

รายงานโครงการวิจัย  
(ฉบับสมบูรณ์)

เรื่อง

การรับและติดตามสัญญาณดาวเทียมโดยไมโครคอมพิวเตอร์  
Receiving and Monitoring Satellite Signals by Microcomputer



เสนอ

สภาวิจัยแห่งชาติ

โดย

นาย สถาพร พรหมวงศ์  
(หัวหน้าโครงการวิจัย)

RGH  
TK  
5100

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี ๒๕๒๖

ที่ ma

b. ๖๑๑๐๗๒๐

หัวข้อโครงการวิจัย      การรับและติดตามสัญญาณดาวเทียมโดยไมโครคอมพิวเตอร์  
 Receiving and Monitoring Satellite Signals by Microcomputer

ผู้ดำเนินการวิจัย	1. นาย สถาพร พรหมวงศ์	หัวหน้าโครงการวิจัย
	2. รศ. ประกิจ ตั้งติสานนท์	ผู้ร่วมวิจัยที่ 1
	3. ผศ. ไพศาล สิทธิโยภาสกุล	ผู้ร่วมวิจัยที่ 2

#### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการสร้างชุดรับและติดตามสัญญาณดาวเทียมโดยไมโครคอมพิวเตอร์ ระบบการติดตามดาวเทียมนี้สามารถปรับทิศทางของสายอากาศไปยังตำแหน่งดาวเทียมดวงที่ต้องการได้โดยอัตโนมัติ ไมโครคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้นี้จะติดตั้งโปรแกรม Instant Track ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมติดตามดาวเทียมและส่งสัญญาณไปควบคุมโรเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์อินเตอร์เฟสเพื่อปรับทิศทางของสายอากาศทั้งในมุมกวาด (azimuth) และมุมเงย (elevation) ความแม่นยำในการติดตามดาวเทียมในโครงการนี้จะขึ้นอยู่กับ การปรับปรุง (update) ตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียม ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าชุดรับและติดตามสัญญาณดาวเทียมโดยไมโครคอมพิวเตอร์นี้สามารถปรับตำแหน่งและทิศทางของสายอากาศไปยังตำแหน่งของดาวเทียมดวงที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง

#### Abstract

This project presents the receiving and monitoring satellite signals by microcomputer. The monitoring system can automatic adjusts the direction of the antenna to the location of the specific satellite. The instant track program which is installed in the microcomputer controls and traces the satellite and transmit the signal to control rotor through the interface equipment for adjusting of the antenna in both azimuth and elevation angles. The precision of tracing the satellite in this project depends on updating of the location of the satellite orbit. From the experiment result, it is found that this project can adjust the location and the direction of the antenna to the specific satellite precisely.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ข้อกำหนดของโครงการวิจัย	1
บทที่ 2 การสื่อสารผ่านดาวเทียมและการติดตามดาวเทียม	2
2.1 ประวัติการสื่อสารผ่านดาวเทียม	2
2.2 เครื่องสร้างของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม	4
2.3 ระบบสื่อสารดาวเทียม	4
2.4 วงโคจรของดาวเทียม	7
2.5 ระบบควบคุมตำแหน่งและวงโคจรดาวเทียม	10
2.6 ระบบตรวจจับและสั่งการดาวเทียม	15
2.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์เบื้องต้น	16
2.8 ฮาร์ดแวร์อินพุต / เอาต์พุตสำหรับ IBM PC	20
2.9 การแปลงพิกัดสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัลสำหรับ IBM PC	27
2.10 การติดตามดาวเทียม	29
2.11 โปรแกรม Instant Track V 1.00	36
บทที่ 3 การสร้างและการออกแบบ	50
3.1 กล่าวนำ	50
3.2 การสร้างและการออกแบบ	50
3.3 การสร้างวงจรเชื่อมโยง	53
บทที่ 4 การทดลอง	54
4.1 วิธีการทดลองการติดตามดาวเทียม	54
4.1.1 การติดตั้งโปรแกรม	56
4.1.2 การโหลดโปรแกรม TSR	56

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.3 การรันโปรแกรม Instant Track	57
บทที่ 5 บทสรุป	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของการสื่อสารดาวเทียม	5
2.2 ตัวอย่างการใช้เทคนิคความถี่ซ้ำ	6
2.3 วงโคจร Polar Orbit	8
2.4 วงโคจร Inclined Orbit	8
2.5 วงโคจร Equatorial Orbit	9
2.6 แนวความคิดของ Arthur C. Clark	9
2.7 วงโคจรค้างฟ้า (Geostation Orbit)	10
2.8 แรงที่กระทำต่อดาวเทียมค้างฟ้า	12
2.9 หลักการควบคุม N-S ในการหมุนของดาวเทียมโดยใช้ Infrared Sensors	13
2.10 ระนาบวงโคจรของดาวเทียมกับเส้นศูนย์สูตร	14
2.11 ระบบตรวจจับและตั้งการของดาวเทียม	15
2.12 การใช้สายเคเบิลต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์	17
2.13 การนำข้อมูลเข้าและส่งออก	17
2.14 การนำข้อมูลในการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่คอมพิวเตอร์	18
2.15 การส่งเสียงเตือนแก่ลำโพงจากคอมพิวเตอร์	18
2.16 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์	19
2.17 สายข้อมูล 8 บิต ของ IBM PC	19
2.18 ระบบเลขฐานสองที่ใช้สื่อสารใน IBM PC	20
2.19 ระบบ I/O slot บน IBM PC	20
2.20 ขาสัญญาณต่างๆ ใน I/O slot บน IBM PC	21
2.21 การ์ดที่ใช้เสียบใน I/O slot (PC-card)	22
2.22 รายละเอียดวงจรอินามัลต์	23
2.23 รายละเอียดวงจรเอาต์พุตแลตซ์	24
2.24 รายละเอียดการต่อวงจรเอาต์พุตแลตซ์กับ LED 8 ดวง	25
2.25 รายละเอียดวงจรอินพุตบัฟเฟอร์	26
2.26 รายละเอียดการต่อคิปสวิทช์ 8 ทาง กับวงจรอินพุตบัฟเฟอร์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
2.27	ไดอะแกรม ADC หรือ A/D	27
2.28	รายละเอียดของวงจร ADC เชื่อมต่อกับ I/O slot บน IBM PC โดยใช้ IC AD570	28
2.29	ACQUISITION CIRCLE ของดาวเทียม OSCAR 8	31
2.30	Ground track overlay	32
2.31	การติดตามเส้นทางบนพื้นดินที่เขียนทับบนแผนที่โพลาร์โดยที่ ascending node ถูกตั้งไว้ที่เส้นแวง 41.4 W	34
2.32	การติดตามบนภาคพื้นดิน (oscar 8)	35
2.33	แผนที่ Spiderweb ของมุมกวาดและมุมเงย	36
2.34	เมนูของดาวเทียม	37
2.35	หน้าจอแสดงการติดตามดาวเทียมในเวลาจริง (ข้อความ)	39
2.36	หน้าจอแสดงการติดตามดาวเทียมในเวลาจริง (แผนที่)	40
2.37	ผลที่หน้าจอเมื่อเลือกเมนูที่ 3	42
2.38	ผลที่หน้าจอสำหรับดาวเทียม 1 ดวง ในเวลา 20 วัน	43
2.39	ผลที่หน้าจอสำหรับดาวเทียมหลายดวงใน 1 วัน	44
2.40	หน้าจอเมนู Edit Station Element	46
2.41	หน้าจอภาพเมื่อเลือกกลุ่มดาวเทียม	47
3.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานการติดตามดาวเทียมสมัครเล่น	50
3.2	บล็อกไดอะแกรมของการ์ดอินเตอร์เฟส	52
4.1	การติดตั้งการ์ด Interface เข้ากับ slot ของคอมพิวเตอร์	55
4.2	การต่อสายเคเบิลจากการ์ด Interface เข้ากับตัวควบคุม Rotor และการต่อสายจากตัว Rotor เข้ากับตัวควบคุม Rotor	55
4.3	การ Tracking ดาวเทียมเมื่อเลือกเมนูที่ 1	57
4.4	การติดตามดาวเทียมเมื่อเลือกเมนูที่ 2	58

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบน IBM PC	22
2.2 ระยะทางระหว่าง SSP และสถานีภาคพื้นดินตามมุมเงย	30
2.3 One Day a Computer AMSAT-OSCAR 8 Orbit Calendar	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. วิจัยพัฒนาและออกแบบสร้างสถานีรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียม และการติดตามดาวเทียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ตลอดจนภาพทางอากาศและการศึกษาภูมิอากาศ
2. ออกแบบสายอากาศย่านความถี่ VHF และ UHF พร้อมชุดควบคุมการหมุนหาตำแหน่งดาวเทียม
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับสถานีรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียม และการติดตามดาวเทียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์
4. เพื่อสร้างชุดควบคุมการปรับทิศทางสายอากาศให้ตรงกับตำแหน่งดาวเทียม

### 1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

สามารถติดต่อสื่อสารกับดาวเทียมวงโคจรต่ำได้ โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นนี้ นอกจากนั้นสายอากาศที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับดาวเทียมจะต้องสามารถติดตามหาตำแหน่งดาวเทียมได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งการควบคุมระบบติดตามหาตำแหน่งดาวเทียมนี้จะควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์ interface

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้วิธีการติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ
2. สามารถทราบถึงลักษณะภูมิอากาศ เพื่อใช้ในการศึกษาและการตรวจสอบสภาพอากาศ
3. สามารถติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียมสำหรับการสื่อสารในระยะทางไกลๆ ได้
5. เป็นเครื่องต้นแบบสำหรับสถานีรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียม และการติดตามดาวเทียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

### 1.4 ข้อกำหนดของโครงการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์จะต้องหาได้ง่าย
2. สามารถใช้งานได้สะดวก
3. ระบบติดตามดาวเทียมจะต้องมีความแม่นยำพอสมควร เพื่อให้ได้สัญญาณที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# การสื่อสารผ่านดาวเทียมและการติดตามดาวเทียม

### 2.1 ประวัติการสื่อสารดาวเทียม

วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2500 รัสเซียได้เป็นประเทศแรกที่สามารถส่งดาวเทียมดวงแรกของโลกขึ้นโคจรอยู่ในอวกาศ นับเป็นอีกขั้นหนึ่งของการพัฒนาทางเทคโนโลยีของโลกดาวเทียมดวงแรกใช้ชื่อว่า Sputnik หลังจากประสบความสำเร็จในการส่งดาวเทียมดวงนี้แล้วก็มีดาวเทียมอีกจำนวนนับร้อยถูกส่งขึ้นไปโคจรในอวกาศเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน มีผลทำให้การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอวกาศในสาขาต่าง ๆ เช่น การสื่อสารผ่านอวกาศ, อุตุนิยมวิทยา, สภาพของโลก ฯลฯ เป็นไปอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น การพัฒนาของดาวเทียมนั้นมิได้เริ่มต้นเมื่อมีการส่งดาวเทียมดวงแรกขึ้นสู่วงโคจร แต่เริ่มจากการวิวัฒนาการของเทคโนโลยีหลายสาขา เช่น การพัฒนาของจรวด และอุปกรณ์การสื่อสาร รวมถึงความรู้อื่น ๆ อีกมากมาย

การพัฒนาการสื่อสารทางอวกาศ นับตั้งแต่ก่อนการส่งดาวเทียมดวงแรกจนกระทั่งหลังจากส่ง อาจสรุปได้โดยย่อดังนี้

พ.ศ. 2475 สหรัฐฯ ได้ทำการทดลองวัดสัญญาณรบกวน (Noise) จากกาแล็กซี่ โดยอาศัยวิทยุดาราศาสตร์

พ.ศ. 2481 ญี่ปุ่นได้ทำการทดลองวัดสัญญาณรบกวน (Noise) จากแสงอาทิตย์ โดยอาศัยวิทยุดาราศาสตร์

พ.ศ. 2488 ชาวอังกฤษ ชื่อ Arthur C. Clark แนะนำโครงสร้างของโครงการสื่อสารดาวเทียมที่ลอยอยู่กับที่ (Stationary Satellite)

พ.ศ. 2489 สหรัฐฯ ใช้เรดาร์ตรวจจับ Lunar Echo

พ.ศ. 2500 J.H. Trexler แห่งสหรัฐฯ ใช้ดวงจันทร์เป็นสถานีทบทวนสัญญาณแบบ Passive เป็นการสื่อสารโทรคมนาคมระหว่างจุด 2 จุด บนโลก

พ.ศ. 2500 รัสเซียทดลองระบบวิทยุ โดยผ่านดาวเทียม Sputnik

พ.ศ. 2501 กองทัพอากาศสหรัฐฯ ทำการส่งบันทึกเสียงผ่านดาวเทียม

พ.ศ. 2503 กองทัพอากาศสหรัฐฯ ส่ง Passive Relay ของโทรทัศน์และ TV ผ่านดาวเทียม Echo I

พ.ศ. 2503 กองทัพบกสหรัฐฯ ทำการทดสอบการ Delayed Relay ผ่านดาวเทียม Courier IB

พ.ศ. 2505 สหรัฐฯ อังกฤษ ฝรั่งเศส ได้ร่วมมือกันในการสื่อสารผ่านดาวเทียม Telstar I แบบ Active Relay (มีการขยายของสัญญาณซ้ำที่สถานีทบทวนสัญญาณ) ข้ามมหาสมุทรแอตแลนติก

พ.ศ. 2505 รัสเซียใช้ดาวเทียมในการส่งทีวี และติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียม Vostok 3,4

พ.ศ. 2506 สหรัฐฯ ใช้การติดต่อสื่อสารแบบ Passive Relay ผ่านดาวเทียมจำนวนมากในลักษณะ Scatter Needle

พ.ศ. 2506 สหรัฐฯ และญี่ปุ่นใช้ติดต่อสื่อสารกันโดยระบบ Active Relay ข้ามมหาสมุทรแปซิฟิก ผ่านดาวเทียม Relay I

พ.ศ. 2507 ญี่ปุ่นและสหรัฐฯ ได้ร่วมกันถ่ายทอด TV ในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกผ่านดาวเทียม Syncom 3 ซึ่งลอยอยู่กับที่

ต่อมาเมื่อวันที่ 6 เมษายน 2508 องค์การ Intelsat ส่งดาวเทียมโทรคมนาคมเพื่อการพาณิชย์ดวงแรกคือ Early Bird หรือ Intelsat I เหนือมหาสมุทรแอตแลนติก เพื่อติดต่อระหว่างยุโรปกับสหรัฐอเมริกา โดยฝรั่งเศส อิตาลี อังกฤษ ผลักดันทำงานติดต่อกับสหรัฐ-อเมริกา

ในช่วงนั้น เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2507 ได้มีการประชุมชั่วคราวของประเทศต่างๆ เพื่อก่อตั้งองค์การสื่อสารดาวเทียมเพื่อการพาณิชย์โลก โดยไม่มีกีดกันเชื้อชาติ ภาษา หรือลัทธิของประเทศผู้ให้บริการ ในขั้นต้นที่ประชุมเห็นสมควร ตั้งชื่อหน่วยงานนี้ว่า Global Interim Commercial Communication แต่ต่อมาในเดือนพฤศจิกายน 2508 ได้เปลี่ยนชื่อใหม่ว่า องค์การดาวเทียมเพื่อกิจการโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Satellite Organization) มีชื่อย่อว่า Intelsat ตามการประชุมของหน่วยงาน ICSC (Interim Communication Intelsat) มีมติให้แต่งตั้งคณะกรรมการขององค์การ Intelsat โดยประกอบด้วยตัวแทนของผู้ถือหุ้นไม่น้อยกว่า 1.5% โดยในช่วงแรก Intelsat มีเงินจดทะเบียน 200 ล้านดอลลาร์ มีกรรมการ 18 คน มีผู้ถือหุ้นรายใหญ่ คือ สหรัฐฯ 61%, อังกฤษ 8.4%, ฝรั่งเศส 6.1% ต่อมาในปี พ.ศ. 2516 เงินจดทะเบียนมีถึง 500 ล้านดอลลาร์ มีผู้ถือหุ้นรายใหญ่ เช่น สหรัฐฯ 39.2% อังกฤษ 10.6% ญี่ปุ่น 4.5% สำหรับประเทศที่ถือหุ้นน้อยกว่า 1.5% นั้นจะต้องรวมกลุ่มกันเพื่อให้มีจำนวนหุ้นรวมกัน 1.5% จึงจะสามารถรวมกันประชุมกับคณะกรรมการได้ 1 เสียง โดยสมาชิกในกลุ่มจะหมุนเวียนกันประเทศละ 1 ปี เพื่อเข้าร่วมประชุมกับคณะกรรมการขององค์การ Intelsat ส่วนประเทศไทยเป็นสมาชิกขององค์การ Intelsat ในอันดับที่ 49 โดยเข้าร่วมในปี พ.ศ. 2509

วันที่ 26 ตุลาคม 2509 องค์การ Intelsat ส่งดาวเทียม Intelsat 2 คู่วงโคจร และประเทศไทยเปิดการติดต่อสื่อสารดาวเทียมเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกกับสหรัฐอเมริกาทั้งด้านฮาวาย เมื่อวันที่ 1 เมษายน 2510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 11 ธันวาคม 2511 องค์การ Intelsat ส่งดาวเทียม Intelsat 3 ขึ้นสู่วงโคจร ประเทศไทยติดต่อดาวเทียม Intelsat 3 F-4 ทางด้านมหาสมุทรแปซิฟิก และดาวเทียม Intelsat 3 F-3 เหนือมหาสมุทรอินเดีย เมื่อวันที่ 1 เมษายน 2513

หลังจากนั้นประเทศไทยก็ใช้ดาวเทียมของ Intelsat มาตลอดในปัจจุบันประเทศไทยยังใช้ดาวเทียมอื่น ๆ อีก เช่น ดาวเทียม Palapa ของประเทศอินโดนีเซีย ดาวเทียม Asiasat ของประเทศฮ่องกง และตั้งแต่ปี 2536 เป็นต้นไปประเทศไทยจะมีดาวเทียมของตนเองชื่อว่า ไทยคม (Thaicom) ชื่อบริษัท ชินวัตรคอมพิวเตอรส์แอนด์คอมมูนิเคชั่น เป็นผู้ได้รับสัมปทาน รายละเอียดต่าง ๆ ในการใช้ดาวเทียมของประเทศไทยในปัจจุบัน

## 2.2 โครงสร้างของระบบการสื่อสารดาวเทียม

โครงสร้างของระบบการสื่อสารดาวเทียม ประกอบด้วย

2.2.1 ดาวเทียมค้างฟ้า (Geostationary Satellite) โดยปกติมีสองดวงๆ หนึ่งใช้การและอีกดวงหนึ่งสำรอง (Buck Up) แต่ละดวงจะมีอายุใช้การประมาณ 7-15 ปี

2.2.2 สถานีควบคุมดาวเทียมให้อยู่ในวงจรถูกต้อง (Station Keeping Master Control Station)

2.2.3 ชั้นบรรยากาศ (Free Space)

2.2.4 สถานีภาคพื้นดินชนิดต่างๆ (Earth Stations)

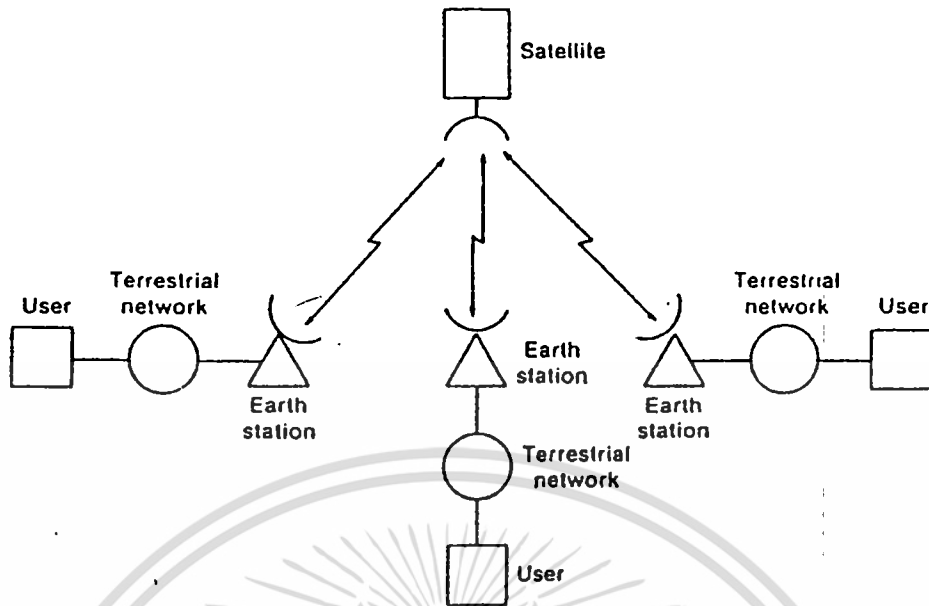
2.2.5 การเชื่อมโยง (links) ต่างๆ ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับผู้ใช้บริการ (User) เช่น ชุมสายโทรศัพท์, สถานีโทรศัพท์ เป็นต้น

2.2.6 การเชื่อมต่อกับเครือข่ายสื่อสารภาคพื้นดิน (Terrestrial Network) เมื่อทำการติดตั้งสถานีภาคพื้นดินขึ้นเมื่อใดก็ตามภายในพื้นที่ครอบคลุม (Civerage Area) แล้วก็สามารถจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดินทั้งหมดได้ทันที ข้อดีอันนี้เองที่ทำให้ระบบมีความคล่องตัว และสามารถเสนอบริการใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี

## 2.3 ระบบสื่อสารดาวเทียม (Satellite Systems)

ระบบสื่อสารดาวเทียมมีส่วนประกอบพื้นฐานคือ ดาวเทียมที่ลอยอยู่ในอวกาศ ซึ่งดาวเทียมนี้จะทำการสื่อสารเชื่อมโยงกับสถานีภาคพื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยผู้ใช้ทำการส่งสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband) สัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังสถานีภาคพื้นดิน โดยเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดิน (Terrestrial Network) ซึ่งอาจจะเป็นสายโทรศัพท์หรือสายสัญญาณที่สร้างขึ้นมาสำหรับกรณีโดยเฉพาะ เมื่อมาถึงสถานีภาคพื้นดิน สัญญาณก็จะถูกมอดูเลต (Modulate) และขยายจากนั้นจะส่งออกขึ้นไปยังตัวดาวเทียม ดาวเทียมนั้น เมื่อรับสัญญาณแล้วก็จะทำการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของการสื่อสารดาวเทียม

