JR      Z,MAR1          ;IF YES GOTO MAR1
CP      04H             ;= APRIL ?
JR      Z,APR1          ;IF YES GOTO APR1
CP      05H             ;= MAY ?
JR      Z,MAY1          ;IF YES GOTO MAY1
CP      06H             ;= JUNE ?
JR      Z,JUN1          ;IF YES GOTO JUN1
CP      07H             ;= JULY ?
JR      Z,JUL1          ;IF YES GOTO JUL1
CP      08H             ;= AUGUST ?
JR      Z,AUG1          ;IF YES GOTO AUG1
CP      09H             ;= SEPTEMBER ?
JR      Z,SEP1          ;IF YES GOTO SEP1
CP      0AH             ;= OCTOBER ?
JR      Z,OCT1          ;IF YES GOTO OCT1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CP      0BH             ;= NOVEMBER ?
                JR      Z,NOV1          ;IF YES GOTO NOV1
                LD      A,B             ;LOAD DAY (MONTH = DECEMBER)
                CP      01FH            ;DAY = 31 ?
                JR      NZ,INC_DAY      ;IF NO GOTO INC_DAY
                LD      B,01H           ;   YES SET DAY = 1
                LD      L,01H           ;       SET MONTH = JANUARY
                INC     H               ;INCREASE YEAR
                LD      A,H
                CP      064H            ;YEAR = 100 ?
                JR      NZ,STO_T        ;IF NO GOTO STO_T
                LD      H,00H           ;   YES SET YEAR = 0
                JR      STO_T           ;GOTO STO_T
                ;
INC_DAY:        INC     B               ;INCREASE DAY
                JR      STO_T           ;GOTO STO_T
                ;
JAN1:           LD      A,B             ;LOAD DAY
                CP      01FH            ;DAY = 31 ?
COMP_D          JR      NZ,INC_DAY      ;IF NO GOTO COMP_D
                LD      B,01H           ;   YES SET DAY = 1
                INC     L               ;       INCREASE MONTH
                JR      STO_T           ;GOTO STO_T
                ;
FEB1:           LD      A,H             ;LOAD YEAR
DEV_4:          SUB     04H             ;RESULT = YEAR - 4
                CP      04H             ;RESULT < 4 ?
                JR      NC,DEV_4        ;IF NO GOTO DEV_4
                CP      00H             ;RESULT = 0 ?
                JR      Z,DAY_29        ;IF YES GOTO DAY_29
                LD      A,B             ;LOAD DAY
                CP      01CH            ;DAY = 28 ?
                JR      COMP_D          ;GOTO COMP_D
DAY_29:         LD      A,B             ;LOAD DAY
                CP      01DH            ;DAY = 29 ?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
MAR1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01FH        ;DAY = 31 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
APR1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01EH        ;DAY = 30 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
MAY1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01FH        ;DAY = 31 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
JUN1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01EH        ;DAY = 30 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
JUL1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01FH        ;DAY = 31 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
AUG1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01FH        ;DAY = 31 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
SEP1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01EH        ;DAY = 30 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
OCT1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
        CP      01FH        ;DAY = 31 ?
        JR      COMP_D      ;GOTO COMP_D
        ;
NOV1:   LD      A,B         ;LOAD DAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CP      01EH            ;DAY = 30 ?
                JR      COMP_D          ;GOTO COMP_D
                ;
STO_T:          LD      A,H
                LD      (YEAR),A ;STORE YEAR
                LD      A,L
                LD      (MONTH),A       ;STORE MONTH
                LD      A,B
                LD      (DAY),A         ;STORE DAY
                LD      A,C
                LD      (HOUR),A        ;STORE HOUR
                LD      A,D
                LD      (MIN),A         ;STORE MINUTE
                LD      A,E
                LD      (SEC),A         ;STORE SECOND
                ;
                POP     HL
                POP     DE
                POP     BC
                RET
                ;

;**********************************MINUS ALARM TIME WITH 5 MINUTE**********************************

;INPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(MONTH),(HOUR),(MIN),(SEC)
;OUTPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(MONTH),(HOUR),(MIN),(SEC)

M5M:            PUSH    BC
                PUSH    DE
                PUSH    HL
                ;
                LD      A,(YEAR)
                LD      H,A             ;YEAR -> REG.H
                LD      A,(MONTH)
                LD      L,A             ;MONTH -> REG.L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD      A,(DAY)
LD      B,A             ;DAY -> REG.B
LD      A,(HOUR)
LD      C,A             ;HOUR -> REG.C
LD      A,(MIN)
LD      D,A             ;MINUTE -> REG.D
LD      A,(SEC)
LD      E,A             ;SECOND -> REG.E
;
LD      A,D
CP      05H             ;MINTUE >= 5 ?
JP      NC,DEC_5M       ;IF YES GOTO DEC_5M
LD      A,C
CP      00H             ;HOUR = 0 ?
JP      NZ,DEC_HOUR     ;IF NO GOTO DEC_HOUR
LD      A,B
CP      01H             ;DAY = 1ST ?
JP      NZ,DEC_DAY      ;IF NO GOTO DEC-DAY
LD      A,L
CP      0CH             ;MONTH = DECEMBER ?
JR      Z,DCB           ;IF YES GOTO DEC
CP      0BH             ;NOVEMBER ?
JR      Z,NOV           ;IF YES GOTO NOV
CP      0AH             ;OCTOBER ?
JR      Z,OCT           ;IF YES GOTO OCT
CP      09H             ;SEPTEMBER ?
JR      Z,SEP           ;IF YES GOTO SEP
CP      08H             ;AUGUST ?
JR      Z,AUG           ;IF YES GOTO AUG
CP      07H             ;JULY ?
JR      Z,JULY          ;IF YES GOTO JULY
CP      06H             ;JUNE ?
JR      Z,JUNE          ;IF YES GOTO JUNE
CP      05H             ;MAY ?
JR      Z,MAY           ;IF YES GOTO MAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CP      04H             ;APRIL ?
                JR      Z,APR           ;IF YES GOTO APR
                CP      03H             ;MARCH ?
                JR      Z,MARCH                 ;IF YES GOTO MARCH
                CP      02H             ;FEBUARY ?
                JR      Z,FEB           ;IF YES GOTO FEB ,GOTO JAN
                ;
JAN:            LD      L,0CH           ;BACK TO DECEMBER
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                LD      A,H
                CP      00H             ;YEAR = 0 ?
                JR      NZ,DEC_YEAR     ;IF NO GOTO DEC_YEAR
                LD      H,064H          ;   YES SET YEAR = 100
DEC_YEAR        DEC     H               ;DECREASE YEAR
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
FEB:            DEC     L               ;BACK TO JANUARY
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
MARCH:          DEC     L               ;BACK TO FEBUARY
                LD      A,H             ;
SUN:            SUB     04H             ;YEAR / 4
                CP      04H             ;
                JR      NC,SUN          ;
                CP      00H             ;IS THERE 29TH FEB. IN THIS YEAR ?
                JR      Z,FEB29         ;IF YES GOTO FEB29
                LD      B,1CH           ;   NO SET DAY = 28TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
FEB29:          LD      B,1DH           ;SET DAY = 29TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
APR:            DEC     L               ;BACK TO MARCH
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;
MAY:            DEC     L               ;BACK TO APRIL
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
JUNE:           DEC     L               ;BACK TO MAY
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
JULY:           DEC     L               ;BACK TO JUNE
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
AUG:            DEC     L               ;BACK TO JULY
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
SEP:            DEC     L               ;BACK TO AUGUST
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
OCT:            DEC     L               ;BACK TO SEPTEMBER
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
NOV:            DEC     L               ;BACK TO OCTOBER
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
DCB:            DEC     L               ;BACK TO NOVEMBER
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR        ;GOTO INC_HOUR
                ;
DEC_DAY:        DEC     B               ;DECREASE DAY
                ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INC_HOUR:   LD    A,C
            ADD   A,018H        ;ADD HOUR WITH 24
            LD    C,A
            ;
DEC_HOUR:   DEC   C             ;DECREASE HOUR
            LD    A,D
            ADD   A,03CH        ;ADD MINUTE WITH 60
DEC_5M:     SUB   05H           ;SUBTRACT MINUTE WITH 5
            LD    D,A
            ;
            LD    A,H
            LD    (YEAR),A ;STORE YEAR
            LD    A,L
            LD    (MONTH),A     ;STORE MONTH
            LD    A,B
            LD    (DAY),A       ;STORE DAY
            LD    A,C
            LD    (HOUR),A      ;STORE HOUR
            LD    A,D
            LD    (MIN),A       ;STORE MINUTE
            LD    A,E
            LD    (SEC),A       ;STORE SECOND
            ;
            POP   HL
            POP   DE
            POP   BC
            RET
            ;

;**********************************MINUS ALARM TIME WITH 10 MINUTE**********************************

;INPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(MONTH),(HOUR),(MIN),(SEC)

;OUTPUT = (YEAR),(MONTH),(DAY),(MONTH),(HOUR),(MIN),(SEC)

M10M:       PUSH  BC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PUSH    DE
PUSH    HL
;
LD      A,(YEAR)
LD      H,A             ;YEAR -> REG.H
LD      A,(MONTH)
LD      L,A             ;MONTH -> REG.L
LD      A,(DAY)
LD      B,A             ;DAY -> REG.B
LD      A,(HOUR)
LD      C,A             ;HOUR -> REG.C
LD      A,(MIN)
LD      D,A             ;MINUTE -> REG.D
LD      A,(SEC)
LD      E,A             ;SECOND -> REG.E
;
LD      A,D
CP      0AH             ;MINTUE >= 10 ?
JP      NC,DEC_10M      ;IF YES GOTO DEC_10M
LD      A,C
CP      00H             ;HOUR = 0 ?
JP      NZ,DEC_HOUR2    ;IF NO GOTO DEC_HOUR2
LD      A,B
CP      01H             ;DAY = 1ST ?
JP      NZ,DEC_DAY2     ;IF NO GOTO DEC22_DAY2
LD      A,L
CP      0CH             ;MONTH = DECEMBER ?
JR      Z,DCB2          ;IF YES GOTO DCB2
CP      0BH             ;NOVEMBER ?
JR      Z,NOV2          ;IF YES GOTO NOV2
CP      0AH             ;OCTOBER ?
JR      Z,OCT2          ;IF YES GOTO OCT2
CP      09H             ;SEPTEMBER ?
JR      Z,SEP2          ;IF YES GOTO SEP2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CP      08H             ;AUGUST ?
        JR      Z,AUG2          ;IF YES GOTO AUG2
        CP      07H             ;JULY ?
        JR      Z,JULY2         ;IF YES GOTO JULY2
        CP      06H             ;JUNE ?
        JR      Z,JUNE2         ;IF YES GOTO JUNE2
        CP      05H             ;MAY ?
        JR      Z,MAY2          ;IF YES GOTO MAY2
        CP      04H             ;APRIL ?
        JR      Z,APR2          ;IF YES GOTO APR2
        CP      03H             ;MARCH ?
        JR      Z,MARCH2        ;IF YES GOTO MARCH2
        CP      02H             ;FEBUARY ?
        JR      Z,FEB2          ;IF YES GOTO FEB2 ,NO GOTO JAN2
        ;
JAN2:   LD      L,0CH           ;BACK TO DECEMBER
        LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
        LD      A,H
        CP      00H             ;YEAR = 0 ?
        JR      NZ,DEC_YEAR2    ;IF NO GOTO DEC_YEAR2
        LD      H,064H          ;   YES SET YEAR = 100
DEC_YEAR2:
        DEC     H               ;DECREASE YEAR
        JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
        ;
FEB2:   DEC     L               ;BACK TO JANUARY
        LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
        JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
        ;
MARCH2:         DEC     L               ;BACK TO FEBUARY
        LD      A,H             ;
SUN2:   SUB     04H             ;YEAR / 4
        CP      04H             ;
        JR      NC,SUN2         ;
        CP      00H             ;IS THERE 29TH FEB. IN THIS YEAR ?
        JR      Z,FEB29_2       ;IF YES GOTO FEB29_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      B,1CH           ;  NO SET DAY = 28TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
FEB29_2: LD     B,1DH           ;SET DAY = 29TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2

APR2:           DEC     L               ;BACK TO MARCH
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
MAY2:           DEC     L               ;BACK TO APRIL
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
JUNE2:          DEC     L               ;BACK TO MAY
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
JULY2:          DEC     L               ;BACK TO JUNE
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
AUG2:           DEC     L               ;BACK TO JULY
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
SEP2:           DEC     L               ;BACK TO AUGUST
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
OCT2:           DEC     L               ;BACK TO SEPTEMBER
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
NOV2:           DEC     L               ;BACK TO OCTOBER
                LD      B,01FH          ;SET DAY = 31TH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                .
DCB2:           DEC     L               ;BACK TO NOVEMBER
                LD      B,01EH          ;SET DAY = 30TH
                JR      INC_HOUR2       ;GOTO INC_HOUR2
                ;
DEC_DAY2:       DEC     B               ;DECREASE DAY
                ;
INC_HOUR2:      LD      A,C
                ADD     A,018H          ;ADD HOUR WITH 24
                LD      C,A
                ;
DEC_HOUR2:      DEC     C               ;DECREASE HOUR
                LD      A,D
                ADD     A,03CH          ;ADD MINUTE WITH 60
DEC_10M:        SUB     0AH             ;SUBTRACT MINUTE WITH 10
                LD      D,A
                ;
                LD      A,H
                LD      (YEAR),A ;STORE YEAR
                LD      A,L
                LD      (MONTH),A       ;STORE MONTH
                LD      A,B
                LD      (DAY),A         ;STORE DAY
                LD      A,C
                LD      (HOUR),A        ;STORE HOUR
                LD      A,D
                LD      (MIN),A         ;STORE MINUTE
                LD      A,E
                LD      (SEC),A         ;STORE SECOND
                ;
                POP     HL
                POP     DE
                POP     BC
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;********************************************* ANGEL = STEP * 1.8 ***********************************

;INPUT = REG.B(STEP)
;OUTPUT = (BUF_ANG1) 3 BYTE

M1.8:       LD      A,B
            PUSH    BC
            PUSH    HL
            ;
            LD      B,A
            LD      C,00H
            LD      L,00H
            LD      H,00H
LOP:        LD      A,08H
            ADD     A,C
            CP      0AH
            JR      NC,CARRY_L
            LD      C,A
CON1:  CALL INC_L
            DEC     B
            LD      A,B
            CP      00H
            JR      NZ,LOP
            LD      A,C
            LD      (BUF_ANG1+02H),A
            LD      A,L
            LD      (BUF_ANG1),A
            LD      A,H
            LD      (BUF_ANG1+01H),A
            ;
            POP     HL
            POP     BC
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;
CARRY_L:        SUB     0AH
                LD      C,A
                CALL    INC_L
                JR      CON1
INC_L:  LD      A,L
                CP      0FFH
                JR      Z,CARRY_H
                INC     L
                RET
CARRY_H:        LD      L,00H
                INC     H
                RET
                ;

;*****************************************STEP = ANGLE / 1.8*****************************************

;INPUT = (BUF_ANG1) 3 BYTE
;OUTPUT = REG.D(STEP)

D1.8:           PUSH    BC
                PUSH    HL
                LD      A,(BUF_ANG1+01H);
                LD      H,A             ;
                LD      A,(BUF_ANG1)    ;LOAD ANGLE
                LD      L,A             ;
                LD      A,(BUF_ANG1+02H);
                LD      C,A             ;
                LD      D,00H           ;SET STEP=0
                .
LP:             LD      A,C
                CP      08H
                JR      NC,DEC_C0       ;IF F-BYTE>=8 GOTO DEC_C0
                LD      A,L
                CP      00H             ; L_BYTE=0 ?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR      NZ,DEC_L0   ;IF NO GOTO DEC_L0
                LD      A,H
                CP      00H         ; H_BYTE=0 ?
                JR      NZ,DEC_H0   ;IF NO GOTO DEC_H0
                POP     HL
                POP     BC
                RET
                ;
DEC_C0:         SUB     08H         ;F_BYTE=F_BYTE-8
                LD      C,A
                LD      A,L
                CP      00H         ; L_BYTE=0 ?
                JR      NZ,DEC_L1   ;IF NO GOTO DEC_L1
                LD      A,H
                CP      00H         ; H_BYTE=0 ?
                JR      NZ,DEC_H1   ;IF NO GOTO DEC_H1
OUT_1:          INC     D           ;INCREMET STEP
                JR      LP
DEC_L0:         DEC     L           ;L_BYTE=L_BYTE-1
OUT_0:          LD      A,C
                ADD     A,0AH       ;F_BYTE=F_BYTE+10
                JR      DEC_C0
DEC_H0:         DEC     H           ;H_BYTE=H_BYTE-1
                LD      L,0FFH      ;L_BYTE=255
                JR      OUT_0
DEC_L1:         DEC     L           ;L_BYTE=L_BYTE-1
                JR      OUT_1
DEC_H1:         DEC     H           ;H_BYTE=H_BYTE-1
                LD      L,0FFH      ;L_BYTE=255
                JR      OUT_1

;**************************************TRANSFORM ANGLE (HEX -> ASCII)*******************************

;INPUT = REG.H(HIGH),L(LOW),C(FLOAT)

;OUTPUT = REG.B(HUNDRED),D(TEN),E(UNIT),C(FLOAT)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TR_ANG:   LD    A,C             ;LOAD FLOAT BYTE (HEX)
          ADD   A,030H          ;TRANSFORM HEX TO ASCII CODE
          LD    C,A             ;FLOAT BYTE(ASCII) -> REG.C
          ;
          LD    B,00H           ;SET THIRD DIGIT (100) = 0
          LD    A,H
          CP    00H             ;HIGH BYTE = 0 ?
          JR    NZ,DV100        ;IF NO GOTO DV100
          LD    A,L
          CP    064H            ;LOW BYTE >= 100 ?
          JR    C,CP_SC         ;IF NO GOTO CP_SC
DV100:    LD    DE,0064H
          CP    A               ;CLEAR CARRY FLAG
          SBC   HL,DE   ;SUBTRACT ANG.(HIGH,LOW BYTE) WITH 100
          INC   B               ;INCREASE THIRD DIGIT
          LD    A,H
          CP    00H             ;HIGH BYTE = 0 ?
          JR    NZ,DV100        ;IF NO GOTO DV100
          LD    A,L
          CP    064H            ;LOW BYTE >= 100 ?
          JR    NC,DV100        ;IF YES GOTO DV100
          JR    STO_B           ;   NO GOTO STO_B
TRF_B:    ADD   A,030H          ;TRANSFORM HEX TO ASCII CODE
STO_B:    LD    B,A             ;THIRD DIGIT (ASCII) -> REG.B
          ;
CP_SC:    LD    D,00H           ;SET SECOND DIGIT(10) = 0
          LD    A,L
          CP    0AH             ;LOW BYTE >= 10 ?
          JR    C,H_A           ;IF NO GOTO H_A
DV10:     SUB   0AH             ;SUBTRACT LOW BYTE WITH 10
          INC   D               ;INCREASE SECOND DIGIT
          CP    0AH             ;LOW BYTE >= 10 ?
          JR    NC,DV10         ;IF YES GOTO DV10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      E,A             ;FIRST DIGIT (ASCII) -> REG.E
        LD      A,D             ;LOAD SECOND DIGIT(HEX)
        ADD     A,030H          ;TRANSFORM HEX TO ASCII CODE
        LD      D,A     ;SECOND DIGIT (ASCII) -> REG.D
        RET
        ;
;**********************************TRANSFORM HEX TO BCD CODE**********************************

;INPUT = REG.A
;OUTPUT = REG.A

HTB:    PUSH    BC
        PUSH    DE
        PUSH    HL
        LD      D,00H   ;SET 1ST DIGIT =0
C10:    CP      0AH
        JR      C,HN
        SUB     0AH     ;2ND DIGIT = A / 10
        INC     D
        JR      C10
HN:     LD      B,04H
SL:     SLA     D       ;SHIFT LEFT 4 TIMES FOR
        DJNZ    SL      ;CREATE 2ND DIGIT (HIGH NIBLE)
        OR      D       ;COMBINE 1ST,2ND DIGIT
        POP     HL
        POP     DE
        POP     BC
        RET
        .
;**********************************TRANSFORM HEX TO ASCII CODE**********************************

;INPUT = REG.A
;OUTPUT = REG.H(UNIT),L(TEN)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HTA:    PUSH   BC
        LD     B,A
        LD     L,00H    ;SET 1ST DIGIT =0
C0A:    CP     0AH
        JR     C,A1E
        SUB    0AH      ;2ND DIGIT = A / 10
        INC    L
        JR     C0A
A1E:    ADD    A,030H   ;TRANSFORM HEX TO ASCII
        LD     H,A
        LD     A,L
        ADD    A,030H   ;TRANSFORM HEX TO ASCII
        LD     L,A
        LD     A,B
        POP    BC
        RET
        ;
;**********************************TRANSFORM BCD CODE TO HEX**********************************

;INPUT = REG.A
;OUTPUT = REG.A

BTH:    PUSH   BC
        PUSH   DE
        PUSH   HL
        LD     D,A
        RES    7,D
        RES    6,D      ;RESET HIGH NIBLE FOR
        RES    5,D      ;CREATE 1ST DIGIT
        RES    4,D      ;
        LD     B,04H
SR:     SRL    A        ;SHIFT RIGHT 4 TIMES FOR
        DJNZ   SR       ;CREATE 2 ND DIGIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD      E,A
                LD      B,09H
AD:             ADD     A,E     ;2ND DIGIT=2ND DIGIT * 10
                DJNZ    AD
                ADD     A,D     ;1ST DIGIT + 2ND DIGIT
                POP     HL
                POP     DE
                POP     BC
                RET
                ;

;**********************TRANSFORM BCD CODE TO ASCII CODE**********************

;INPUT = REG.A(BCD)
;OUTPUT = REG.H(UNIT),L(TEN)

BTA:            PUSH    BC
                LD      H,A
                LD      L,A
                PUSH    AF
                RES     7,H     ;
                RES     6,H     ;RESET HIGH NIBLE FOR
                RES     5,H     ;CREATE 1ST DIGIT
                RES     4,H     ;
                LD      A,H
                ADD     A,030H  ;TRANSFORM HEX TO ASCII
                LD      H,A
                LD      B,04H
SHFR:           SRL     L       ;SHIFT RIGHT 4 TIMES FOR
                DJNZ    SHFR    ;CREATE 2 ND DIGIT
                LD      A,L
                ADD     A,030H  ;TRANFORM HEX TO ASCII
                LD      L,A
                POP     AF
                POP     BC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET
        ;
;**********************************INTERRUPT SERVICE ROUTINE OF RTC*****************************
TIME:   PUSH    AF
        PUSH    BC
        PUSH    DE
        PUSH    HL
        IN      A,(0B0H)    ;LOAD INT.STATUS REG.
        LD      C,00H               ;  YES SET CHANGE YEAR = 0
        ;
        IN      A,(C_MON)           ;LOAD MONTH FROM RTC
        CALL    BTA                 ;TRANSFER BCD TO ASCII
        LD      (D_MON),HL          ;STORE MONTH IN BUFFER
        CALL    BTH                 ;TRANSFORM BCD TO HEX
        CP      0CH                 ;MONTH = 12 ?
        JR      NZ,RDAY             ;IF NO GOTO RDAY
        INC     C                   ;  YES INCREASE CHANGE YEAR
        ;
RDAY:   IN      A,(C_DAY)           ;LOAD DAY FROM RTC
        CALL    BTA                 ;TRANSFORM BCD TO ASCII
        LD      (D_DAY),HL          ;STORE DAY IN BUFFER
        CALL    BTH                 ;TRANSFORM BCD TO HEX
        CP      01FH                ;DAY = 31 ?
        JR      NZ,RHOR                     ;IF NO GOTO RHOR
        INC     C                   ;  YES INCREASE CHANGE YEAR
        ;
RHOR:   IN      A,(C_HOR)           ;LOAD HOUR FROM RTC
        CALL    BTA                 ;TRANSFORM BCD TO ASCII
        LD      (D_HOR),HL          ;STORE HOUR IN BUFFER
        CALL    BTH                 ;TRANSFORM BCD TO HEX
        CP      017H                ;HOUR = 23 ?
        JR      NZ,RMIN             ;IF NO GOTO RMIN
        INC     C                   ;  YES INCREASE CHANGE YEAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;
RMIN:           IN      A,(C_MIN)       ;LOAD MINUTE FROM RTC
                CALL    BTA             ;TRANSFORM BCD TO ASCII
                LD      (D_MIN),HL      ;STORE MINUTE IN BUFFER
                CALL    BTH             ;TRANSFORM BCD TO HEX
                CP      03BH            ;MINUTE = 59 ?
                JR      NZ,RSEC         ;IF NO GOTO RSEC
                INC     C               ;  YES INCREASE CHANGE YEAR
                ;
RSEC:           IN      A,(C_SEC)       ;LOAD SECOND FROM RTC
                CALL    BTA             ;TRANSFORM BCD TO ASCII
                LD      (D_SEC),HL      ;STROE SECOND IN BUFFER
                CALL    BTH             ;TRANSFORM BCD TO HEX
                CP      03BH            ;SECOND = 59 ?
                JR      NZ,RTB          ;IF NO GOTO RTB
                LD      A,C             ;  YES CHECK CHANGE YEAR
                CP      04H             ;CHANGE YEAR = 4 ?
                JR      NZ,RTB          ;IF NO GOTO RTB
LSEC:           IN      A,(C_SEC)       ;LOAD SECOND FROM RTC
                CP      00H             ;SECOND = 0 ?
                JR      NZ,LSEC         ;IF NO GOTO LSEC
                LD      HL,0000H        ;  YES STORE SECOND IN BUFFER
                LD      (D_SEC),HL      ;
                LD      A,(B_YER)
                INC     A               ;INCREASE YEAR
                CP      064H            ;YEAR = 100 ?
                JR      NZ,STYR         ;IF NO GOTO STYR
                LD      A,00H           ;  YES CLEAR YEAR=0
STYR:           LD      (B_YER),A       ,STORE YEAR IN BUFFER(HEX)
                CALL    HTB             ;TRANSFORM HEX TO BCD CODE
                CALL    BTA             ;TRANSFORM BCD CODE TO ASCII
                LD      (D_YER),HL      ;STORE YEAR IN BUFFER(ASCII)
                ;
RTB:            LD      A,03AH          ; 03AH = ':'
                LD      (08029H),A      ;STORE IN DISPLAY OF TIME
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD      (0802CH),A      ;
        ;
        ;CALL   DST             ;SHOW CURRENT TIME ON LCD
        ;
        IN      A,(0B0H)    ;ENABLE RTC INT.
        POP     HL
        POP     DE
        POP     BC
        POP     AF
        EI                      ;ENABLE INT.CPU
        RETI
        ;
;*****************************************************************************
PROV1:  PUSH    DE
        PUSH    AF
X0:     IN      A,(PA3)
        OUT     (PA2),A
        CP      00H
        JR      NZ,X1
        CALL    DSP1
        CALL    MOVE1
        CALL    DELAY1
        JR      X0
X1:     POP     AF
        POP     DE
        RET
;*****************************************************************************
PROV2:  PUSH    DE
        PUSH    AF
X3:     IN      A,(PA4)
        OUT     (PA2),A
        CP      00H
        JR      NZ,X4
        CALL    DSP2
        CALL    MOVE3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DELAY1
                JR      X3
X4:             POP     AF
                POP     DE
                RET
;*****************************************DEFINE DISPLAY*****************************************
;
STN1:       DFB     ' OSCAR-9  '
STN2:       DFB     ' OSCAR-10 '
STN3:       DFB     ' ZU-NUCH  '
STN4:       DFB     'KIANG-RINK'
STN5:       DFB     ' CHAI-KIK '
;
TAB15:      DFB     'MAIN MENU'
TAB16:      DFB     '1. TRACKING'
TAB17:      DFB     '2. UPDATE'
;
TAB18:      DFB     'MENU UPDATE'
TAB19:      DFB     '1. REAL TIME'
TAB20:      DFB     '2. SAT. NAME'
;
TAB1:       DFB     'MENU TRACKING'
TAB2:       DFB     '1. COMPUTER'
TAB3:       DFB     '2. MAIN BOARD'
TAB4:       DFB     'MODE'
;
TAB12:      DFB     'MENU COMP.'
TAB13:      DFB     '1. BD.<->COMP.'
TAB14:      DFB     '2. DATA ONLY'
;
TAB5:       DFB     'ROUND'
TAB6:       DFB     'SATELLITE NUM.'
TAB7:       DFB     'YY-MM-DD'
TAB8:       DFB     'HR-MN-SC'
TAB9:       DFB     'NUMBER DATA'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TAB10:    DFB    'AZIMUTH ANGLE'
TAB11:    DFB    'ELEVATION ANGLE'
;
TAB21:    DFB    'SATELLITE NAME'
;
TAB22:    DFB    'WAITING FOR'
TAB23:    DFB    'SEND AND RECEIVE'
TAB24:    DFB    'WITH COMPUTER'
TAB25:    DFB    '**********'
;
TAB26:    DFB    'SAT.'
TAB27:    DFB    'AZ     EL'
;
TAB28:    DFB    '       '
TAB29:    DFB    'TURNING BACK ANT'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบการสร้างและแผนภาพแสดงการทำงาน

