ระบบควบคุมการยิงปืนใหญ่เป้าผิวน้ำขนาด 76/50 ด้วยคอมพิวเตอร์

COMPUTERIZED SURFACE FIRE CONTROL SYSTEM FOR THE 76/50 GUN

ไพศาล อัศวิบล วศ.บ.

PAISAL ASAWAWIMOL, B.Eng.

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศ.ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์

ADVISOR

PROF.DR. PAIRASH THAJCHAYAPONG

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		1
บทคัดย่อ		2
ABSTRACT		3
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 จุดมุ่งหมาย	1-1
	1.2 เนื้อหาโดยสังเขป	1-1
บทที่ 2	ภูมิหลัง	
	2.1 การยิงปืนเรือ	2-1
	2.2 ศูนย์ระยะ	2-2
	2.3 ศูนย์ข้าง	2-3
	2.4 บทสรุป	2-5
บทที่ 3	การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการเดิม	
	3.1 หลักการพื้นฐาน	3-1
	3.2 การหาอัตราเปลี่ยนระยะและอัตราเปลี่ยนเชิงมุม	3-2
	3.3 ตารางแก้	3-3
	3.4 นาฬิการะยะ	3-4
	3.5 บทสรุป	3-5
บทที่ 4	การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการที่พัฒนาใหม่	
	4.1 นิยามชื่อและความหมายของตัวแปร	4-1
	4.2 สมมติฐานเบื้องต้น	4-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แนวคิดพื้นฐาน 4-4
4.4 การคำนวณศูนย์ระยะเบื้องต้นด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับ 4-3
4.5 การคำนวณเข็มของเรือเป้าสัมพัทธ์กับเรือบิน 4-6
4.6 การคำนวณหาความเร็วสัมพัทธ์ของเรือเป้า 4-9
4.7 การคำนวณระยะทางระหว่างเรือบินกับเรือเป้า ณ เวลาใด ๆ 4-11
4.8 การคำนวณศูนย์ข้างเบื้องต้น 4-12
4.9 การชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม 4-15
4.10 การคำนวณค่าแก้ระยะ 4-15
4.11 การคำนวณค่าแก้ทางมุม 4-17
4.12 การคำนวณศูนย์ระยะแท้จริงและศูนย์ข้างแท้จริง 4-19
4.13 โฟล์ชาร์ท 4-20
4.14 บทสรุป 4-22
บทที่ 5 การพัฒนาด้านฮาร์ดแวร์
5.1 บล็อคไดอะแกรม 5-1
5.2 ลักษณะการทำงานของระบบอีเลคตรอนิคส์และคอมพิวเตอร์ 5-3
5.2.1 การติดต่อระหว่างซีพียู, ROM และ RAM 5-3
5.2.2 การติดต่อระหว่างซีพียูและแท่นเล็งกล้อง 5-4
5.2.3 การติดต่อระหว่างซีพียูและจอภาพ 5-5
5.2.4 การติดต่อระหว่างซีพียูและคีย์บอร์ด 5-6
5.3 บทสรุป 5-6
บทที่ 6 แผ่นวงจรเก็บโปรแกรม
6.1 บทนำ 6-1
6.2 โครงสร้าง 6-1
6.3 หน้าที่และการจัดเก็บโปรแกรม 6-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การทำงาน 6-4
6.5 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิคส์ 6-4
6.6 บทสรุป 6-9
บทที่ 7 แผ่นวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์
7.1 บทนำ 7-1
7.2 โครงสร้าง 7-1
7.3 หน้าที่ 7-1
7.4 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิคส์ 7-1
7.5 บทสรุป 7-6
บทที่ 8 คีย์บอร์ด
8.1 บทนำ 8-1
8.2 โครงสร้าง 8-1
8.3 หน้าที่ 8-1
8.4 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิคส์ 8-4
8.5 บทสรุป 8-5
บทที่ 9 วงจรสร้างพัลซ์
9.1 บทนำ 9-1
9.2 บทคัดย่อของผลงานวิจัย 9-1
9.3 วงจรของเดิมและหลักการทำงาน 9-1
9.4 วงจรซึ่งปรับปรุงใหม่และหลักการทำงาน 9-5
9.5 การประยุกต์ใช้งานในระบบ 9-8
9.6 บทสรุป 9-9
บทที่ 10 วงจรพูดคิดต่อ
10.1 บทนำ 10-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2 โครงสร้าง 10-1
10.3 หน้าที่ 10-4
10.4 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิคส์ 10-4
10.5 บทสรุป 10-4
บทที่ 11 อุปกรณ์อื่น
11.1 บทนำ 11-1
11.2 กล้องส่องทางไกล 11-1
11.3 หูฟังและไมโครโฟน 11-1
11.4 จอภาพ 11-2
11.5 สายต่อจอภาพ สายต่อกล้องเล็งและสายไฟฟ้า AC 11-3
11.6 บทสรุป
บทที่ 12 การพัฒนาด้านซอฟท์แวร์
12.1 บทนำ 12-1
12.2 CORRECTION MODE 12-2
12.3 DETECTION MODE 12-2
12.4 ACTION MODE 12-2
12.5 LOCK MODE 12-2
12.6 SPOT MODE 12-3
12.7 การแปลภาษาเบสิคเป็นภาษาเครื่อง (COMPILATION) 12-12
12.8 โปรแกรมบูทสแทรป (BOOTSTRAP) 12-14