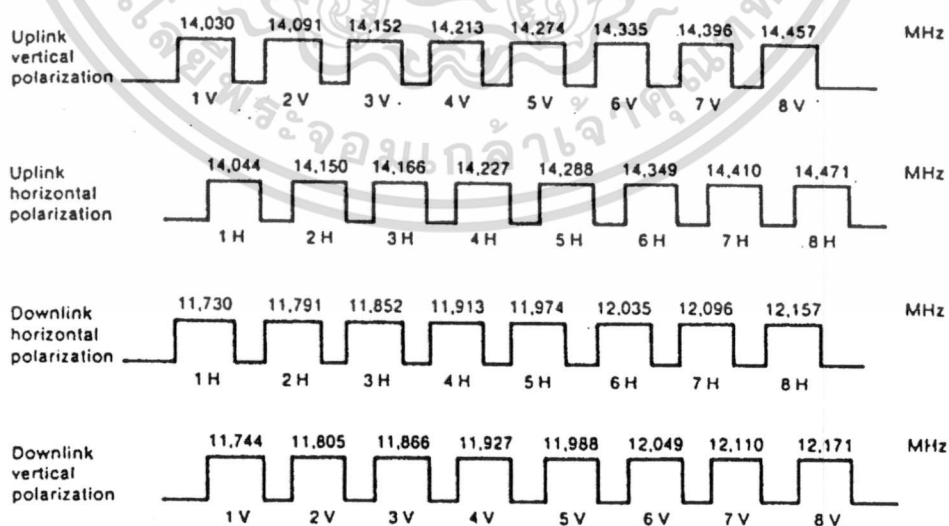
เอาสัญญาณเฉพาะ ในช่วงความถี่ที่ต้องการแล้วทำการขยายสัญญาณและส่งกลับลงมายังพื้น โลกอีก ครั้งหนึ่ง สถานีภาคพื้นดินที่ทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมก็จะทำการในกระบวนการที่ย้อนกลับ กับตอนที่ส่งไปยังดาวเทียมคือ ทำการขยายสัญญาณที่รับมาแล้วทำการดีมอดูเลต (Demodulate) กลับไปเป็นสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband) และส่งต่อไปยังผู้ใช้โดยผ่านทางเครือข่ายการสื่อสาร ภาคพื้นดิน (Terrestrial Network)

ในปัจจุบันดาวเทียมสื่อสารในธุรกิจทั่ว ๆ ไป จะมีขอบเขตการใช้งานขนาดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของสัญญาณขาขึ้นและขาลงประมาณ 500 MHz และแถบความถี่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือ ในย่าน C-band 6/4 GHz โดยสัญญาณขาขึ้นจะมีความถี่คลื่นพาห์ (Carrier) ในช่วง 5.725 ถึง 7.075 GHz และสัญญาณขาลงจะมีความถี่คลื่นพาห์ ในช่วง 3.4 ถึง 4.8 GHz การใช้งานในย่านความถี่ 6/4 GHz นี้ ในปัจจุบันมีการใช้งานกันมากขึ้นเรื่อยๆ ทั่วโลกถ้าปล่อยให้ มีการใช้งานในด้านนี้มากขึ้นต่อไปอีก ก็จะทำให้เกิดปัญหาทางด้านสัญญาณที่จะเกิดการรบกวน กันขึ้นได้ ดังนั้น จึงได้มีการเริ่มใช้งานในย่านความถี่ Ku-band 14/12 GHz ขึ้นอีกโดยที่ความถี่ ขาขึ้นจะอยู่ในช่วง 12.75 ถึง 14.8 GHz และความถี่ขาลงจะอยู่ในช่วง 10.7 ถึง 12.3 GHz ความถี่ในย่านนี้มีแนวโน้มว่า จะมีการใช้งานกันมากขึ้นในอนาคต แต่ปัญหาหนึ่งที่เป็นข้อเสียเปรียบของการใช้งานในย่านความถี่นี้คือ ปัญหาการลดทอนสัญญาณเนื่องจากฝน (Rain Induced Attenuation) ซึ่งมีค่ามากกว่าในย่าน C-band (6/4 GHz) มาก นอกจากนี้ความถี่ในย่าน 30/20 GHz มีการนำมาใช้งานกันบ้างแล้ว ซึ่งประกอบด้วยความถี่ขาขึ้นในช่วง 27.5 ถึง 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GHz และความถี่ข้างใน ช่วง 18.1 ถึง 21.2 GHz อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการใช้งานในย่านความถี่ 30/20 GHz นั้นยังอยู่ในขั้นทดลองและมีราคาแพงมาก

สำหรับดาวเทียมโดยทั่วไปซึ่งมีขอบเขตการใช้งานโดยมีแบนด์วิดท์ 500 MHz ในย่านความถี่ 6/4 GHz และ 14/12 GHz นั้นจะแบ่งแยกเป็นส่วนย่อย ๆ ที่เรียกว่า ทรานส์พอนเดอร์แบนด์วิดท์ (Transponder Bandwidth) ตัวอย่าง เช่น ดาวเทียมสื่อสารเพื่อการพาณิชย์ดวงหนึ่งซึ่งมี 8 ทรานส์พอนเดอร์ (Transponder) โดยในแต่ละทรานส์พอนเดอร์จะมีขนาดแบนด์วิดท์เท่ากับ 54 MHz และจุดศูนย์กลางความถี่ของแต่ละทรานส์พอนเดอร์จะห่างกัน 61 MHz (เพื่อเหลือให้มี Guardband ที่มีขนาดเพียงพอต่อการป้องกันการรบกวนระหว่างทรานส์พอนเดอร์) ดังนั้น เมื่อรวมความถี่ทั้งหมด 8 ทรานส์พอนเดอร์ ก็จะได้ความถี่ประมาณเท่ากับแบนด์วิดท์ในการใช้งานของตัวดาวเทียมนั้นคือ 500 MHz นอกจากนี้แล้วก็จะมีเทคนิคที่จะเรียกว่า การใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency Reused) ซึ่งทำเสมือนกับเป็นการเพิ่มจำนวนทรานส์พอนเดอร์ของดาวเทียมโดยที่แบนด์พอนด์เดอร์หนึ่งจะใช้การโพลาไรซ์ในแนวตั้ง เช่น การโพลาไรซ์ในแนวตั้ง (Vertical Polarization) และอีกทรานส์พอนเดอร์หนึ่งจะใช้การโพลาไรซ์ในอีกแนวหนึ่ง เช่น การโพลาไรซ์ในแนวนอน (Horizontal Polarization) โดยที่การรบกวนกันระหว่าง 2 ทรานส์พอนเดอร์จะถูกลดลงโดยสภาพตามธรรมชาติของตัวมันเองที่มีแนวของสนามไฟฟ้าคนละแนว การแยกแยะสัญญาณรบกวนระหว่างกันสามารถทำได้ถึง 30 dB นอกจากนี้ก็จะมีวิธีการลดการรบกวนระหว่างทรานส์พอนเดอร์ลงไปได้อีก โดยการทำให้ 1 ทรานส์พอนเดอร์มีความถี่กลางในการใช้งานที่เหลื่อมกัน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2 ทำให้การเหลื่อมกันของช่องสัญญาณใช้งานจะมีค่าประมาณเพียงครึ่งหนึ่งของทรานส์พอนเดอร์ จากรูปที่ 2.2 จะเห็น



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการใช้เทคนิคความถี่ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ว่า จากการใช้เทคนิคการใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency Reused) นี้จะทำให้จำนวนทรานส์พอนเดอร์ของดาวเทียมที่มีแบนด์วิดท์ 500 MHz นี้เพิ่มจำนวนจาก 8 ทรานส์พอนเดอร์เป็น 16 ทรานส์พอนเดอร์ คือเพิ่มขึ้นเท่าตัว โดยที่ขนาดของแบนด์วิดท์ยังคงเป็น 500 MHz เท่าเดิม

## 2.4 วงโคจรของดาวเทียม (Satellite Orbit)

การใช้ดาวเทียมเพื่อการสื่อสารในปัจจุบัน ใช้ดาวเทียมทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณโดยการส่งดาวเทียมไปโคจรในวงโคจรรอบโลกและบรรจุอุปกรณ์รับ – ส่งสัญญาณวิทยุไว้ภายในเพื่อรับสัญญาณจากสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน หลังจากนั้นดาวเทียมจะทำการขยายสัญญาณดังกล่าวแล้วจึงถ่ายทอดสัญญาณลงมายังพื้นโลกอีกทอดหนึ่ง การโคจรของสัญญาณอวกาศรอบโลกนั้นอาศัยแกนการหมุนของโลกเป็นหลักโดยโคจรไปตามแนวหมุนของโลก ซึ่งจะมีการโคจรในรูปแบบต่าง ๆ เช่น โคจรเป็นรูปวงกลมในแนวเส้นศูนย์สูตร เป็นต้น

การโคจรของดาวเทียมสามารถแบ่งตามลักษณะการโคจรได้ 3 ประเภท คือ

### 2.4.1 Polar Orbit

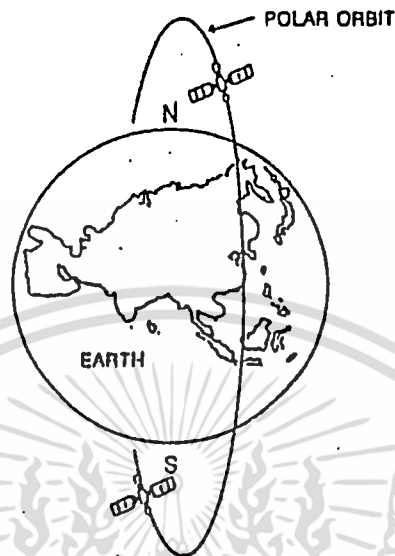
คือ วงโคจรที่มีรูปลักษณะเป็นวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในแนวขั้วโลก อาจกล่าวได้ว่าเป็นวงโคจรลักษณะเดียว ที่สามารถให้พื้นที่เป็นบริการครอบคลุมได้ทั่วโลกจริง ๆ โดยใช้กลุ่มดาวเทียมโคจรในวงโคจร Polar Orbit ที่ตำแหน่งทางเวลาและทางมุมที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามกรณีการที่จะทำให้เกิดการทำงานที่ประสานลงตัวได้เช่นนี้ยังอยู่ในจำกัดด้วยข้อจำกัดบางเทคนิค ความคุ้มค่าในการลงทุน ความยุ่งยากซับซ้อนในการทำงานทั้งการควบคุมดาวเทียมและตัวสถานีพื้นดิน ในอดีตวงโคจรชนิดนี้ยังไม่ถูกนำมาใช้งานในด้านการสื่อสารโทรคมนาคม แต่มีการใช้งานวงโคจรชนิดนี้ในด้านการนำร่อง (navigation) การอดุณิคมวิทยาและการสำรวจทรัพยากรธรณี แต่ในอนาคตอันใกล้จะมีการนำเอาวงโคจร Polar Orbit มาใช้งานด้านสื่อสารโทรคมนาคมมากขึ้น เช่น โครงการระบบดาวเทียม IRIDIUM ของบริษัทโมโตโรล่าที่จะส่งดาวเทียมจำนวน 66 ดวง ไปโคจรในวงโคจรระดับต่ำที่มีลักษณะการโคจรเป็น Polar Orbit จำนวน 6 วงโคจรเพื่อใช้สำหรับการสื่อสารระบบโทรทัศนเคลื่อนที่ ๆ สามารถติดต่อกันได้ทั่วโลก ผ่านดาวเทียม

### 2.4.2 Inclined Orbit

วงโคจรลักษณะนี้ มีอยู่ด้วยกันจำนวนมาก แตกต่างกันไปตามความเอียงหรือมุมที่ทำกับระนาบศูนย์สูตรและความเร็วของวงโคจรว่ามากน้อยเพียงใด วงโคจรนี้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถใช้พื้นที่บริการที่บริเวณละติจูดสูงหรือต่ำมาก ๆ ได้หรืออาจครอบคลุมพื้นที่ขั้วโลกได้ด้วย ในขณะที่วงโคจรระนาบศูนย์สูตรจะไม่สามารถให้บริการครอบคลุมไปถึง เนื่องจากส่วนโค้งของโลกบดบังไว้ ในอดีตประเทศสหภาพโซเวียตเป็นประเทศที่นำเอาวงโคจรชนิดนี้มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุดเนื่องจากพื้นที่ของประเทศส่วนใหญ่อยู่ในละติจูดสูงมาก เช่น วงโคจร Molnya และวงโคจร Tundra นิยมใช้งานในด้านการนำร่อง อุตุนิยมวิทยา การสำรวจทรัพยากรธรณี เป็นต้น



รูปที่ 2.3 วงโคจร Polar Orbit

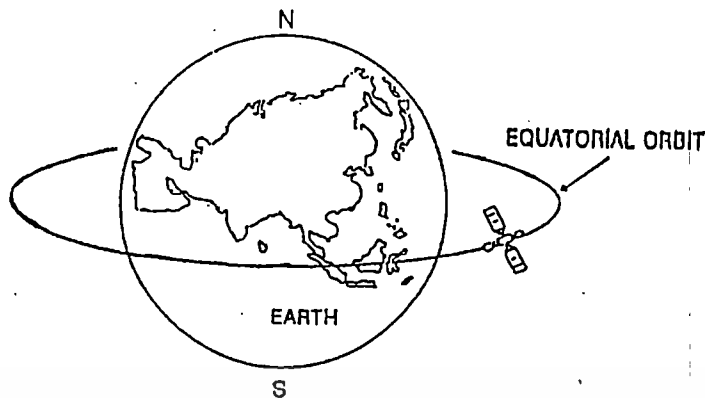


รูปที่ 2.4 วงโคจร Inclined Orbit

#### 2.4.3 Equatorial Orbit

คือ วงโคจรที่อยู่บนระนาบเดียวกันกับแนวเส้นศูนย์สูตรของโลก โดยมีลักษณะการโคจรเป็นรูปวงกลม ตัวอย่างของวงโคจรชนิดนี้ที่มีความสำคัญต่อการสื่อสารโทรคมนาคมของโลกเป็นอย่างมาก ได้แก่ วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit หรือ geosynchronous orbit)

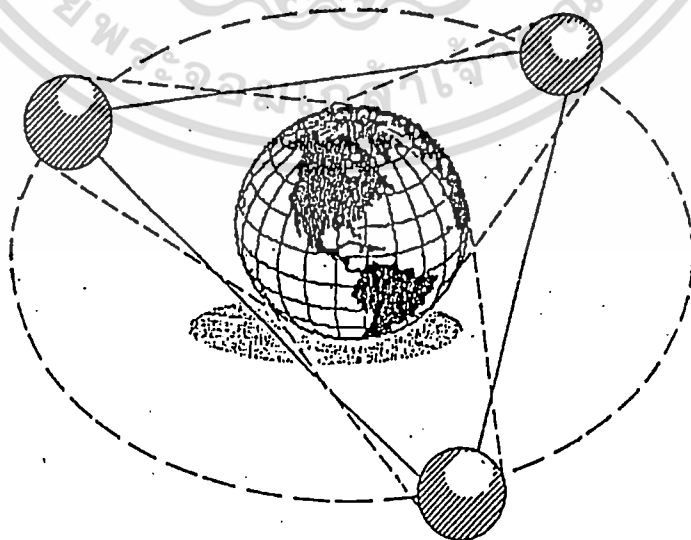
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงโคจร Equatorial Orbit

### (1) วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit)

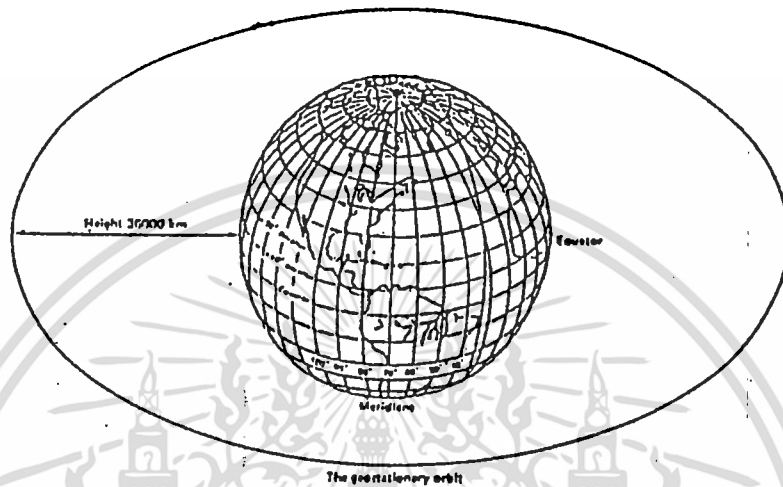
ในปี ค.ศ. 1945 Arthur C.Clark นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้เสนอบทความตีพิมพ์ในวารสาร UK,s Wireless Journal เมื่อเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1945 ก่อนที่ดาวเทียมดวงแรกจะถูกส่งขึ้นสู่อวกาศ ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วทุกมุมโลก และเป็นที่มาของวงโคจรค้างฟ้า (geostationary orbit) ซึ่งถึงนำไปใช้สำหรับดาวเทียมสื่อสาร ปัจจุบัน โดยการส่งชุดสถานีอวกาศ (Space Station) ไปปล่อยลอยอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของโลก ที่ 42,000 กม. หรือห่างจากพื้นผิวโลกประมาณ 35,800 กม. และให้โคจรรอบโลกในแนวเส้นศูนย์สูตรภายในเวลา 24 ชั่วโมง Space Station ดังกล่าวจะเสมือนลอยอยู่นิ่งเมื่อมองจากพื้นโลก และการวางตำแหน่งของ Space Station เพียงสามจุดรอบโลก ในวงโคจรดังกล่าวตามรูปจะทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วโลก



รูปที่ 2.6 แนวความคิดของ Arthur C.Clark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงโคจรค้างฟ้าที่มีความสูงประมาณ 35,800 กม. จากพื้นผิวโลก มีคาบการโคจร 24 ชั่วโมง ทำให้การโคจรของดาวเทียมชนิดนี้ มีความเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลกพอดี ผลที่เกิดขึ้นก็เมื่อมองดาวเทียมบนวงโคจรนี้จากจุดใดจุดหนึ่งบนโลก จะพบว่าดาวเทียมเสมือนหนึ่งคงตำแหน่งอยู่กับที่ เหมือนกับค้างฟ้า อยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.7 วงโคจรค้างฟ้า (Geostation Orbit)

ประโยชน์ที่ได้รับจากวงโคจรนี้ก็คือ เมื่อเราเห็นจานสายอากาศรับ-ส่งสัญญาณของสถานีภาคพื้นดิน ไปยังดาวเทียมค้างฟ้าที่ต้องการแล้ว ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งมุมของจานสายอากาศอีกตลอดเวลาใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถสร้างพื้นที่ครอบคลุมให้บริการขนาดใหญ่ (Global Coverage) โดยสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า 1 ใน 3 ของโลกทำให้เราสามารถสร้างเครือข่ายสื่อสารทั่วโลกขึ้นได้ ปัจจุบันการสื่อสารโทรคมนาคมผ่านดาวเทียม ส่วนใหญ่จะใช้วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit) ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นดาวเทียม Intelsat, Eutelsat, Palapa, Asiasat รวมทั้ง Thaicom ของประเทศไทยที่ส่งขึ้นสู่วงโคจรในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2536 ด้วยเช่นกัน

## 2.5 ระบบควบคุมตำแหน่งและวงโคจรของดาวเทียม

การควบคุมตำแหน่งของดาวเทียมเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อที่จะให้จานสายอากาศของดาวเทียมซึ่งเป็นชนิดที่มีบีม (Beam) แคบ ให้ชี้มายังโลกในตำแหน่งบริเวณที่ถูกต้อง มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ตัวดาวเทียมเกิดการหมุน ซึ่งทำให้ทิศทางของจานสายอากาศผิดไปจากตำแหน่งที่ต้องการ ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 นอกจากนี้ แรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ ก็จะทำให้เกิดแรงต่อตัวดาวเทียมได้ ถ้าตัวดาวเทียมไม่อยู่ในสภาพที่สมดุลเพียงพอ และยังมีสนามแม่เหล็กจากเอกภพนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลก ซึ่งสามารถกระทำให้เกิดแรงต่อตัวดาวเทียมได้ ค่าโมเมนต์ทางแม่เหล็กของดาวเทียมไม่เป็นศูนย์

นอกจากนี้แล้ว สนามโน้มถ่วงต่าง ๆ ซึ่งกระทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางตำแหน่งแล้ว ก็ยังทำให้ดาวเทียมเกิดความเร่ง ซึ่งจะเป็ผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระนาบของวงโคจร สนามโน้มถ่วงมีผลมากที่สุดคือ แรงดึงดูดจากดวงจันทร์ซึ่งมีค่าประมาณสามเท่า ของแรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์ ผลทางการเปลี่ยนแปลงของวงโคจรนั้น จากการวัดในช่วงปี พ.ศ. 2513-2523 จะมีการเปลี่ยนแปลงของมุมประมาณ 0.85 ต่อปี ถ้าไม่มีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่ว่านี้ก็จะทำให้มุมของระนาบวงโคจรเปลี่ยนแปลงไปถึงค่าสูงสุด คือ 14.67 องศา ในเวลา 26.7 ปี จากนั้นการเปลี่ยนแปลงก็จะไปในทางลดลง เป็นเช่นนี้สลับกันไปเรื่อย ๆ

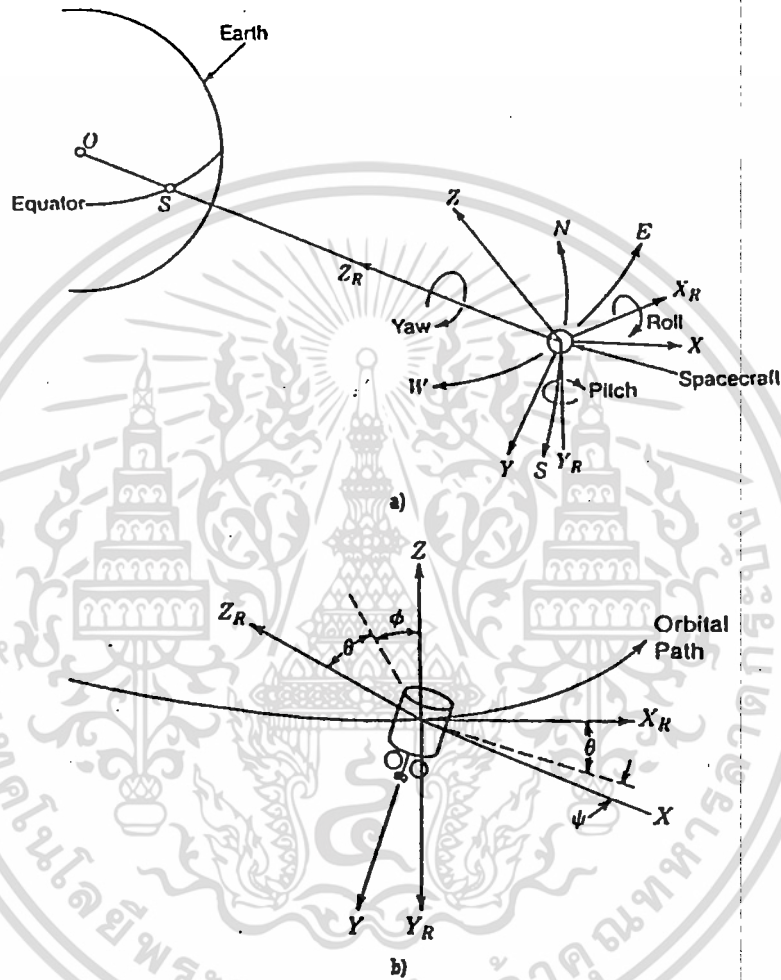
จากการที่โลกมิได้มีสัญญาณเป็นทรงกลมอย่างสมบูรณ์ โดยบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่ตำแหน่ง Longitude 15 องศาตะวันตกและ 165 องศาตะวันออก จะมีลักษณะที่โป่งออกมา มากกว่าส่วนอื่นประมาณ 65 เมตร ซึ่งเป็นผลให้ดาวเทียมที่ไว้การควบคุมมีแนวโน้มที่จะโคจรไปอยู่ที่ตำแหน่งสมดุลตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง จากสองตำแหน่งคือ 105 องศาตะวันตก และ 75 องศาตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เพื่อที่จะยังคงให้ดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งถูกต้องนั้น จะต้องมีอุปกรณ์ที่คอยควบคุมให้เกิดแรงกระทำต่อต้านต่อผลดังกล่าวที่ว่านี้เป็นระยะ ๆ ไปโดยเรียกอุปกรณ์นี้ว่า Thrusters สำหรับผลเนื่องจากการป่านของขั้วโลกเหนือและใต้ประมาณ 20 กิโลเมตร นั้นมีผลน้อยมากต่อดาวเทียมค้างฟ้า