4.1โครงสร้างระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นและชุดโครงสร้างควบคุมการหันสายอากาศ

4.1.1 โครงสร้างระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น

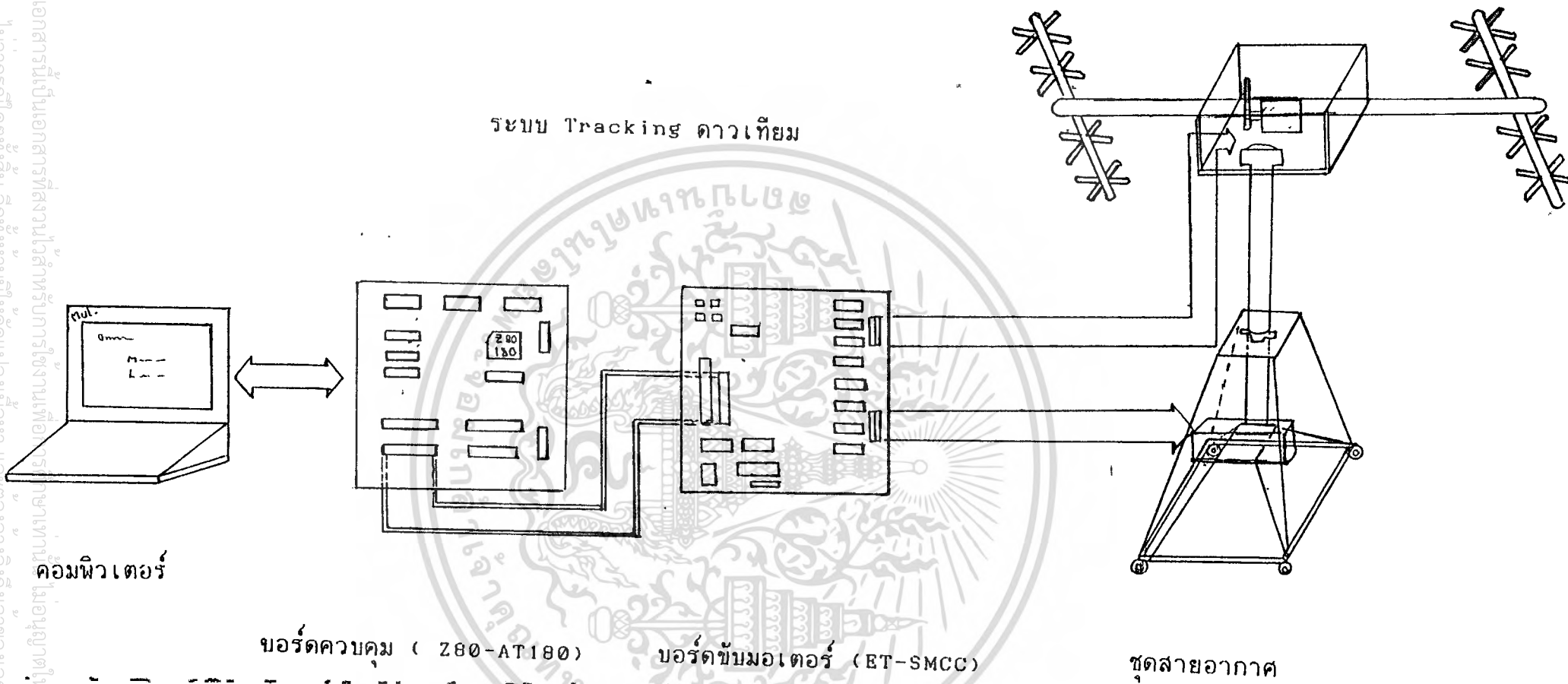
โครงงานนี้จะมีส่วนประกอบการของระบบทั้งหมด ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1.ส่วนโครงสร้างควบคุมการหันสายอากาศ และสายอากาศ

2.ส่วนฐานข้อมูลและแสดงผลหลัก คือ คอมพิวเตอร์

3.ส่วนประมวลผลและควบคุมการหันสายอากาศ ซึ่งใช้บอร์ดควบคุมสำเร็จรูปและบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



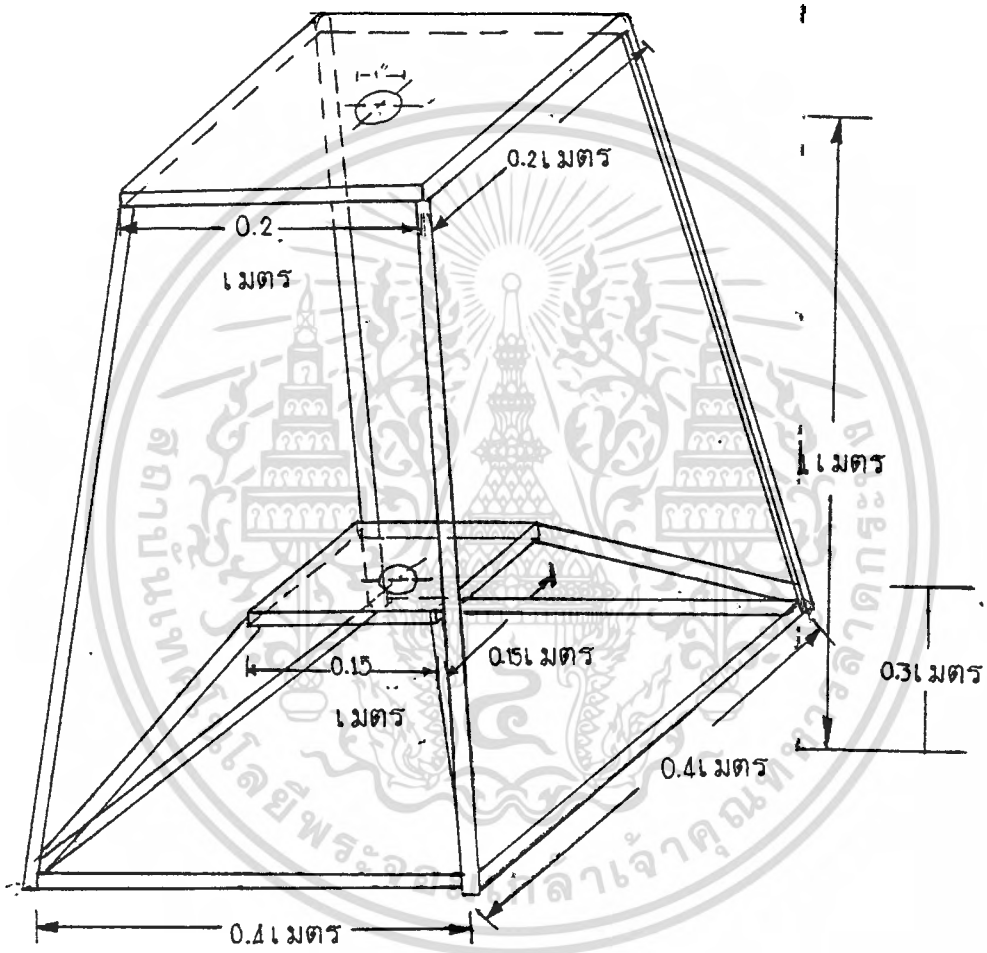
รูปที่ 4.1 แสดงระบบ TRACKING ดาวเทียม

4.1.2 ส่วนชุดโครงสร้างควบคุมการหันสายอากาศ

รูปที่ 4.2-4.5 แสดงโครงสร้างส่วนต่างๆ ของชุดสายอากาศที่ออกแบบ

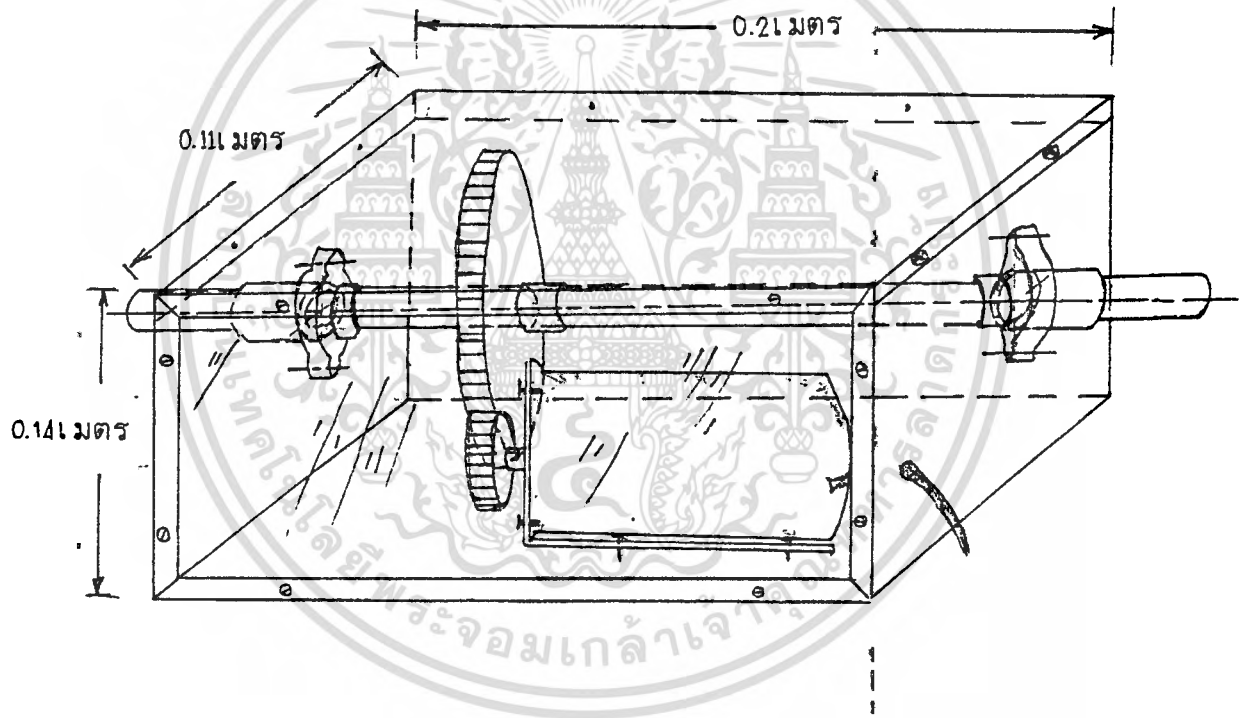
ในการออกแบบด้านโครงสร้างนั้นมีการออกแบบโครงสร้างฐานสำหรับติดตั้งเสาอากาศรับ ซึ่งสามารถรองรับน้ำหนักได้ทั้งหมด เนื่องจากโครงสร้างมีน้ำหนักมากและมีขนาดใหญ่จึงประกอบล้อเข้าไป ดังรูป 4.2 ประสงค์เพื่อการ Tracking ดาวเทียม โดยการหมุนสายอากาศในทิศทางของดาวเทียมซึ่งประกอบด้วยมุมอะซิมุท และมุมเงยจึงต้องออกแบบชุดฟันเฟืองและสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 ชุด ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



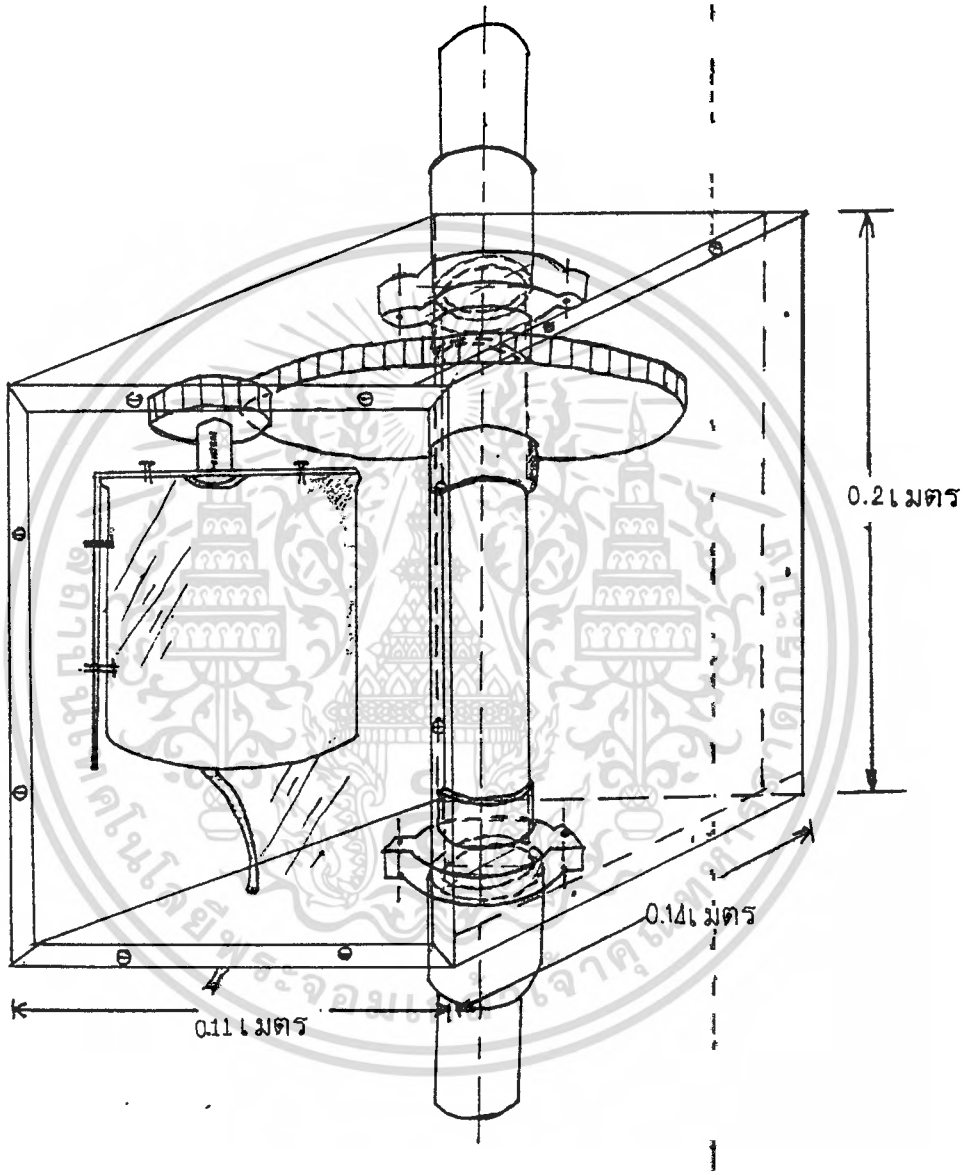
รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างฐานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



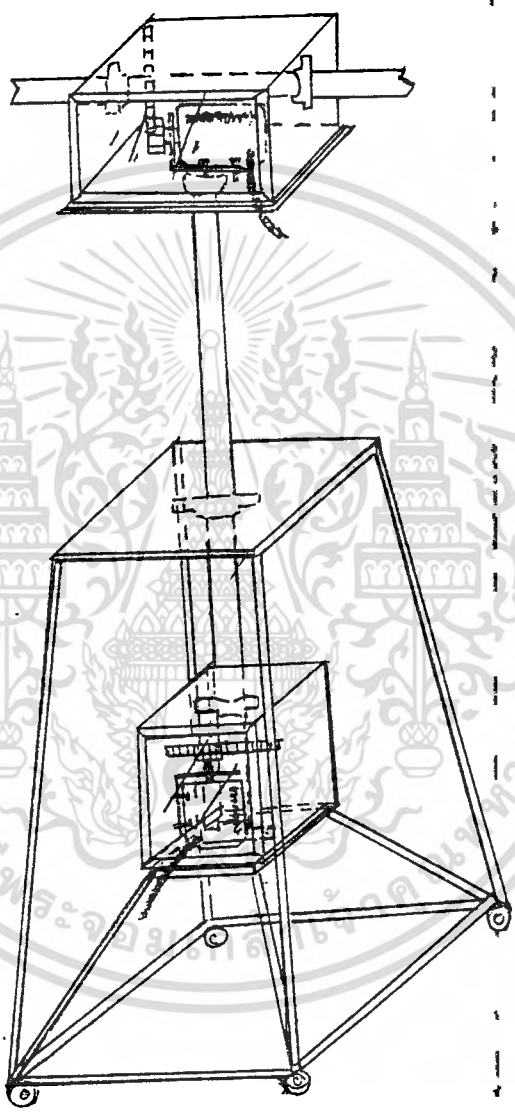
รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ฟันเฟืองสำหรับขับสายอากาศในมุมเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงชุดอุปกรณ์พันเฟืองสำหรับขับสายอากาศในมุมอะซิมุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ชุดสายอากาศเมื่อประกอบเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ลักษณะของสายอากาศ

1. เป็นสายอากาศแบบ cross yagi จำนวน 2 ต้น ที่ความถี่ 145 MHz และ 435 MHz

2. ดรีฟเวนท์อีลีเมนท์ และการแมตช์จะใช้แบบ T-match

3. จะใช้บาลันแบบฮาล์ฟเวฟโคแอกเซียล (4:1)

4. ใช้ระบบอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม

5. น้ำหนักเบา และขนาดกะทัดรัด แต่ต้องมีเกนพอเหมาะ ประมาณ 10 dBd

การปรับแต่ง เสาอากาศโดยใช้ Network Analyzer วัดค่าอิมพีแดนซ์และ SWR ของสายอากาศ และพยายามปรับให้ SWR = 1:1 อิมพีแดนซ์ ประมาณ 50 โอห์ม

- ทำได้โดยการขยับแผ่นอลูมิเนียมที่ต่อระหว่างลวดทองแดงกับดรีฟเวนท์อีลีเมนท์ไปมา เพื่อให้ได้ 50 โอห์ม

- เปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของแต่ละอีลีเมนท์ โดยการตัดทีละนิดแล้ววัดจนได้ค่าที่ใกล้เคียง

4.3 ขั้นตอนการออกแบบสายอากาศ

1. การเลือกขนาดความยาวของบูมและ อีลีเมนท์ ต่างๆ ของทั้ง 2 ความถี่ ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึง เกน ที่ยอมรับได้โดยขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป เส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละ อีลีเมนท์ ที่ใช้คือ 9.52 mm

2. ความยาวของบูมกำหนดให้เป็น 2 m ทั้ง 2 ความถี่ เพื่อความสมดุลของการหมุน มีผลทำให้ เสาอากาศ 145 MHz เป็นแบบ 5 อีลีเมนท์ และ 435 MHz เป็นแบบ 12 อีลีเมนท์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบูม 25.4 mm

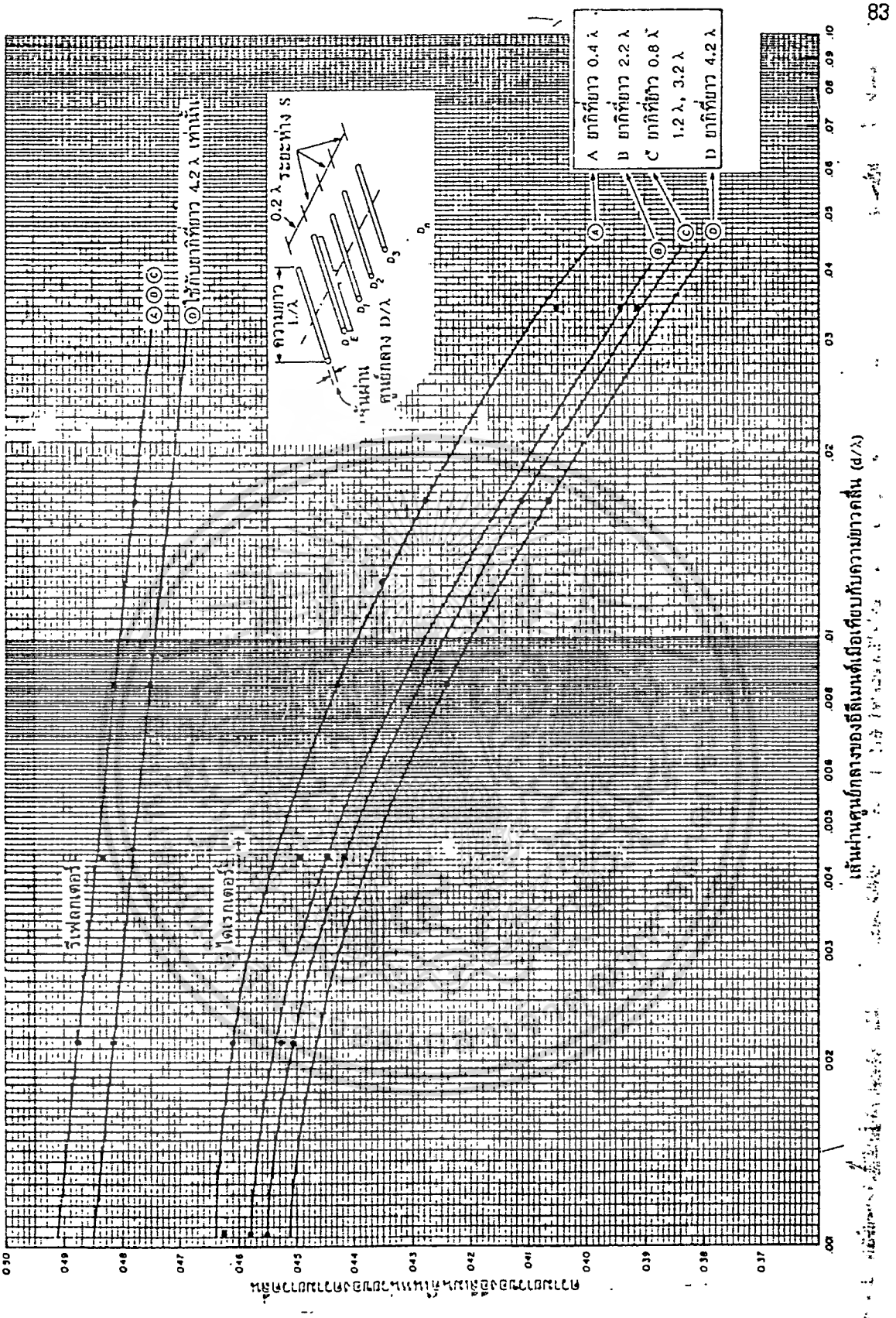
3. ความยาวของแต่ละ อีลีเมนท์ และระยะห่างระหว่าง อีลีเมนท์ รวมทั้ง เกน ของเสาอากาศที่ได้ มีค่าตามตาราง ซึ่งมีหลักการหาจากกราฟในรูปที่ 4.6

4. ตัดอลูมิเนียมตามขนาดที่ต้องการ และติดตั้งแต่ละอีลีเมนท์บนบูมตามระยะห่างที่กำหนด

5. ตัดแผ่นอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม ขนาดพอประมาณ จำนวน 8 แผ่น เพื่อยึดลวดทองแดงที่ต่อเข้ากับสายนำสัญญาณให้ติดกับดรีฟเวนท์อีลีเมนท์ ขนาดของลวดทองแดงจะสั้นกว่าครึ่งหนึ่งของดรีฟเวนท์ เคลือบตะกั่วให้ทั่วทั้ง 8 อัน