12.9 บทสรุป
บทที่ 13 ส่วนประกอบของระบบและการติดตั้ง
13.1 บทนำ 13-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.2 ส่วนประกอบ 13-1
13.3 คำอธิบายการติดตั้ง 13-4
13.4 บทสรุป 13-5
บทที่ 14 การเริ่มต้นใช้งานและการตรวจสอบระบบ
14.1 บทนำ 14-1
14.2 ลำดับการเริ่มต้นใช้งาน 14-1
14.3 การใช้งาน 14-2
14.4 บทสรุป 14-7
บทที่ 15 การทดสอบผลเทียบกับทางทฤษฎี
15.1 บทนำ 15-1
15.2 การทดสอบทางทฤษฎี 15-1
15.2.1 โจทย์ 15-1
15.2.2 การคำนวณด้วยมือจากตารางและกราฟ 15-2
15.2.3 การคำนวณจากโจทย์เพื่อป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ 15-6
15.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและจากเครื่อง 15-11
15.4 บทสรุป 15-11
บทที่ 16 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 16-1
บทความและหนังสืออ้างอิง 16-2
ภาคผนวก 1 ตารางแก้ (RANGE TABLE) A-1
ภาคผนวก 2 โปรแกรมปฏิบัติการ A-14
ภาคผนวก 3 ผลงานวงจรสร้างพัลซ์ A-38
ภาคผนวก 4 ตารางไอซีที่ใช้ A-41
ภาคผนวก 5 โปรแกรมบูทสแทรป (BOOTSTRAP) A-44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ด้วยคำแนะนำและการอุปถัมภ์เกื้อกูลเสียสละเวลาอันมีค่าจาก อาจารย์ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์ ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ ที่นี้ และนอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ นอ.สุระ ยุทธวงศ์ และเรือตรีรัตน์ กรมอู่ทหารเรือกองทัพเรือที่ได้ให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา และผู้เขียนขอขอบพระคุณและไว้อาลัย แด่ นต.ประกร วัฒฑกานนท์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุดที่ได้ให้การสนับสนุนตั้งแต่เริ่มต้นจวบจบวาระสุดท้าย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้หากปราศจากท่านที่ได้กล่าวนามมาข้างต้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมการยิงปืนใหญ่เป้าผิวน้ำขนาด 76/50 ด้วยคอมพิวเตอร์ วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณการเล็งปืนเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นใหม่โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยในการหาผลลัพธ์ด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับ ทำให้สามารถได้ผลลัพธ์ที่ละเอียดและรวดเร็วกว่าเดิม ระบบนี้มีความสามารถในการติดตามเป้า คำนวณศูนย์ข้างและศูนย์ระยะล่วงหน้า โดยมีการชดเชยความผิดพลาดอันเกิดจากผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความเร็วและทิศทางลม อุณหภูมิของอากาศ ฯลฯ นอกจากนี้ยังเสนอบทความที่ได้ลงตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศ เรื่อง "วงจรนับและตรวจจับทิศทางชนิดปรับปรุงใหม่" วงจรนี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความละเอียดมากกว่าวงจรแบบเดิมถึงสองเท่าและได้ถูกประยุกต์ใช้ในระบบดังกล่าวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This thesis describes the research and development of the computerized fire control system for the 76/50 gun against surface targets. Faster and more precise solutions are obtained from a new ballistic fire control algorithm using computer numerical iteration method. The system functions include target tracking, sight deflection predicting, range predicting, with autometic corrections for environment effects, e.g.,wind speed, wind angle, air temperature, etc. A published paper, "An Improved Counting and Direction-Sensing Circuit for N/C System", which give higher resolution by twice than that of an earlier design, is presented and also applied to the system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 จุดมุ่งหมาย