### 2.5.1 ระบบควบคุมตำแหน่ง

โดยทั่วไปมีอยู่สองวิธีที่จะควบคุมตำแหน่งของดาวเทียมให้ถูกต้อง ซึ่งตามปกติแล้วตัวดาวเทียมเองนั้นมีความสามารถที่จะหมุนรอบตัวเองคล้ายลูกข่าง ในช่วงอัตรา 30-100 รอบต่อนาที ซึ่งเราจะเรียกดาวเทียมในลักษณะนี้ว่า Spinners ซึ่งจะทำให้เกิดสภาพที่ตัวดาวเทียมมีโมเมนต์ทางการหมุนค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งจะคอยต่อต้านการกระทำเนื่องจากผลภายนอก สำหรับในอีกวิธีหนึ่ง นั้นจะใช้ล้อดูลูกกำลังที่เรียกว่า Monemtum Wheel ติดตั้งอยู่ในแกนสามแกนซึ่งตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยล้อหมุนที่ว่านี้จะถูกขับโดยมอเตอร์ด้วยอัตราการหมุนที่สูง โดยการควบคุมการหมุนของล้อทั้งสามแกนนี้ก็จะสามารถทำให้ดาวเทียมมีโมเมนต์ัมในทิศทางต่าง ๆ อย่างถูกต้องเพื่อคอยต่อต้านการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบภายนอกได้ เรียกวิธีนี้ว่า Three-Axis Stabilization ตัวอย่างของดาวเทียมที่ใช้ระบบควบคุมแบบนี้ก็เช่น Intelsat V ตัวอย่างดาวเทียมแบบ Spinner ได้แก่ Intelsat IV-A และดาวเทียมอื่นที่สร้างโดยบริษัท Hughes Aircrafts เช่น Palapa, Comstar และ HS 376 ซึ่งเป็นดาวเทียมรุ่นที่ประเทศไทยนำมาใช้เป็นดวงแรกในชื่อว่า “ไทยคม”

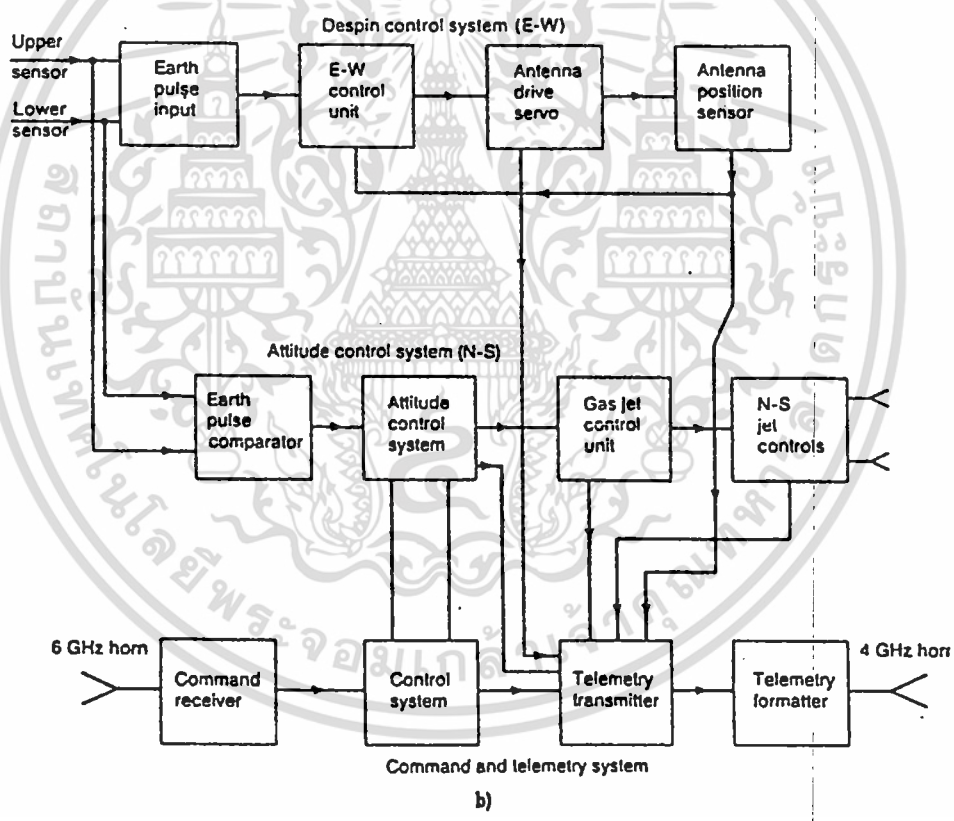
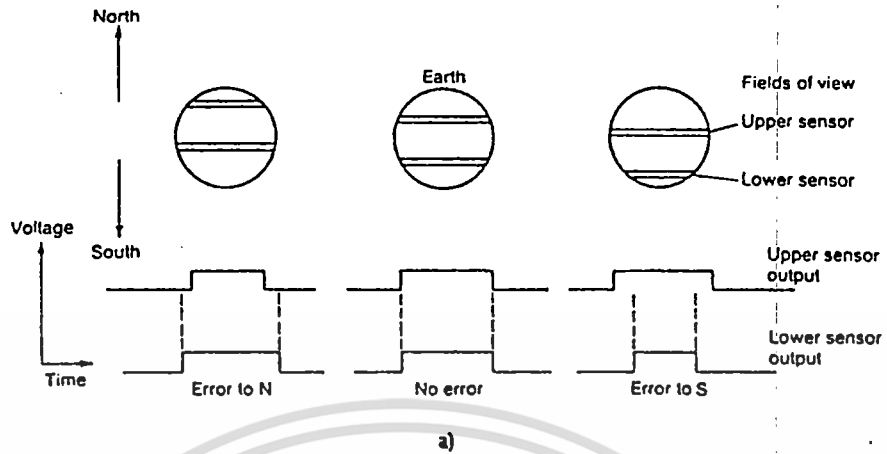
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแรงกระทำให้ทิศทางต่าง ๆ ที่กระทำต่อดาวเทียม แสดงในรูปที่ 2.8 (a และ (b ส่วนในรูปที่ 2.9 (a แสดงให้เห็นการใช้ Infrared Sensor ควบคุมการหมุนขยายดาวเทียม เพื่อคอยปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่ถูกต้อง และในรูปที่ 2.9 (b แสดงแผงควบคุมการหมุนของดาวเทียม



รูปที่ 2.8 แรงที่กระทำต่อดาวเทียมค้างฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

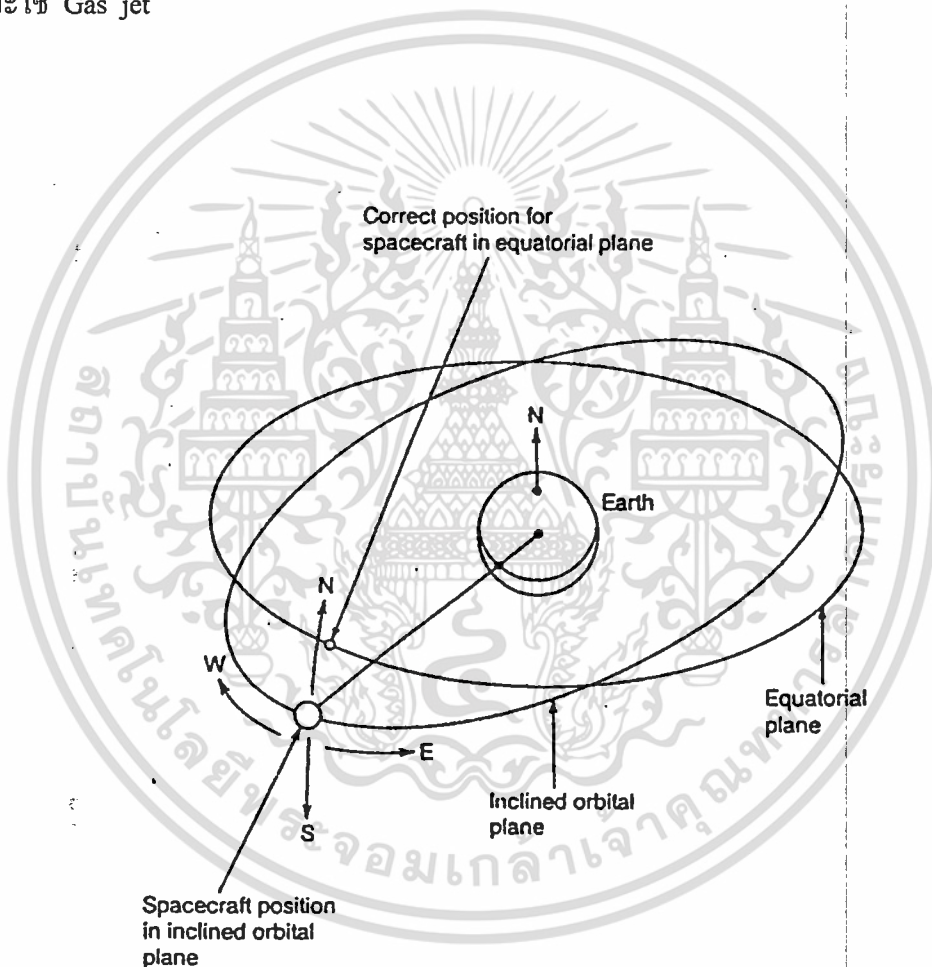


รูปที่ 2.9 a) หลักการควบคุม N-S ในการหมุนของดาวเทียมโดยใช้ Infrared Sensors  
 b) แผงควบคุมการหมุนของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

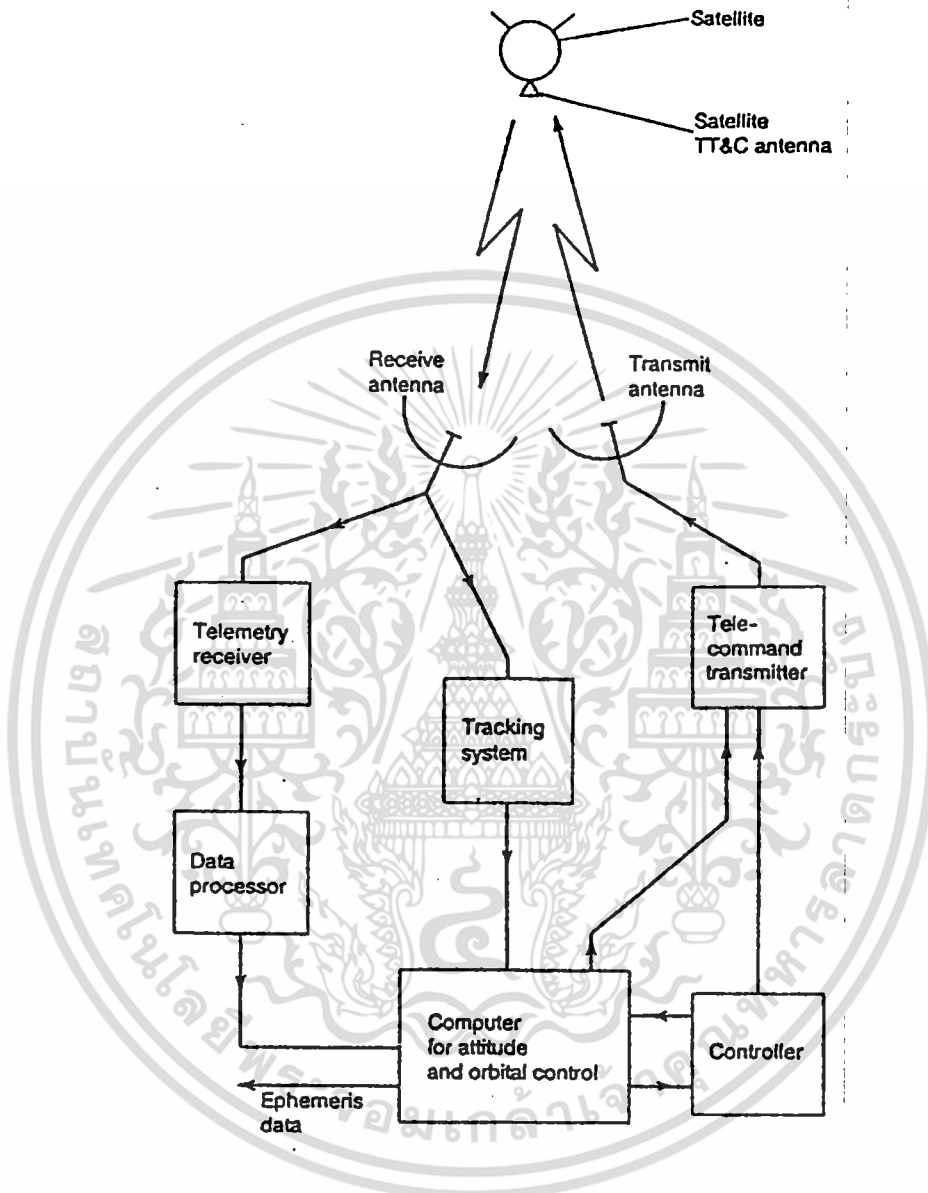
### 2.5.2 ระบบควบคุมโคจร

รูปที่ 2.10 แสดงถึงระนาบวงโคจรของดาวเทียมเทียบกับระนาบศูนย์สูตร (Equatorial Plane) โดยวงโคจรที่ถูกต้องของดาวเทียมนี้อยู่ในระนาบเดียวกันกับระนาบศูนย์สูตร และมีระยะห่างจากโลกที่ถูกต้องด้วย เมื่อมีแรงกระทำต่อภายนอก เช่น แรงดึงดูดจากดวงจันทร์มากระทำให้วงโคจรผิดพลาดไป ก็จะเป็นหน้าที่ของระบบควบคุมวงโคจรที่จะคอยปรับเปลี่ยนให้วงโคจรกลับไปอยู่ในระนาบที่ถูกต้องเหมือนเดิม การกระทำดังกล่าวนี้ไม่สามารถที่จะใช้ Momentum Wheel ได้เนื่องจากการที่จะให้วงโคจรกลับไปอยู่ในสภาพเดิมจะต้องใช้โมเมนตัมเชิงเส้น ซึ่งในที่นี้จะใช้ Gas jet



รูปที่ 2.10 ระนาบวงโคจรของดาวเทียมกับเส้นศูนย์สูตร

## 2.6 ระบบตรวจจับและสั่งการดาวเทียม (TT&C)



รูปที่ 2.11 ระบบตรวจจับและสั่งการของดาวเทียม

ระบบนี้เป็นระบบที่สำคัญมากอย่างหนึ่งของดาวเทียม มีส่วนประกอบที่สัมพันธ์กันระหว่างตัวดาวเทียมและสถานีควบคุมบนพื้นโลก ระบบนี้จะคอยทำหน้าที่เป็นเหมือนผู้จัดการระบบสื่อสารและอื่นๆ ทั้งหมด คือ มีการตรวจจับสภาพต่างๆ ของดาวเทียมว่าเป็นอย่างไร แล้วส่งมายังสถานีควบคุมภาคพื้นดิน จากนั้นสถานีควบคุมก็จะทำการประมวลสัญญาณดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณจากระบบ Telemetry และระบบ Tracking ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อต้นๆ จากนั้นจึงทำการส่งสัญญาณควบคุม (Command) ที่เหมาะสมกลับไปยังดาวเทียมเพื่อให้ดาวเทียมปรับไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพต่างๆ ของตัวมันเองให้ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพการใช้งานและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

### 2.6.1 ระบบ Telemetry

ระบบ Telemetry เป็นระบบที่ทำการเก็บข้อมูลจากการตรวจจับ (Sensor) ที่จับสัญญาณจากจุดต่าง ๆ ในดาวเทียม แล้วทำการส่งข้อมูลดังกล่าวนี้ไปยังสถานีควบคุมภาคพื้นดินตามปกติแล้วจุดที่จะต้องทำการตรวจจับต่าง ๆ นั้นมีมากมายอาทิ เช่น- แรงดันในถังเก็บเชื้อเพลิง, กระแสไฟฟ้าและแรงดันในส่วนที่ผลิตพลังงานไฟฟ้า ตลอดจนค่ากระแสและแรงดันต่าง ๆ ในอุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์

โดยทั่วไปสัญญาณข้อมูล Telemetry นี้ จะถูกส่งในแบบดิจิตอลชนิด PSK หรือ FSK โดยใช้กำลังในการส่งออกต่ำและใช้เทคนิคในการส่งแบบ TDM เมื่อสัญญาณมาถึงสถานีภาคพื้นดินก็จะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ตรวจสอบ, จัดเก็บ และถอดรหัสข้อมูล Telemetry นี้ เพื่อใช้ในการดำเนินการให้ได้มาซึ่งสัญญาณควบคุมเพื่อส่งกลับไปยังตัวดาวเทียมอีกครั้งหนึ่ง

### 2.6.2 ระบบ Tracking

มีเทคนิคมากมายในการที่จะหาค่าตำแหน่งของดาวเทียม ณ เวลาใด ๆ โดยตัวตรวจจับความเร็วและความเร่งบนตัวดาวเทียม จะเป็นตัวบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งและวงโคจรในขณะนั้น สำหรับอุปกรณ์ภาคพื้นดินที่มีความแม่นยำสูง ๆ นั้นจะสามารถบ่งบอกถึงตำแหน่งของดาวเทียมได้ละเอียดถูกต้องในระดับความผิดพลาดที่น้อยกว่า 100 เมตร

### 2.6.3 ระบบ Command

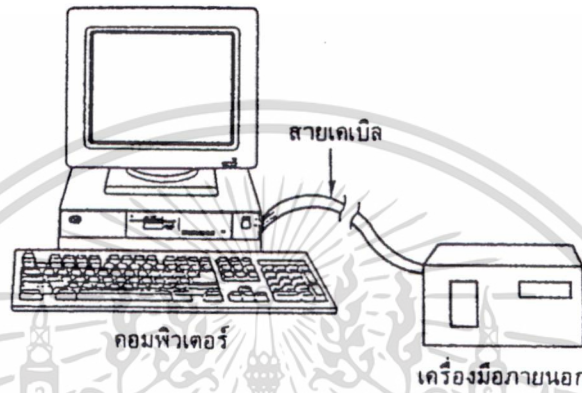
ระบบสั่งการและระบบการเชื่อมโยง Telemetry นี้ เป็นส่วนแยกออกจากส่วนระบบสื่อสารของตัวดาวเทียม แต่ก็ยังคงใช้ความถี่ในการรับและส่งในย่านเดียวกัน โดยหน้าที่ในระบบสั่งการคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบ Telemetry และระบบ Tracking จากนั้นจึงผ่านไปยังหน่วยคอมพิวเตอร์ควบคุมเพื่อส่งกลับไปยังตัวดาวเทียม เพื่อให้ตัวดาวเทียมทำการปรับสภาพต่างๆ ของตัวมันเองให้เหมาะสมต่อไป

## 2.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์เบื้องต้น

ไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM PC มีใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน ไม่ว่าในสำนักงานหรือที่บ้าน นอกจากใช้ในงานด้าน ซอฟต์แวร์แล้ว ยังสามารถใช้งานในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือภายนอก (external instrument) ต่าง ๆ เพื่อทำการวัดปริมาณทางกายภาพและส่งผล กลับในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมปริมาณทางกายภาพที่แวดล้อมตัวเรา อาจจะเป็นภายในบ้าน ที่ทำงาน หรือห้องทดลองก็ได้ ปริมาณทางกายภาพเหล่านี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง โมเมนต์การเปิด-ปิดประตู เป็นต้น

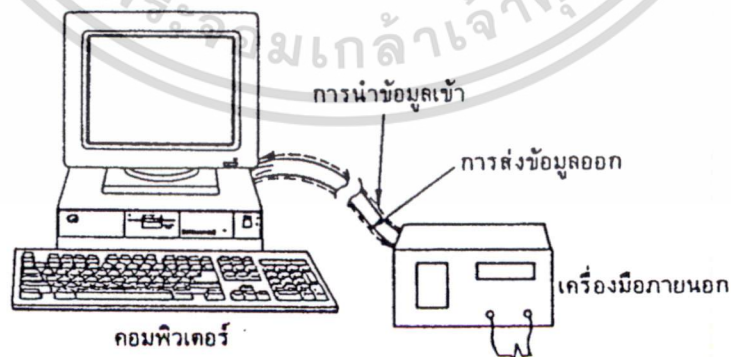
ในการเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ ได้ใช้สายเคเบิลในการสื่อสาร แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การใช้สายเคเบิลต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์ มีเส้นทางที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ เครื่องมือภายนอกโดยมีการเรียก ข้อมูลเข้ามา และเมื่อต้องการควบคุมก็ทำการส่งข้อมูลออกไป ดังนั้นหลักการในการทำงานเชื่อมต่อสามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

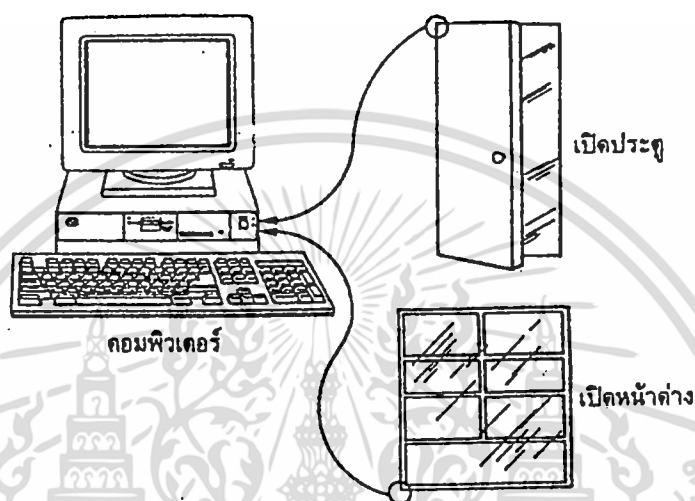
- การเรียกข้อมูลเข้ามา (input data) และ
- การส่งข้อมูลออกไป (output data) แสดงดังรูปที่ 2.13