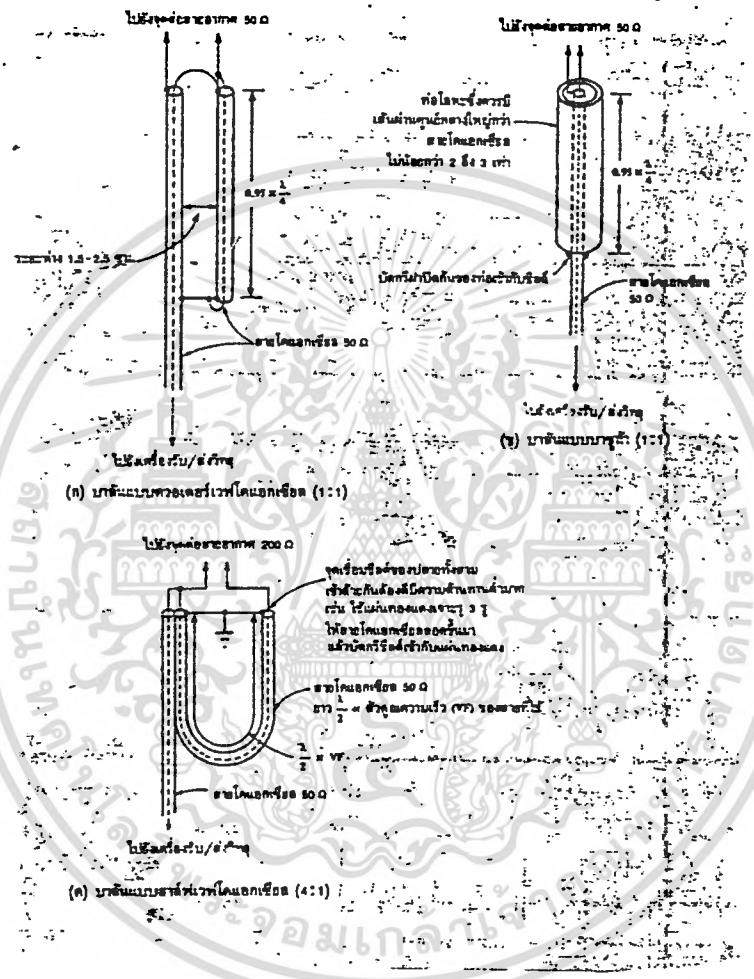
6. การทำสายนำสัญญาณ เนื่องจากเราใช้สายแบบซึ่งเป็นแบบไม่บาลานซ์ ดังนั้นเพื่อการป้องกันไม่ให้มีกระแสไหลในกราวด์ด้วยเราจึงใช้บาลันแบบฮาล์ฟเวฟโคแอกเซียล (4:1) สายขนาด 50 โอห์มตัด ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



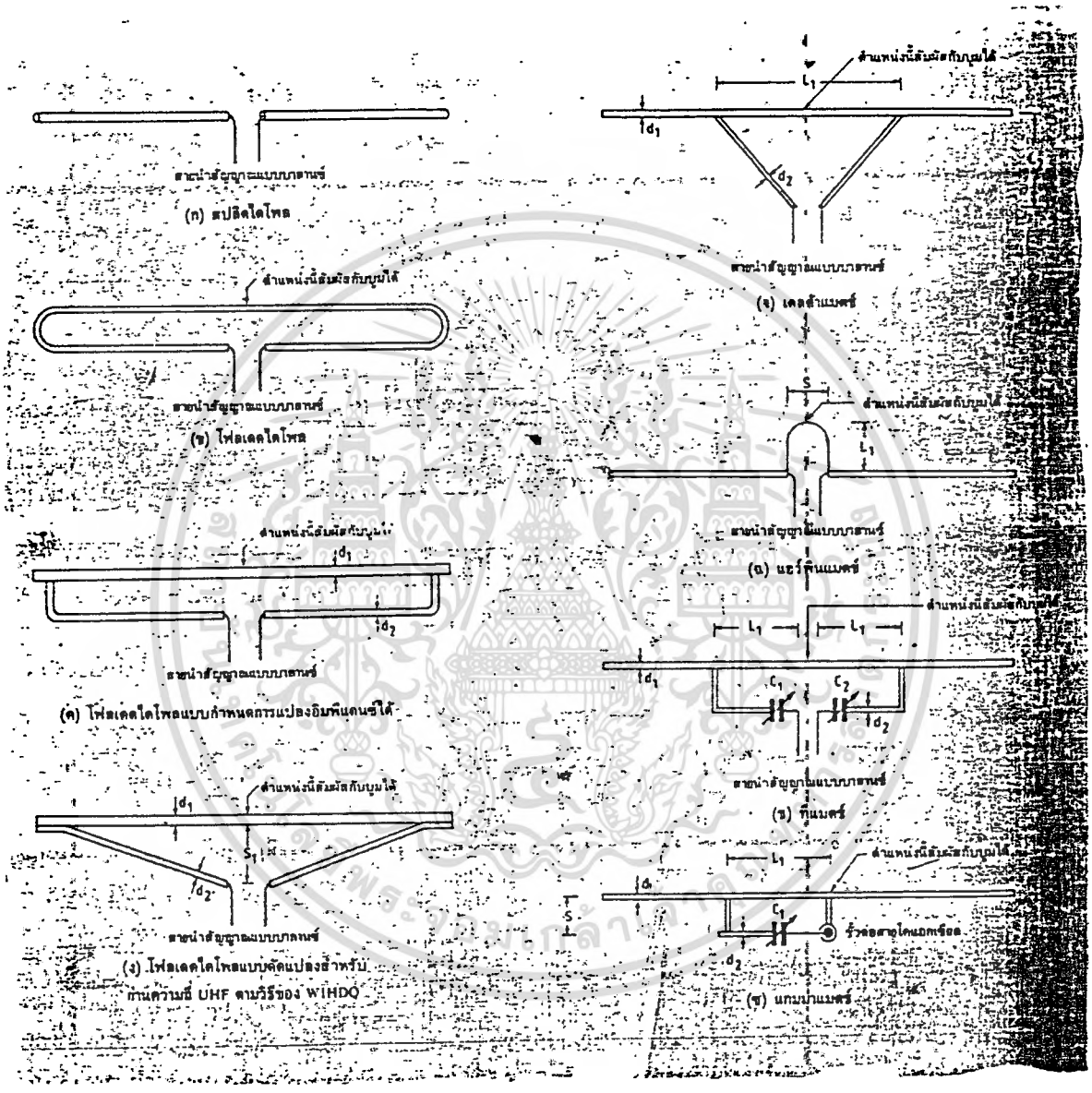
รูปที่ 4.6 กราฟช่วยการออกแบบสายอากาศยากิของ NBS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงรายละเอียดของบาลันแบบต่าง ๆ ที่สร้างได้ง่าย และนิยมใช้กันสำหรับระบบอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงดรีฟเวนท์อีลีเมนท์และวิธีการแมทช์แบบต่างๆ ที่นิยมใช้กับสายอากาศยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การ matching เสายากิในแนวตั้งและแนวนอนโดยใช้หลักให้การ feed ของทั้ง 2 เสาต่างกัน 90 องศา ดังนั้นเราต้องใช้สายนำสัญญาณความยาวต่างกัน $\lambda/4$ เพื่อให้ phase ต่างกัน 90 องศา และเนื่องจากต้องการให้ input ของสายอากาศเป็น 50 โอห์ม เราจึงต้องเพิ่มอิมพีแดนซ์ของแต่ละต้นเป็น 100 โอห์ม ก่อนต่อขนานเพื่อให้เหลือ 50 โอห์ม

ความถี่	145 MHz
รีเฟกเตอร์	100.220 cm
ดรีฟเวนท์	97.367 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 1	90.478 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 2	89.744 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 3	90.478 cm
ระยะห่างระหว่างไดเร็กเตอร์	41.351 cm
ระยะห่างระหว่างดรีฟเวนท์กับรีเฟก	41.351 cm
เกน(dB) เทียบกับไดโพลของ NBS	9.20 dBd

ตารางแสดงค่าความยาว และระยะห่างของแต่ละอีลีเมนท์ และเกนที่ได้รับของสายอากาศความถี่ 145 MHz

ตารางที่ 4.1

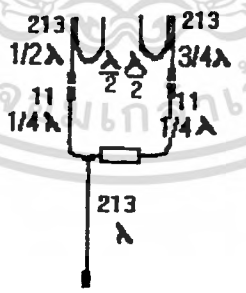
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความยาวของสายโคแอกเชียลที่ใช้ทำบาลัน
ความถี่ 145 MHz

ความยาวคลื่น	206.758 cm
ความยาวคลื่น * 0.66	136.460 cm
1/2 * ความยาวคลื่น *	68.230 cm
1/4 * ความยาวคลื่น *	34.115 cm
3/4 * ความยาวคลื่น *	102.345cm

ตารางที่ 4.2

รูปแสดงความยาวของส่วนต่างๆของบาลัน



รูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่	435.000 MHz
รีเฟกเตอร์	33.158 cm
ดรีฟเวนท์	31.895 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 1	29.254 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 2	27.955 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 3	27.349 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 4	26.670 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 5	26.071 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 6	26.071 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 7	26.071 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 8	26.071 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 9	26.670 cm
ไดเร็กเตอร์ที่ 10	27.349 cm
ระยะห่างระหว่างไดเร็กเตอร์	13.784 cm
ระยะห่างระหว่างดรีฟเวนท์กับรีเฟก	13.784 cm
เกน(dB) เทียบกับไดโพลของ NBS	12.25 dBd

ตารางแสดงค่าความยาว และระยะห่างของแต่ละอีลีเมนท์ และเกนที่ได้รับของสายอากาศความถี่ 435 MHz

ตารางที่ 4.3

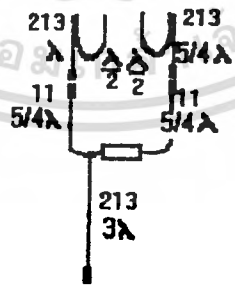
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความยาวของสายโคแอกเชียลที่ใช้ทำบาลันของสายอากาศ ความถี่ 435 MHz

ความยาวคลื่น	68.919 cm
ความยาวคลื่น * 0.66	45.486 cm
1/2 * ความยาวคลื่น * 0.66	22.743 cm
1/4 * ความยาวคลื่น * 0.66	11.371 cm
3/4 * ความยาวคลื่น * 0.66	34.115 cm
2 * ความยาวคลื่น * 0.66	90.973 cm
5/4 * ความยาวคลื่น * 0.66	56.586 cm
3 * ความยาวคลื่น * 0.66	136.460 cm

ตารางที่ 4.4

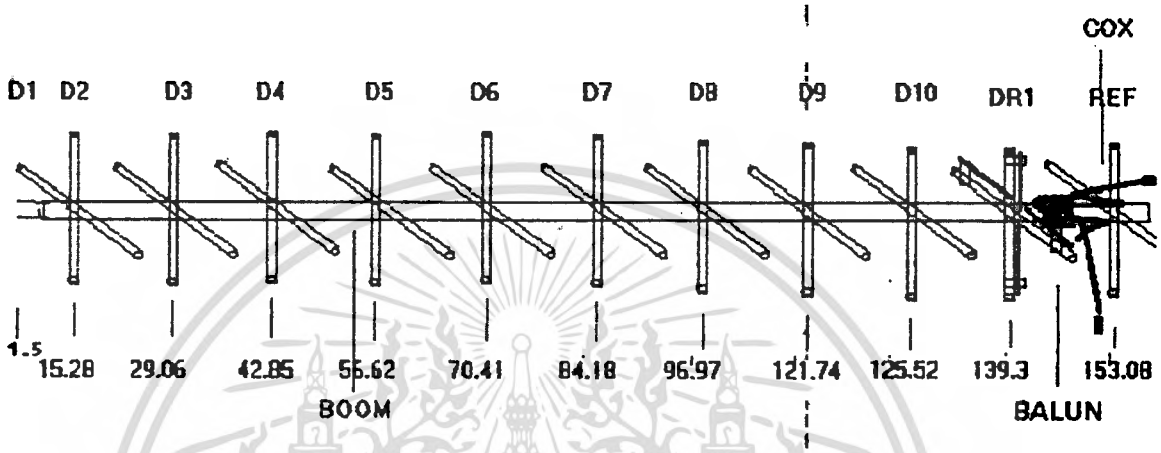
รูปแสดงความยาวของสายโคแอกเชียลของบาลัน



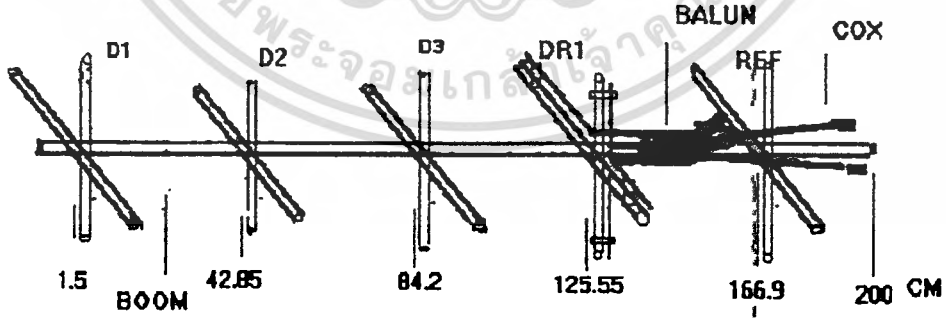
รูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงเสาอากาศ Cross Yagi ความถี่ 435 MHz



รูปที่ 4.12 แสดงเสาอากาศ Cross Yagi ความถี่ 145 MHz



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.13เป็นวงจรนับที่ใช้ในการนับค่าของมุมที่มอเตอร์หมุนไปโดยการเก็บค่าเป็นดิจิตอลที่ต่อมาจากตัวเอนโค๊ดเดอร์(ENCODER)ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาตามองศาที่เพลาที่ตัวมันต่ออยู่หมุนไป เราจะนำค่าจากวงจรนับนี้เข้าสู่ซีพียูเพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ว่าได้ทำการหมุนมอเตอร์ไปเป็นมุมที่กำหนดหรือไม่ ส่วนประกอบและหลักการทำงานมีดังนี้

1. IC 74LS74 เป็น D Flip-Flop ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าขณะนั้นเป็นการหมุนไปทางซ้าย หรือขวา
2. IC 74LS08 เป็น AND GATE ที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาป้อนให้กับไอซีนับสิบ
3. IC 74LS00 เป็น NAND GATE ที่ถูกต่อเป็น NOT GATE ใช้ในการรีเซ็ทวงจร
4. IC 74LS125 เป็นไตรสเตท(TRI STATE)ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์เปิดปิดรับคำสั่งการหมุนซ้ายหรือขวาจาก IC 74LS74 เพื่อควบคุมว่าจะให้ไอซีเคาเตอร์นับขึ้นหรือนับลง
5. IC 74LS192 เป็นไอซีเคาเตอร์นับสิบ ซึ่งใช้เป็นตัวหารสัญญาณนาฬิกา 10 ลูกจะให้สัญญาณออกไป 1 ลูกป้อนให้กับตัวนับต่อไป
6. IC 74LS193 เป็นไอซีเคาเตอร์นับสิบหก เป็นตัวนับที่จะนับค่าแล้วส่งไปยังซีพียู มี 2ตัว

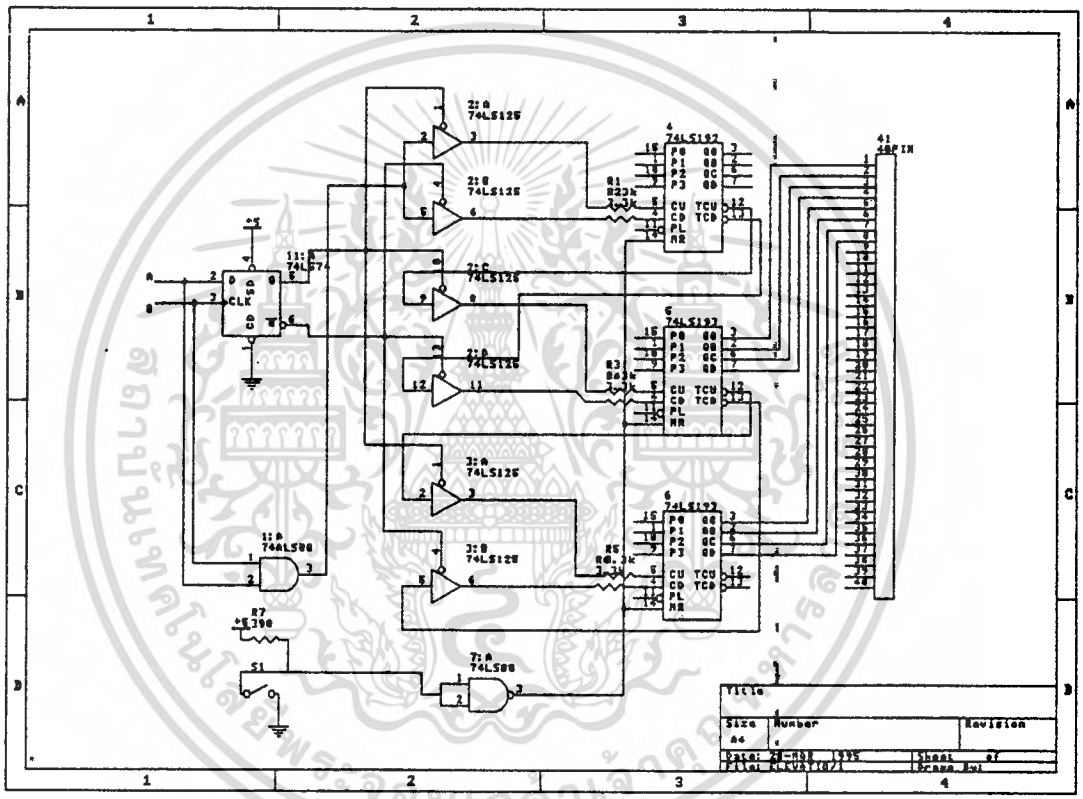
4.4.1 หลักการทำงาน

ขา C และ D ของ 74LS74 ถูกต่อเข้ากับขา A และ B ของเอ็นโค๊ดเดอร์ ซึ่งทั้ง 2 ขามีเฟสต่างกัน 90 องศา โดยที่ ขา Q เป็นการหมุนซ้ายและ $\overline{Q}$ เป็นการหมุนขวาถูกต่อเข้ากับขาทริก(TRIGGER) ของไตรสเตท เมื่อหมุนซ้าย Q เป็นหนึ่ง ทำให้ไตรสเตทที่ควบคุมการหมุนขึ้นทำงาน สัญญาณนาฬิกาที่ออกมาจาก IC 74LS08 จะไหลเข้าสู่ขาเคาท์อัพของ IC 74LS192 นับจนกระทั่งครบสิบลูก จะมีสัญญาณจากขาแคร์รี่(CARRY) ไหลเข้าสูไตรสเตทหมุนขึ้น แล้วไหลออกไปยังขาเคาท์อัพของ IC 74LS193 เพื่อทำการนับสัญญาณนาฬิกา และส่งไปยังซีพียู แต่เนื่องจากมอเตอร์หมุนครั้งละ 1.8องศาทำให้การหมุนครบรอบต้องใช้ 200 พัลส์จึงใช้ 8 บิท

สำหรับการรีเซ็ทเคาท์เตอร์นั้นใช้ไมโครสวิทช์ที่ถูกควบคุมการรีเซ็ทโดย เพลาของ มอเตอร์ เมื่อมีการหมุนกลับมาตำแหน่งเริ่มต้นทุกครั้งจะมีการรีเซ็ทเคาท์เตอร์

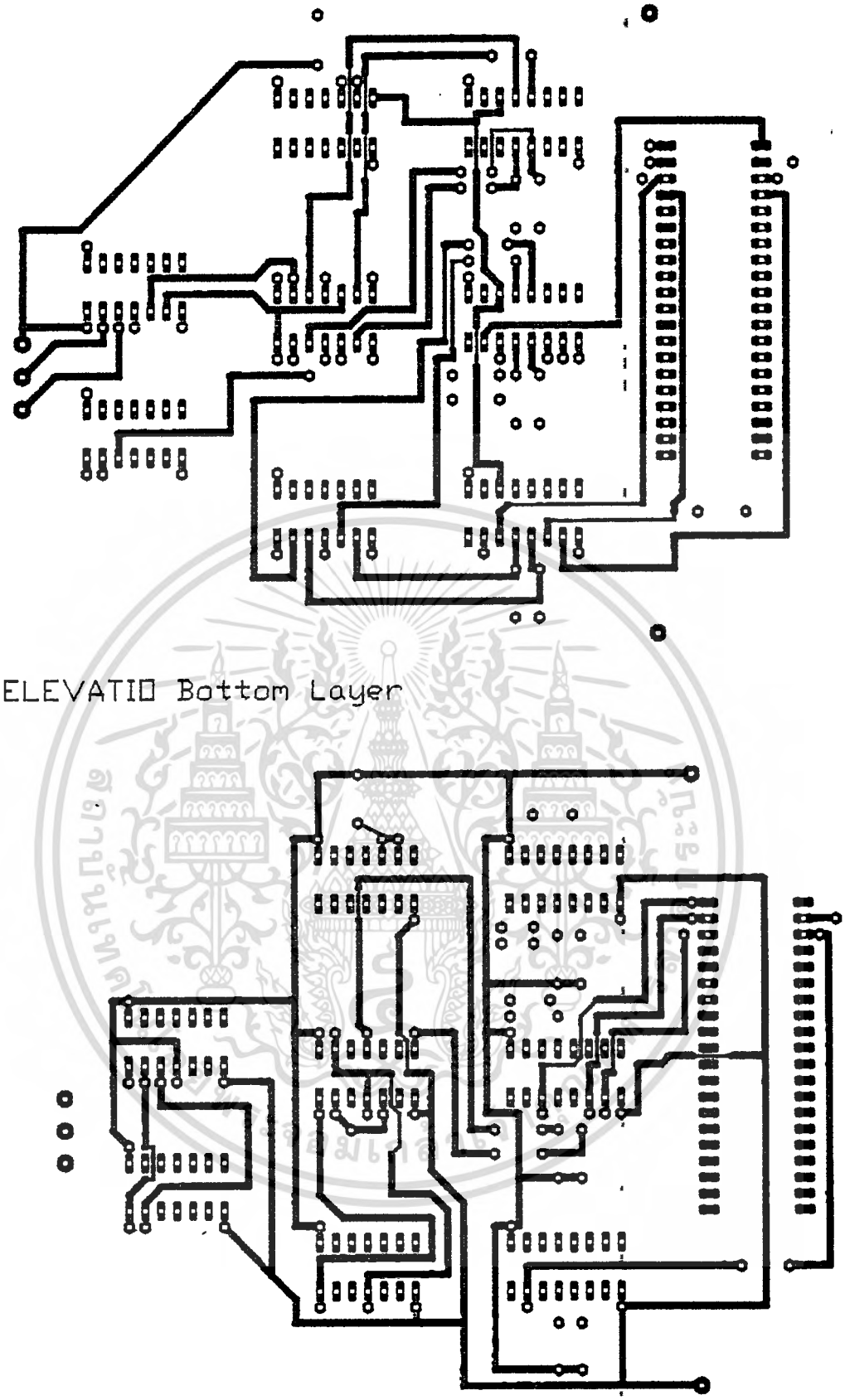
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ส่วนวงจรนับและเอนโค๊ดเดอร์



รูปที่ 4.13 แสดงวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงลายปริ้นซ์ของวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ขั้นตอนการทำงานของระบบ TRACKING

เริ่มต้นจากการกำหนดตำแหน่งของสถานีที่จะรับ โดยทำการป้อนข้อมูลของตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วยละติจูด, ลองจิจูด และ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ถ้าไม่ทราบค่าให้ป้อนเป็น 0) หลังจากนั้นก็จะต้องทำการกำหนดข้อมูลของ orbital elements ของดาวเทียม ซึ่งดาวเทียมแต่ละดวงจะมีค่าต่าง ๆ กัน จากข้อมูลที่กล่าวมานี้จะนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียมที่เวลาต่างๆ โดยเมื่อเริ่มการใช้งานผู้ใช้จะทำการป้อนข้อมูลของดาว เทียมที่จะใช้อันได้แก่ วัน/เดือน/ปีเวลาที่เริ่มทำการใช้งานดาวเทียม และช่วงระยะเวลาที่ จะใช้งาน หลังจากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็จะนำส่วนฐานข้อมูล และส่วนของข้อมูลที่ป้อนให้มาทำการคำนวณเพื่อหาข้อมูลของเวลาและมุมของดาวเทียมที่จะใช้งาน แล้วทำการจัดเก็บข้อมูล ของเวลาและมุมที่ได้ลงในแฟ้มข้อมูลที่ต้องการ พร้อมทั้งอาจจะพิมพ์แสดงผลของข้อมูลของเวลาและมุมนั้นออกมาได้จากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว คอมพิวเตอร์ก็จะทำการส่งข้อมูลทั้งหมดนั้นไปยังบอร์ดควบคุมหลัก เพื่อให้บอร์ดควบคุมหลักทำการนำข้อมูลนั้นไปควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะทำการหมุนสายอากาศตามข้อมูลที่ได้รับเพื่อให้สายอากาศชี้ไป ยังทิศทางที่ดาวเทียมโคจรผ่าน

ในระบบ Tracking นี้มีส่วนการทำงานของคีย์บอร์ดอยู่ ซึ่งใช้ในการควบคุมการทำงาน ของบอร์ดต่าง ๆ โดยมีการเลือกใช้งานได้ 2 แบบหลักคือ

1.เลือกการ update โดยสามารถ update real time , ชื่อและหมายเลขดาวเทียม เพื่อนำมาใช้งานได้

2. เลือกการ Tracking โดยระบบ Tracking นี้สามารถที่จะเลือกโหมดการทำงานได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ ดังนี้

โหมด 1 คือ ใช้การส่งข้อมูลที่คำนวณจากคอมพิวเตอร์ไปยังบอร์ดควบคุม โดยอาจใช้งานได้ เป็น 2 ลักษณะดังนี้