ในปัจจุบันกองทัพเรือมีปืนใหญ่ขนาด 76/50 อยู่ในประจำการเป็นจำนวนมากซึ่งไม่มีเครื่องคำนวณการยิงที่ทันสมัยยังคงใช้วิธีการเล็งปืนโดยการคำนวณด้วยมือซึ่งช้าและคลาดเคลื่อนสูง หรือใช้เครื่องช่วยคำนวณแบบเครื่องกล เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์มาร์ค 6 นาฬิการะยะ ซึ่งก็ยังคงมีความละเอียดต่ำและมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

สาเหตุที่การยิงปืนเรือจำเป็นจะต้องมีการคำนวณเพราะลูกปืนจะต้องใช้เวลาในการเดินทางภายหลังจากการยิงระยะเวลาหนึ่งจึงจะถึงเป้า เรียกว่าเวลาโคจรของลูกปืน (TIME OF FLIGHT) ช่วงเวลาดังกล่าวมีความสำคัญมาก เพราะอาจจะใช้เวลานานเป็นนาที ยังผลให้เป้ามีเวลาที่เคลื่อนที่จากที่เดิมนอกจากนี้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความหนาแน่นของอากาศ ลมและทิศทางลม น้ำหนักลูกปืนที่เปลี่ยนไปจากมาตรฐานและความเร็วต้นของลูกปืนที่เปลี่ยนไปจากมาตรฐาน ล้วนแล้วแต่มีผลต่อการยิงทั้งสิ้น จึงจำเป็นต้องมีการคำนวณเพื่อชดเชยความผิดพลาดอันเกิดขึ้นจากผลกระทบต่าง ๆ เหล่านี้ เพราะหากยิงพลาดแล้วก็จะเป็นผลเสียต่อยุทธวิธีและเป็นการสิ้นเปลืองมาก เพราะลูกปืนใหญ่ขนาด 76/50 ปัจจุบันมีราคาถึงลูกละกว่าหนึ่งหมื่นบาท

วิทยานิพนธ์นี้เสนอผลงานการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมการยิงปืนใหญ่เป้าผิวน้ำขนาด 76/50 โดยใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสมัยใหม่โดยการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณตลอดจนวิธีการหาผลลัพธ์ คือศูนย์ระยะและศูนย์ข้างล่างหน้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ให้ความละเอียดถูกต้องกว่าวิธีการเดิม โดยมีการชดเชยความผิดพลาดอันเกิดจากผลกระทบของสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ โดยอัตโนมัติ

1.2 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ได้แบ่งออกเป็น 16 บท แต่ละบทมีเนื้อหาโดยสังเขป ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานในการยิงปืนเรือ และผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการเดิมที่ใช้ในการคำนวณศูนย์ระยะ และศูนย์ข้างตลอดจนลักษณะการทำงานของเครื่องช่วยการเล็งที่มีอยู่เดิม

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการที่พัฒนาใหม่

บทที่ 5 กล่าวถึงโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ตลอดจนหน้าที่และความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนโดยสังเขป

บทที่ 6 กล่าวถึงหน้าที่และลักษณะการทำงานของแผ่นวงจรเก็บโปรแกรม

บทที่ 7 กล่าวถึงหน้าที่และลักษณะการทำงานของแผ่นวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์