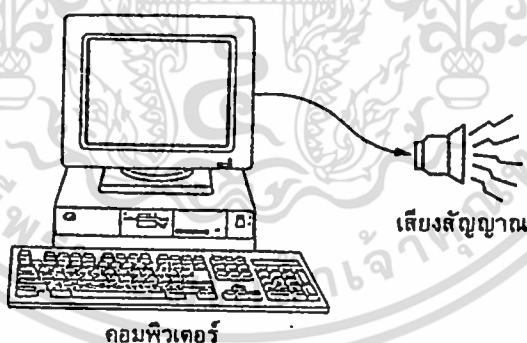
รูปที่ 2.13 การนำข้อมูลเข้าและส่งออกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเชื่อมต่องานควบคุมภายในบ้าน ยกตัวอย่างง่าย ๆ เช่น เมื่อมีการเปิดประตูหรือหน้าต่าง จะให้คอมพิวเตอร์ส่งเสียงเตือนดังขึ้นที่ลำโพง โดยใช้หลักการเชื่อมต่อดังกล่าวเริ่มจากการเรียกข้อมูลการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีการเปิดประตูก็ไม่มีการส่งข้อมูลไปที่ลำโพง แต่เมื่อไรที่มีการเปิดประตู คอมพิวเตอร์ทำการส่งข้อมูลเสียงเตือนไปที่ลำโพงทันที แสดงดังรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16 ตามลำดับ



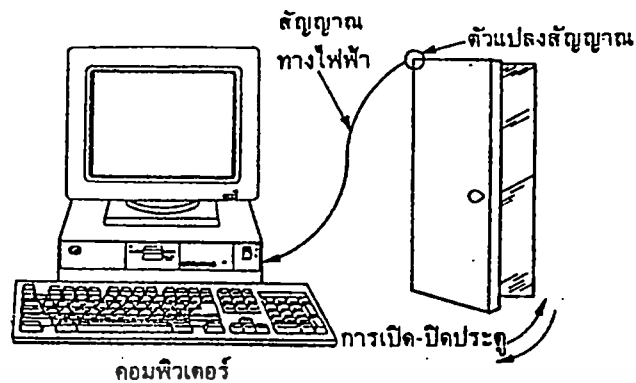
รูปที่ 2.14 การนำข้อมูลในการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่คอมพิวเตอร์



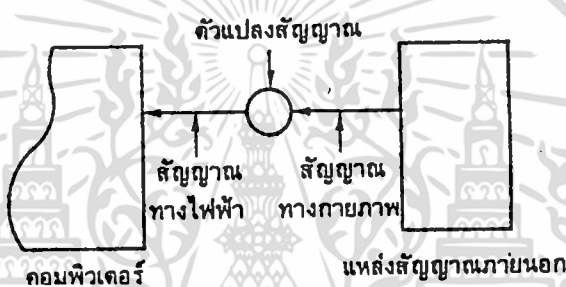
รูปที่ 2.15 การส่งเสียงเตือนแก่ลำโพงจากคอมพิวเตอร์

หากพิจารณาต่อไปก็มีคำถามอีกว่า คอมพิวเตอร์รู้ได้อย่างไร? ว่ามีการเปิดประตูหรือหน้าต่าง ซึ่งแน่นอน คอมพิวเตอร์ไม่สามารถไปตรวจสอบการเปิดประตูหรือหน้าต่างไว้โดยตรง จำเป็นต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณ (transduce) ซึ่งมีการเปลี่ยนโมเมนต์ (moment) การเปิดประตูหรือหน้าต่างเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.16 ในการส่งข้อมูลออกไปที่ลำโพงก็ต้องส่งไปในรูปของสัญญาณไฟฟ้าเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

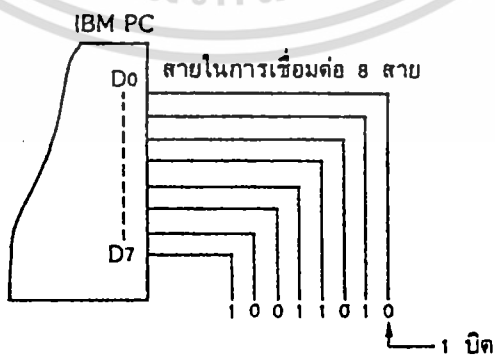


รูปที่ 2.16 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.16 (ต่อ) การใช้ตัวสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์

การส่งและรับข้อมูลมีสายในการเชื่อมต่อ 8 สาย (D0-D7) แต่ละสายเรียกว่า 1 บิต การสื่อสารกันจะใช้ระบบเลขฐานสอง (binary system) คือ เป็น 1 และ 0 ซึ่ง 1 ในที่นี้คือ แรงดัน +5 โวลต์ ส่วน 0 คือ แรงดัน 0 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18 ตามลำดับ



รูปที่ 2.17 สายข้อมูล 8 บิต ของ IBM PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

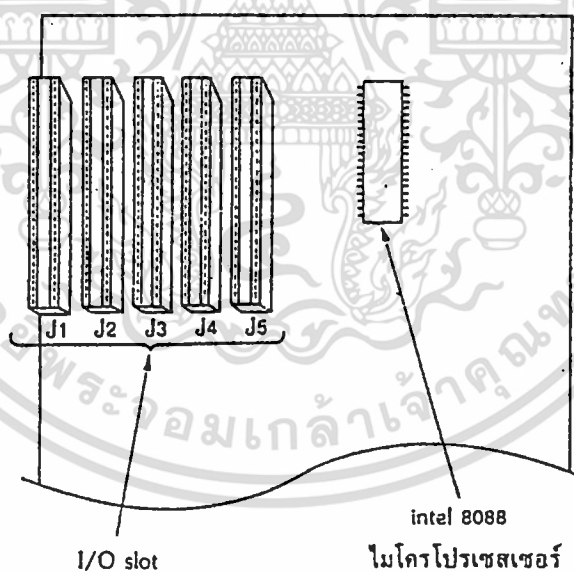
0	0	0	0	0	0	0	0	0	ไบต์ 1
1	1	0	1	0	1	1	0	0	ไบต์ 2
0	0	1	1	1	1	0	0	0	ไบต์ 3
1	0	0	0	1	1	1	1	1	ไบต์ 4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	ไบต์ 5

8 บิตของข้อมูล  
 ที่ใช้ในการรับและส่ง

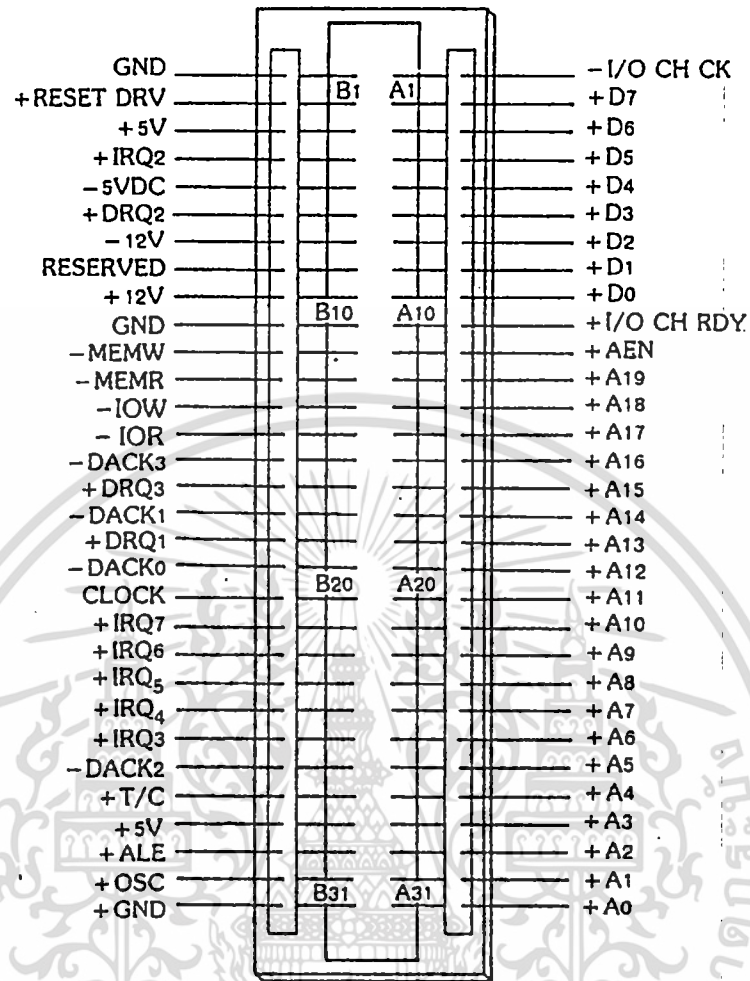
รูปที่ 2.18 ระบบเลขฐานสองที่ใช้สื่อสารใน IBM PC

## 2.8 ฮาร์ดแวร์อินพุต / เอาต์พุตสำหรับ IBM PC

ในการส่งข้อมูลออก (output data) และนำข้อมูลเข้า (input data) สำหรับ IBM PC ที่เราได้กล่าวถึงมาแล้วเบื้องต้นในบทที่ 1 นั้น จำเป็นต้องมีวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อเข้ากับ IBM PC ดังนั้นก่อนอื่นจึงต้องมารู้จักกับ slot บน IBM PC ซึ่งมีระบบ I/O slot แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2.19 และรูปที่ 2.20 ตามลำดับ



รูปที่ 2.19 ระบบ I/O slot บน IBM PC



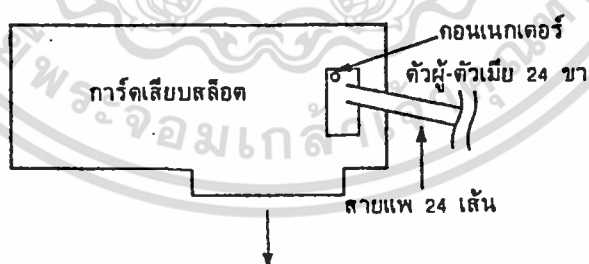
รูปที่ 2.20 ขาสัญญาณต่างๆ ใน I/O slot บน IBM PC

การส่งข้อมูลออกและนำข้อมูลเข้าจำเป็นต้องมีเส้นทาง ในที่นี้เราจะเรียกว่า พอร์ต (port) ซึ่งมีการจัดสรรที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน มีแอดเดรส (address) ที่แน่นอน ตัวอย่างการจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบน IBM PC แสดงดังตารางที่ 2.1 และการสร้างการ์ด (card) เพื่อใช้เชื่อมต่อกับ I/O slot แสดงดังรูปที่ 2.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบน IBM PC

พื้นที่แอดเดรสของอุปกรณ์ I/O											
เลขฐานสิบหก	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	อุปกรณ์ I/O
00-0F	0	0	0	0	0	Z	A3	A2	A1	A0	DMA CHIP B237-2
20-21	0	0	0	0	1	Z	Z	Z	Z	A0	INTERRUPT 8259A
40-43	0	0	0	1	0	Z	Z	Z	A1	A0	TIMER 8253-5
60-63	0	0	0	1	1	Z	Z	Z	A1	A0	PPI 8255A-5
80-83	0	0	1	0	0	Z	Z	Z	A1	A0	DMA PAGE REGS
AX	0	0	1	0	1						NMI MASK REG
CX	0	0	1	1	0						RESERVED
EX	0	0	1	1	1						RESERVED
3F8-3FF	1	1	1	1	1	1	1	A2	A1	A0	TP RS-232-C CD
3F0-3F7	1	1	1	1	1	1	0	A2	A1	A0	5 1/4" DRV ADAPTOR
2F8-2FF	1	0	1	1	1	1	1	Z	A1	A0	RESERVED
378-37F	1	1	0	1	1	1	1	Z	A1	A0	PARALLEL PRTR PRT
3D0-3DF	1	1	1	1	0	1	A3	A2	A1	A0	COLOR/GRAPHICS ADAPTER
278-27F	1	0	0	1	1	1	1	Z	A1	A0	RESERVED
200-20F	1	0	0	0	0	0	A3	A2	A1	A0	GAME I/O ADAPTER
3B0-3BF	1	1	1	0	1	1	A3	A2	A1	A0	IBM MONOCHROME DISPLAY PARALLEL PRINTER ADAPTER

Z เป็น 1 หรือ 0 ก็ได้



รูปที่ 2.21 การ์ดที่ใช้เสียบใน I/O slot (PC-card)

ฮาร์ดแวร์ในการอินพุต / เอาต์พุตข้อมูลมีรายละเอียดของวงจรการเชื่อมต่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

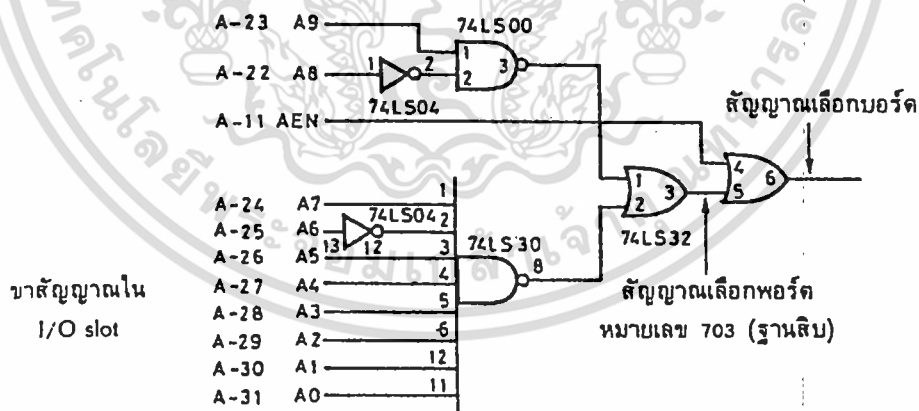
2.8.1 วงจรอินาเบิ้ล

การสื่อสารภายในคอมพิวเตอร์มีสายข้อมูล (data bus) เพื่อส่งและรับข้อมูลถึงกัน การส่งและรับข้อมูล ถ้าไม่มีตำแหน่งในการส่งและรับก็ไม่ว่าส่งไปที่ไหนและให้ที่ใครรับ จึงจำเป็นต้องมีสายแอดเดรส (address bus) ในการกำหนดตำแหน่งภายในคอมพิวเตอร์

ในกรณีที่มีการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก ก็ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสให้หมายเลขแก่อุปกรณ์ภายนอกนั้น การถอดรหัสแอดเดรสต้องไม่มีการซ้ำซ้อนกับแอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกตัวอื่น ในตารางที่ 2.1 ซึ่งพบว่าแอดเดรสในช่วง 2B0-2BF ไม่มีการใช้เราจึงสามารถถอดรหัสแอดเดรสใช้งานการเชื่อมต่อในช่วงนี้ เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลออกและนำ ข้อมูลเข้าได้

การถอดรหัสแอดเดรสเพื่อการเลือกพอร์ต (port select) ได้ใช้สายแอดเดรส A0-A9 มีค่าเท่ากับ 1010111111 (หมายเลข 703 เมื่อเป็นเลขฐานสิบ) จึงทำให้สัญญาณการเลือกพอร์ตมีลอจิก 0 แต่การที่จะส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลได้ ต้องมีการต่อกับสาย AEN (address enable) ของ IBM PC ด้วย เพราะไม่เช่นนั้น การส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลจะเกิดการ ผิดพลาดได้ สัญญาณที่ได้จากการเลือกพอร์ตนำมาออร์ (or) กับ AEN จะใช้ในการอินาเบิ้ล วงจรส่งหรือรับข้อมูลจึงทำให้มีการส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลเกิดขึ้น รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่

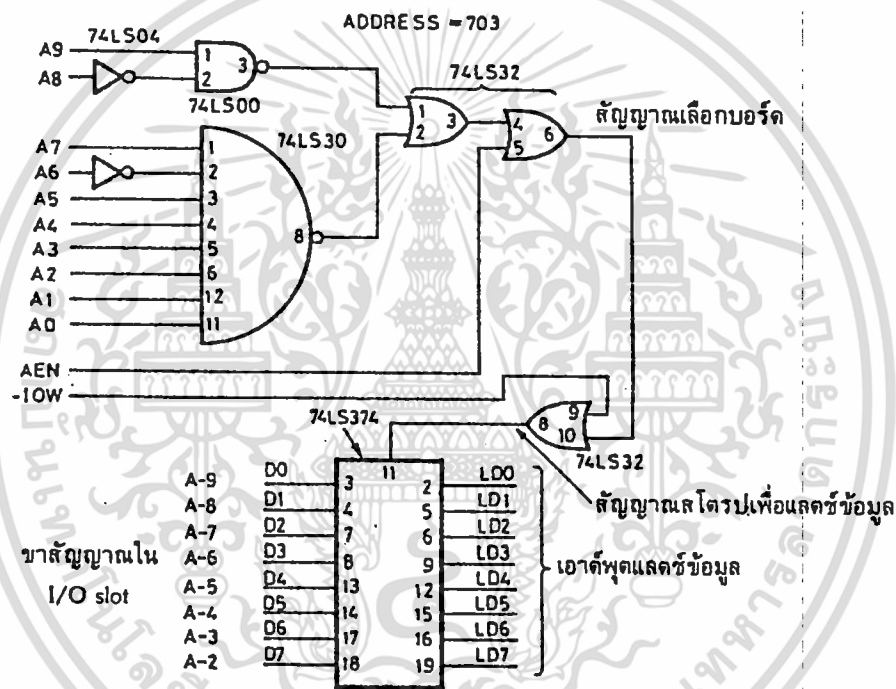
2.22



รูปที่ 2.22 รายละเอียดวงจรอินาเบิ้ล

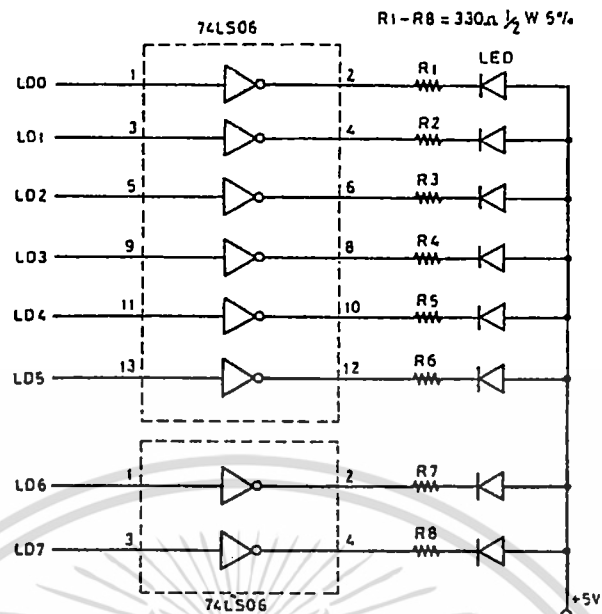
### 2.8.2 วงจรเอาต์พุตแลตซ์

การส่งข้อมูลออกใช้ IC เบอร์ 74LS374 เป็นตัวแลตซ์ข้อมูล การส่งข้อมูลออกต้องผ่านทางสายข้อมูล D0-D7 และต้องทำการอินาเบิต เพื่อแลตซ์ข้อมูล ซึ่งยังไม่เพียงพอที่วงจรจะทำงานได้ ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องคือ -IOW (input / output write) สายสัญญาณนี้มีลิจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง OUT address, data ในภาษาเบสิกเพื่อทำการส่งข้อมูลออก ฉะนั้นจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณดังกล่าวเข้าในวงจรอินาเบิต เพื่อการแลตซ์ข้อมูลออก รายละเอียดของวงจร แสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 รายละเอียดวงจรเอาต์พุตแลตซ์

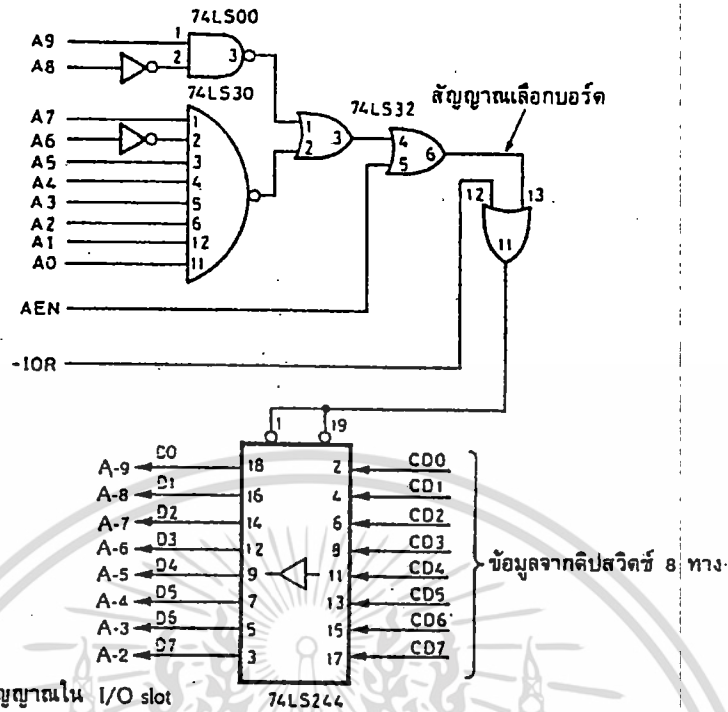
การแสดงผลส่งข้อมูลออกสามารถใช้ LED 8 ดวง เป็นตัวแสดงผลของข้อมูล 8 บิต แสดงการต่อดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 รายละเอียดการต่อวงจรเอาต์พุตแลตซ์กับ LED 8 ดวง

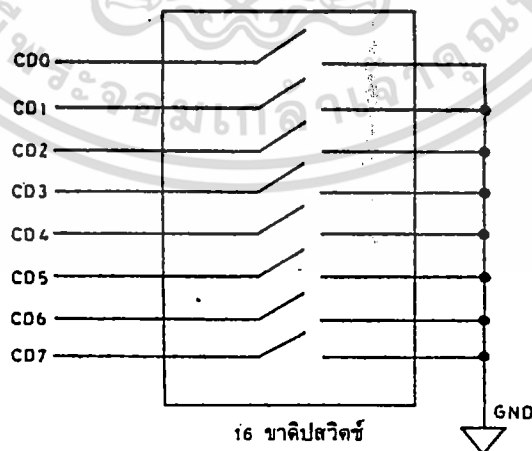
### 2.8.3 วงจรอินพุตบัฟเฟอร์

การนำข้อมูลเข้าใช้ IC เบอร์ 74LS244 เป็นบัฟเฟอร์ของข้อมูลการนำข้อมูลเข้าก็ต้องการอินาเบิล เพื่อนำข้อมูลเข้าทางสายข้อมูลเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สายดังกล่าวคือ -IOR (input/output read) สายสัญญาณนี้มีลอจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง  $A = INP$  (address) ในภาษาเบสิก ฉะนั้นจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณนี้เข้ากับ วงจรอินาเบิล รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 รายละเอียดวงจรอินพุตบัพเฟอร์

จากรูปที่ 2.25 ที่ตำแหน่ง CD0-CD7 ทำการเชื่อมต่อกับคิปสวิตซ์ 8 ทาง (16 ขา) เพื่อทำการสับสวิตซ์ ON-OFF เป็นข้อมูลเข้าของแต่ละบิต (D0-D7) แสดงการต่อดังรูปที่ 2.26 คือเมื่อสวิตซ์เปิด (ON) ข้อมูลที่เข้าสู่ IC 74LS244 มีลอจิกเป็น 1 (เพราะเป็น IC TTL : transistor-transister logic) แต่เมื่อสวิตซ์ปิด (OFF) ข้อมูลที่เข้าจะเป็นลอจิก 0 ตามลำดับ



รูปที่ 2.26 รายละเอียดการต่อคิปสวิตซ์ 8 ทาง กับวงจรอินพุตบัพเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