1.1 บอร์ดควบคุมรับข้อมูล พร้อมทั้งแสดงผลของการหมุนสายอากาศแต่ละสเต็ปโดยใช้คอมพิว เตอร์ได้

1.2 บอร์ดควบคุมรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เท่านั้น โดยไม่แสดงผลของการหมุนสายอากาศทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับการนำอุปกรณ์ติดตามดาวเทียมไปใช้งานภาคสนามเพราะงานในภาคสนามไม่สะดวกต่อการนำคอมพิวเตอร์ออกไปใช้โหมด2คือ ใช้การรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดโดยตรงเพื่อนำไปใช้ในการหมุนสายอากาศ โดย วิธีนี้ก็นิยมใช้งานในภาคสนามเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานของระบบTrackingนั้นนอกจากสามารถแสดงผลทางคอมพิวเตอร์แล้ว ยังสามารถแสดงผลการหมุนสายอากาศออกทางจอ LCD ได้อีกด้วย

หลังจากทำการเลือกโหมดการรับข้อมูล(คอมพิวเตอร์หรือคีย์บอร์ดของบอร์ดควบคุม)และโหมดการแสดงผล(computer และ จอ LCD หรือ จอ LCD อย่างเดียว) พร้อมทั้งรับข้อมูลที่ใช้ในการ track ดาวเทียม 1 ดวง ภายในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จาก computer หรือ keyboard โดยตรง ครบทั้งหมดแล้วนั้น บอร์ดคอนโทรลก็จะทำการเลือกรอบของดาวเทียมที่จะทำการ track โดยมีเงื่อนไขว่ารอบที่จะทำการเลือกขึ้นมานั้นจะต้องมีเวลาที่เริ่ม track อยู่หลังจากเวลาปัจจุบันอย่างน้อย 20 นาที จากนั้นก็จะทำการคำนวณค่าที่ใช้ในการ track ดาวเทียมดวงที่ถูกเลือกนี้ จากข้อมูลวงโคจรของดาวเทียม โดยมีการคำนวณดังนี้

เริ่มต้นที่ เนื่องจากว่า การหมุน 1 step ของ stepping motor ที่ใช้ในระบบการ track นี้จะหมุนไป 1.8 องศา(ใช้การ drive แบบ excite ทีละ 2 phase) จึงกำหนดให้ค่ามุม 1 step ที่ใช้ในโปรแกรมจะเท่ากับค่ามุมจริง 1.8 องศา

ดังนั้นเมื่อจะนำข้อมูลวงโคจรมาคำนวณเป็นจำนวน step ที่จะใช้ในการ track ก็จะเริ่มด้วยการนำมุมเริ่มต้นที่จะทำการ track ทั้งมุมอะซิมุทและมุมเงยมาหารด้วย 1.8 ก็จะได้เป็นจำนวน step ที่ใช้ในการ set สายอากาศไว้ที่ตำแหน่งเริ่มต้นการ track จากนั้นก็จะนำมุมต่อไปที่จะต้อง track (ทั้งมุมอะซิมุทและมุมเงย) มาเปรียบเทียบกับมุมเริ่มต้นว่ามากหรือน้อยกว่า แล้วนำมุมทั้ง 2 นี้มาลบกันก็จะได้ความต่างของมุมออกมา ถ้าผลการเปรียบเทียบออกมาว่า มุมต่อไปนั้นมากกว่ามุมเริ่มต้น ก็จะนำความต่างของมุมนั้นมาหารด้วย 1.8 เท่านั้น แต่ถ้าผลการเปรียบเทียบออกมาว่า มุมต่อไปนั้นน้อยกว่ามุมเริ่มต้น ก็จะนำความต่างของมุมนั้นมา หารด้วย 1.8 แล้วแปลงค่าเป็น 2's complement ซึ่งจะทำให้ได้จำนวน step ที่จะต้องหมุนต่อจากมุมเริ่มต้น มีทั้งค่าบวกและค่าลบ ซึ่งหมายถึงว่า ต้องหมุนสายอากาศเป็นมุมเพิ่มขึ้นหรือลดลง

หลังจากนั้นก็จะนำค่ามุมถัดไป(ทั้งมุมอะซิมุทและมุมเงย) มาเปรียบเทียบกับค่ามุมก่อนหน้านั้นเพื่อทำการเปรียบเทียบและคำนวณออกมาเป็นจำนวน step (ทั้งบวกและลบ) เช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น และทำเช่นนี้เรื่อยไปจนหมดข้อมูล 1 รอบดาวเทียม ก็จะได้จำนวน step ทั้งหมดที่ใช้ควบคุมสายอากาศให้ track ตามดาวเทียมใน 1 รอบได้ แล้วทำการจัดเก็บลงในหน่วยความจำของบอร์ดควบคุมหลัก

หลังจากที่คำนวนค่าที่ใช้ในการ track 1 รอบเสร็จแล้วนั้น ก็จะเป็นการรอเวลาที่จะเริ่ม set สายอากาศไปไว้ที่ตำแหน่งเริ่มต้นการ track โดยกำหนดไว้ว่าให้เริ่ม set สายอากาศก่อนเวลาเริ่ม track

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 นาที และเมื่อ set สายอากาศเสร็จแล้วก็จะรอจนถึงเวลาเริ่ม track ในการ set สายอากาศและการ track นั้น จะใช้วิธีควบคุมการหมุนสายอากาศที่เหมือนกันอยู่ กล่าวคือ

ที่ชุด motor สำหรับหมุนสายอากาศทั้ง 2 ชุด(มุมอะซิมุทและมุมเงย) จะมีตัว encoder ชุดละ 1 ตัว ที่ใช้แสดงสถานะการหมุนสายอากาศและคอยส่งสัญญาณให้วงจร counter 2 วงจร (มุมอะซิมุทและมุมเงย) ทำการนับและส่งค่ามุมเป็นจำนวน step กลับมาให้บอร์ดควบคุมหลัก เพื่อให้บอร์ดควบคุมหลักสามารถทราบได้ว่า ขณะนี้สายอากาศหมุนไปอยู่ที่มุมเงยและมุมอะซิมุทเท่าใด ดังนั้นเมื่อจะเริ่ม set สายอากาศ ก็จะกำหนดให้ buffer สำหรับเก็บค่ามุมอะซิมุทและมุมเงย (อยู่ในหน่วยความจำของบอร์ดควบคุมหลัก) เป็นจำนวน step สำหรับ set สายอากาศไว้ที่ตำแหน่งเริ่ม track ตามที่คำนวณไว้ก่อนหน้านี้ แล้วหมุนสายอากาศเป็นมุมเพิ่มขึ้นไปจนกว่าจะได้ค่ามุม (เป็นจำนวน step) จากวงจร counter ทั้ง 2 นั้น เท่ากับค่าที่อยู่ใน buffer ทั้ง 2 ส่วนในการ track ก็จะนำค่าใน buffer ที่มีอยู่เดิม (จากการ set สายอากาศ) มาบวกกับจำนวน step ที่ต้องหมุนเพิ่มหรือลดลง (อยู่ในรูป 2's complement) แล้วทำการเปรียบเทียบค่าใน buffer กับค่าที่อ่านได้จาก counter ถ้าค่าจาก counter มากกว่าค่าใน buffer ก็จะหมุนสายอากาศให้เป็นมุมลดลง แต่ถ้า น้อยกว่า ก็จะหมุนสายอากาศให้เป็นมุมเพิ่มขึ้น จนกว่าค่าที่อ่านจาก counter จะเท่ากับ ค่าใน buffer (ด้วยวิธีนี้จะช่วยทำให้สามารถหมุนสายอากาศไปยังมุมที่ถูกต้องได้มากขึ้น) จากนั้นก็จะรอจนกว่าจะถึงเวลาที่จะ track ครั้งต่อไป ซึ่งก็จะนำค่าใน buffer ทั้ง 2 มาบวกกับจำนวน step ที่ต้องเพิ่มขึ้นหรือลดลงต่อ ไป แล้วทำเช่นเดิม เป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนหมดข้อมูลที่ใช้ track ใน 1 รอบดาวเทียม

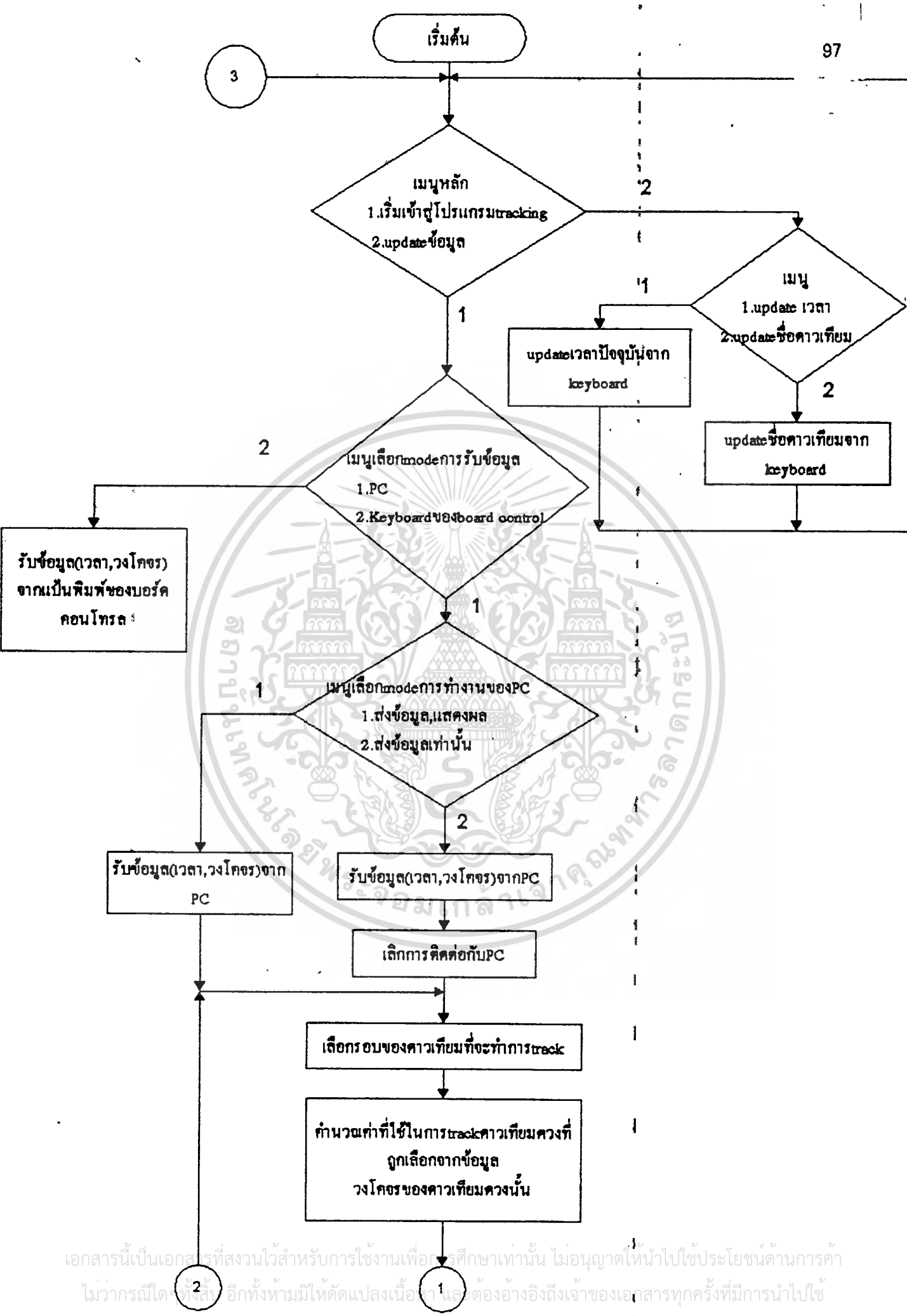
หลังจากที่ทำการ track ครบ 1 รอบดาวเทียมแล้วนั้น ก็จะเก็บสายอากาศกลับไปที่ตำแหน่งมุมเงยและมุมอะซิมุท เป็น 0 องศาทั้งคู่ เพื่อรอการ track รอบต่อไป ในการเก็บสายอากาศกลับทั้ง 2 มุมนี้ จะไม่ใช้วิธีเดียวกับการ set สายอากาศและการ track แต่จะใช้วิธีหมุนสายอากาศกลับจนกว่า หัวน็อตซึ่งใช้ mark ตำแหน่งเริ่มต้น ที่ติดอยู่บนแกนสายอากาศแต่ละตัวจะแตะกับสวิทช์ (micro swicth) ที่ติดไว้กับชุด motor แต่ละชุด ซึ่งวิธีนี้จะช่วยกำจัดการสะสมของความผิดพลาดในการนับของวงจร counter และทำให้การเริ่ม track ทุกครั้งจะเริ่มที่มุม 0 องศา ทั้งมุมเงยและมุมอะซิมุท แน่นอนเสมอ

ซึ่งทุกครั้งที่ทำการหมุนสายอากาศนั้น จะแสดงค่ามุมปัจจุบันที่อ่านได้จาก counter ออกทางจอ LCD เสมอ ส่วนการส่งค่ากลับไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์นั้น จะขึ้น mode การแสดงผลที่ได้กำหนดไว้ในตอนแรก หลังจากที่เก็บสายอากาศกลับเรียบร้อยแล้วนั้น ก็จะเป็นการเช็คว่ายังมีข้อมูลรอบอื่นอีกหรือไม่ ที่ยังไม่ทำการ track ถ้าไม่มีแล้วก็จะกลับไปเริ่มต้นที่ menu การทำงานหลักต่อไป แต่ถ้ายังไม่หมดก็จะทำการเลือกรอบที่จะทำการ track ต่อไป

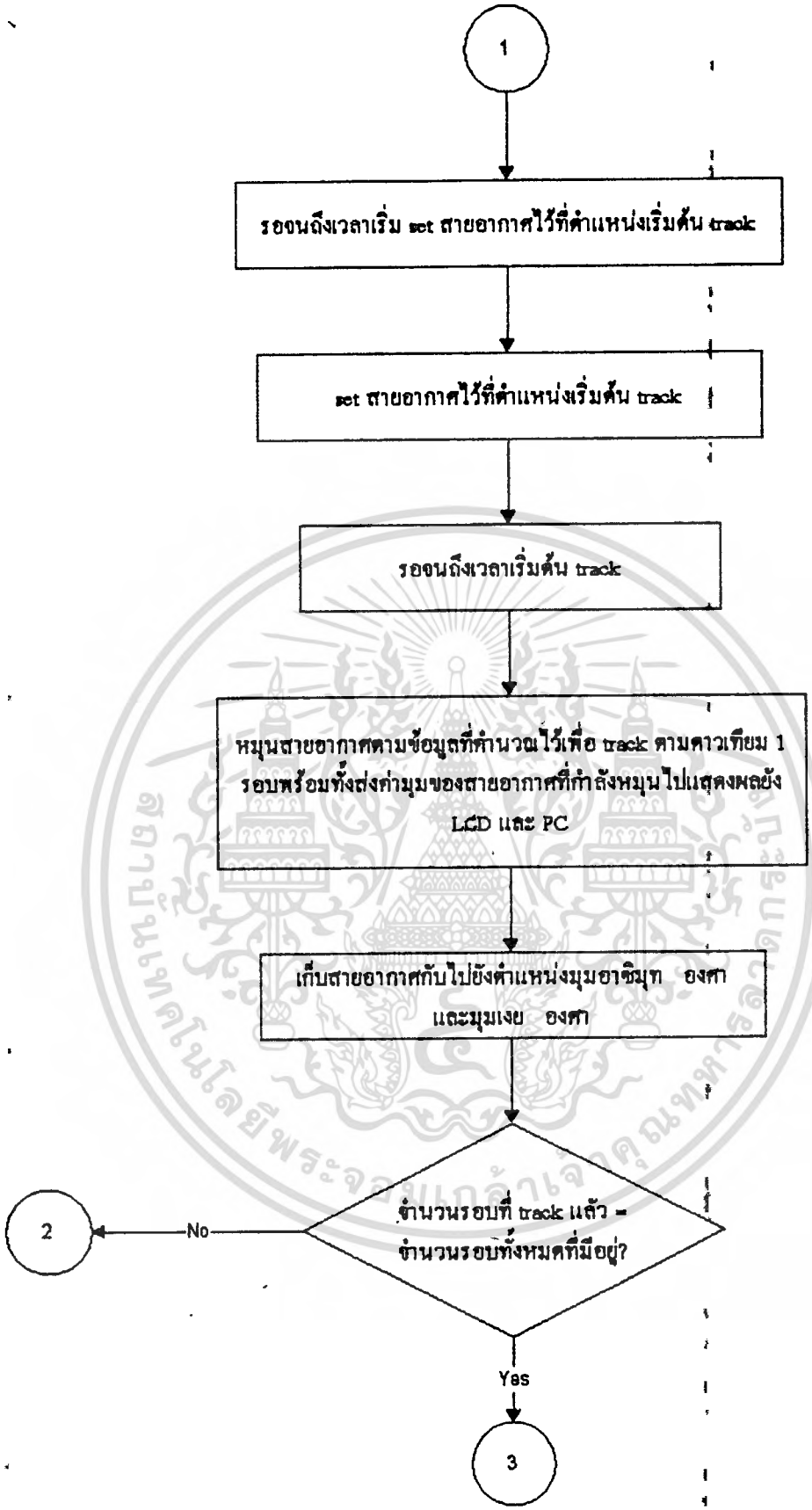
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOW CHART แสดงโปรแกรมส่วนภาษาแอสแซมบลี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



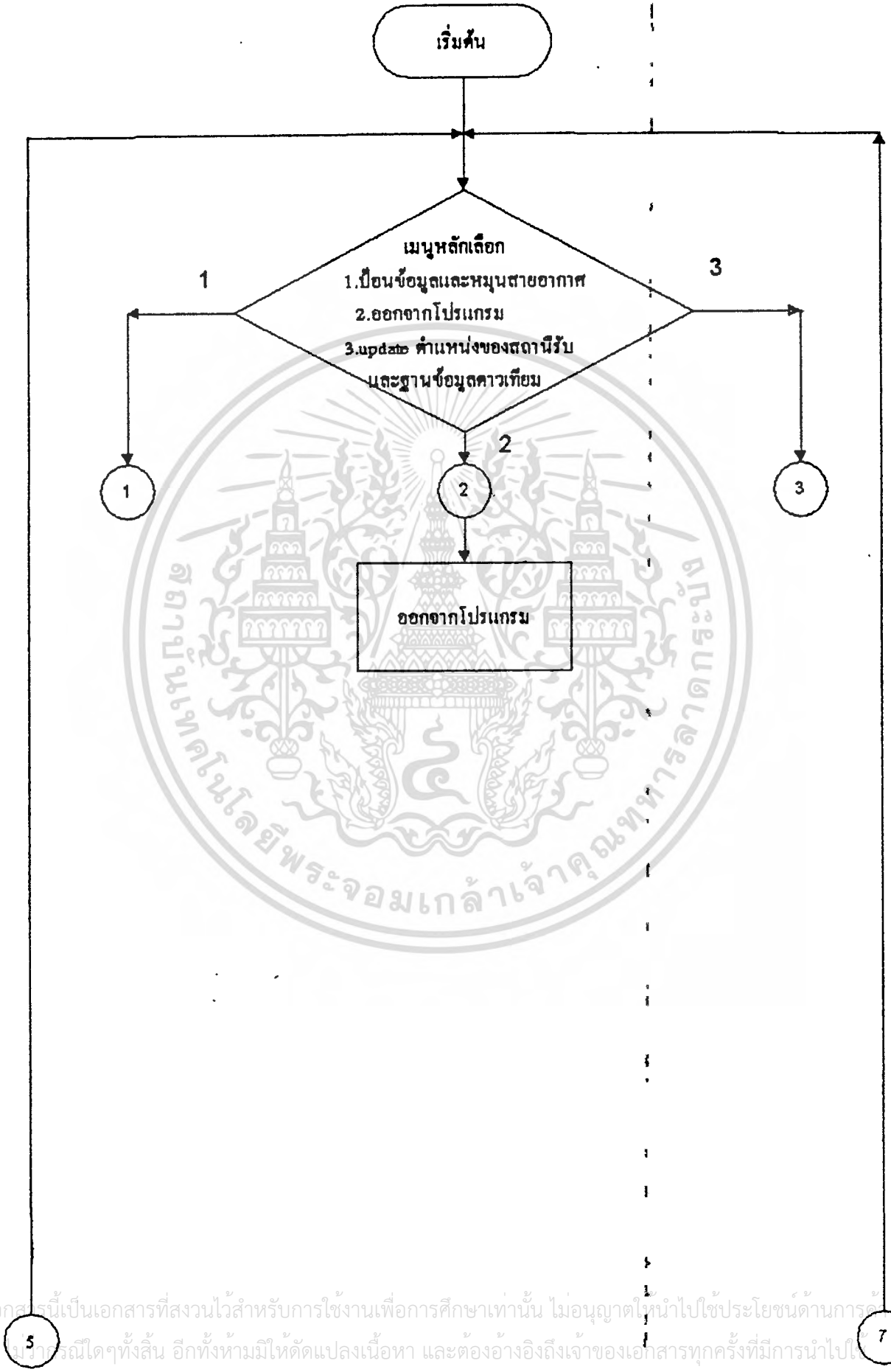
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



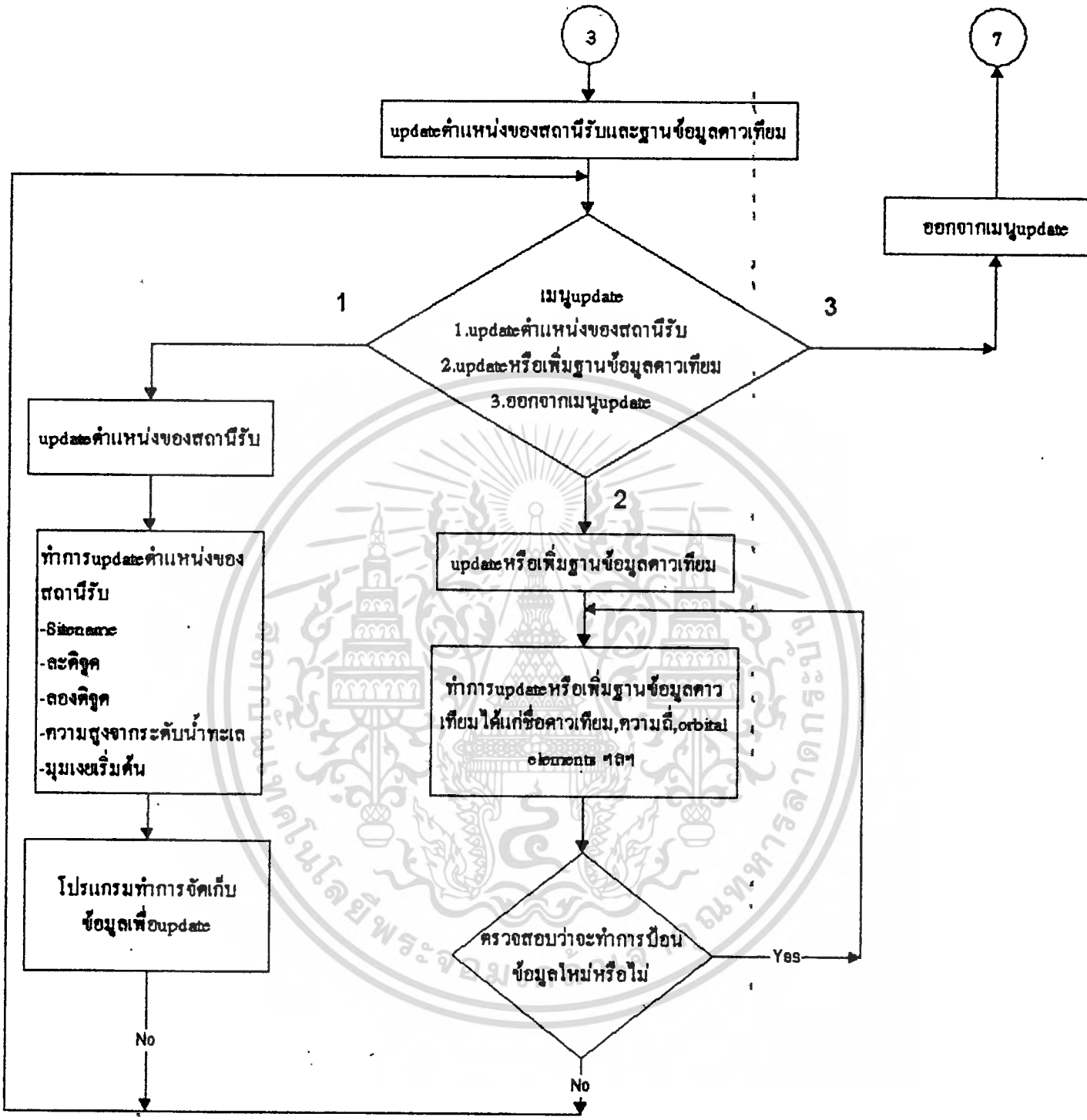
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOW CHART แสดงโปรแกรมส่วนภาษาซี