บทที่ 8 กล่าวถึงหน้าที่และลักษณะการทำงานของหน่วยคีย์บอร์ด

บทที่ 9 กล่าวถึงหน้าที่และลักษณะการทำงานของวงจรสร้างพัลซ์ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ในวารสาร PROCEEDINGS OF IEEE, USA, 1983 (ภาคผนวก 3)

บทที่ 10 กล่าวถึงหน้าที่และลักษณะการทำงานของวงจรพูดติดต่อ

บทที่ 11 อธิบายรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ประกอบการทำงาน

บทที่ 12 กล่าวถึงหน้าที่และลักษณะการทำงานของแผ่นวงจรซีพียู

บทที่ 13 กล่าวถึงการพัฒนาด้านซอฟท์แวร์ ลักษณะการทำงานและโฟล์ชาร์ทของโปรแกรมปฏิบัติการ ตลอดจนขั้นตอนในการแปลเป็นภาษาเครื่อง

บทที่ 14 กล่าวถึงส่วนประกอบของระบบและการติดตั้ง

บทที่ 15 กล่าวถึงขั้นตอนการใช้งานของระบบและการใช้งานโปรแกรมปฏิบัติการโหมดต่าง ๆ

บทที่ 16 เป็นการทดสอบโดยการตั้งโจทย์สมมติสถานะการณ์ขึ้น แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องต้นแบบและจากการคำนวณ

บทที่ 17 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อเนื่องไป

ในส่วนสุดท้ายของวิทยานิพนธ์เป็นภาคผนวกอันเป็นการรวบรวมรายละเอียดของตารางแก้ โปรแกรมปฏิบัติการและรายละเอียดเพิ่มเติมอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ภูมิหลัง

2.1 การยิงปืนเรือ

การยิงปืนเรือให้แม่นยำจำเป็นที่จะต้องมีการคำนวณผลอย่างรวดเร็วโดยคำนึงถึงผลกระทบจากสิ่งต่อไปนี้ คือ

1) ความเร็วและทิศทางของเรือปืนและเรือเป้า จะมีผลอย่างมาก เพราะลูกปืนจะต้องใช้เวลาในการโคจร (TIME OF FLIGHT) การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างจะต้องเผื่อผลกระทบอันนี้

2) ความเร็วและทิศทางของลม

3) ความเร็วต้นของลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่ามาตรฐานอันเป็นผลเนื่องจากการสึกหรอของลำกล้องปืน ทั้งนี้เนื่องจากการยิงแต่ละครั้งจะทำให้ลำกล้องปืนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ขึ้น ยังผลให้แรงอัดภายในลดน้อยลงทำให้ความเร็วต้นของลูกปืนลดลงทุกทีหากทราบเส้นผ่าศูนย์กลางของลำกล้องปืนหรือจำนวนครั้งที่เคยยิงก็จะสามารถทราบความเร็วต้นได้

4) น้ำหนักของลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่ามาตรฐาน

5) ความหนาแน่นของอากาศซึ่งขึ้นกับความกดดันบรรยากาศและอุณหภูมิของอากาศ

6) อุณหภูมิของอากาศ

7) การเลื่อนเพราะแรงบิดของลูกปืน (DRIFT) ลูกปืนเมื่อถูกยิงออกไปจะพยายามเลื่อนไปทางขวาทีละนิด เป็นผลเนื่องจากการหมุนตามเข็มนาฬิกาของลูกปืนซึ่งจะทำให้เกิดความไม่สมดุลย์และเกิดแรงดันลูกปืนให้เคลื่อนไปทางขวา

8) เวลาตาย (PREPARATION TIME) คือระยะเวลาที่ต้องใช้ในการคำนวณและการเตรียมตัวของพลปืนก่อนที่จะทำการยิง

การคำนวณจะให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปของศูนย์ระยะและศูนย์ข้างซึ่งจะต้องทำการเล็งดักหน้าเผื่อเวลาโคจรของลูกปืนและผลกระทบจากสิ่งต่างๆข้างต้น หากการยิงในนัดแรกผิดก็จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