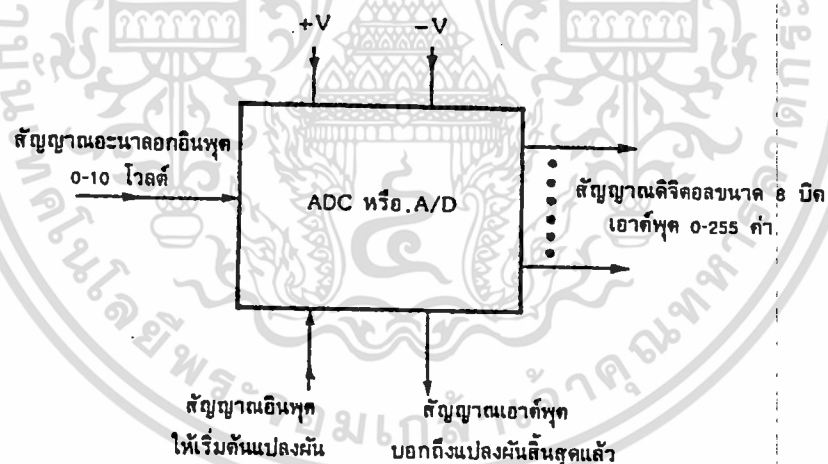
## 2.9 การแปลงผันสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลสำหรับ IBM PC

การแปลงผันสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลที่เรียกว่า ADC หรือ A/D เป็นการแปลงสัญญาณแรงดันในช่วงใด ๆ เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อที่จะนำเข้าสู่ IBM PC ถ้าช่วงแรงดันนั้นสมมติว่ามีค่าจาก 0 ถึง 10 โวลต์เปลี่ยนเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต ค่าจาก 0 ถึง 255 แสดงไดอะแกรมดังรูปที่ 2.27

จากรูปที่ 2.27 แสดงว่า ถ้าแรงดันอินพุตมีค่าต่ำสุดเป็น 0 โวลต์ ค่าดิจิตอล 8 บิต จะเท่ากับ 0 แต่ถ้าแรงดันอินพุตมีค่ามากที่สุดคือ 10 โวลต์ ค่าของดิจิตอลสูงสุดจะเท่ากับ 255 ตามลำดับ ฉะนั้นการคิดแรงดันอินพุตช่วงใด ๆ ที่ทำให้ค่าดิจิตอลเปลี่ยนค่าไป 1 ค่าสามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{แรงดันอินพุตมากที่สุด/ค่าดิจิตอลมากที่สุด} &= 10/255 \\ &= 0.039215 \text{ โวลต์} \\ &= 0.04 \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

นั่นคือ ค่าแรงดันอินพุต 0.04 โวลต์ จะทำให้ค่าตัวเลขดิจิตอลเปลี่ยนไปเป็น 1 การเปลี่ยนค่าดิจิตอลที่อ่านได้โดย IBM PC เป็นค่าแรงดันอินพุตสามารถกระทำได้ โดยการแทนค่า



รูปที่ 2.27 ไดอะแกรม ADC หรือ A/D

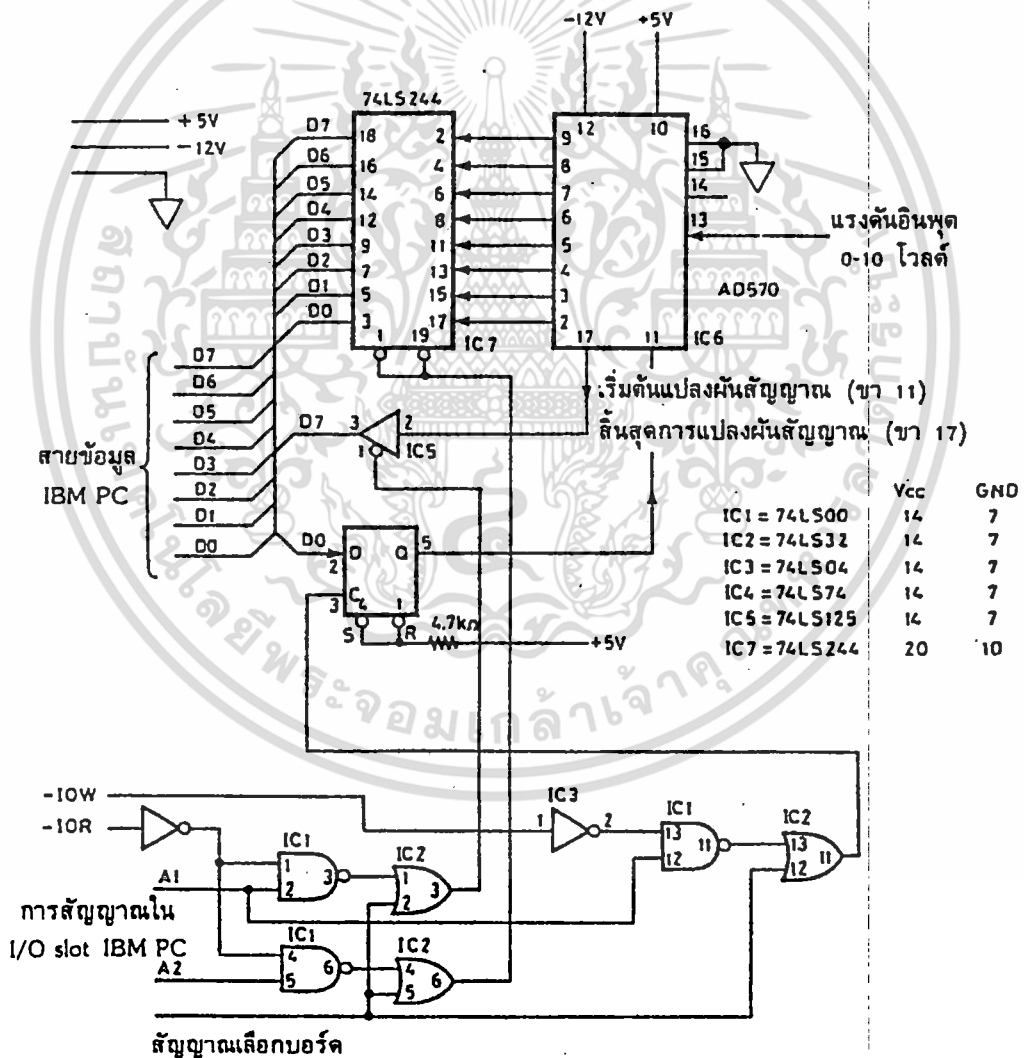
ในสมการต่อไปนี้เป็นคือ

$$\text{แรงดันอินพุตเท่ากับตัวเลขดิจิตอลที่อ่านได้} \times (10/255)$$

ตัวอย่าง ถ้าตัวเลขดิจิตอลที่อ่านได้เท่ากับ 206 เมื่อแทนค่าลงในสมการจะได้  $206 \times (10/255) = 8.08$  โวลต์

การเชื่อมต่อ ADC เข้ากับ IBM PC ได้ใช้ IC เบอร์ AD570 แสดงรายละเอียดของ วงจร จากเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.28 ซึ่ง IC AD570 ใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์, -12 โวลต์ สามารถใช้ร่วมกับ กับไฟเลี้ยง IBM PC ได้ สัญญาณอะนาลอกที่เข้าสู่ IC6(AD570) ระหว่าง 0 ถึง 10 โวลต์ จะถูก เปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต ค่าระหว่าง 0 ถึง 255 ผ่านทางบัฟเฟอร์ IC 74LS244 เข้า D0 ถึง D7 ของ IBM PC

การทำงานเริ่มโดยการส่งสัญญาณ low เพื่อทำการเริ่มต้นแปลงผันสัญญาณเข้าทางขา 11 ของ IC6 เมื่อทำการแปลงผันสัญญาณเป็นดิจิทัลเสร็จสิ้น IC6 ก็จะส่งสัญญาณบ่งบอกการสิ้นสุดการแปลงผันแก่ IBM PC ทางขา 17 เพื่อให้ IBM PC ทำการอ่านข้อมูลดิจิทัลเข้าผ่าน บัฟเฟอร์ IC7 ได้



รูปที่ 2.28 รายละเอียดของวงจร ADC เชื่อมต่อกับ I/O slot บน IBM PC

โดยใช้ IC AD570

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอดรหัสแอดเดรสพอร์ตบน IBM PC ได้ใช้หมายเลข 2B0H-2B7H ดังแสดงรายละเอียด ของวงจรไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา การให้ IC6 เริ่มต้นทำงานสามารถกระทำได้โดยส่งสัญญาณ high ออกทางขา D0 ที่แอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2B2H และสามารถตรวจเช็คสัญญาณสิ้นสุดการแปลงผันจาก IC6 ได้ผ่านทางขา D7 ของ IBM PC ที่แอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2B2H เช่นกัน จากนั้นจึงทำการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ IC7 เข้าสู่ IBM PC ได้ทางแอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2B2H ตามลำดับ

## 2.10 การติดตามดาวเทียม (Tracking Satellite)

### 2.10.1 วงโคจรของดาวเทียมมี 3 ชนิด

- (1) Low-Altitude Circular Orbits ใช้มากใน Phase 2 Satellite
- (2) Elliptical Orbit ใช้มากใน Phase 3 Spacecraft
- (3) Geostationary Orbit ใช้มากใน Phase 4 Satellite

### 2.10.2 วิธีการติดตามดาวเทียม มี 2 วิธี

- (1) Graphic Methods
- (2) Computer Methods

การโคจรของดาวเทียมสมัครเล่นจะ โคจรอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสถานีรับหนึ่ง ๆ สามารถจะติดตามดาวเทียมสมัครเล่นได้ประมาณ 4-6 ดวงต่อ 1 วัน และสามารถจะติดตามดาวเทียมดวงหนึ่งได้ในช่วงเวลา ประมาณ 10-30 นาที

### 2.10.3 ข้อมูลที่นักวิทยุสมัครเล่นต้องการ

(1) AOS (ACQUISITION OF SIGNAL) เป็นช่วงที่สถานีรับเริ่มรับสัญญาณวิทยุได้จากดาวเทียม และ LOS (LOSS OF SIGNAL) เป็นช่วงที่สถานีรับไม่สามารถรับสัญญาณวิทยุได้จากดาวเทียม

- (2) การหันเหสายอากาศจากค่ามุมที่ได้ (AZIMUHT AND ELEVATION)
- (3) บริเวณสถานีตั้งบนพื้นโลกที่สามารถเข้าถึงดาวเทียมได้

SUBSATELLITE PONTI (SSP) เป็นจุดที่อยู่บนผิวโลกเกิดขึ้นจากการลากเส้นตรงจากดาวเทียมมายังจุดศูนย์กลางของโลก เมื่อดาวเทียมเคลื่อนผ่าน SSP ก็จะเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดที่อยู่บนพื้นผิวโลก ลักษณะนี้ เรียกว่า GROUND TRACK หรือ SUBSATELLITE PATH เมื่อ SSP มีตำแหน่งอยู่ใกล้กับสถานีรับหมายความว่า ดาวเทียมสมัครเล่นจะอยู่ในย่านที่สถานีรับสามารถติดต่อได้ และเมื่อ SSP อยู่ห่างไกลจากสถานีรับ หมายความว่า ดาวเทียมสมัครเล่นได้ออกจากย่านติดต่อแล้ว ในลักษณะนี้จำเป็นต้องคำนวณค่า ACQUISITION DISTANCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

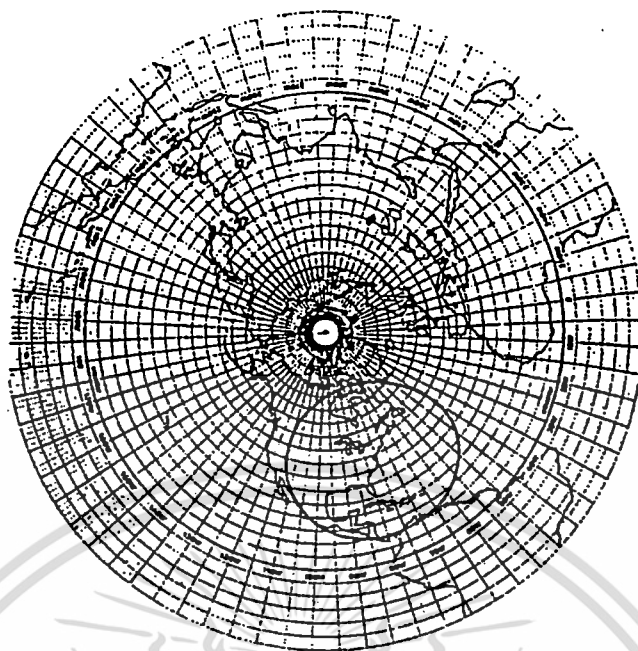
ระยะทางสูงสุดระหว่าง SSP กับ GROUND STATION ที่สามารถเข้าถึงดาวเทียมสมัครเล่นได้ (ดาวเทียมสมัครเล่นที่กล่าวถึงนี้จะโคจรต่ำลักษณะวงกลม) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระยะทางระหว่าง SSP และสถานีภาคพื้นดินตามมุมเงย

Satellite name	Satellite height	Elevation	circle radius	radius
OSCARs 14-19	800 km	3038 km	1078 km	403 km
	497 mi	1888 mi	670 mi	250 mi
		27.3	9.7	3.6
UO-11	690 km	2840 km	958 km	354 km
	429 mi	1765 mi	595 mi	220 mi
		25.5	8.6	3.2
RS-10/11	1003 km	3362 km	1286 km	490 km
	623 mi	2089 mi	799 mi	305 mi
		30.2	11.6	4.4
Mir	400 km	2201 km	603 km	215 km
	249 mi	1368 mi	375 mi	134 mi
		19.8	5.4	1.9
AO-13(1989)				
Apogee	36,265 km	9052 km	5845 km	2859 km
	22,539 mi	5626 mi	3633 mi	1777 mi
perigee		81.4	52.6	25.7
	2545 km	4936 km	2421 km	1008 km
	1581 mi	3068 mi	1505 mi	626 mi
		44.4	21.8	9.1

ACQUISITION CIRCLE เป็นเส้นวงกลมลากรอบ GROUND STATION ดาวเทียม อยู่ในย่านที่จะติดต่อกับได้เมื่อ SSP อยู่ภายในวงกลม แสดงดังรูปที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 ACQUISITION CIRCLE ของดาวเทียม OSCAR 8

รูปที่ 2.29 แสดง ACQUISITION CIRCLE ของดาวเทียม OSCAR 8 ครอบคลุม WASHINGTON, DC สมมติให้สถานีรับอยู่ใน WASHINGTON GROUND TRACK เป็นเส้นทางเดินของดาวเทียมที่ผ่านเข้ามาภายใน ACQUISITION CRICLE GROUND TRACK จะตัดกับเส้นศูนย์สูตรจากจุดทางภาคตะวันออกไปยังจุดที่ตัดกับเส้นศูนย์สูตรทางภาคตะวันตก สองจุดที่ GROUND TRACK ตัดกับเส้นศูนย์สูตรสองจุดนี้ เรียกว่า NODES ทำให้เกิด ASCENDING NODE ใช้ตัวย่อว่า EQX (EQUATORCROSSING) เมื่อ SSP เริ่มจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือ เป็นไป ในลักษณะกลับกันกับ DESCENDING NODE เมื่อ SSP เริ่มจากเส้นศูนย์สูตร ลงไปทางใต้ จำนวนของช่วงเวลาที่ดาวเทียมโคจรครบหนึ่งรอบ เรียกว่า PERIOD และ PERIOD ของดาวเทียมสมัครเล่น PHASE 2 ที่โคจรครบหนึ่งรอบประมาณ 98 นาที ถึง 120 นาที ซึ่งแตกต่างกับ วงโคจรดาวเทียมสมัครเล่น PHASE 3 โคจรครบหนึ่งรอบใช้เวลาประมาณ 11 ถึง 12 ชั่วโมง จำนวนวงโคจรของดาวเทียมที่โคจรครบรอบโลกต่อวัน เรียกว่า MEANMOTION ดาวเทียมสมัครเล่น PHASE 2 มี MAENMOTION ประมาณ 12-16 ต่อวัน

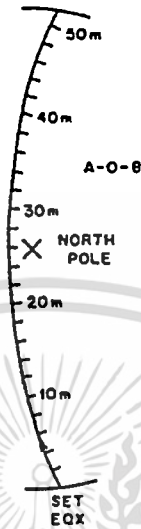
A GRAPHIC METHOD FOR LOW-ALTITUDE CIRCULAR ORBIT : THE OSCAR LOCATOR OSCARLOCATOR คือ การใช้กราฟติดตามดาวเทียมสมัครเล่นในวงโคจรต่ำ ในวิธีนี้จะยกตัวอย่างดาวเทียมสมัครเล่น OSCAR 8 มาพอเข้าใจ

#### 2.10.4 OSCARLOCATOR ประกอบด้วย 2 ส่วน

(1) MAP BOARD เป็นแผนที่โลกจุดกึ่งกลางอยู่ที่ขั้วโลกเหนือ ดูได้จากรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) GROUND TRACK OVERLAY สามารถลากเส้นให้เห็นได้ชัดจาก รูป  
ที่ 2.30



รูปที่ 2.30 Ground track overlay

ถ้า Overlay ที่ลากบน Oscarlocator จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลวงโคจรของดาวเทียมอ้างอิง ข้อมูลนี้จะอธิบายอยู่ในรูปของ Orbit Calendar สำหรับ Calendar นี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรของดาวเทียมในวันนั้น ๆ แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 One Day a Computer AMSAT-OSCAR 8 Orbit Calendar

AMSAT-OSCAR 8		
21 JUNE 1980 (173)	Saturday	
Orbit No.	TIME (UTC) HH:MM:SS	EQX W
11695	00 : 53 : 37	66.0
11696	02 : 36 : 49	91.8
11697	04 : 20 : 01	117.6
11698	06 : 03 : 14	143.4
11699	07 : 46 : 26	169.2
11700	09 : 29 : 38	195.0
11701	11 : 12 : 50	220.8
11702	12 : 56 : 02	246.6
11703	14 : 39 : 15	272.4
11704	16 : 22 : 27	298.2
11705	18 : 05 : 39	324.0
11706	19 : 48 : 51	349.8
11707	21 : 32 : 03	15.6
11708	23 : 15 : 16	41.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นข้อมูลของดาวเทียม OSCAR 8 วันเสาร์ที่ 21 มิถุนายน 1980 ครึ่งหนึ่งของเส้น Ground Track Overlay ที่เริ่มลากจากจุด EQX ไปยังชั่วเหนือ จะมีจำนวน 14 จุด ข้อมูลนี้จะตรงกันพอดีกับข้อมูล ในตารางของวงโคจร OSCAR 8

Column แรก จะบอกถึง Number วงโคจรของดาวเทียม

Column สอง จะบอกถึง เวลา UTC (Universal Coordinated Time) HH : MM : SS หมายถึง ชั่วโมง : นาที : วินาที Longitude องศาตะวันตก

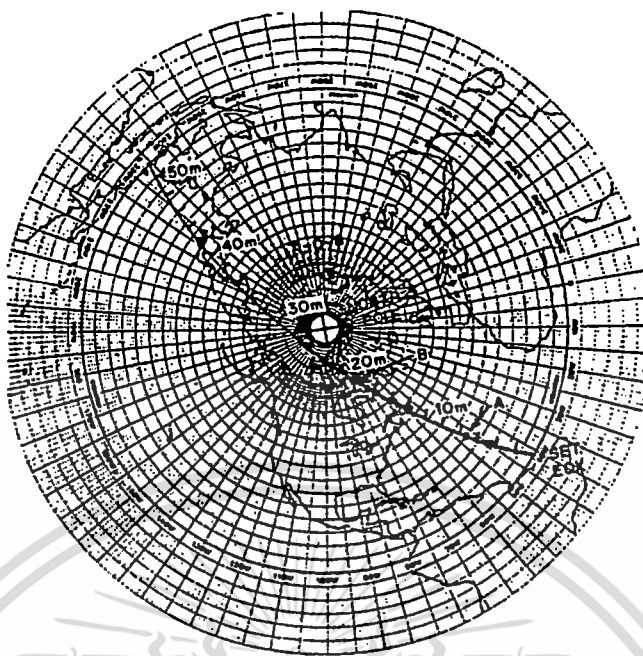
Column สาม จะบอกถึง องศาที่ดาวเทียมผ่านเส้นศูนย์ (EQX)

#### 2.10.5 การใช้ OSCARLOCATOR มี 3 ขั้นตอน

- (1) ค่า GROUND TRACK OVERLAY นี้บอกถึงจุด SSP ว่าอยู่ที่ไหนเวลาใดๆ
- (2) การหา AOS และ LOS
- (3) การเล็งสายอากาศ

##### STEP 1 : Setting the Ground Track Overlay

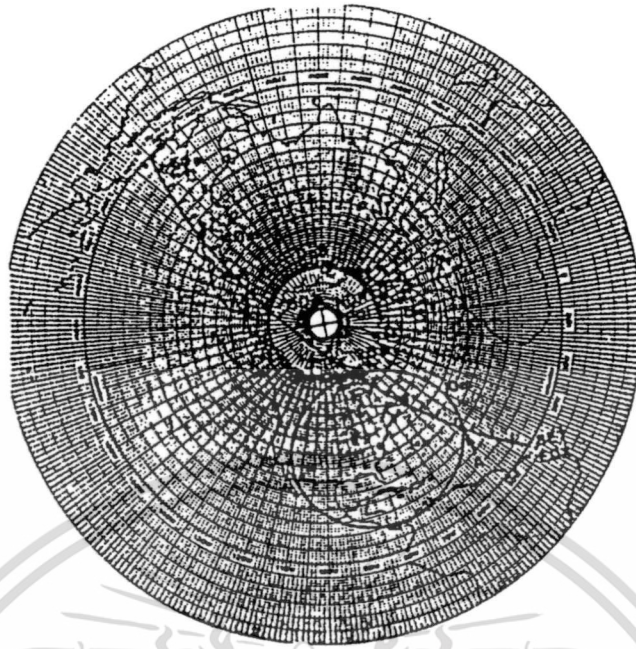
พิจารณาวงโคจร OSCAR 8 ในวันเสาร์ที่ 21 มิถุนายน 1980 วงโคจรสุดท้ายที่ 11,708 ซึ่งดาวเทียมสมัครเล่นได้โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรที่จุด 41.4 องศาตะวันตกให้เป็นจุด EQX บน Map Board ช่องแต่ละช่องของ Ground Track Overlay จะแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ดาวเทียมสมัครเล่นช่องละ 2 นาที เมื่อทราบว่า Ascending node เกิดขึ้นที่จุด 41.4 องศาที่เวลา 23 : 15 : 16 UTC สามารถหาดำแหน่งจุด SSP ที่เวลาใดๆ ได้ ดังเช่นเมื่อเวลาผ่านไป 7 นาที Ascending node จะอยู่ที่เวลาประมาณ 23 : 22 UTC ได้จุด SSP อยู่ที่จุด A และ เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที Ascending node จะอยู่ที่เวลาประมาณ 23 : 35 UTC จุด SSP จะอยู่ที่จุด B แสดงได้ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 การติดตามเส้นทางบนพื้นดินที่เขียนทับบนแผนที่โพลาร์โดยที่ ascending node ถูกตั้งไว้ที่เส้นแวง 41.4 W