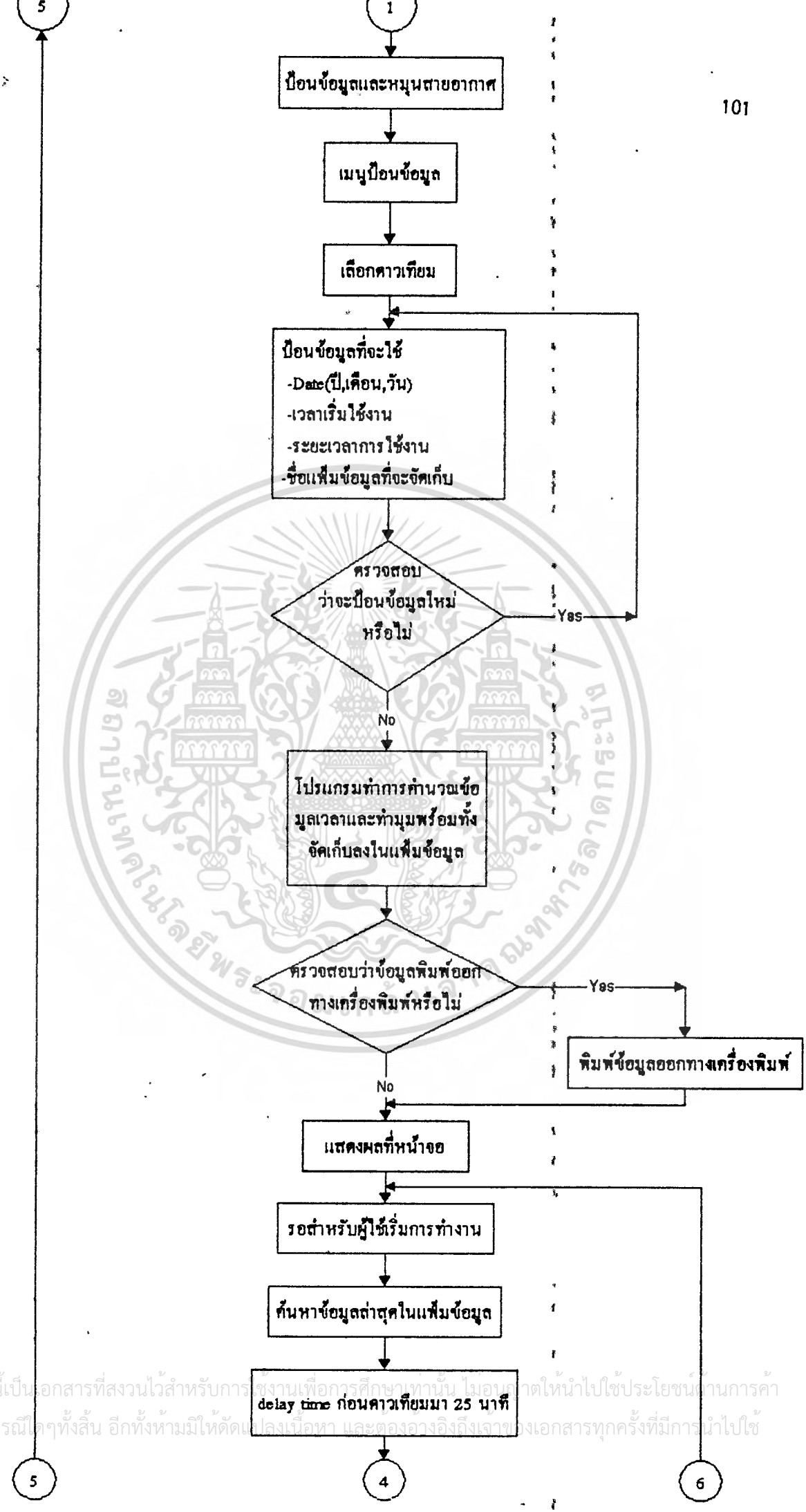
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



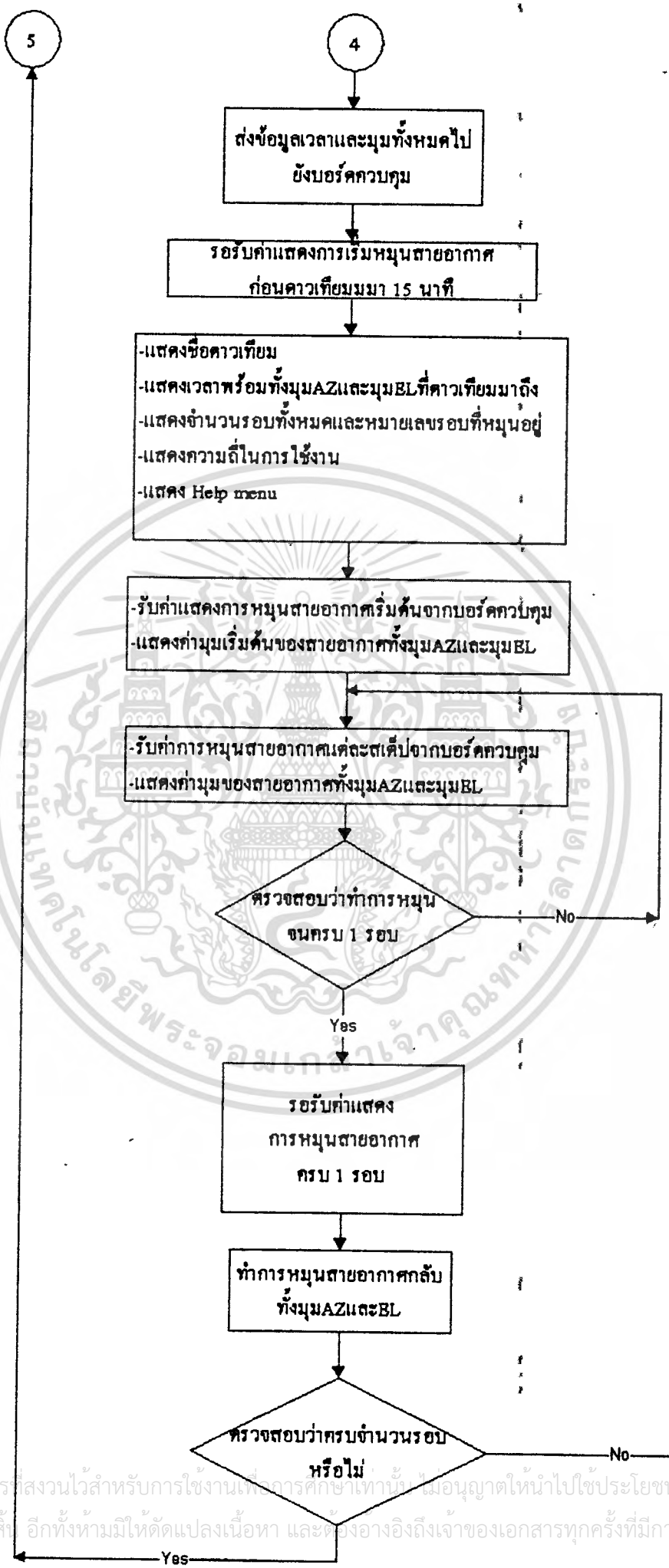
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบและผลการทดลอง

5.1 การทดสอบ

เริ่มต้นจากการใช้โปรแกรม Tracking ในส่วนภาษาซี กำหนดตำแหน่งของสถานีที่จะรับ โดยทำการป้อนข้อมูลของตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วยละติจูด, ลองจิจูด และ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ถ้าไม่ทราบค่าให้ป้อนเป็น 0) ดังรูป

รูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นก็จะต้องทำการกำหนดข้อมูลของ orbital elements ของดาวเทียม (ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีค่า orbital elements ต่าง ๆ กัน) ดังรูป

Satellite: oscar-9
Catalog number: 12888
Epoch time: 86363.03895333
Mon Dec 29 00:56:05.567 1986 UTC
Element set: 980
Inclination: 97.6531 deg
RA of node: 10.4737 deg
Eccentricity: 0.0003935
Arg of perigee: 93.6871 deg
Mean anomaly: 266.4785 deg
Mean motion: 15.29098773 rev/day
Decay rate: 1.774e-05 rev/day^2
Epoch rev: 29073
Semi major axis: 6853.606 km
Anom period: 94.173119 min
Apogee: 499.077 km
Perigee: 493.683 km
Ref perigee: 3284.05594255
Mon Dec 29 01:20:33.436 1986 UTC
Beacon: 145.8250 MHz

รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้นนี้จะนำมาใช้เป็นฐานข้อมูล สำหรับกำหนดตำแหน่งของดาวเทียมที่เวลาต่าง ๆ หลังจากนั้นทำการป้อนข้อมูลของดาวเทียมที่จะใช้งาน อันได้แก่ วัน/เดือน/ปี, เวลาที่จะเริ่มทำการใช้งานดาวเทียม และช่วงระยะเวลาที่จะใช้งาน ดังรูป

SATELLITE NAME : OSCAR-9

YEAR : 96

MONTH : 4

DAY : 21

START HOUR (UTC) : 3

DURATIONS (DAYS) : 0.18

รูปที่ 5.3 ตัวอย่างการป้อนข้อมูลการTracking สายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำส่วนฐานข้อมูลและส่วนของข้อมูลที่ป้อนให้ มาทำการคำนวณเพื่อหาข้อมูลของเวลาและมุมของดาวเทียมที่จะใช้งาน แล้วทำการจัดเก็บข้อมูลของเวลาและมุมที่ได้ลงในแฟ้มข้อมูลที่ต้องการ พร้อมทั้งอาจจะพิมพ์แสดงผลของข้อมูลของเวลาและมุมนั้นออกมาได้ดังรูป

oscar-9 Element Set 980

Grid FN00 Pittsburgh

Doppler calculated for freq = 145.825000 MHz

Sunday 21 Apr 96 —Orbit # 81185—

U.T.C.	Az	El	Doppler	Range	Height	Lat	Long	Phase(360)
0717:45	100.8	0.0	2227	2476	458	34	55	20
0718:00	99.0	0.0	2130	2410	458	34	55	21
0718:15	97.2	1.8	2025	2348	458	35	55	21
0718:30	93.6	1.8	1911	2289	458	36	55	22
0718:45	91.8	1.8	1787	2234	458	37	56	23

รูปที่ 5.4 แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลของดาวเทียมแต่ละดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว คอมพิวเตอร์ก็จะทำการส่งข้อมูลทั้งหมดนั้นไปยังบอร์ดควบคุมหลัก เพื่อให้บอร์ดควบคุมหลักทำการนำข้อมูลนั้นไปควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะทำการหมุนสายอากาศตามข้อมูลที่ได้รับ เพื่อให้สายอากาศชี้ไปยังทิศทางที่ดาวเทียมโคจรผ่าน

สำหรับโปรแกรม Tracking ในส่วนภาษาแอสแซมบลี้นั้นจะเริ่มต้นด้วยการ update real time เพื่อใช้สำหรับตั้งเวลาจริงใหม่ (อาจมีการ update ชื่อและหมายเลขดาวเทียมด้วยถ้าต้องการ) หลังจากนั้นก็จะเป็นการเลือกโหมดการทำงาน ถ้าเป็นการป้อนข้อมูลจากคีย์บอร์ดโดยตรงก็จะทำการป้อนข้อมูลอันได้แก่ จำนวนรอบ, หมายเลขดาวเทียม, วัน, เวลา มุมอะซิมุทและมุมเงยของดาวเทียมทั้งหมดโดยใช้คีย์บอร์ด ถ้าเป็นการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ก็ทำการรับข้อมูล เช่นเดียวกันนี้จากคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นบอร์ดควบคุมหลักก็จะทำการเลือกรอบของดาวเทียมที่จะทำการ track และทำการคำนวนจำนวน step ที่จะใช้หมุนสายอากาศ แล้วหมุนสายอากาศตามข้อมูลที่ได้คำนวณไว้ ตามข้อมูลของวันและเวลาที่มีอยู่ เพื่อหมุนสายอากาศตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมดวงที่ถูกเลือกนั้น แล้วทำการวัดผลและเปรียบเทียบผลที่ได้ 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

5.1.1 เปรียบเทียบค่าของมุมเงยและมุมอะซิมุทที่อ่านได้จาก จอ LCD ของบอร์ดควบคุมหลักที่เวลาต่าง ๆ กับค่าของมุมเงยและมุมอะซิมุท ซึ่งอ่านได้จากตารางแสดงการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ที่คำนวณ และพิมพ์ออกมาจากคอมพิวเตอร์

5.1.2 เปรียบเทียบค่าของมุมเงยและมุมอะซิมุทที่อ่านได้จาก จอ LCD ของบอร์ดควบคุมหลักที่เวลาต่าง ๆ กับค่าของมุมเงยและมุมอะซิมุทซึ่งอ่านได้จากกราฟวงกลมที่ติดบนชุด motor ทั้ง สอง เพื่อแสดงการหมุนของสายอากาศจริง ๆ โดยกราฟวงกลมที่ใช้นี้จะมีความละเอียดสูงสุดเท่ากับ 10 องศา

5.1.3 ทำการทดสอบสายอากาศครอสยากิตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยทำการวัดค่า VSWR และค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศที่สร้างไว้ 2 ความถี่คือ 145 MHz และ 435 MHz ซึ่งในการวัดจะนำอีลีเมนท์แต่ละตัววางในลักษณะ HORIZONTAL และ VERTICAL โดยทำการแยกวัดแต่ละ อีลีเมนท์ก่อน แล้วจึงทำการวัดรวมสายอากาศ 2 อีลีเมนท์ที่ตั้งฉากกันเพื่อแสดงค่าชุดสายอากาศรวม โดยจะทำเช่นเดียวกันนี้กับสายอากาศทั้ง 2 ชุด คือ ชุดความถี่ 145 MHz และ 435 MHz

5.2 ผลการทดลอง

ตามวิธีการทดลองที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนการทดลองข้างต้นแล้วนั้น จะได้ผลการทดลองเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

5.2.1 เมื่อเปรียบเทียบค่าของมุมอะซิมุทและมุมเงยที่อ่านได้จากจอ LCD ของบอร์ดควบ

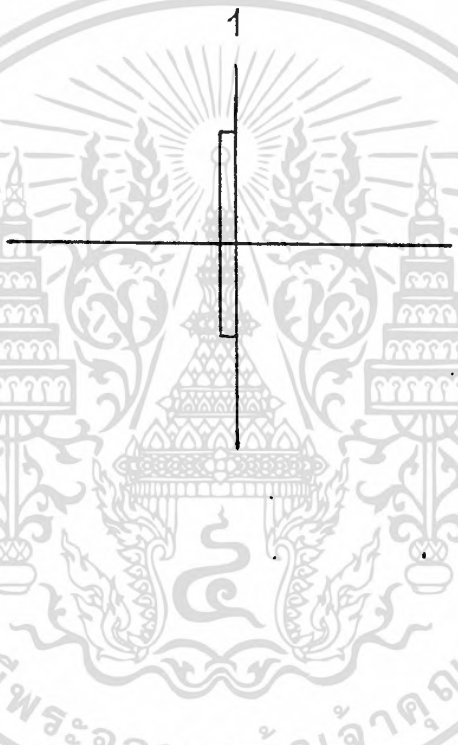
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมหลักที่เวลาต่างๆ กับค่าของมุมอะซิมุทและมุมเงยจากตารางแสดงการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ที่คำนวณและพิมพ์ออกมาจากคอมพิวเตอร์ที่เวลาเดียวกันนั้น ปรากฏว่ามีความถูกต้องตรงกัน

5.2.2 เมื่อเปรียบเทียบค่ามุมอะซิมุทและมุมเงยที่แสดงการหมุนของสายอากาศ ที่อ่านได้จากจอ LCD กับค่ามุมอะซิมุทและมุมเงยที่อ่านได้จากกราฟวงกลมที่ติดบนชุด motor ทั้งสองนั้น ปรากฏว่าค่ามุมที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกันนั้นยังมีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงกันอยู่บ้างเล็กน้อย (ส่วนใหญ่มีความผิดพลาดไม่เกิน 5 องศา)

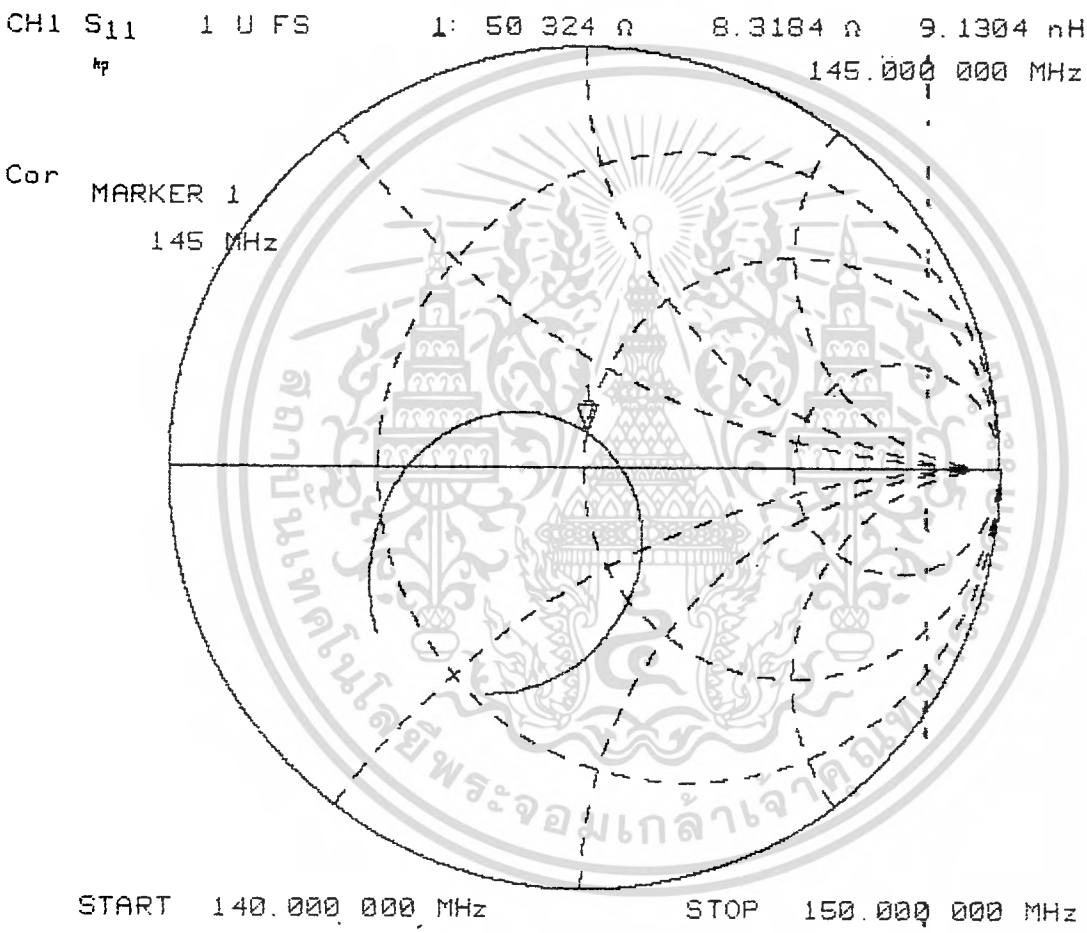
5.2.3 เมื่อทำการวัดค่า SWR และอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแล้วได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



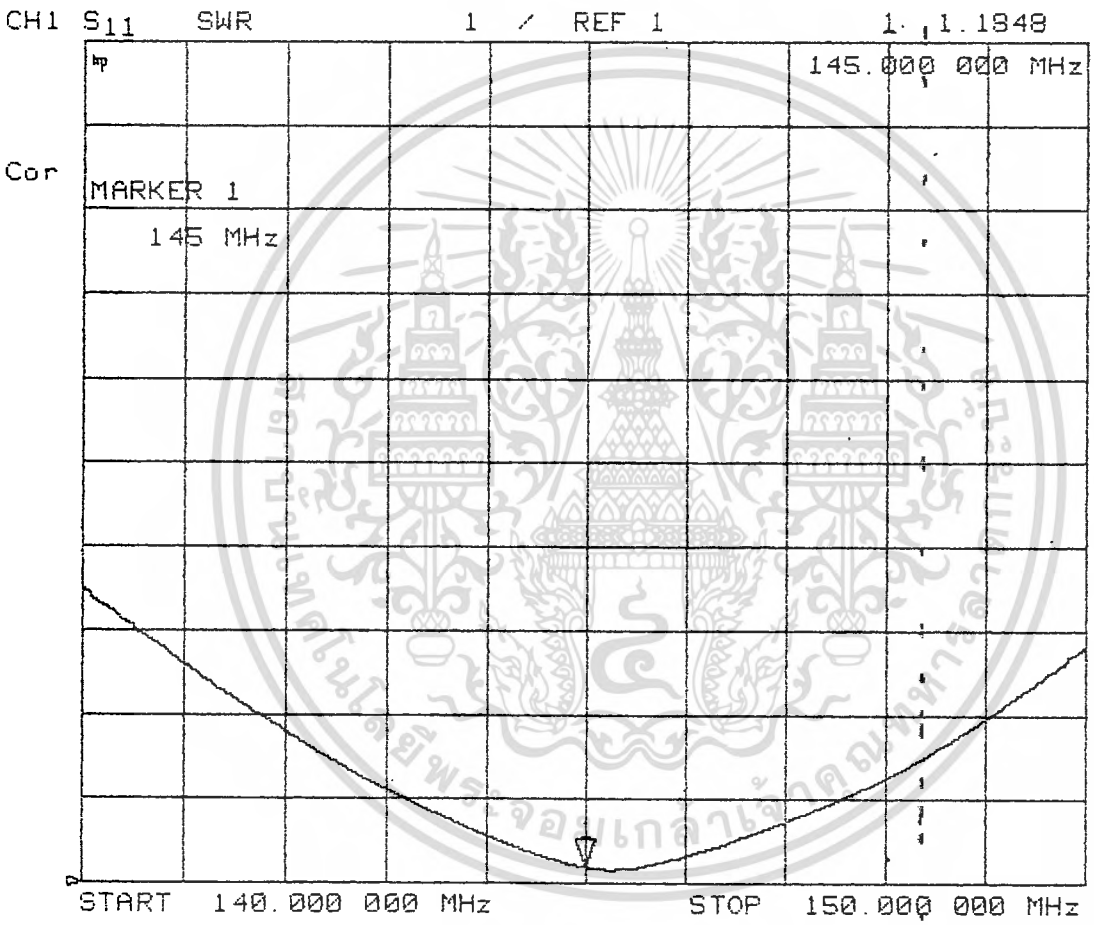
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 145 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 1 วัดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



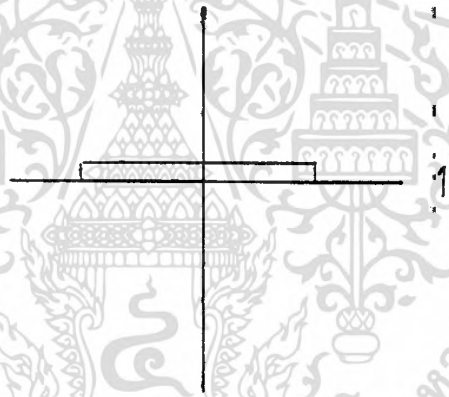
รูปที่ 5.5 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



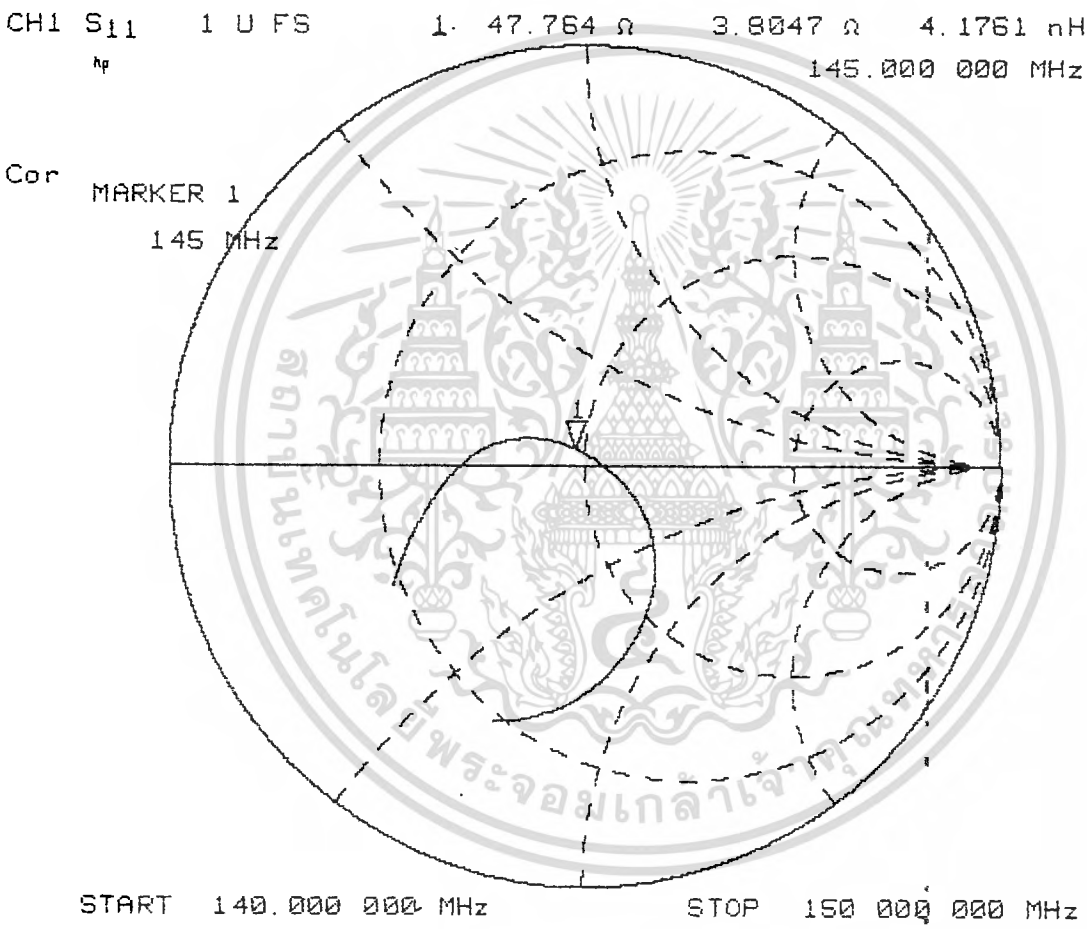
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