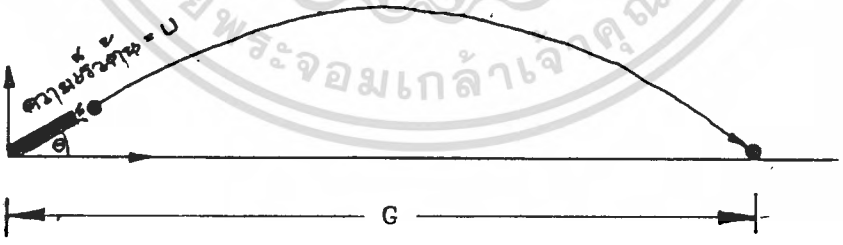
การตรวจตำบลที่ตกของกระสุนโดยดูจากฝอยน้ำที่กระเซ็นขึ้นซึ่งจะเห็นโดยกล้องส่องทางไกลและในเรดำ จากนั้นก็จะทำการเพิ่มหรือลดศูนย์ข้างและศูนย์ระยะในนัดต่อ ๆ ไปจนกว่าจะใกล้เคียงเป้า แล้วจึงทำการยิงเป็นชุดซึ่งก็จะโดนเป้าในที่สุด

2.2 <u>ศูนย์ระยะ</u> (G)

การเคลื่อนที่ของลูกปืนจะเป็นวิถีโค้ง (PROJECTILE) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งระยะทางตามแนวระนาบที่ลูกปืนเดินทางไปจนกว่าจะตกพื้นน้ำ (X) จะขึ้นกับความเร็วต้นของลูกปืน (U) และมุมยกของลำกล้องปืนที่ทำกับแนวระดับ (Θ) ทั้งนี้หากไม่คำนึงถึงผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$G = \frac{U^2 \text{SIN } 2\Theta}{g}$$

(g คือค่า ACCELERATION OF GRAVITY)



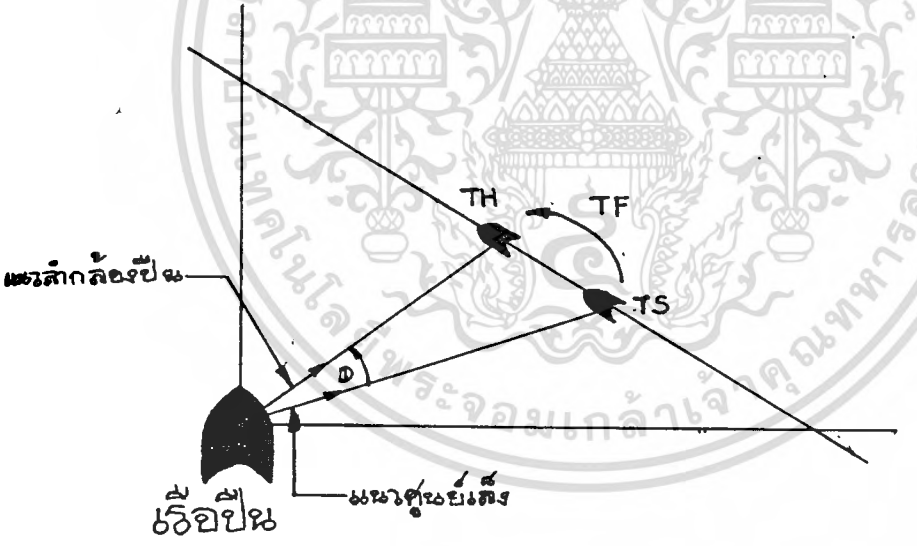
รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่วิถีโค้งของลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าหากมุม $\theta = 45^{o}$ ก็จะทำให้ได้ระยะทางไกลที่สุดหากลดค่ามุม θ ลง ระยะทางก็จะลดลงตามได้ด้วย และเนื่องจากความเร็วต้นของลูกปืน (U). ค่อนข้างจะคงที่ ดังนั้นการควบคุมระยะทางก็จะทำได้โดยการปรับมุมยกของลำกล้องปืนนั่นคือการปรับศูนย์ระยะ