#### STEP 2 : การหา AOS และ LOS

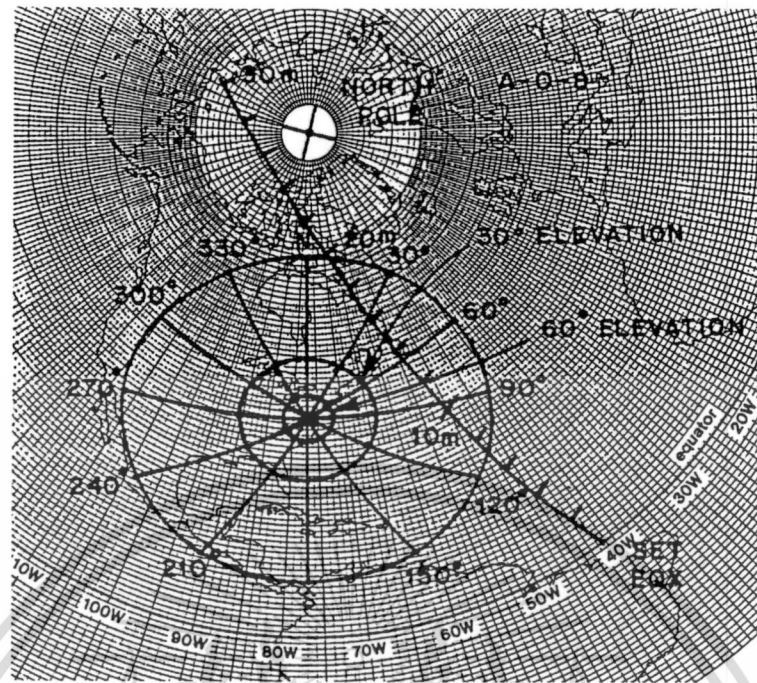
การหาค่า AOS และ LOS ให้กับสถานีรับจำเป็นต้องมีวงกลม (Acquisition) รัศมีของดาวเทียม Oscar 8 ดังในรูป 2.31 บน Map board แล้วในรูปที่ 2.32 จะแสดงวงกลมรัศมีของดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ Washington, DC สัญญาณ AOS เกิดขึ้นที่จุด A (23:22 UTC) เมื่อจุด SSP อยู่ภายในวงกลมรัศมีของดาวเทียม สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ แต่ LOS เกิดขึ้นที่จุด B (23 : 35UTC) ซึ่งหมายความว่า จุด SSP ได้ออกจากวงกลม (Acquisition) ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ดาวเทียม Oscar 8 จะโคจรผ่านวงกลม (Acquisition) ที่สถานี Washington สามารถรับสัญญาณได้ เป็นเวลาประมาณ 13 นาที โดยเริ่มที่เวลา (23 : 22 UTC)



รูปที่ 2.32 การติดตามบนภาคพื้นดิน (oscar 8)

### STEP 3 : การเล็งสายอากาศ

การเล็งสายอากาศจำเป็นที่จะต้องทราบค่ามุมที่ต้องการคือ มุม Azimuth ค่ามุมที่วัดได้เป็น ระบุนาบนวนอน เริ่ม 0 องศาที่ชี้เหนือหมุดตามเข็มนาฬิกา และมุม Elevation ค่ามุมที่วัดขึ้น จากระนาบนวนอน พิจารณามุม Elevation เมื่อจุด SSP อยู่ตรง Ground Station (Satellite Directly Overhead) สายอากาศจะหันไปที่จุด Elevation ที่ 90 องศาและเมื่อจุด SSP ตัดกับวง กลม (Acquisition) ที่ขอบวงกลมทำให้เกิด AOS และ LOS นั้นตำแหน่งสายอากาศในระนาบค่า Elevation จะเท่ากับ 0 องศา มุม Elevation จะอยู่ระหว่าง 0-90 องศา มุม Elevation จะมีค่า สูงสุดเมื่อจุด SSP อยู่ใกล้กับ Ground Station มากที่สุด สิ่งนี้เรียกว่า point of closest approach (PCA) ต้องลากเส้นวงกลม Elevation ลากรอบๆ ที่ตั้งสถานีบน Map Board แสดงใน รูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แผนที่ Spiderweb ของมุมกวาดและมุมเงย

## 2.11 โปรแกรม Instant Track V 1.00

โปรแกรม Instant Track ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิทยุสมัครเล่น จุดประสงค์คือเพื่อต้องการหาตำแหน่งของดาวเทียมที่กำลังโคจรอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบัน ซึ่งในกิจการวิทยุสมัครเล่น มักจะมีการสื่อสารติดต่อกันในระยะทางไกลข้ามทวีป ข้ามประเทศ จึงจำเป็นต้องใช้ดาวเทียมในการติดต่อสื่อสารและดาวเทียมที่ใช้ก็จะเป็นดาวเทียมสมัครเล่นซึ่งจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา โปรแกรม Instant Track จะบอกถึงตำแหน่ง Azimuth และ Elavetion ของดาวเทียม ซึ่งนักวิทยุสมัครเล่นสามารถที่จะปรับมุมของสายอากาศให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับดาวเทียม ก็สามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับผู้ที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงนั้นได้

### 2.11.1 ฮาร์ดแวร์ที่ต้องมี

เครื่อง IBM PC/AT หรือ Compatible

หน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 512 Kb

จอภาพแสดงผล EGA หรือ VGA

### 2.11.2 การใช้โปรแกรม Instant Track

การเรียกใช้โปรแกรม Instant Track สามารถเลือกการ Run โปรแกรม ได้ 2 แบบขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้ ๆ กับคอมพิวเตอร์แบบใด

เรียก IT.EXE ในกรณีที่คอมพิวเตอร์ที่ใช้มี Math Co-Processor

เรียก ITNCP.EXE ในกรณีที่คอมพิวเตอร์ที่ใช้ไม่มี Math Co-Processor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Run โปรแกรม หน้าจอจะปรากฏ Main Menu ให้เลือก 11 Menu ดังนี้

### Main Menu

1. Realtime Track 1 Satellite (Text Screen)
2. Realtime Track 1 Satellite (Map Screen)
3. Satellite Position Table (Ephemeris)
4. Satellite Visibility Schedule
5. Update Satellite Elements
6. Update Station Elements
7. Multiple Satellite Co-Visibility
8. Update Time (NBS via modem)
9. TSR Status
- ?. Help
- Q. Quit

ที่ด้านล่างของเมนูหลัก ได้เส้นสีแดงจะแสดงถึง มุม Azimuth และ Elevation ของดาวเทียม 5 ดวงรวมทั้งของ ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์

### เมนูที่ 1 Realtime Track 1 Satellite (Text Screen)

เมื่อเลือกเมนูที่ 1 จากเมนูหลัก ซึ่งเป็นเมนูการติดตามดาวเทียมทีละ 1 ดวง ในโหมด Text Screen จะปรากฏเมนูของดาวเทียมให้เลือก 200 ดวงโดยจะแสดงเป็น 3 หน้า จอภาพสามารถใช้ PgDn หรือ PgUp สำหรับเลือกหน้าจอถัดไป การเลือกดาวเทียมจากเมนูให้ใส่หมายเลขของดาวเทียมที่จะเลือกตรงเครื่องหมายพร้อม

06/10/95 21:47:00 UTC

Satellite Selection Menu

Page 1 of 3

1. Sun	19. AO-27	37. DMSP B5D2-3	55. Meteor 3-5
2. Moon	20. IO-26	38. Meteor 2-16	56. DMSP B5D2-6
3. AO-10	21. Healtsat	39. Met-2/17	57. NOAA 13
4. UO-11	22. KO-25	40. DMSP B5D2-4	58. Meteor 2-21
5. RS-10/11	23. PoSAT	41. METEOSAT 3	59. TUBSAT-B
6. RS-12/13	24. Mir	42. Meteor 3-2	60. PALAPA 2
7. AO-13	25. SARA	43. noaa-11	61. INTELSAT 5 F
8. UO-14	26. Soyuz TM-18	44. Meteor 2-18	62. COMSTAR 4
9. UO-15	27. sts-65	45. MOP-1	63. sts-62
10. AO-16	28. TUBSAT	46. GMS 4	64. RCA/SATCOM 3
11. DO-17	29. GOES 2	47. Meteor 3-3	65. INTELSAT 5 F
12. WO-18	30. GOES 3	48. met-2/19	66. RCA/SATCOM 4
13. LO-19	31. Nimbus 7	49. Feng Yun1-2	67. WESTAR 4
14. FO-20	32. GOES 5	50. met	68. WESTAR 5
15. AO-21	33. GOES 6	51. DMSP B5D2-5	69. ANIK D1 (TEL
16. UO-22	34. NOAA 9	52. MOP-2	70. RCA/SATCOM 5
17. KO-23	35. NOAA 10	53. met	71. SBS 3
18. Arsene	36. GOES 7	54. NOAA 12	72. ANIK C3 (TEL

รูปที่ 2.34 a) เมนูของดาวเทียม Page 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06/10/95 21:47:35 UTC

Satellite Selection Menu

Page 2 of 3

71. SBS 3	89. GSTAR 1	107. PAS 1	125. DFS 2
72. ANIK C3 (TEL	90. MORELOS A	108. EUTELSAT 1 F	126. BSB R-2
73. RCA/SATCOM 6	91. TELSTAR 3D (	109. GSTAR 3	127. THAICOM
74. INTELSAT 5 F	92. INTELSAT 5A	110. SBS 5	128. ASIASAT 1
75. GALAXY 1	93. AUSSAT 1	111. TDRS 3	129. GALAXY VI
76. TELSTAR 3A (	94. ASC 1	112. TDF 1	130. SATCOM I (SA
77. SATCOM 7 (F2	95. INTELSAT 5A	113. ASTRA 1A	131. GSTAR IV
78. GALAXY 2	96. MORELOS B	114. TDRS 4	132. EUTELSAT II
79. INTELSAT 5 F	97. AUSSAT 2	115. TELE X	133. ASTRA 1B
80. SPACENET 1	98. SATCOM KU-2	116. DFS 1	134. ANIK E2
81. GORIZONT 10	99. SATCOM KU-1	117. OLYMPUS	135. SPACENET 4 (
82. SBS 4	100. GSTAR 2	118. TV SAT 2	136. AURORA II
83. TELSTAR 3C (	101. GORIZONT 14	119. BSB R-1	137. INTELSAT 6 F
84. GALAXY 3	102. AUSSAT K3	120. 1989-077A	138. ANIK-E1
85. ANIK D2 (	103. SPACENET 3R	121. GORIZONT 19	139. INTELSAT VI-
86. SPACENET 2	104. TELECOM 1C	122. INTELSAT 6 F	140. EUTELSAT II
87. GORIZONT 11	105. GORIZONT 15	123. INTELSAT VI	141. TELECOM 2A
88. ANIK C1	106. INTELSAT 5A	124. TDF 2	142. GALAXY 5

รูปที่ 2.34 b) เมนูของดาวเทียม Page 2

06/10/95 21:47:56 UTC

Satellite Selection Menu

Page 3 of 3

141. TELECOM 2A	159. SeaSat 1	177. Cosmos 1766	195. GPS BII-05
142. GALAXY 5	160. GPS BI-03	178. EGP	196. SPOT 2
143. INTELSAT K	161. GPS BI-04	179. MOS-1	197. GPS BII-06
144. AUSSAT B1	162. GPS BI-05	180. Kvant-1	198. MOS-1B
145. SATCOM C4	163. GPS BI-06	181. Glonass 34	199. DEBUT
146. HISPASAT 1A	164. Cosmos 1383	182. Glonass 36	200. MOS-1B R/B
147. SATCOM C3	165. LandSat 4	183. OKEAN 1	
148. DFS 3	166. IRAS	184. Glonass 39	
149. GALAXY VII	167. Cosmos 1447	185. Glonass 40	
150. GALAXY IV	168. TDRS 1	186. Glonass 41	
151. ATS 3	169. GPS BI-08	187. GPS BII-01	
152. Cosmos 398	170. LandSat 5	188. Akebono	
153. Starlette	171. GPS BI-09	189. GPS BII-02	
154. LAGEOS	172. Cosmos 1574	190. Nadezhda 1	
155. ETS-2	173. GPS BI-10	191. GPS BII-03	
156. IUE	174. Cosmos 1602	192. GPS BII-04	
157. GPS BI-01	175. GPS BI-11	193. COBE	
158. GPS BI-02	176. SPOT 1	194. Kvant-2	

รูปที่ 2.34 c) เมนูของดาวเทียม Page 3

หลังจากที่เลือกดาวเทียมแล้วก็จะปรากฏจอภาพของ realtime tracking ดังรูปที่ 2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06/10/95 21:49:42.73 UTC < 7. AO-13 >  
 Azimuth Elevation Range (km) dR/dt Doppler Offp Path Loss  
 HAM ASIA 111.011% 39.386% 39889.655 0.0456 -22 4.1% -167.8 dB

Lat. Long. Alt.(km) Phase Mode Grid  
 -4.718% 140.786% 37835.980 118.4 B QI05jg

244.2 km South of Jayapura, Indonesia

	X (km)	Y (km)	Z (km)	R. A.	Decl.	Tsky
Sat	43736.801	5362.240	-3636.897	00:51:30	-07:17:41	286K
Obs	5165.303	-3456.483	1428.104			

รูปที่ 2.35 หน้าจอแสดงการติดตามดาวเทียมในเวลาจริง (ข้อความ)

ปกติแล้วการแสดงผลในเวลาจริง ซึ่งหมายความว่า จะแสดงผลเกี่ยวกับข้อมูลของดาวเทียม ที่เป็นจริงอย่างถูกต้อง เมื่อ Set เวลาได้ถูกต้องตามความเป็นจริง แต่ถ้าเวลาไม่ถูกต้องตาม ความเป็นจริง ให้ใช้ T key ตั้งเวลาใหม่สิ่งที่ปรากฏบนจอคือรูปที่ 2.34 มีรายละเอียด ดังนี้

**AZIMUTH and ELEVATION** คือ มุมของสายอากาศที่สถานีของผู้ใช้ที่จะสามารถ รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ถ้าหากว่ามุม Elevation เป็นค่าลบแสดงว่าดาวเทียมอยู่ต่ำกว่าระดับ เส้นขอบฟ้าและไม่สามารถติดต่อได้จากสถานีของผู้ใช้

#### Range and dR/dt

**Rang** คือ ระยะทาง (เป็น กม.) จากสถานีของผู้ใช้ถึงดาวเทียม

**DR/dt** คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของ Range มีหน่วยเป็น กม./วินาที

**Path Loss** คือ จำนวนสัญญาณที่ถูกลดทอนในระหว่างที่เดินทางจากสถานีของ ผู้ใช้ถึงดาวเทียมส่วนรายละเอียดอื่น ๆ หาอ่านได้จากภาคผนวกด้านหลัง Realtime Tracking Screen ในรูปที่ 2.35 สามารถใช้คำสั่ง 1 ตัวอักษร เพื่อ enable/disable รายการดังนี้

Space Bar	---	freeze/unfreeze the Display
B	---	enable/disable the bottom-row display
R	---	enable/disable antenna roter control
S	---	enable/disable RA/Dec/Tsky display
T	---	Set a Specific time or return to real-time
W	---	enable/disable next satellite rise time display
Q	---	quit tracking go back to main menu
Z	---	enable time PDT/UTC

## เมนูที่ 2 Realtime Track 1 satellite (Map Screen)

เมนูการติดตามดาวเทียมในแบบแผนที่ เมื่อเลือกเมนูที่ 2 จากเมนูหลักจะปรากฏเมนูของดาวเทียมให้เลือก เหมือนกับตอนที่เลือกจากเมนูที่ 1 เมื่อเลือกดาวเทียมก็จะปรากฏแผนที่ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 หน้าจอแสดงการติดตามดาวเทียมในเวลาจริง (แผนที่)

วัตถุที่แสดงบนแผนที่

**The observer** คือ ผู้สังเกตการณ์ (ซึ่งก็คือคุณ) ตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์จะแสดงเป็นเครื่องหมายกากบาทสีเหลืองอยู่บนแผนที่

**The Sun** จะปรากฏเป็นจุดสีม่วง

**The satellite** จะปรากฏเป็นจุดสีขาวบนแผนที่โลก

**The grayling** (บางทีจะเรียก terminator) จะแบ่งด้านที่มีแสงแดดบนพื้นโลกและด้านที่มีมืดออกจากกัน ซึ่ง grayling จะแสดงเป็น เส้นโค้งสีม่วง 2 เส้นอยู่ติดกัน เส้นโค้งสีม่วงที่สว่างกว่า คือด้านที่มีแสงสว่าง ส่วนด้านที่มืด grayline จะเป็นเส้นโค้งสีม่วงที่มืดกว่า

**The Geometric Footprint** เป็นกรอบเส้นโค้งสีขาวบนแผนที่โลก

**The Antenna Footprint** เป็นกรอบเส้นโค้งสีฟ้าสามารถเห็นได้เมื่อสายอากาศของดาวเทียม มีมุม off-pointing น้อยกว่า 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### แผนที่ (Map projection)

ในเมนูนี้จะมีแผนที่ที่ใช้แสดงผลอยู่ 4 แบบ คือ

**Cylindrical Equidistant projection** เป็นแผนที่ของโลกที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

**Orthographic projection** เป็นแผนที่อยู่บนลูกโลก

**Orbit-view projection** เป็นโคจรแตรมของภาพที่เขียนง่ายๆ วงโคจรเป็นรูปร่างรีของดาวเทียม วาดอยู่ในสเกล

**Sky-View projection** เป็นแผนที่ของดวงดาวที่มีดาวเทียมอยู่ตรงกลางจะแสดงดาวเทียมและดวงดาว 790 ดวง เราสามารถที่จะเปลี่ยนการแสดงผลจากแผนที่หนึ่งไปยังแผนที่อื่น ๆ ได้โดยใช้คำสั่ง P (P command)

แผนที่บนจอสามารถใช้ Command 1 ตัวอักษรเพื่อเปลี่ยนแปลงรายการต่าง ๆ บนหน้าจอได้ ดังนี้

Space Bar	---	หยุดการทำงานต่าง ๆ ที่หน้าจอ	
E	---	ดวงโคจรของดาวเทียม	
F	---	แสดงการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วบนแผนที่	
P	---	เปลี่ยนรูปแบบของแผนที่	
1P	---	cylindrical Earth-View	3p --- orbit-View
2P	---	orthographic Earth-View	4p --- Sky-View
R	---	enable/disable antenna rotor control	
S	---	enable/disable map scrolling	
T	---	set specific time	
U	---	force update of map right now	
W	---	enable/disable display next satellite rise	
Q	---	quit tracking go back to main menu	

### เมนูที่ 3 Satellite position table

สำหรับในเมนูนี้เป็นตารางแสดงตำแหน่งของดาวเทียมที่เวลาจะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต ในส่วนของตารางจะประกอบด้วยส่วนย่อยของข้อมูลที่แสดงบน realtime tracking Screen ซึ่งได้อธิบายไว้ แล้วในเมนูที่ 1

เมื่อเลือก เมนูที่ 3 นี้ โปรแกรมจะให้เราเลือกดาวเทียมจากเมนูดาวเทียม 200 ดวง เหมือนกับในเมนูที่ 1 และ 2 หลังจากนั้น โปรแกรมจะถามเราถึงเวลาที่จะเริ่ม และเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในส่วนนี้ จะแสดงเวลาที่มีอยู่แล้ว ถ้าต้องการตั้งเวลาใหม่ก็ Enter เวลาเข้าไปใหม่ถ้าเราจะใช้ค่าเวลาที่มีอยู่ก่อนแล้ว ก็ให้กด Enter ผ่านไป ก็จะแสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลข ซึ่งก็คือส่วนย่อยของข้อมูลที่แสดงอยู่บน realtime text Screen เช่น Time, Azimuth Elevation เป็นต้น

คำสั่งที่ใช้เปลี่ยนแปลงการแสดงผลของตารางตำแหน่งของดาวเทียม

Enter ----- แสดงแผ่นต่อ ๆ ไปของตาราง  
 Left Arrow ----- สำหรับเมื่อดาวเทียมดวงต่อ ๆ ไป  
 Right Arrow ----- สำหรับเลือกดาวเทียมที่อยู่ก่อนหน้า  
 C ----- เปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลกลับไปกลับมาระหว่าง Lat/lon และ cities  
 S ----- toggle the scoll made  
 W ----- toggle the Fast risetime finder on/off  
 Q ----- ออกจากเมนูนี้ กลับไปยังเมนูหลัก

ตัวอย่างของการแสดงผลเมื่อเลือกเมนูที่ 3 ดังรูปที่ 2.37

7. AO-13								
Date/Time	UTC	Azim/Elev	Range	Lat Long	Doppler	Phs/M	Offp	
10JUN95	215013	111/ 39	39891	-5 +141		119/B	4.2	
10JUN95	215613	113/ 40	39898	-5 +140	-9	121/S	4.5	
10JUN95	220213	114/ 41	39888	-6 +138	+13	123/S	4.9	
10JUN95	220813	116/ 42	39863	-7 +137	+35	125/S	5.4	
10JUN95	221413	117/ 43	39821	-7 +136	+56	128/S	5.9	
10JUN95	222013	119/ 43	39763	-8 +135	+78	130/S	6.5	
10JUN95	222613	121/ 44	39690	-8 +134	+99	132/S	7.1	
10JUN95	223213	122/ 45	39600	-9 +133	+121	134/S	7.8	
10JUN95	223813	124/ 45	39495	-10+132	+142	136/S	8.5	
10JUN95	224413	126/ 46	39374	-10+131	+163	139/S	9.2	
10JUN95	225013	128/ 46	39238	-11+130	+184	141/S	9.9	
10JUN95	225613	130/ 47	39085	-12+129	+206	143/S	10.6	
10JUN95	230213	132/ 47	38918	-12+127	+227	145/S	11.3	
10JUN95	230813	134/ 48	38734	-13+126	+248	148/S	12.1	
10JUN95	231413	136/ 48	38535	-14+125	+269	150/S	12.9	
10JUN95	232013	138/ 48	38320	-14+124	+291	152/B	13.7	
10JUN95	232613	140/ 48	38089	-15+123	+312	154/B	14.5	
10JUN95	233213	142/ 48	37842	-15+122	+334	157/B	15.3	
10JUN95	233813	144/ 48	37579	-16+121	+355	159/B	16.1	
10JUN95	234413	146/ 48	37300	-17+120	+377	161/B	16.9	
10JUN95	235013	148/ 48	37004	-17+119	+399	163/B	17.8	
10JUN95	235613	150/ 48	36692	-18+118	+421	166/B	18.7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.37 ผลที่หน้าจอเมื่อเลือกเมนูที่ 3 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### เมนูที่ 4 Satellite Vicibility Schedule (ตารางแสดงดาวเทียมที่สามารถติดต่อได้)

มีการแสดงผลเป็น 2 รูปแบบ คือ สามารถที่จะเลือกได้ว่า จะให้แสดงในรูปแบบที่เป็นดาวเทียมดวงเดียว สำหรับ 20 วัน หรือแสดงว่าดาวเทียม 20 ดวง ใน 1 วัน ถ้าเลือกดาวเทียม ดวงเดียว สามารถเลือกได้จากเมนูของดาวเทียม แต่ถ้าเลือกดูดาวเทียมหลายดวงสามารถที่จะเลือกได้จากกลุ่มดาวเทียม