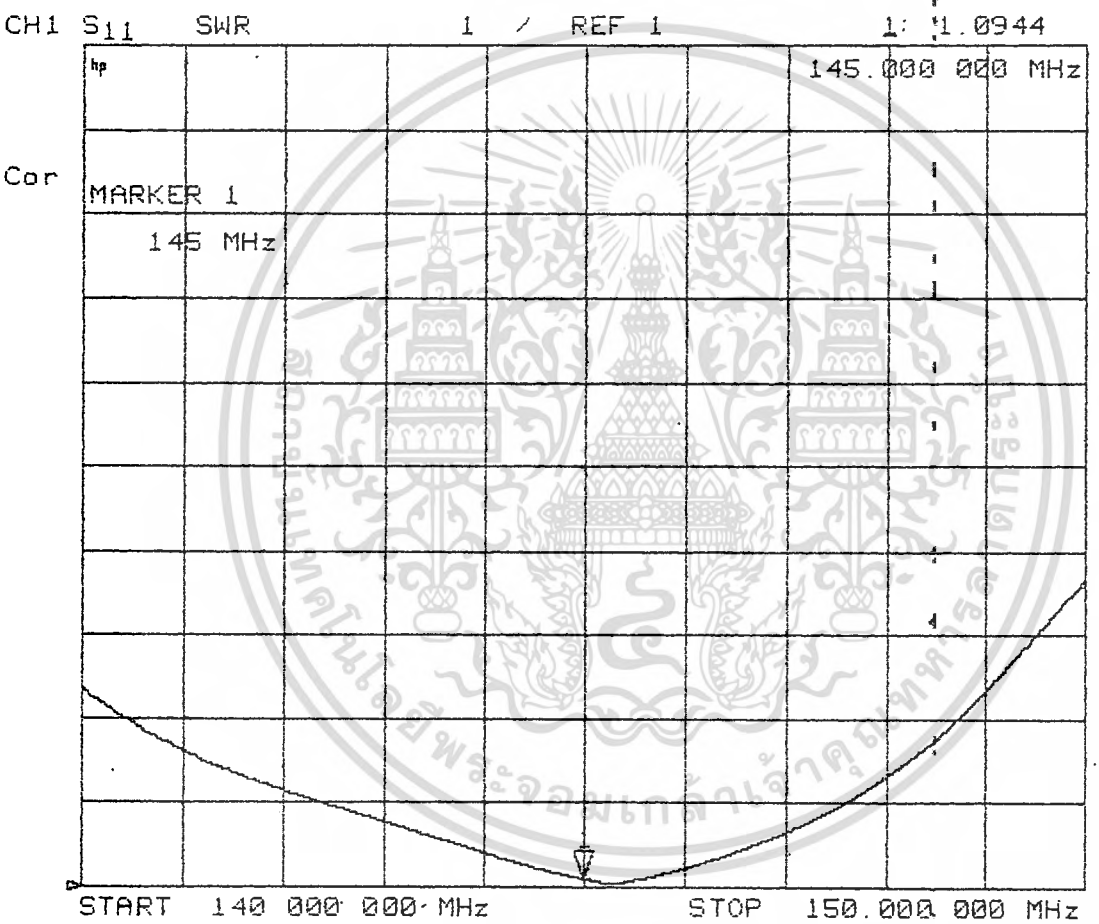
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 145 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 1 วัดในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



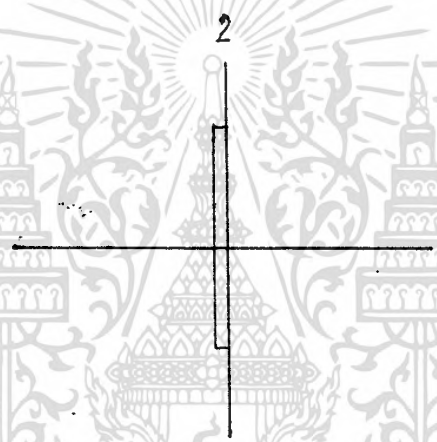
รูปที่ 5.7 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



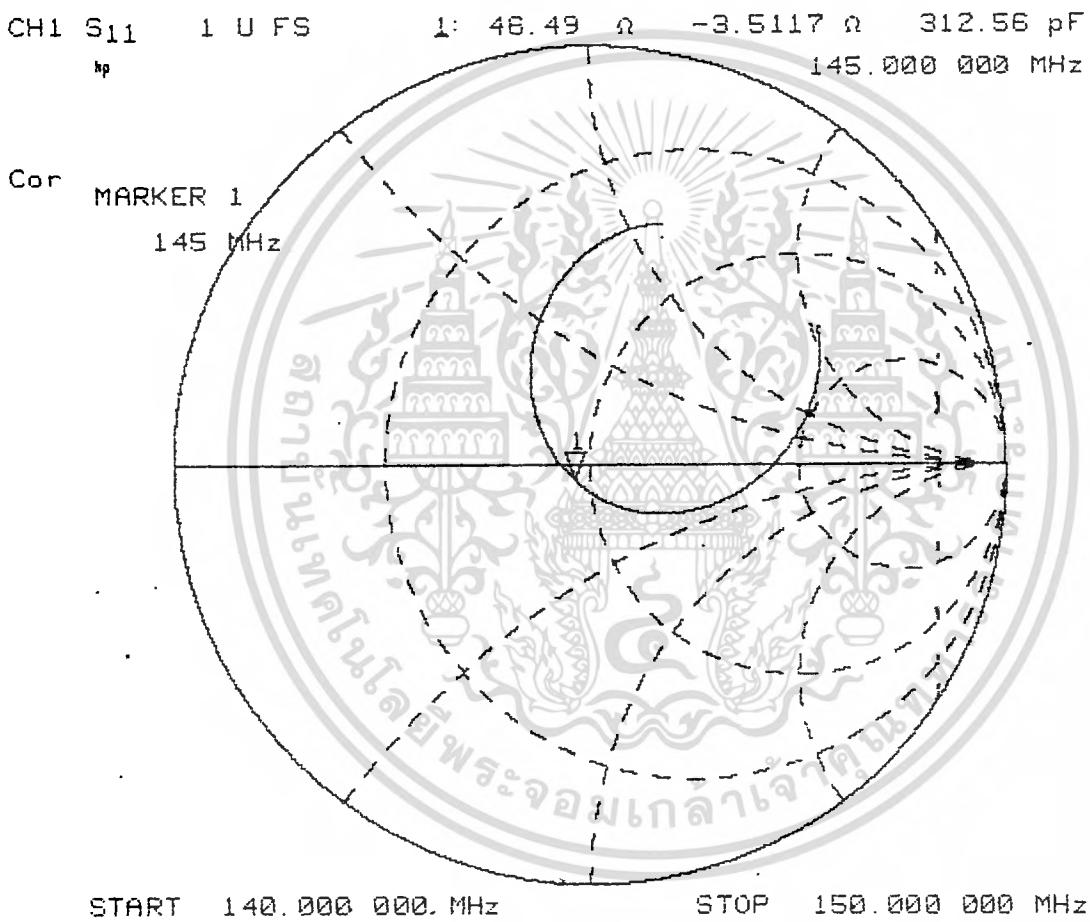
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



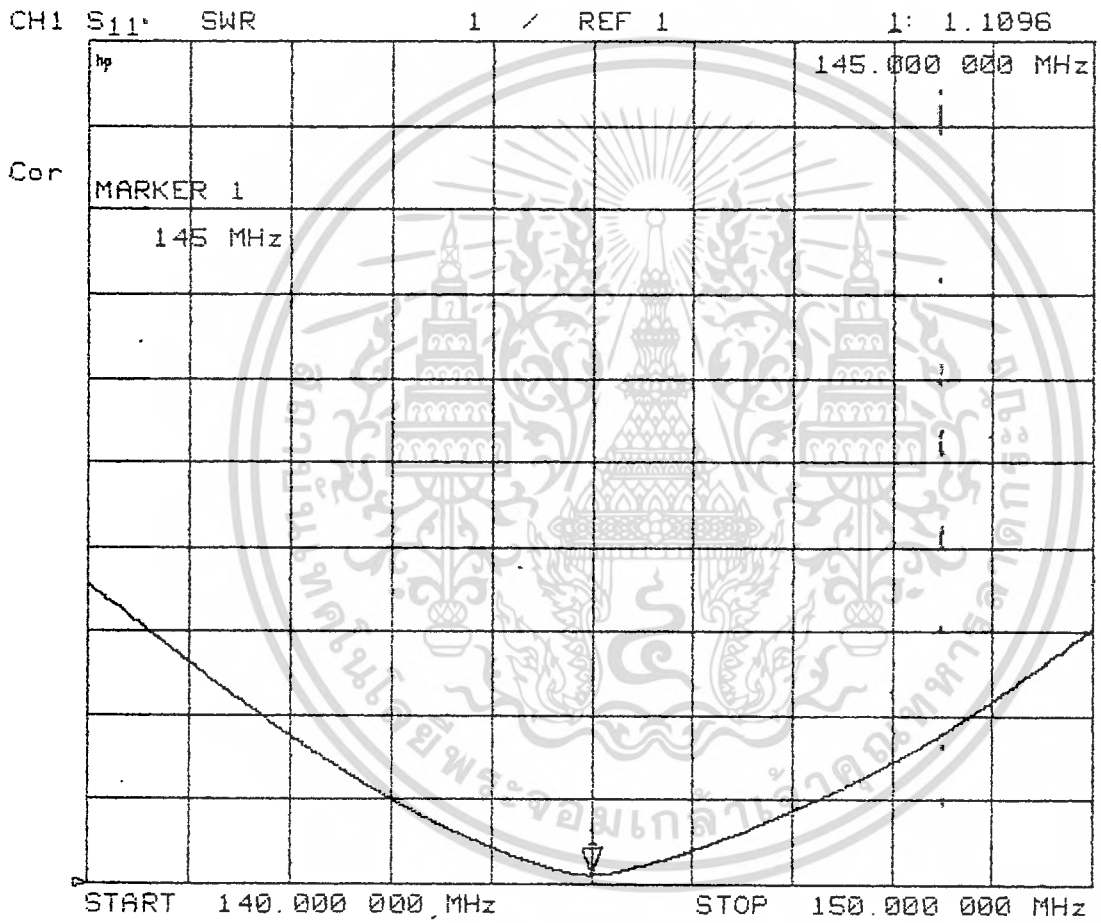
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 145 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 2 วัดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



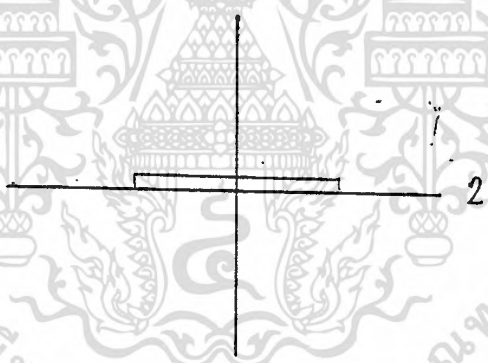
รูปที่ 5.9 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



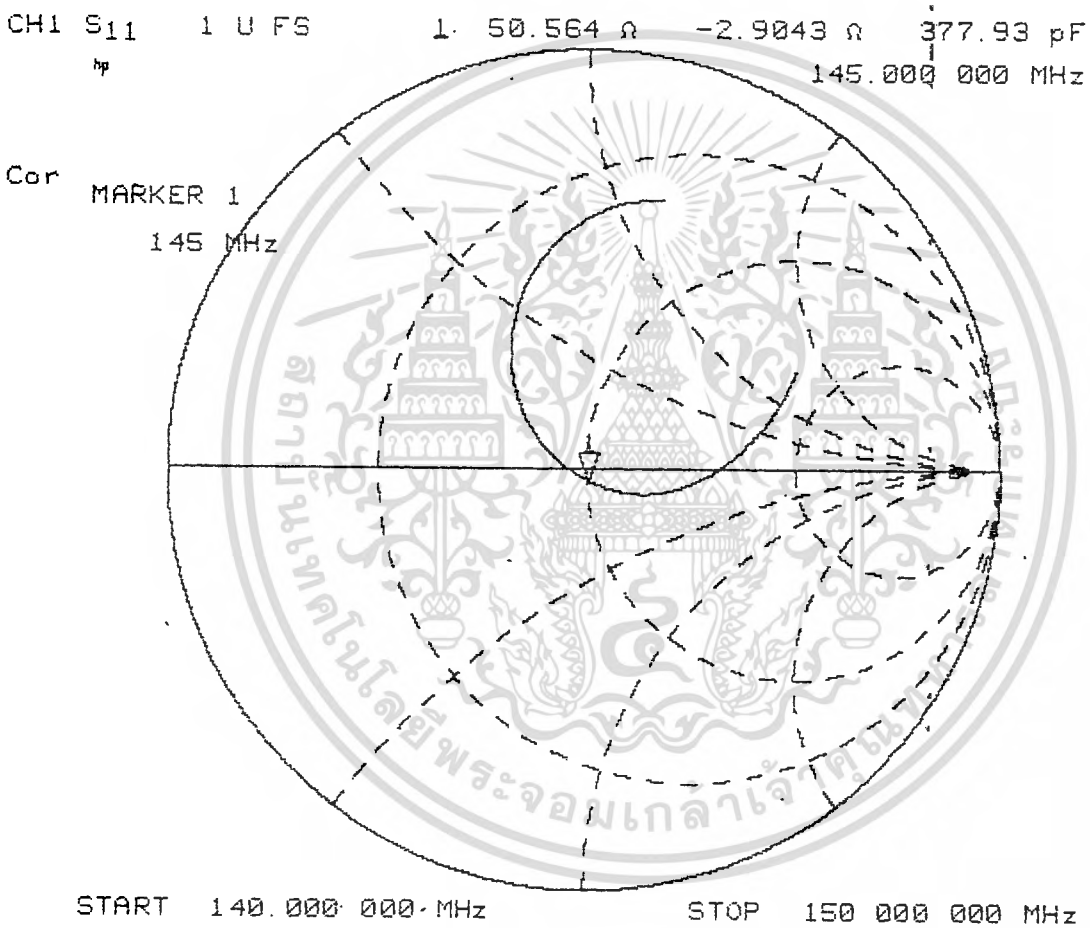
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



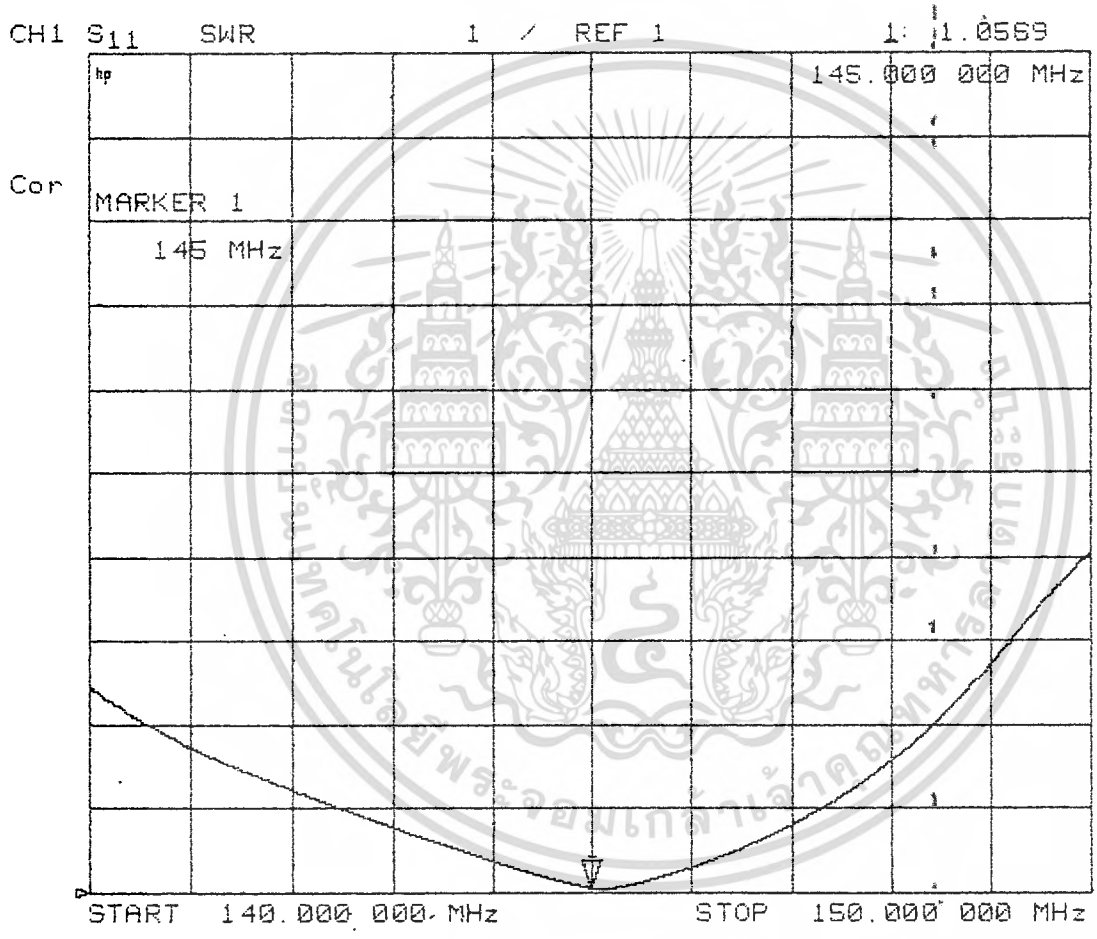
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 145 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 2 วัดในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



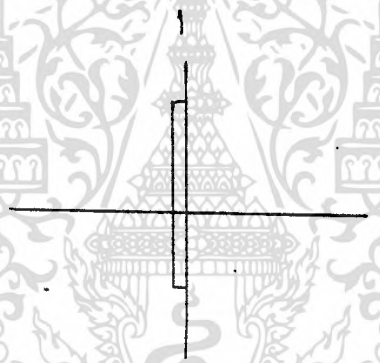
รูปที่ 5.11 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



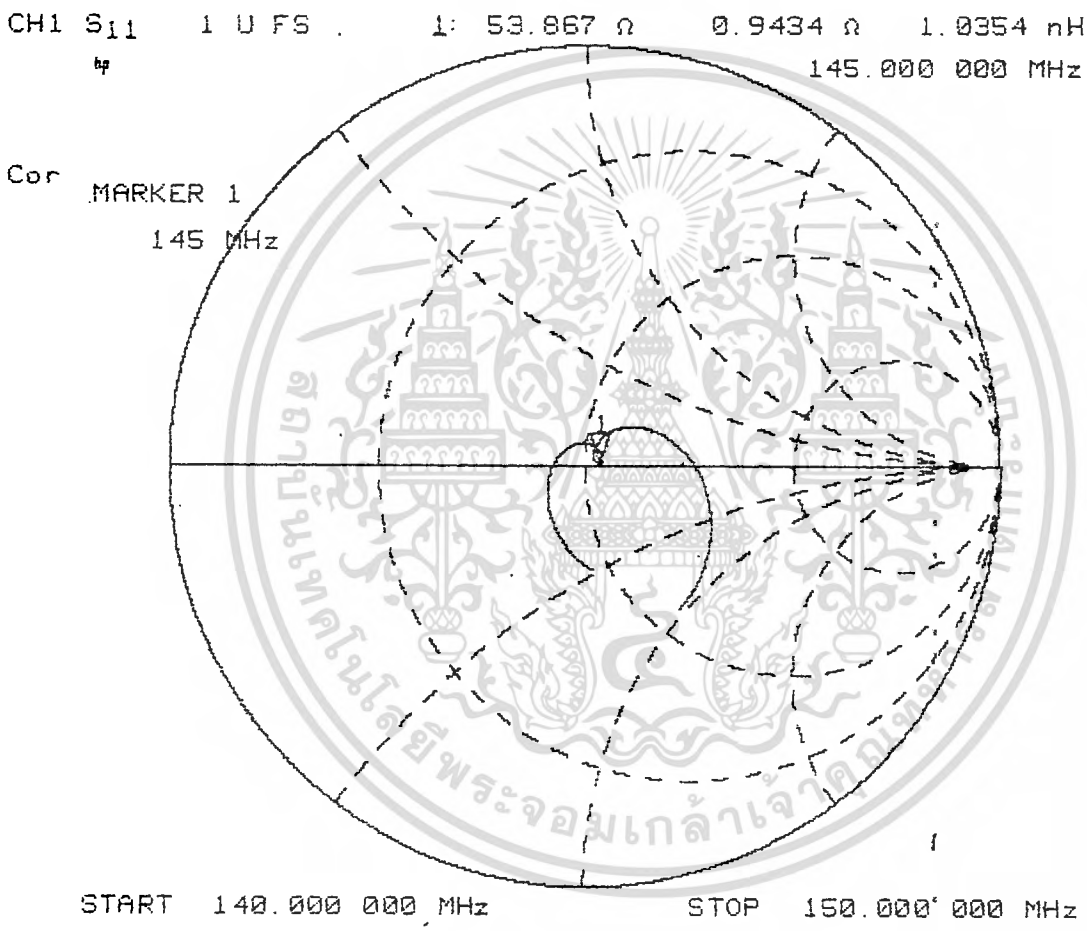
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



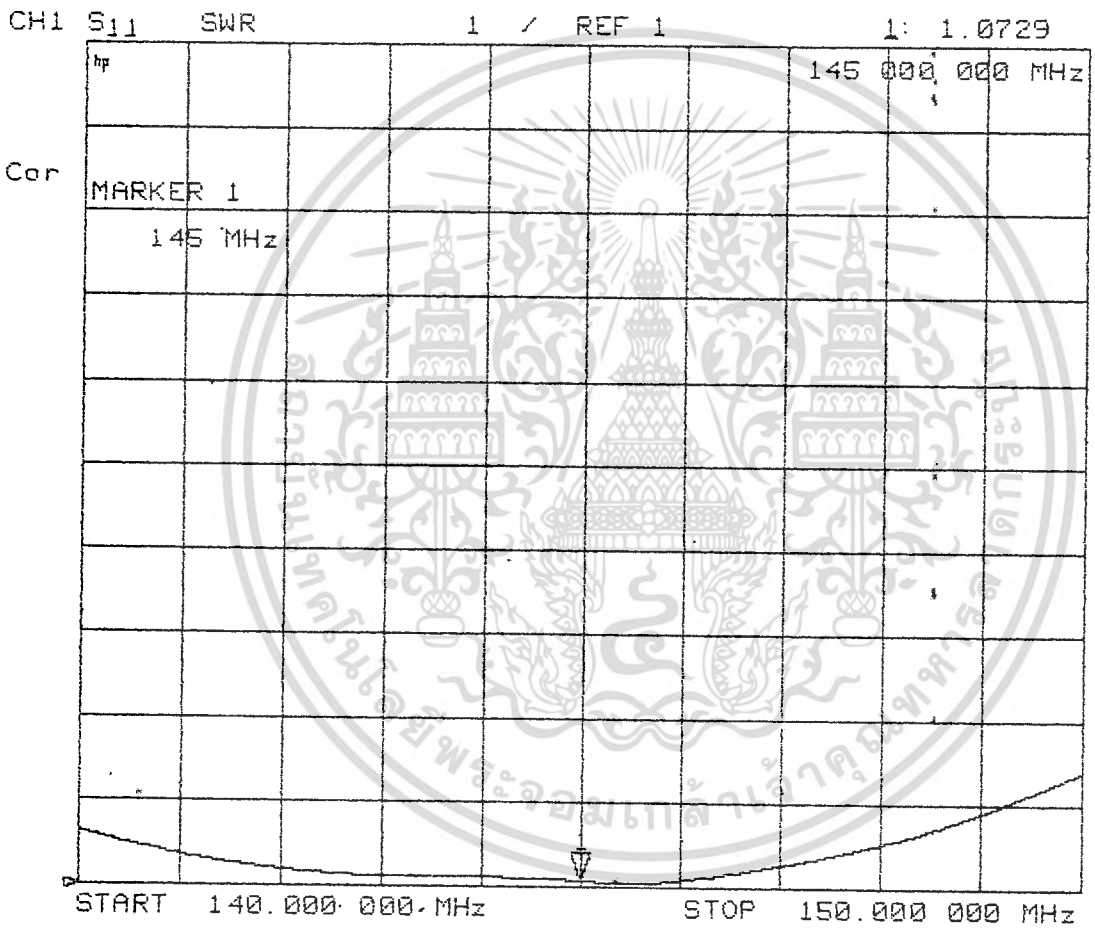
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 145 MHZ ชุดรวม วัดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



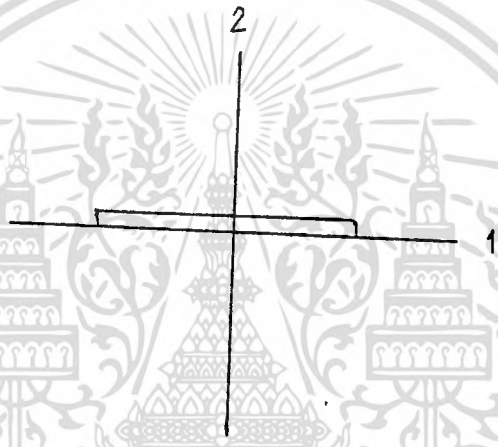
รูปที่ 5.13 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



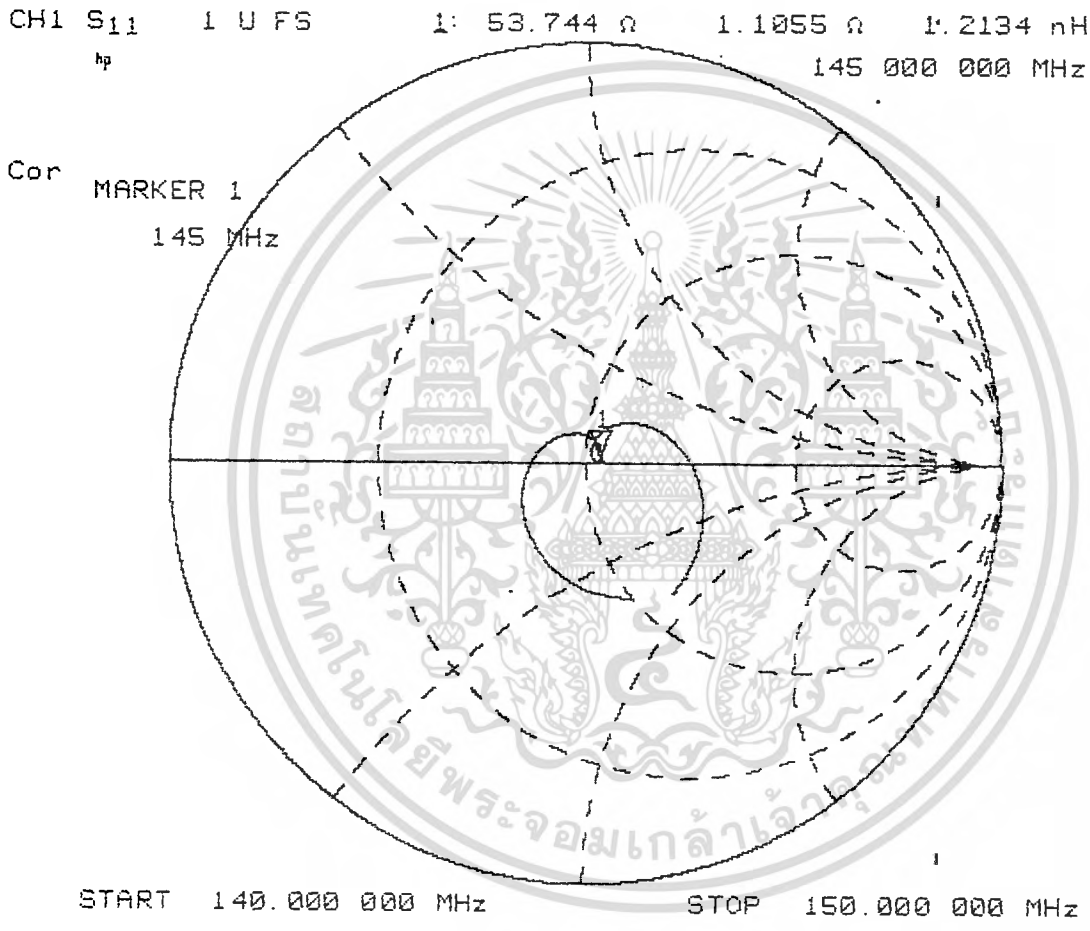
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



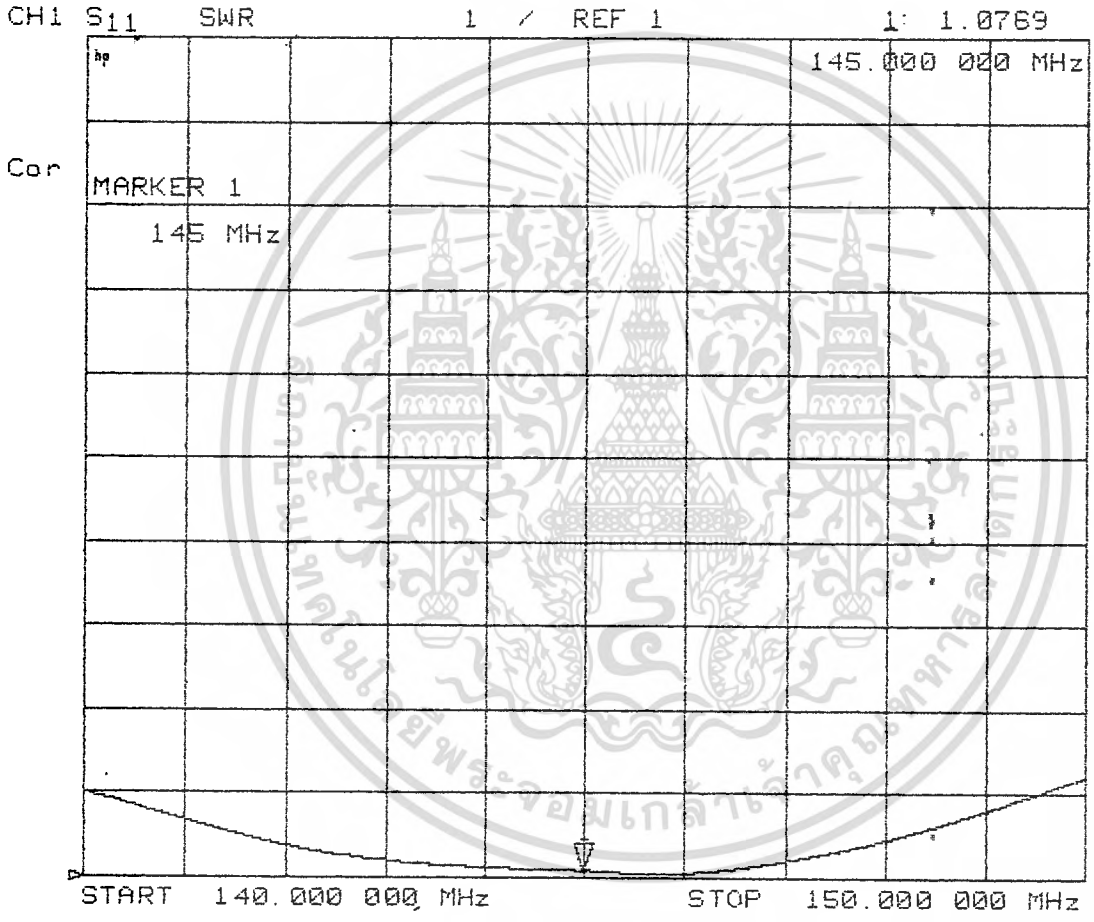
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 145 MHZ ชุดรวม วัดในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



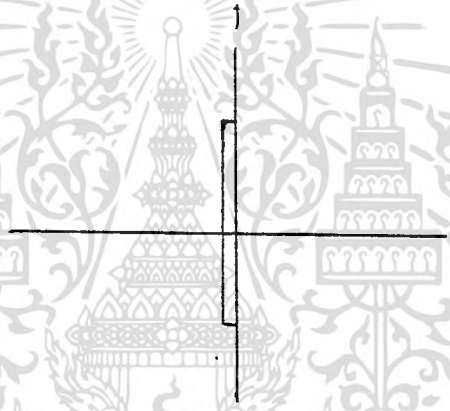
รูปที่ 5.15 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



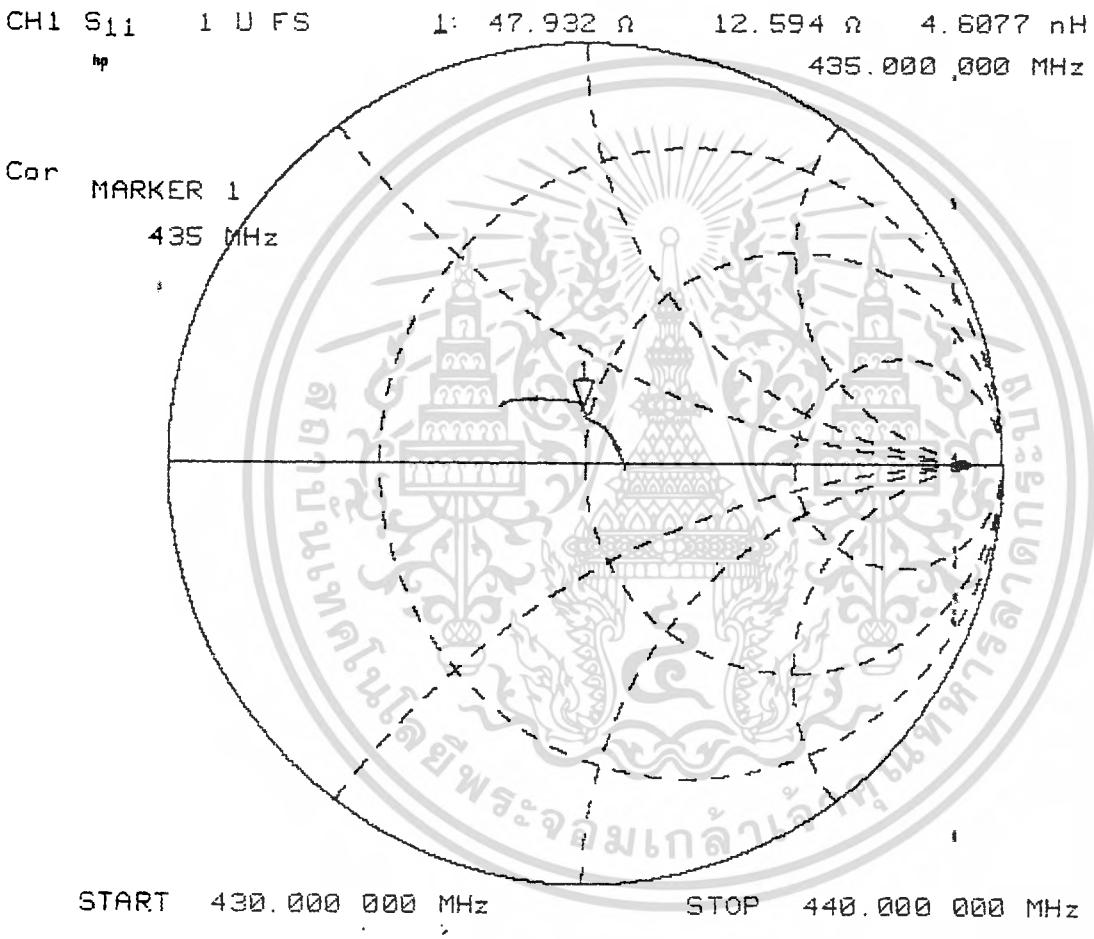
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



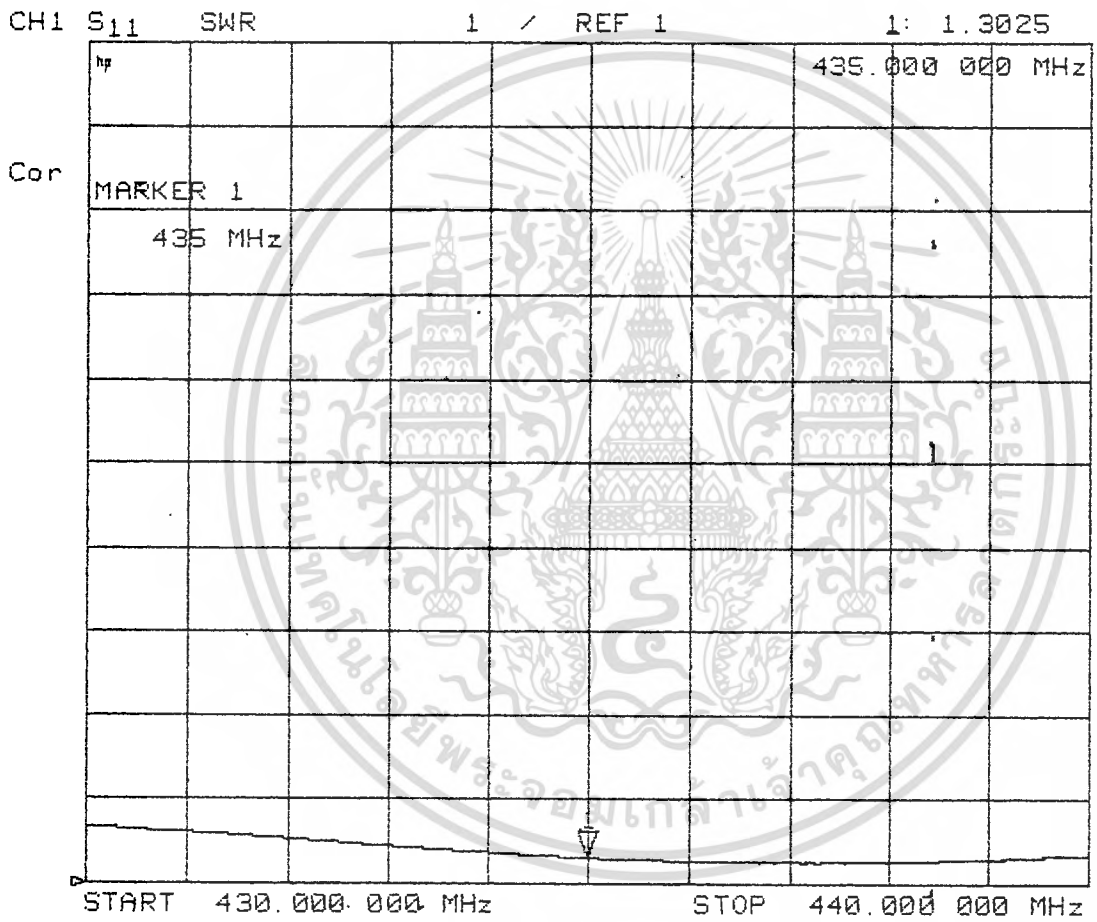
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 435 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 1 วัดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



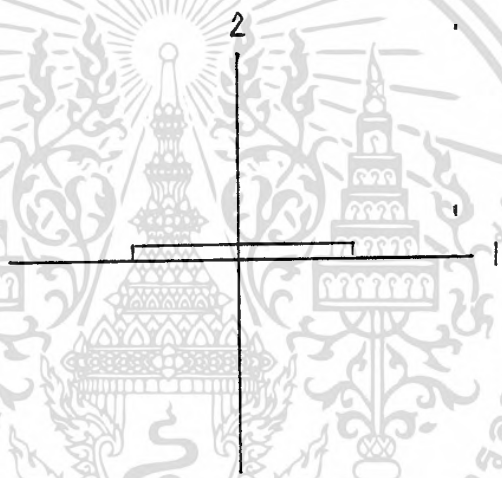
รูปที่ 5.17 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



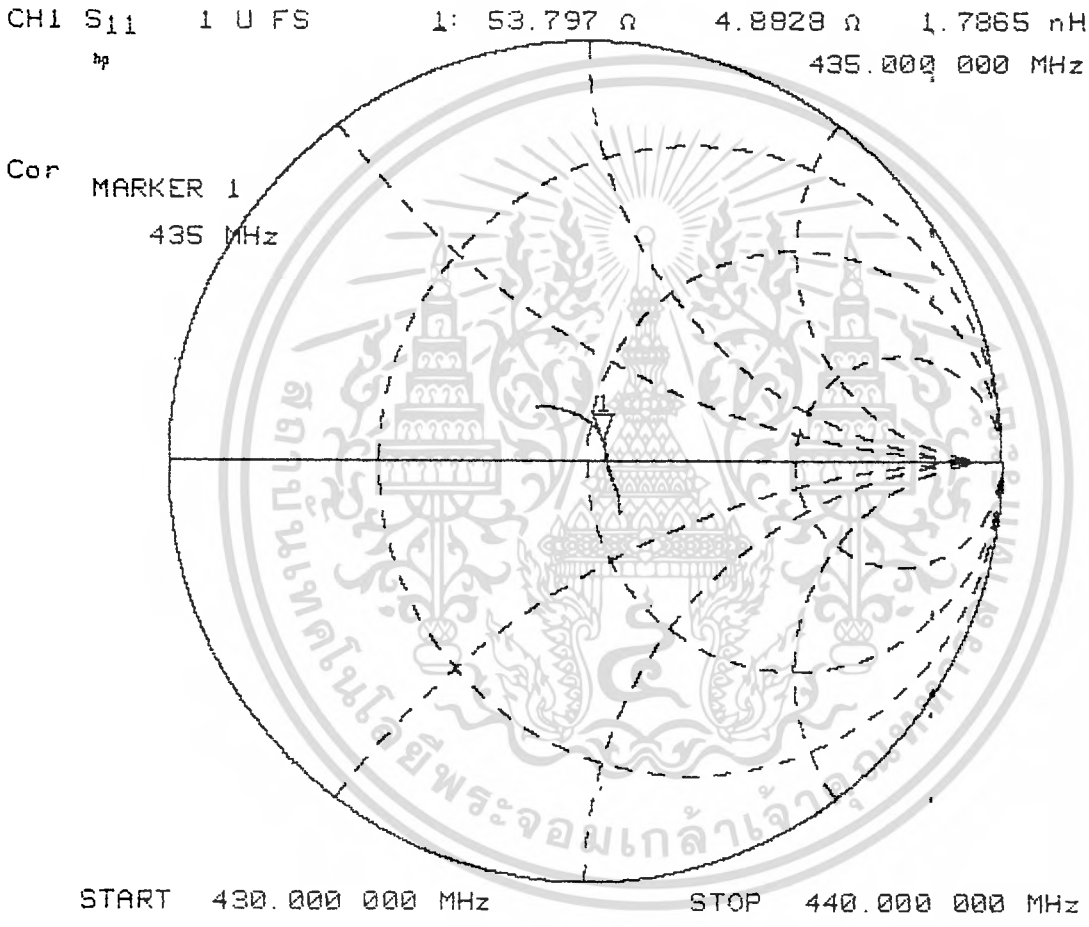
รูปที่ 5.18 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



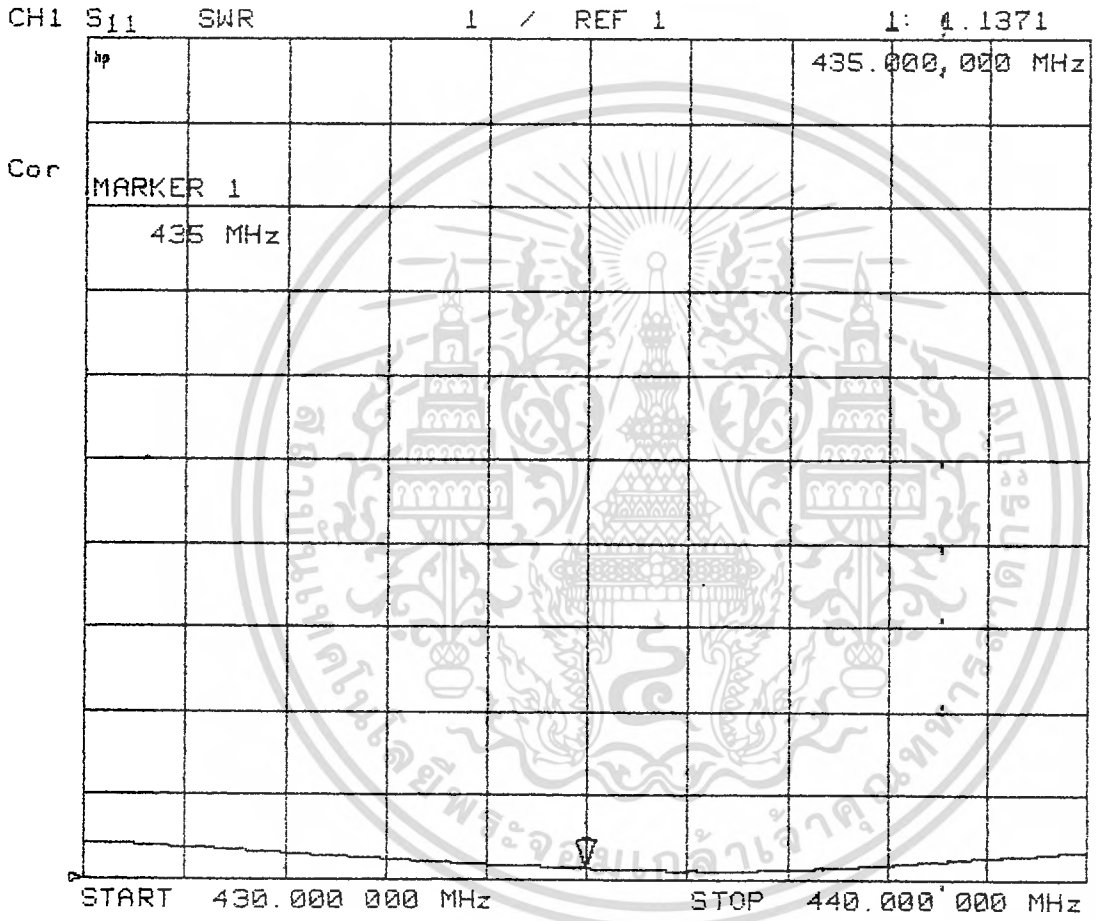
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 435 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 1 วัดในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



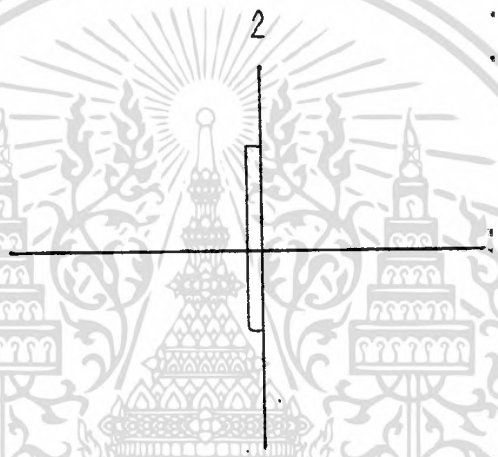
รูปที่ 5.19 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



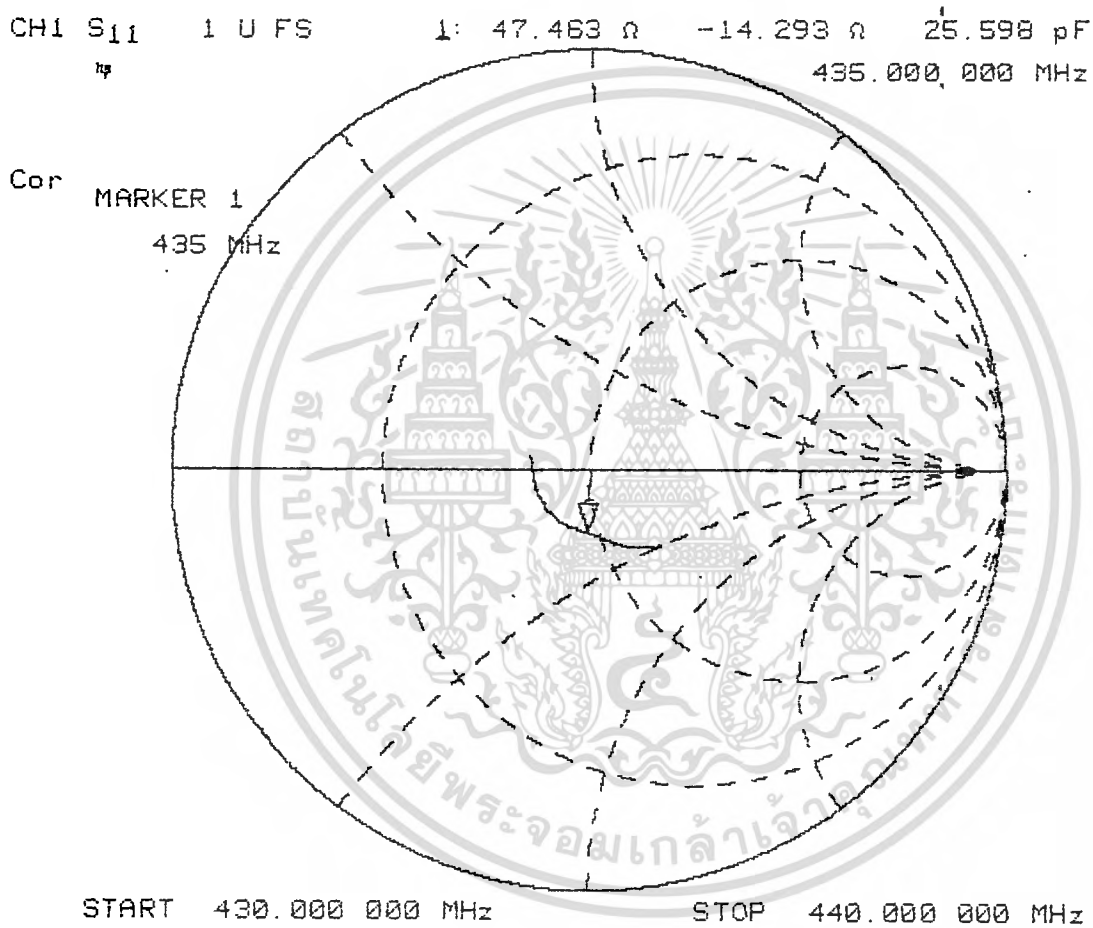
รูปที่ 5.20 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



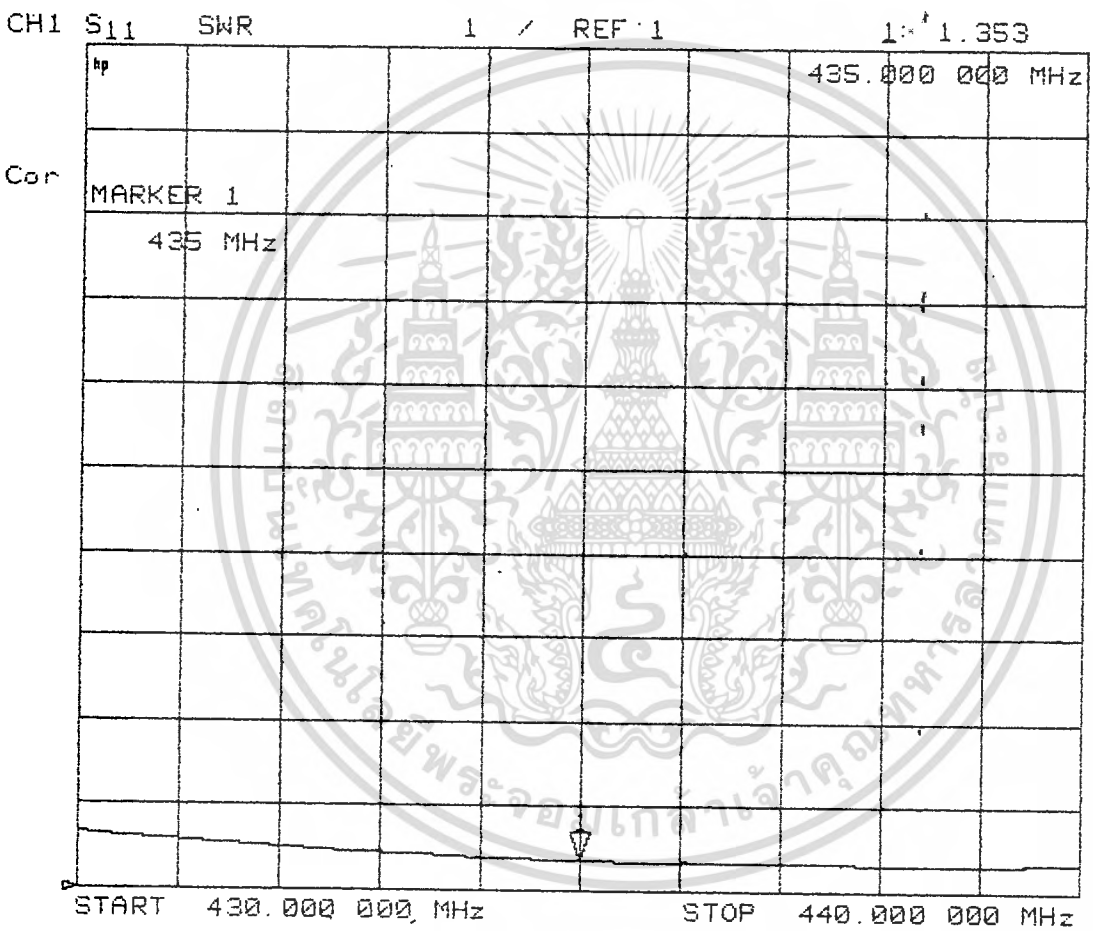
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 435 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 2 วัดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