การแสดงผลที่จอเมื่อคุณเลือกรูปแบบแรกคือ ดาวเทียมดวงเดียว แสดงใน 20 วันจะโชว์วันที่เป็นแถวจำนวน 20 วัน ใน column จะโชว์เวลาชั่วโมง ซึ่งรูปแบบการแสดงผลเป็นดังรูปที่ 2.38

Satellite Schedule																									
Satellite: AO-13																									
Station: HAM ASIA																									
		Hour - UTC																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
06/10/95																								BSSSSBB	
06/11/95	BBBBBBBBBB																	BB			BBBBBBBB	SSSSBBBB			
06/12/95	BBBBBB																	BB			BBBBSSSS	BBBBBBBB			
06/13/95	BB		BBBBBBBBBB															BB			SSSBBBB	BBBBBB			
06/14/95		BBBBBBBBBBBB																BB				BBB			
06/15/95	BBBBBBBBBBBB	SSSS																B						BBBB	
06/16/95	BBBBBBBBBBBB	SSSSBB																							BBBBBBBB
06/17/95	BBBBBBBB	SSSSBBBB																							BBBBBBBB
06/18/95	BBBB	SSSSBBBB	BBBB																						BBBBBBBB
06/19/95	SSSS	BBBBBBBB																							BBBBBBBB
06/20/95	SS	BBBBBBBB																							SSSS
06/21/95	BBBB																								SSSS
06/22/95	BBBB																	BB				BBBB	SSSS	BBBB	BBBB
06/23/95	BB		BB																						BBSSSS
06/24/95		BB	BB																						SS

รูปที่ 2.38 ผลที่หน้าจอสำหรับดาวเทียม 1 ดวง ในเวลา 20 วัน

การแสดงผลในรูปแบบที่ 2 คือ ดาวเทียม หลายดวงในเวลา 1 วัน ดาวเทียมจะแสดงเป็นแถว รูปแบบการแสดงผลที่หน้าจอเป็นดังรูปที่ 2.39

## Satellite Schedule

Day: 06/10/95  
Station: HAM ASIA

	Hour - UTC																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
AO-10																								*****
UO-11																								---*---
RS-10/11																								-----
RS-12/13																								-----
AO-13																								BSSSSBB
AO-16																								-----
DO-17																								-----
WO-18																								-----
LO-19																								-----
FO-20																								-----
AO-21																								-----
UO-22																								-----
KO-23																								-----
Arsene																								*****

รูปที่ 2.39 ผลที่หน้าจอสำหรับดาวเทียมหลายดวงใน 1 วัน

สัญลักษณ์ “\_” ที่แสดงในรูปแสดงว่า ช่วงนั้นดาวเทียมอยู่ต่ำกว่าเส้นขอบฟ้า ถ้าเป็นตัวอักษรอื่นๆ แสดงว่าดาวเทียมอยู่เหนือเส้นขอบฟ้า ถ้า Enter a Schedule สำหรับดาวเทียม ตัวอักษรจะเหมือนกัน ถ้าไม่ Enter a Schedule จะปรากฏเครื่องหมาย \* แสดงว่าดาวเทียม อยู่เหนือเส้นขอบฟ้าสำหรับการแสดงผลอื่นๆ จะเป็นสีเหลือง และเขียว ถ้าดาวเทียมอยู่เหนือและต่ำกว่าเส้นขอบฟ้าตามลำดับ เราสามารถพิมพ์ Schedule ออกมาได้ โดยใช้ Shift-Prts key และ ใช้ Q key ออกจาก Schedule กลับไปยังเมนูหลัก

### เมนูที่ 5 Update Satellite Element

เริ่มจากเลือก Update Sat Element ในเมนูหลัก จะมีเมนูย่อยให้เลือก 8 เมนู ดังข้างล่าง

1. ALL : Read in element for ALL satellite in file
2. ONE : Read in element for ONE specific satellite
3. UPDATE: Read in element for ALL satellite EXCEPT those for which the program already has never elements
4. OLD : Delete Satellite with old orbital element
5. CRASH : Delete Satellite that have crashed
6. DELETE: Delete Satellite manually
7. SQUISH: Compact the Satellite elements database
8. EDIT : View/Edit Satellite elements by hand
9. QUIT : Return to main menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instant Track สามารถอ่าน orbital element ไฟล์ในรูปแบบ AMSAT or NASA ถ้าต้องการอ่าน element จากไฟล์ใน format ของ AMSAT or NASA ให้เลือกเมนูย่อยที่ 1 ในเมนูย่อยที่ 3 อาจจะใช้บ่อยเพราะว่าบางที่เราต้องการ update element ใหม่

ฐานข้อมูลของ Instant Track มี Element ของดาวเทียมอยู่ 200 ดวง ถ้าต้องการโหลด Satellite Element ใหม่ จำเป็นที่จะต้องเคลียร์ satellite เก่า ๆ ออกเมนูสำหรับลบ ดาวเทียม ออก จากฐานข้อมูลคือเมนู 4-6 ถ้าหากจะเขียน Satellite element เข้าไปใหม่เลือกเมนูที่ 8 Edit ในเมนูนี้จะมีคำสั่งที่ใช้ display หรือเปลี่ยนแปลง Satellite element ดังนี้

left/Right Arrow	----	go to next/previous sat.
=	----	เปลี่ยนแปลงค่า element
D	----	display derived Values
Q	----	Quit manual edit screen

## เมนูที่ 6 Update station element

เมื่อเลือก Update Station Element ในเมนูหลัก ซึ่งในเมนูนี้จะบอกแก่ Instant Track ว่า สถานีปฏิบัติการของคุณตั้งอยู่ที่ไหน หรือว่าสถานีของเพื่อนคุณตั้งอยู่ที่ตำแหน่งไหนคุณสามารถเลือกสถานีทำการจากเมนูของสถานีซึ่ง Instant Track จะมีฐานข้อมูลสำหรับที่ตั้งของสถานีถึง 50 สถานีโดยสถานีแรก (สถานีที่ 1) ในฐานข้อมูลเป็นสถานีพิเศษคือ Instant Track จะกำหนดให้สถานีแรกเป็นสถานีทำการของคุณ

เมื่อคุณจะเขียนหรือเปลี่ยนแปลง Station element ให้เลือก station จากเมนูจอภาพจะแสดงให้เห็น หรือให้คุณป้อนข้อมูลดังนี้ ชื่อสถานี, latitude, longitude และ Altitude (ความสูงจากระดับน้ำทะเล) พร้อมกับคำนวณหาตำแหน่งที่ตั้งของสถานีของคุณอย่างถูกต้องว่าอยู่ที่ทิศทางไหน ของเมืองอะไร

คำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลของสถานี

Up/ON arrow	----	เลื่อน cursor ไปยังบรรทัดที่ต้องการ
=	----	Enter ค่าใหม่
Q	----	กลับสู่เมนูหลัก

## Edit Station Elements

## Station Elements...

Name: HAM ASIA  
 Latitude: +13.025°  
 Longitude: +100.007°  
 Altitude: 15 meters

## Computed information...

This station is 96.7 km SW of Bangkok, Thailand  
 This station's grid is: OK03aa

Up/Dn arrow to select element. "=" to enter new value.  
 Q to return to main menu.

รูปที่ 2.40 หน้าจอเมนู Edit Station Element

## เมนูที่ 7 Multiple Satellite Co-Visibility

เมื่อเลือกเมนูนี้จากเมนูหลัก Instant Track จะให้ Enter กลุ่มของดาวเทียมที่เครื่องหมาย  
 พร้อมที่รับคำสั่ง และกด Enter ซึ่งกลุ่มของดาวเทียมมีรายละเอียดดังข้างล่าง

\* --- This group contain all sat.  
 ! --- your "favorite sat." group  
 % --- All sat. that do not belong to an A-Z group  
 A = Amateur Radio Sat.  
 G = GPS Navigation sat.  
 L = Low Earth orbit sat.  
 P = Pacsats (Amateur Packet-Radio sat.)  
 R = Russian sat.  
 W = water sat.

ผลของการ display เมื่อเลือกกลุ่มดาวเทียม ดังรูปที่ 2.41



คอมพิวเตอร์ของคุณให้ถูกต้อง ใช้มาตรฐานของ NBC (National Bureau of standards) ฟังก์ชันนี้จะถูกเขียนเข้าไปในไฟล์ NBSCOM.INI ซึ่งใช้ในการตั้งเป็นค่า config ของ Modem และ com port

บนหน้าจอของเมนูนี้จะแสดงเวลามาตรฐาน UTC (มาตรฐานเวลาที่เมืองกรีนิช) หรือตามเวลาของสถานีที่ตั้งของคุณ คุณสามารถเลือกที่จะให้ Instant Track แสดงเวลาในแบบใดระหว่าง UTC และ Local time ได้โดยใช้ z command

## เมนูที่ 9 TSR status

สำหรับในเมนูนี้จะเป็นการรายงานสถานะของ TSRs (Terminate-and-stay-Reseden Program) หรือโปรแกรมประเภทฝังตัวในหน่วยความจำซึ่งจะถูกใช้งานโดย Instant Track โดยคุณจะต้องโหลด TSR นี้ก่อนหน้าที่ จะควบคุมอากาศให้ติดตามตำแหน่งดาวเทียม โดยอัตโนมัติ ซึ่ง TSR ที่ใช้สำหรับ Instant Track มี 2 โปรแกรม คือ

**RotorDrv** TSR ซึ่งจะใช้ควบคุม Rotor ของสายอากาศและ Support การ์ดอินเตอร์เฟส rotor ของสายอากาศ

**OrbitDrv** TSR ซึ่งจะใช้คำนวณวงโคจรของดาวเทียม ในเบื้องหลังจากที่คุณออกจากการใช้โปรแกรม Instant Track โดย TSR นี้จะ Support กับ Instant ตัวอย่างของการแสดงสถานะของ TSR เมื่อมีการ load RotorDrv TSR

RotorDrv TSR status : Present

Hardware Responding

Enabled

Stalled

Antenna Position : 312 50

**Present** หมายความว่าตอนนี้ Instant Track พบ TSR นี้ในหน่วยความจำแล้วสามารถที่ติดต่อกันได้ ถ้ายังไม่ได้ load Rotor Drv TSR

**Hardware Responding** หมายความว่า RotorDrv TSR จะรายงานที่สามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้แล้ว ซึ่งในที่นี้ก็คือการ์ดอินเตอร์เฟส Rotor

**Stalled** หมายความว่า RotorDrv TSR จะบอกว่ามีแกนใดแกนหนึ่งของ Rotor ไม่หมุนหรือไม่ตอบสนองต่อคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Antenna Position** แสดงตำแหน่งของสายอากาศของคุณ ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องกับตำแหน่งของดาวเทียม

ตัวอย่างของการแสดงของ TSR เมื่อมีการ load OrbitDrv TSR

```
OrbitDrv TSR stauts : Present
Station element    : HAM ASIA
Sat element        : A0-13
Tracking enable    : 08/05/95 09:11 PDT AZ: 312 EL: 50
Tuning disable     :
Math is ok
```

**Present** หมายความว่า Instant track พบ TSR นี้ในหน่วยความจำและสามารถติดต่อกันได้ถ้ายังไม่ได้ load orbitDrv TSR มันจะแสดงว่า "Not Present"

**Station element** และ **sat.element** จะแสดงชื่อสถานีของคุณและดาวเทียมที่โหลดเข้าไปใน orbitDrv

**Tracking enable** จะแสดงก็ต่อเมื่อคุณใช้ R command ใน real time screen บอกให้รู้ว่าตอนนี้กำลังติดตามดาวเทียมอยู่ ซึ่งจะแสดงเวลา และมุมของสายอากาศที่ orbitDrv กำหนดได้

**Tuning disable** หมายความว่า radio tuning TSR ที่ใช้ควบคุมอัตโนมัติไม่ทำงานและไม่พบการ Interface

**Math is ok** หมายความว่า ในระหว่างการควบคุมสายอากาศอัตโนมัตินี้ ไม่พบข้อผิดพลาดใดๆ จาก orbitDrv TSR

## เมนู HELP

เลือก help จากเมนูหลักหรือเลือกใช้คำสั่ง ? จะพบกับ online help จะช่วยเหลือคุณในการใช้ Instant Track Program ซึ่งจะมีเมนูย่อยให้เลือกหลายเมนู คุณสามารถใช้ PgUp และ PgDn key ดูหน้าต่อไป Help Screen และใช้คำสั่ง Q ออกจาก Help กลับสู่เมนูหลัก

## เมนู Quit

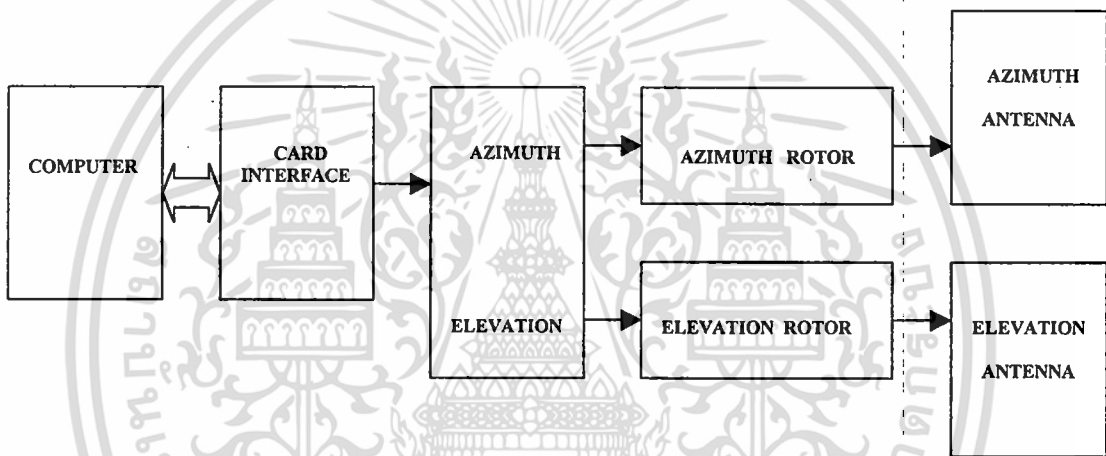
ออกจากโปรแกรม Instant Track กลับสู่ Dos.

### บทที่ 3

## การสร้างและการออกแบบ

### 3.1 กล่าวนำ

ในการดำเนินโครงการชิ้นนี้นั้น ในความคิดเริ่มแรกของโครงการชิ้นนี้นั้นจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ ในการควบคุมการหมุนของโรเตอร์ ซึ่งในการที่จะให้คอมพิวเตอร์ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกนั้นจะต้องมีชุดเชื่อมต่อ หรือชุดอินเตอร์เฟซ (INTERFACE) ซึ่งหลักการทำงานของการทำงานของการติดตามดาวเทียมสมัครเล่นแสดงได้ด้วยบล็อกไดอะแกรมข้างล่าง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานการติดตามดาวเทียมสมัครเล่น

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าชุดเชื่อมต่อหรือชุดอินเตอร์เฟซจะอยู่ระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งในการสร้างชุดอินเตอร์เฟสนั้นต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ก่อนว่าตัวที่ใช้ในการเชื่อมต่อสำหรับคอมพิวเตอร์นั้นเป็นอย่างไร จากการศึกษาทางด้านฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ทราบว่าภายในคอมพิวเตอร์จะมี SLOT ที่ใช้สำหรับต่อการ์ดอินเตอร์เฟซ

### 3.2 การสร้างและการออกแบบ

จากหลักการของโปรแกรม IT ซึ่งจะให้ O/P DATA ของ AZIMUTH และ ELEVATION ออกมาทาง PORT หมายเลข 03E0H และรับข้อมูลตำแหน่งโรเตอร์ปัจจุบัน เพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าจริงที่คำนวณได้ และสั่งการควบคุมโรเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่คำนวณได้

หลักการดังกล่าวสามารถเขียน BLOCK DIAGRAM ได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรมแต่ละบล็อกของการ์ดอินเตอร์เฟส

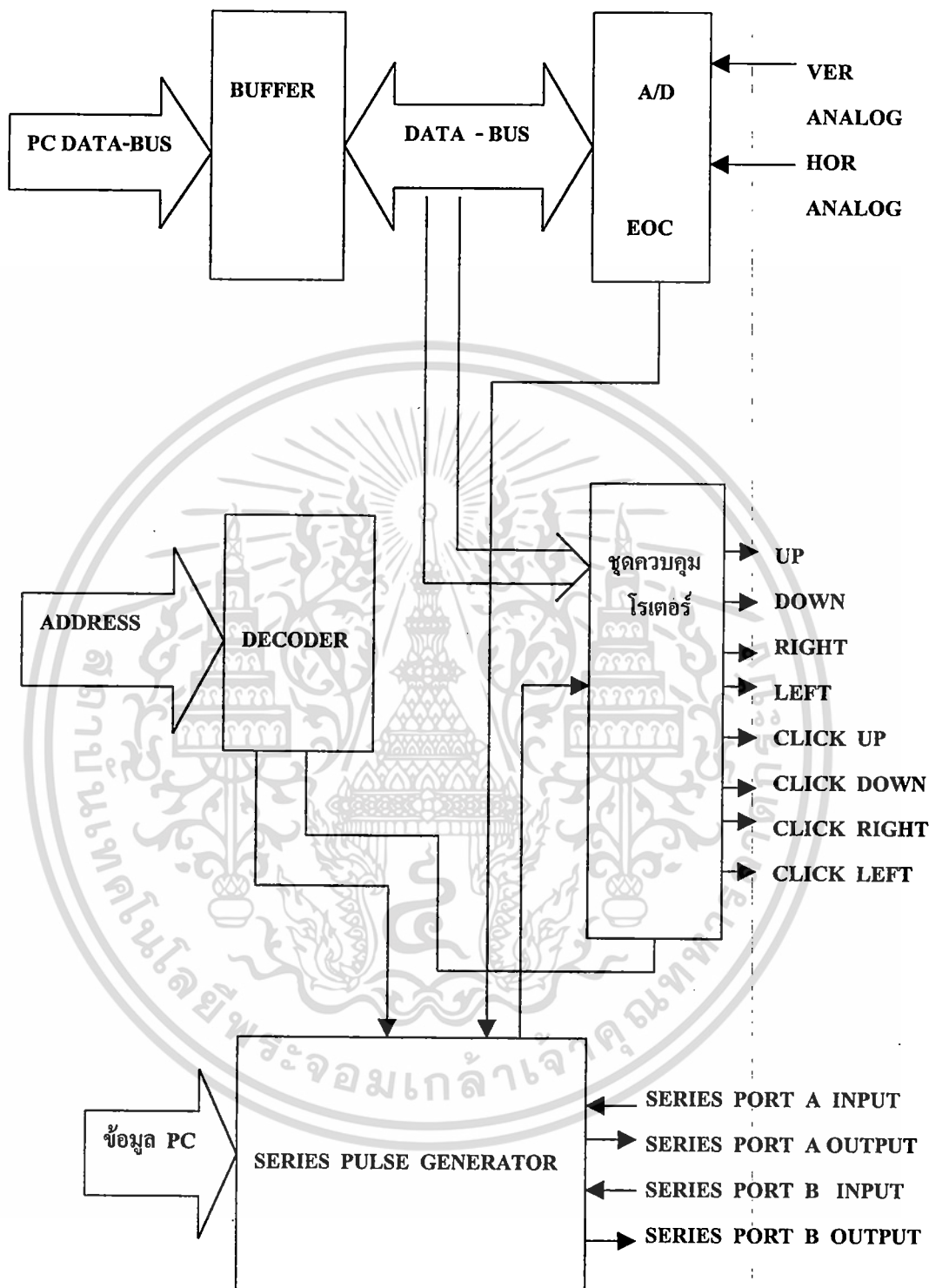
(1) A/D (ANALOG TO DIGITAL) ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้น อุปกรณ์ A/D นั้นเป็นหัวใจอย่างหนึ่งในการเชื่อมต่อเพราะคอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลเป็นดิจิตอลเท่านั้น จึงจะสามารถทำงานได้ ชุด A/D นั้นจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่เป็นสัญญาณอนาล็อกที่ได้มาจากชุดควบคุมโรเตอร์ซึ่งสัญญาณอนาล็อกก่อนที่จะเข้าสู่ชุด A/D นั้นจะต้องผ่านชุดจำกัดกระแส เพราะชุด A/D นี้จะรับกระแสได้จำกัดเท่านั้น ซึ่งชุดจำกัดกระแสทำหน้าที่ป้องกันการไหลกระแสภายในวงจรของการ์ดอินเตอร์เฟสจากผ่านชุดจำกัดกระแส แล้วจะส่งแรงดันซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกเข้าสู่ชุด A/D เพื่อที่จะแปลงสัญญาณดิจิตอลส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ต่อไป

(2) ชุดบัฟเฟอร์ (BUFFER) จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ของข้อมูล ซึ่งจะนำข้อมูลจาก A/D เข้าสู่คอมพิวเตอร์

(3) ชุดถอดรหัส (DECODER) ในการที่จะติดต่อข้อมูลระหว่าง PC กับ CARD INTERFACE นั้นจะต้องกำหนดแอดเดรสที่ PC และทำการ DIPSWITCH ที่ CARD INTERFACE ตามตารางที่ ภาคผนวกที่

(4) ชุด D-FLIPFLOP จะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณจากชุดถอดรหัสนับสัญญาณ LATCH เข้ามา

(5) ตัวสร้าง PULSE ความถี่ เป็นตัวควบคุม PORT A และ PORT B SERIAL PORT จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อมีสัญญาณ EOC จาก A/D แยกทีฟเป็น "1"



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของการ์ดอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การสร้างวงจรเชื่อมโยง

จากการที่ได้ทำการศึกษาหลักการทำงานคร่าว ๆ ของบล็อกไดอะแกรมของการ์ดอินเตอร์เฟสแล้ว จึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการสร้างวงจรขึ้นมา ซึ่งวงจรที่สร้างขึ้นมามีอยู่ในภาคผนวก ก.