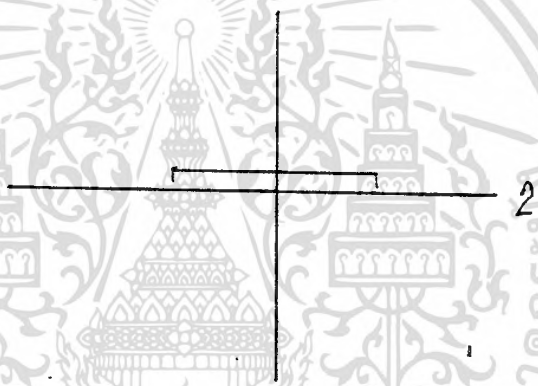
รูปที่ 5.21 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



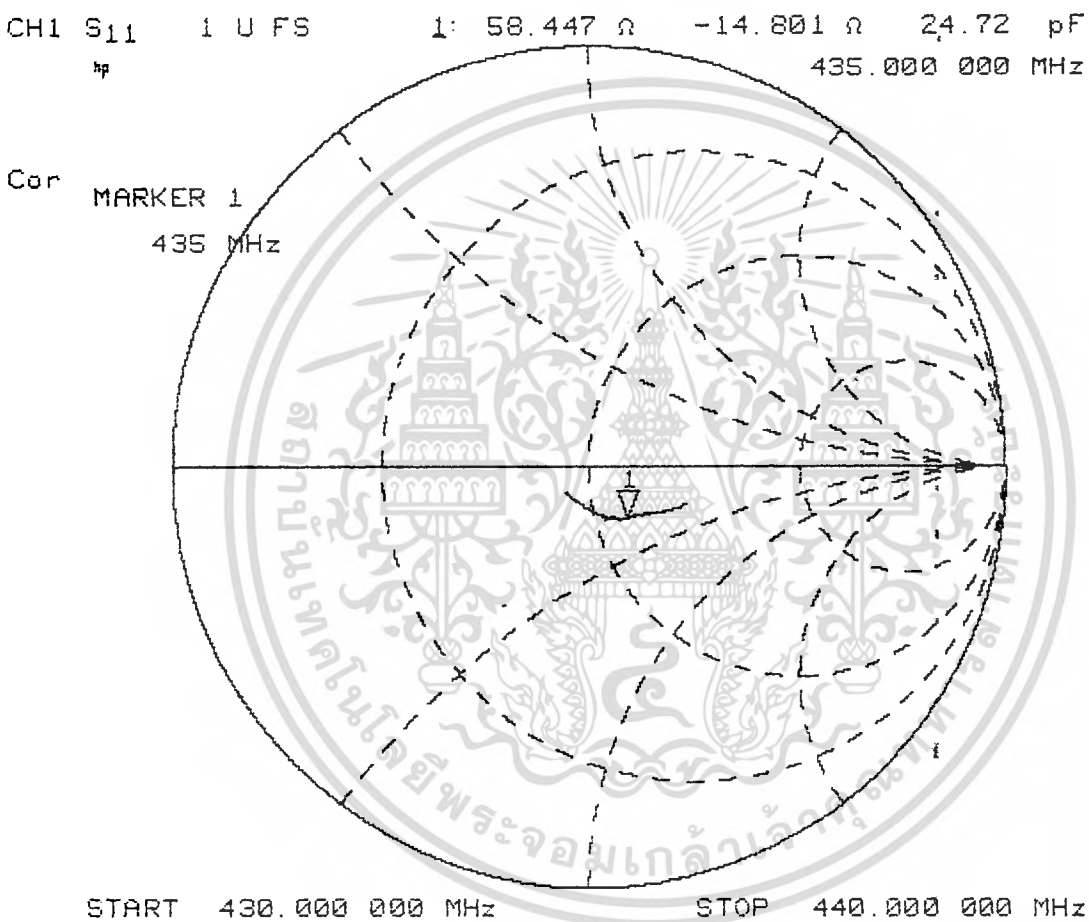
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



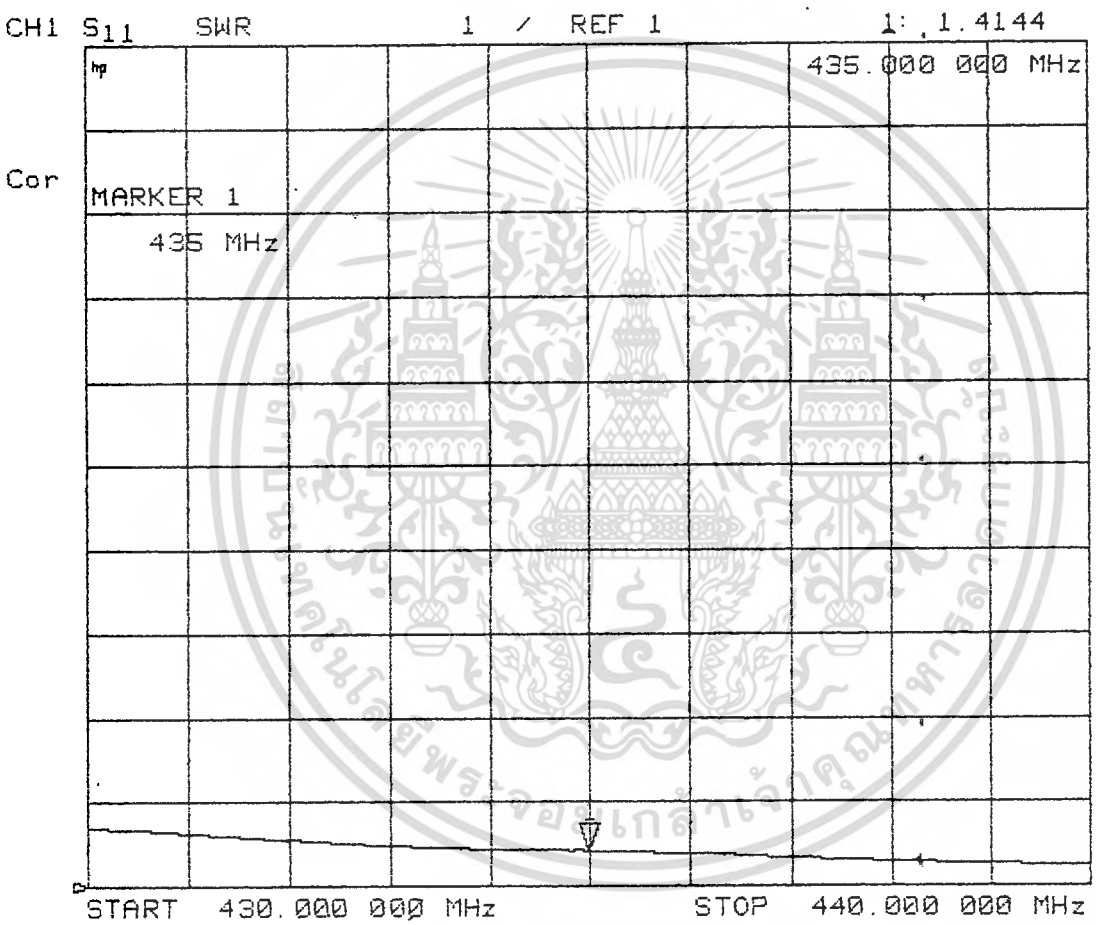
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 435 MHZ ชุดเดี่ยว อันที่ 2 วัดในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



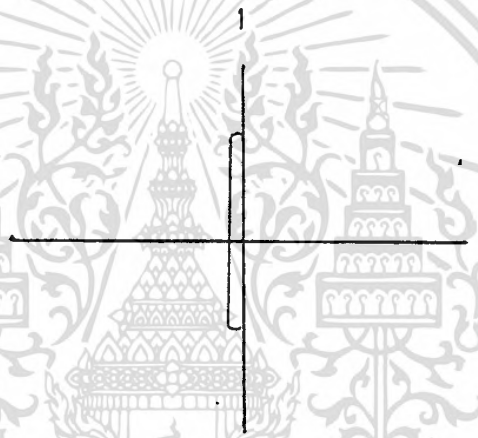
รูปที่ 5.23 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



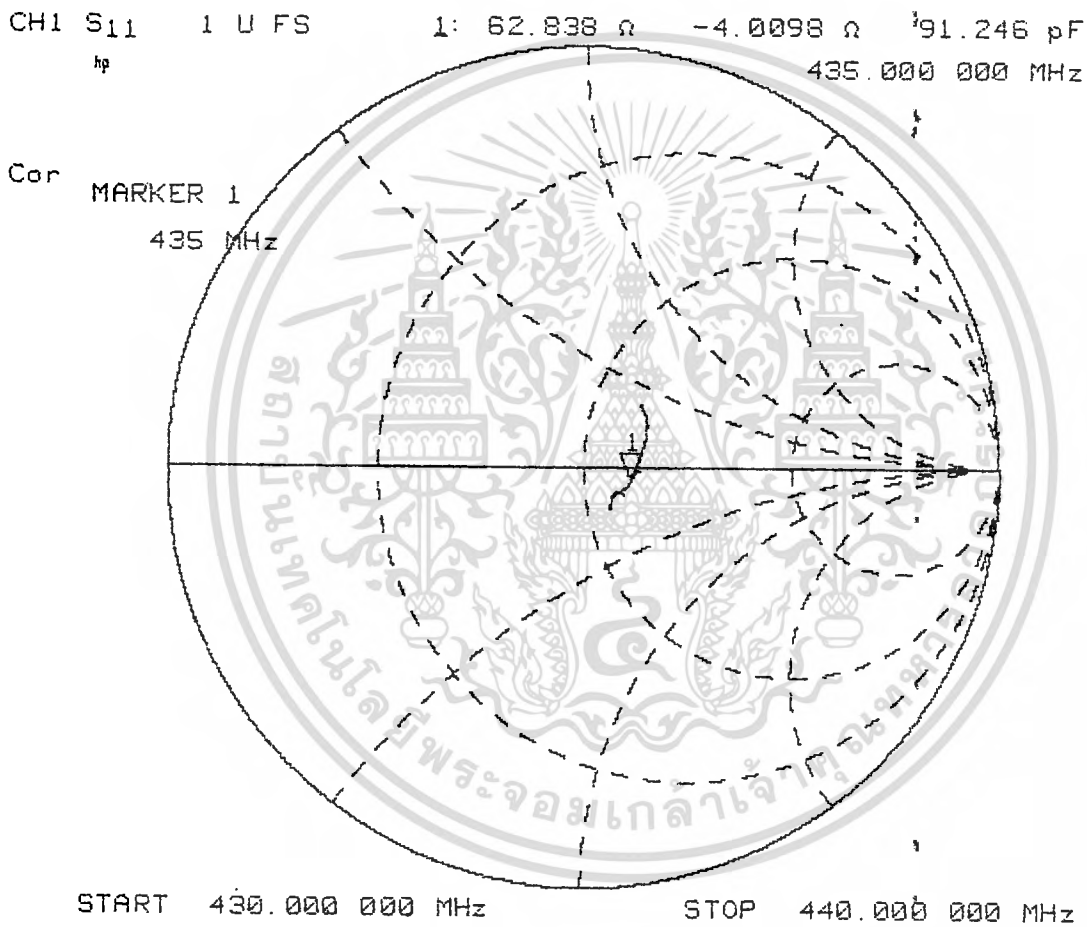
รูปที่ 5.24 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



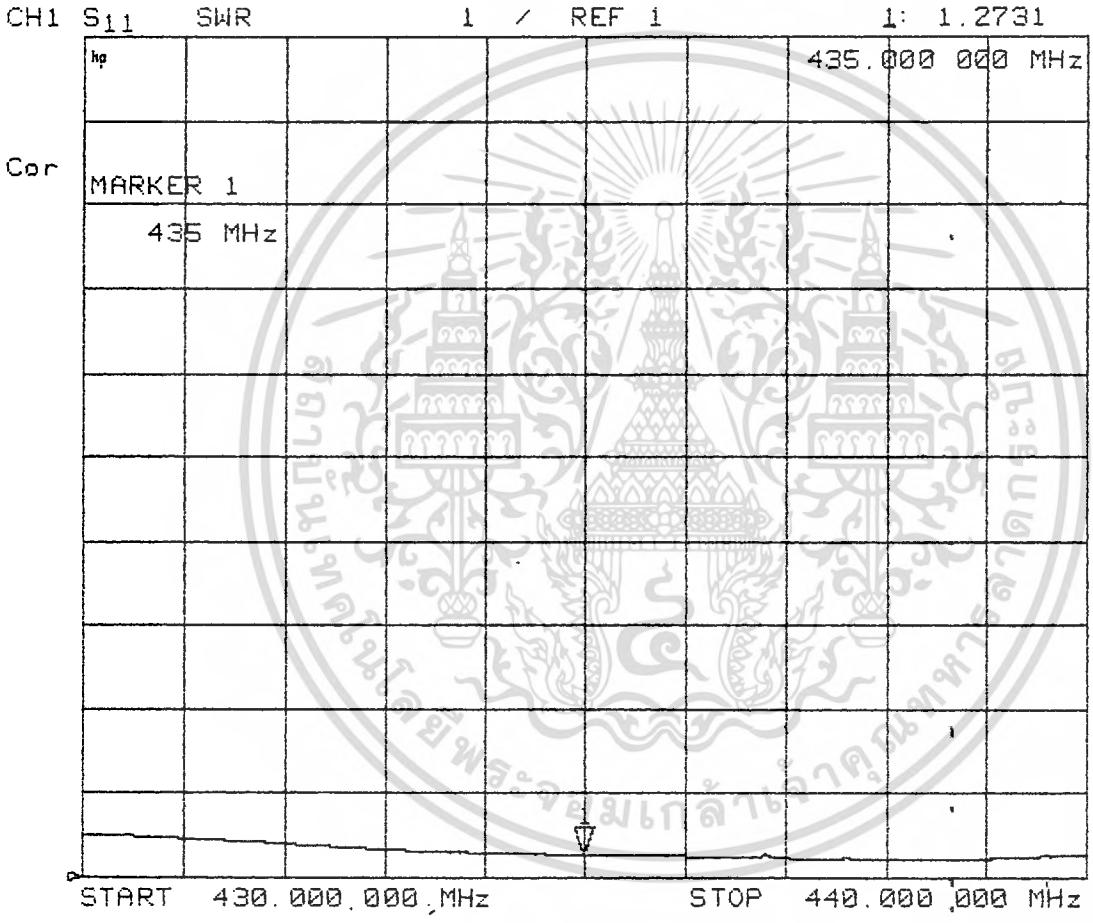
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 435 MHZ ชุดรวม วัดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



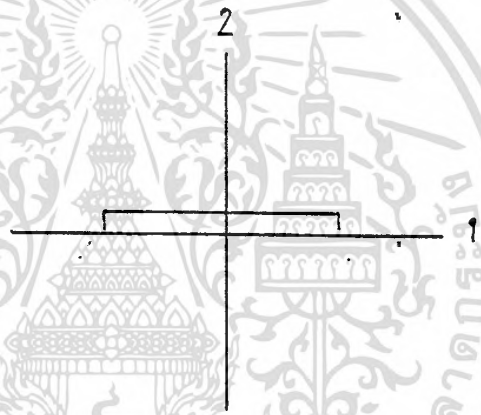
รูปที่ 5.25 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



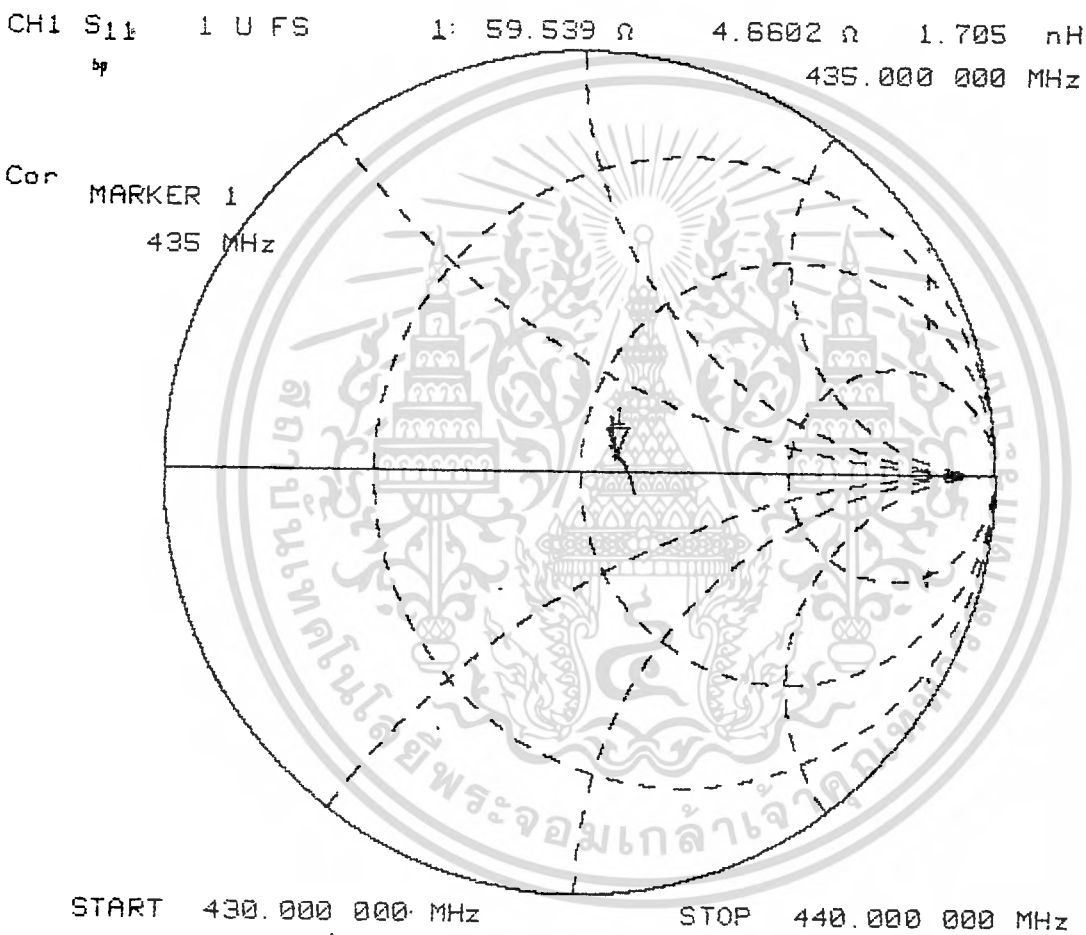
รูปที่ 5.26 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



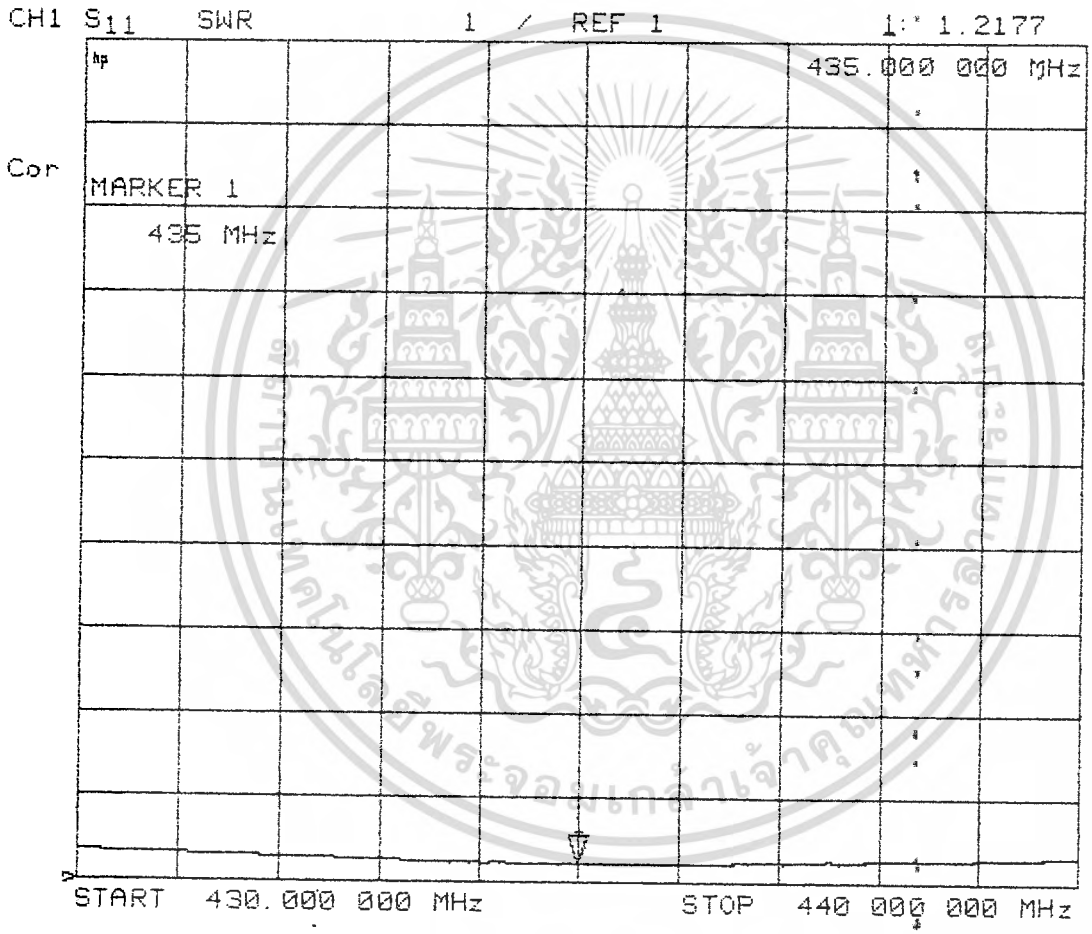
ผลของสายอากาศย่านความถี่ 435 MHz ชุดรวม วัดในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.27 สมิทชาร์ทแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.28 กราฟแสดงค่า SWR ของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้นั้น สามารถสรุปได้ว่าระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นที่สร้างขึ้นมานี้ สามารถติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นได้จริง โดยอาศัยข้อมูลต่างๆได้แก่ Epoch Time, Inclination,RAAN,Eccentricity,Argument of perigee,Mean anormaly,Mean motion เป็นต้นซึ่งถึงแม้ว่ามุมของสายอากาศนั้นจะคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็นบ้าง เนื่องจากความผิดพลาดของส่วนวงจร Counter กับตัว Encoder นั้นก็ยังคลาดเคลื่อนเล็กน้อยไม่มีผลต่อการรับสัญญาณมากนัก เนื่องจากดังที่กล่าวไว้ในบทข้างต้นแล้วว่ามุม Beam ของสายอากาศของตัวดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นนั้นกว้างมาก ดังนั้นมุมสายอากาศที่ผิดพลาดบ้างเล็กน้อยจึงไม่เป็นปัญหา

6.2 แนวทางการพัฒนาต่อไป

สำหรับแนวทางการพัฒนาที่ควรจะทำต่อจากโครงงานชิ้นนี้ จะขอกล่าวเป็นข้อๆดังต่อไปนี้

1.ควรจะสร้างวงจรวัดความแรงของสัญญาณ (Field Strengh Meter) ซึ่งอาจจะอยู่ในลักษณะที่รับสัญญาณจากสายอากาศ แล้วแสดงความแรงของสัญญาณออกมาทางส่วนแสดงผลของวงจรวัดความแรงสัญญาณเองโดยตรงเลย หรือเพิ่มวงจรแปลงความแรงสัญญาณเป็นข้อมูลดิจิตอล 8 Bit เพื่อส่งไปแสดงผลที่จอ LCD ของบอร์ดควบคุมหลัก และที่คอมพิวเตอร์ด้วย

2.อาจจะประยุกต์ปรับปรุงให้สามารถแยกส่วนระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นนี้เป็น 2 ส่วน อันได้แก่ ส่วนควบคุมประมวลผลและแสดงผลส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งคือชุด Motor และสายอากาศ โดยส่วนแรกอาจจะติดตั้งในตัวอาคาร และส่วนที่ไปติดตั้งในที่โล่งเป็นสนามว่างๆ หรือดาดฟ้า หรือหลังคาของอาคาร เพื่อให้เกิดความสะดวกมากขึ้น เพราะระบบที่สร้างขึ้นมาในตอนนี้จะไม่สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน โดยมีระยะห่างมากดังข้างต้นได้ เพราะจะมีสัญญาณรบกวนเข้ามารบกวนให้ส่วน Encoder และ Counter ทำงานผิดพลาดมากขึ้น

3.ทำการออกแบบฟันเฟืองที่มีจำนวนซี่ละเอียดขึ้นเพื่อทำให้การหมุนสายอากาศมีความละเอียดมากขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับปริญญานิพนธ์ในหัวข้อเรื่องระบบติดตามดาวเทียมวิทยุสมัครเล่นได้รับความสำเร็จลงด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ ณรงค์ เหมกรณ์ (อาจารย์ที่ปรึกษา) , อาจารย์ นิภา ลีลารุจิ และ อาจารย์ สมผล โกศัลวิตร์ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์นี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณ สนธยา คุ้มเสน , คุณวัฒนวงศ์ ร่มไทร , คุณธนาคม วงศ์สิทธิกร พี่ๆ การสื่อสารแห่งประเทศไทยที่ได้ให้ความช่วยเหลือ,ให้คำแนะนำ และภาควิชาระบบควบคุม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ อีกทั้งขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจตลอดช่วงเวลาดำเนินงาน

ดังนั้นคณะผู้จัดทำหวังว่าจะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในโอกาสต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้