#### 3.3.1 การทำงานของการ์ดอินเตอร์เฟส

จะประกอบไปด้วยชุดที่เป็น A/D ซึ่งจะใช้ IC ADC 0809 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ADC 0809 นี้จะรับสัญญาณที่เป็นอนาล็อกมาจากชุดที่ทำการจำกัดกระแสซึ่งชุดจำกัดกระแสจะใช้ R 330 โอห์ม ซึ่งในการที่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวก็เพราะว่า จะไม่ทำให้เกิดการโหลดทางกระแสภายในวงจรของการ์ดอินเตอร์เฟสดังกล่าว

ส่วนชุดลอจิกจะประกอบไปด้วย IC 74LS85 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลเมื่อมีสัญญาณ ADDRESS A2-A9 เข้ามาที่ขา A0-A3 จะเกิดการเปรียบเทียบกันที่ขา B0-B3 ซึ่งขา B0-B3 นั้นจะรับสัญญาณมาจาก DIPSWITCH ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ ADDRESS ที่ 03E0H และทำการ DIPSWITCH ที่ 00000111 จากนั้นจะส่งสัญญาณไป LATCH ที่ D-FLIPFLOP

ส่วนชุดบัฟเฟอร์จะประกอบไปด้วย IC เบอร์ 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์ของข้อมูลการนำข้อมูลเข้าต้องมีการอินาเบิ้ล ซึ่งเราจะใช้ส่วนนี้ในการส่งผ่านข้อมูลจาก A/D ไปสู่คอมพิวเตอร์

ส่วนชุดควบคุมโรเตอร์ ประกอบไปด้วย IC D-FLIPFLOP เพื่อทำการ LATCH ข้อมูลโดยใช้ IC เบอร์ 74LS273 ซึ่งจะทำงานช่วงขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาที่มาจาก ชุดลอจิกแล้วก็จะทำการ LATCH ข้อมูลที่มาจากคอมพิวเตอร์ D0-D7 ออกทางเข้าที่ของ IC 74LS273 เพื่อที่จะนำไปควบคุมการหมุนของโรเตอร์ว่าต้องการจะให้โรเตอร์หมุนในทิศทางใด ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางหมุนของโรเตอร์ก็ต้องเปลี่ยนแปลงข้อมูลพร้อม ๆ กัน

ส่วน SERIES PULSE GENERATOR จะประกอบไปด้วย IC 2651 ใช้งานเป็น KC TUNER การออกแบบ KC TUNER จะใช้ในการปรับชดเชยความถี่ ในช่วงที่ดาวเทียมผ่าน ซึ่งในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมจะทำให้เกิด DOPPLER SHIP และ KC TUNER จะเป็นตัวจูนสัญญาณความถี่วิทยุทางด้านขาขึ้นและขาลง เพื่อทำการชดเชยความถี่ให้ถูกต้อง อันเนื่องจากสาเหตุความเร็วของดาวเทียม KC TUNER ใช้ได้กับเครื่องทุกชนิดที่มีระบบการควบคุมเหมือนกัน เช่น YAESU, KENWOOD และ ICOM KC TUNER จะควบคุมเครื่องวิทยุผ่านทาง SERIAL COMPUTER PORT A,B และ UP/DOWN MIC-CLICK PORT C,D

## บทที่ 4

### การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง Tracking ดาวเทียม หลังจากที่ได้สร้างการ์ดอินเตอร์เฟส แล้วในบทที่ 3 ก่อนอื่นจะขออธิบายเกี่ยวกับการ Tracking ดาวเทียม โดยใช้โปรแกรม Instant Track อย่างคร่าว ๆ ก่อนว่ามี 2 วิธี คือ

#### - Direct Drive

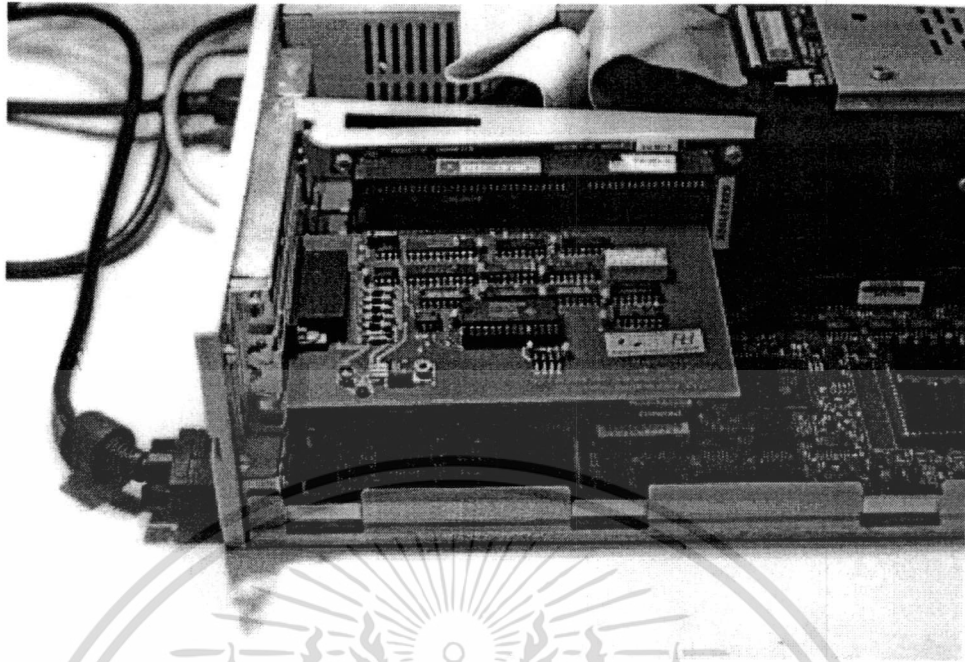
คือ การติดตามดาวเทียมโดยตรง ก่อนอื่นต้องโหลดโปรแกรม TSR เข้าในหน่วยความจำก่อน ซึ่งก็คือ โปรแกรม RotorDrv แล้ว Run โปรแกรม Instant track และเมื่อออกจากโปรแกรม Instant Track ก็จะออกจากการ Tracking ด้วย

#### - Background Drive

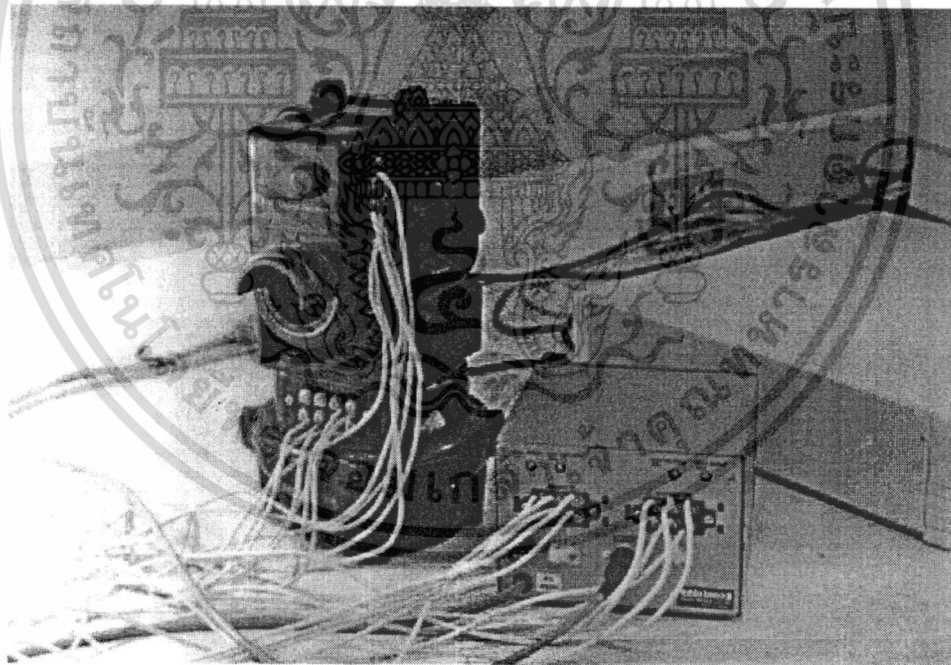
เป็นการ Tracking ดาวเทียมทำงานโดยการโหลด TSR Program คือ RotorDrv และ OrbitDrv ก่อน Run โปรแกรม Instant Track เมื่อออกจากโปรแกรม Instant Track OrbitDrv จะยังคงติดตามดาวเทียมโดยอัตโนมัติ ซึ่งในโครงการนี้ใช้การติดตามดาวเทียมโดยวิธี Background Drive

### 4.1 วิธีการทดลองการติดตามดาวเทียม

เสียบการ์ด Interface เข้าไปใน slot ของคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.1 ต่อสายจากตัว Rotor เข้ากับตัวควบคุม Rotor และต่อสาย cable จากการ์ด Interface เข้ากับขั้ว External control ที่อยู่ด้านหลังของตัวควบคุม Rotor



รูปที่ 4.1 การติดตั้งการ์ด Interface เข้ากับ slot ของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.2 การต่อสายเคเบิลจากการ์ด Interface เข้ากับตัวควบคุม Rotor และการต่อสายจากตัว Rotor เข้ากับตัวควบคุม Rotor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 การ Install Program เพื่อติดตั้งการ์ด Interface

ขั้นตอนนี้เป็นกรปรับมุม Azimuth และ Elevation ของสายอากาศที่ตัวควบคุม Rotor ตามที่โปรแกรมสั่งการ เพื่อบอกให้การ์ด Interface รับรู้

การ Install ทำได้โดยเรียก Install.exe บนหน้าจอจะปรากฏคำแนะนำให้ปฏิบัติตามที่โปรแกรมแนะนำ ซึ่งพอจะสรุปให้เข้าใจง่าย ๆ ดังนี้ตอนแรกจะเป็นการปรับ Elevation rotor โปรแกรมจะให้เลือกว่าจะให้ปรับ Up หรือ Down Rotor ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ Up control จากนั้นให้ใช้มือปรับตัวควบคุม Rotor Up ที่อยู่บนตัวควบคุม Rotor ไปยังตำแหน่งสุดท้ายบนสเกลหน้าปัด Elevation ของตัวควบคุม Rotor ให้ใส่ค่ามุมของ Elevation ที่แสดงที่หน้าปัดของตัวควบคุม Rotor ซึ่งมุมที่เข็มชี้จะอยู่ที่ตำแหน่ง 180 องศาที่เครื่องหมาย prompt จากนั้นให้ปรับ Elevation Rotor down ลงมาจนสุดสเกล ซึ่งเข็มสเกลที่หน้าปัดของตัวควบคุมโรเตอร์จะชี้อยู่ในตำแหน่งที่ 0 องศา ให้ใส่ค่ามุม 0 ที่เครื่องหมาย prompt

จากนั้นโปรแกรมจะให้เลือกว่าจะปรับ Left หรือ Right Control ซึ่งจะปรับโรเตอร์ในแกน Azimuth ในการทดลองใช้ Right Control ให้ปรับ Right Control ไปสุดสเกล เข็มบนสเกลจะชี้อยู่ที่ตำแหน่ง 180 องศา ให้ใส่ค่ามุม 180 ที่เครื่องหมาย Prompt จากนั้นให้ปรับ Azimuth Rotor กลับมา 360 องศา โดยใช้ Left Control ซึ่งตอนนี้เข็มมิเตอร์ที่สเกลของ Azimuth จะอยู่ที่ตำแหน่ง 180 องศาทางด้านซ้ายของสเกล กด Enter เสร็จแล้วให้ปรับ Elevation และ Azimuth Rotor ให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0 องศา เป็นอันว่าเสร็จขั้นตอนการ Install

#### 4.1.2 การโหลด TSRs Program

ขั้นตอนี้ทำหลังจาก Install Card แล้ว จะเป็นการโหลดโปรแกรมที่ใช้ควบคุม Rotor โดยอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรมประเภทนี้เป็นโปรแกรมฝังตัวในหน่วยความจำ วิธีการโหลด TSRs Program ใช้คำสั่งที่เครื่องหมาย Prompt ดังนี้

```
drv/Local=-7/vector=$63      ----- Load RotorDrv
osc/hot=$18                   ----- Load KCT Popup
orbitdrv                      ----- Load OrbitDrv
```

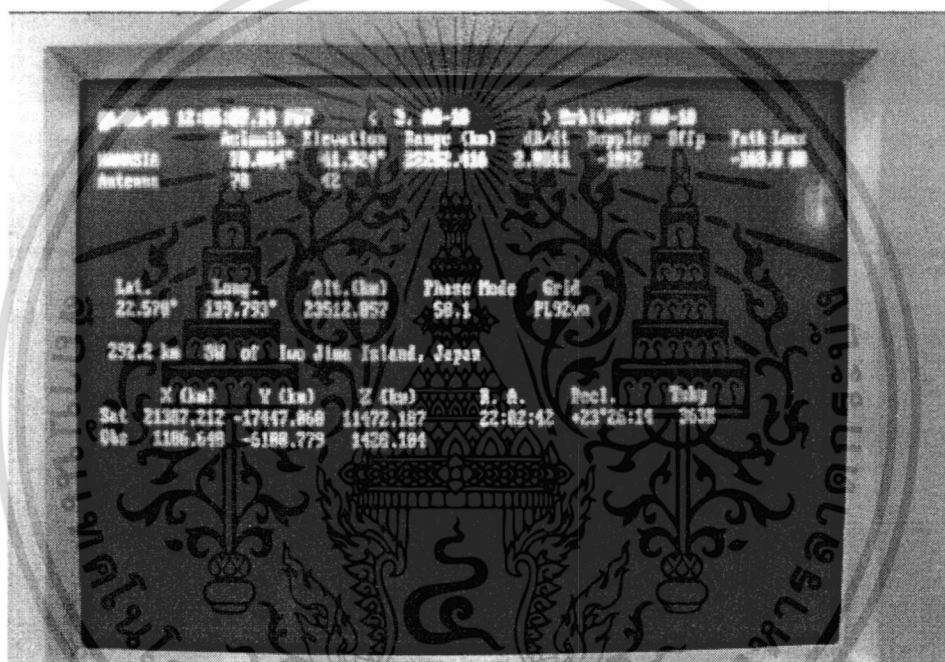
คำสั่งข้างบนอาจจะเขียนได้ในแบดท์ไฟล์ เพื่อที่จะใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว สำหรับ Option Switch ของแต่ละคำสั่ง ได้อธิบายไว้แล้วในภาคผนวก คำสั่ง Orbitdrv ใช้กับคอมพิวเตอร์ที่มี Math-Coprocessor ถ้าคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไม่มี Math-Coprocessor ให้ใช้คำสั่ง Orbitncp แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 การ RUN โปรแกรม Instant Track

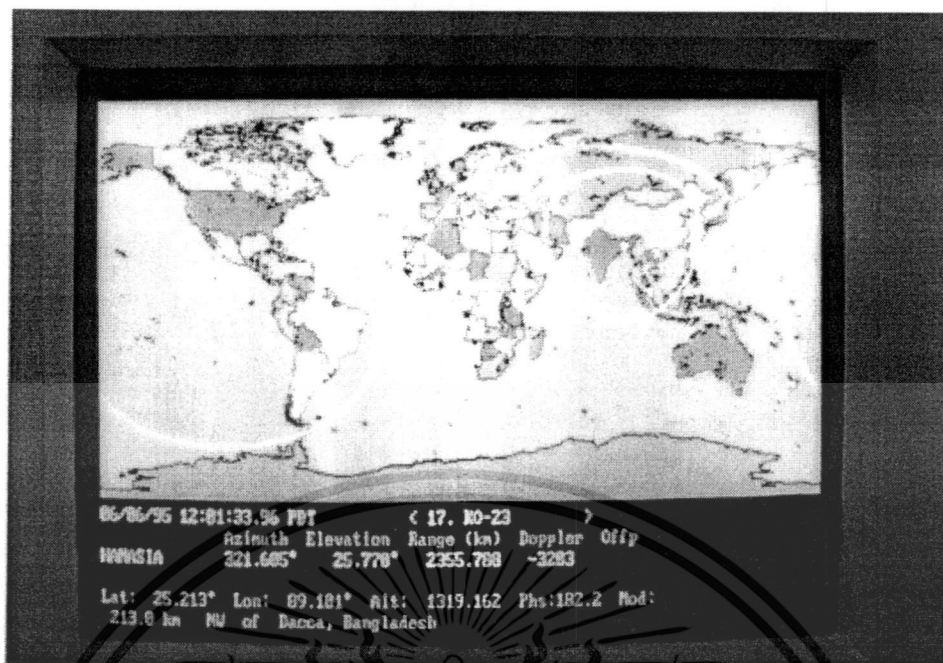
ขั้นตอนต่อไปคือการ Tracking ดาวเทียมโดยการ RUN โปรแกรม Instant Track เลือกเมนูที่ 1 หรือ 2 จากเมนูหลักของโปรแกรม Instant Track สมมติว่าเลือกเมนูที่ 1 จะปรากฏเมนูของดาวเทียม ให้เลือกดาวเทียมที่จะติดตาม หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าจอของการติดตามดาวเทียมใน mode text screen

หลังจากนั้นให้ใช้คำสั่ง R คือกดคีย์ตัว R จะเป็นการเข้าสู่การติดตามดาวเทียมดวงที่เราเลือกแต่แรก มีผลทำให้ Rotor หมุนสายอากาศไปยังตำแหน่งที่ตรงกันกับตำแหน่งของดาวเทียม ในตอนนี้หน้าจอเปลี่ยนแปลงจากเดิมเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การ Tracking ดาวเทียมเมื่อเลือกเมนูที่ 1

ถ้าเลือกเมนูการติดตามดาวเทียมในเมนูที่ 2 เมื่อเลือกดาวเทียมที่จะติดตาม จะปรากฏแผนที่การติดตามดาวเทียม ให้ใช้คำสั่ง R (กดคีย์ R) จะเป็นการเข้าสู่การติดตามดาวเทียม แสดงดังรูปที่ 4.4 ในตอนนี้ Rotor จะหมุนสายอากาศไปยังตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกต้อง



รูปที่ 4.4 การติดตามดาวเทียมเมื่อเลือกเมนูที่ 2

อนึ่งการติดตามดาวเทียมแบบนี้เป็นแบบ Background ฉะนั้นเมื่อออกจากโปรแกรมการติดตามดาวเทียม (Instant Track) ไม่มีผลต่อการติดตามดาวเทียม และการติดตามจะถูกต้องแม่นยำก็ต่อเมื่อมีการ Update Orbit Element ทุก ๆ สัปดาห์และสายอากาศจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตั้งแต่การติดตั้งครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

โครงการวิจัยเรื่องการรับและการติดตามสัญญาณดาวเทียมโดยไมโครคอมพิวเตอร์นี้สามารถนำไปใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถนำไปเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการพัฒนาต่อไปได้อีกด้วย ระบบการรับและการติดตามสัญญาณดาวเทียมโดยไมโครคอมพิวเตอร์นี้สามารถติดตามหาตำแหน่งของดาวเทียมได้อัตโนมัติโดยอาศัยอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ทั้งในมุมกวาดและมุมเงย ส่วนที่สำคัญที่สุดของโครงการนี้คือ การ Update Orbit Element ของดาวเทียม เพื่อที่จะให้โปรแกรม Instant Track ติดตามหาตำแหน่งของดาวเทียม และส่งเอาที่พิกัดผ่านการ์ดอินเตอร์เฟสไปควบคุม Rotor ให้ปรับสายอากาศตรงตามตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกต้อง

ข้อที่ควรระวังในการทดสอบโครงการนี้คือการ Calibrate โรเตอร์ทั้ง Azimuth Rotor และ Elevation Rotor ในขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมของการติดตั้งการ์ดอินเตอร์เฟส ถ้าเรา Calibrate Rotor ไม่ถูกต้องจะมีผลทำให้การติดตามดาวเทียมไม่ถูกต้องด้วย โครงการการติดตามดาวเทียมจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นถ้าใช้โปรแกรม Instant Track เวอร์ชันที่สูงขึ้นกว่าเวอร์ชันที่ใช้ร่วมกับโครงการนี้ซึ่งเป็นเวอร์ชัน 1 ซึ่งอาจจะมีรายละเอียดปลีกย่อยมากขึ้น

## บรรณานุกรม

1. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, “คู่มือเทียบเบอร์ไอซี TTL”, กรุงเทพฯ, 2534.
2. จิติ หนูแก้ว, “การเชื่อมต่อ IBM PC”, หจก. เอช-เอน การพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2535.
3. ยืน ภู่วรรณ, “เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ IBM PC”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, 2533.
4. ประสิทธิ์ ทิมพุดิ, “การสื่อสารดาวเทียม”, บริษัท ส.เอเชียเพลส (1989) จำกัด, กรุงเทพฯ, 2536.
5. Martin Davidoff, “The Satellite Experimenter’s Handbook”, Newington, The American Radio Relay League, 1990
6. Paul Williamson, “ITTRACK User’Manual”, 1989

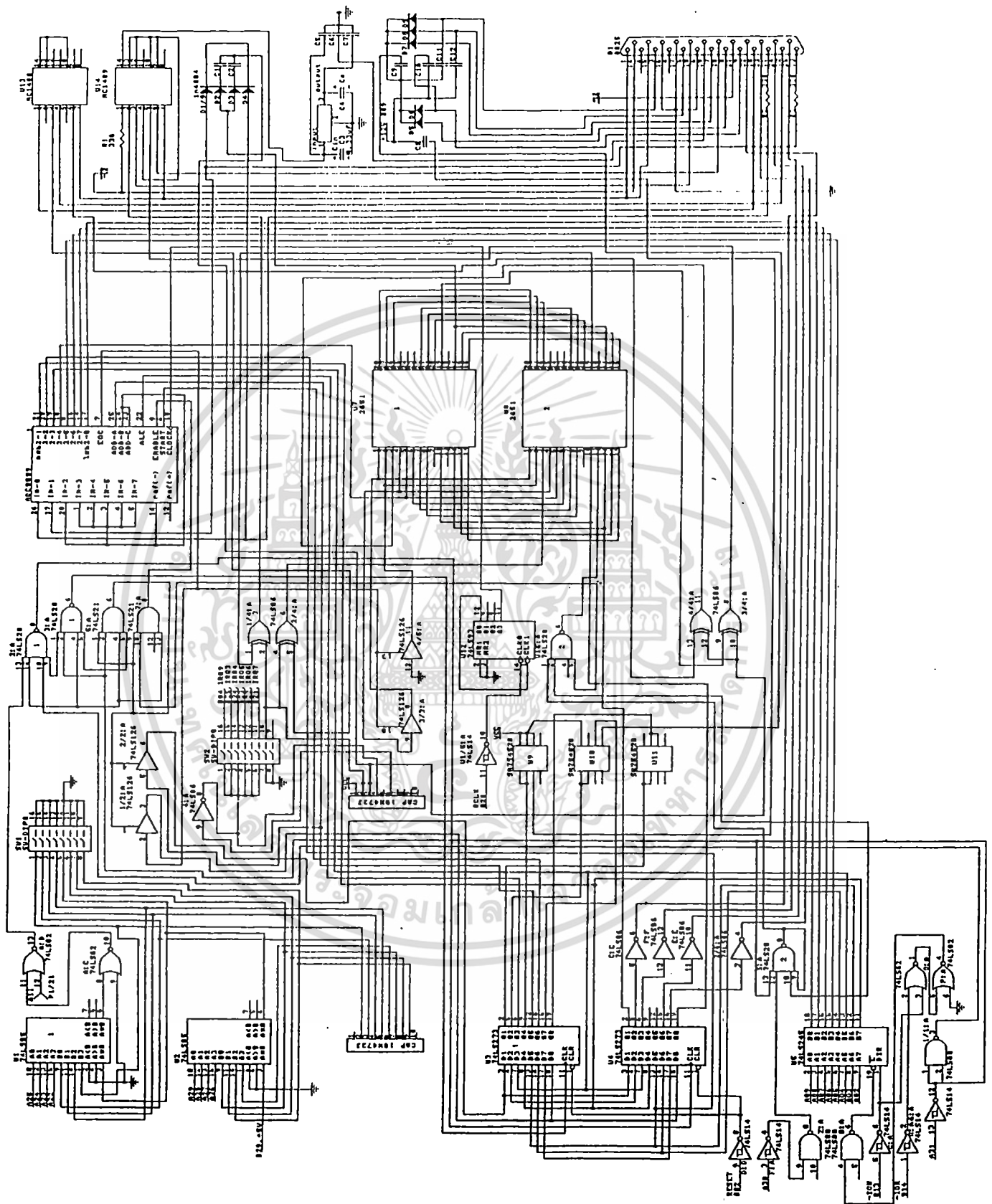


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.  
วจรที่ได้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้