อย่างไรก็ตามหน่วยของศูนย์ระยะก็ยังคงเป็นหน่วยของระยะทาง เช่น ศูนย์ระยะ เท่ากับ 8000 หลา ทั้งนี้เพราะกลไกทางกลของปืนในการปรับมุมของลำกล้องปืนถูกตั้งจากผลการทดลองยิงจริงของปืน ดังนั้นหากตั้งศูนย์ระยะ เท่ากับ 8000 หลา กลไกทางกลของปืนจะตั้งมุมยกของลำกล้องปืนโดยอัตโนมัติทำให้เมื่อยิงแล้วลูกปืนจะเคลื่อนที่ตามแนวระนาบได้ 8000 หลาหากไม่มีผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมอย่างอื่น

2.3 <u>ศูนย์ข้าง</u> (D)

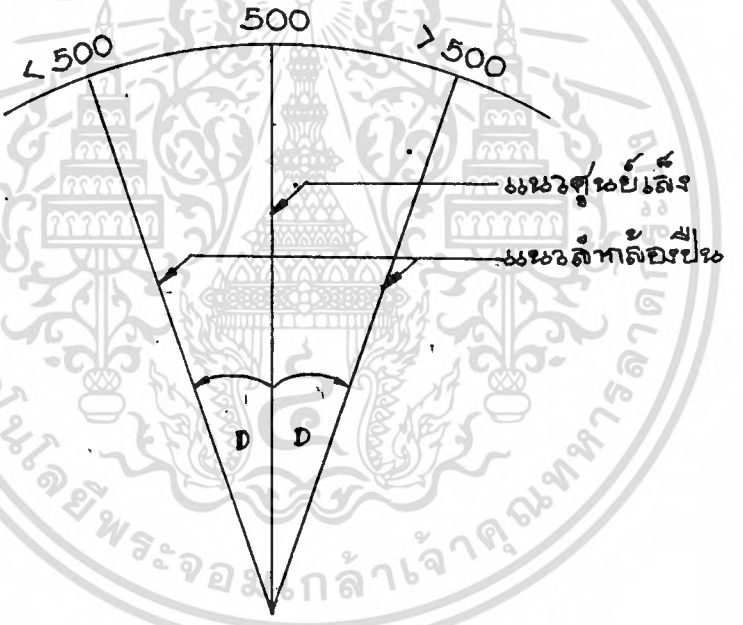


รูปที่ 2.2 แสดงการยิงดักหน้าเป้า

พิจารณารูปที่ 2.2 เรือเป้ากำลังเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับเรือปืนโดยเคลื่อนจาก TS ไปทาง TH โดยปกติปืนใหญ่จะมีศูนย์เล็งสำหรับเล็งตรงไปยังเป้าตลอดเวลา ในขณะที่เป้าอยู่ที่ TS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวศูนย์เล็งก็จะเล็งไปยัง TS ด้วยอย่างไรก็ตามแนวลำกล้องปืนจะต้องเล็งตักหน้าไปยัง TH ซึ่งระยะเวลาที่ลูกปืนโคจรไปกระทบเป้าจะเท่ากับระยะเวลาที่เป้าเคลื่อนที่จาก TS ไปยัง TH มุมที่ทำระหว่างแนวลำกล้องปืนกับแนวศูนย์เล็ง เรียกว่าศูนย์ข้าง มีหน่วยเป็นมิลเลียม (MILLIAM) หากแนวลำกล้องปืนทับกับแนวศูนย์เล็ง ศูนย์ข้างจะเท่ากับ 500 มิลเลียม หากแนวลำกล้องปืนทำมุมทวนเข็มนาฬิกากับศูนย์เล็งศูนย์ข้างจะมีค่าน้อยกว่า 500 มิลเลียม และหากแนวลำกล้องปืนทำมุมตามเข็มนาฬิกากับศูนย์เล็ง ศูนย์ข้างจะมีค่ามากกว่า 500 มิลเลียมดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางและค่าของศูนย์ข้าง

ขนาดของมุม 1 มิลเลียมจะมีค่าเท่ากับ ARCTAN (1/1000) หรือเท่ากับ 0.05729576 องศา หรือจะกล่าวว่ามุม 1 องศาเท่ากับ 17.4533 มิลเลียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานในการยิงปืนเรือตลอดจนผลกระทบต่าง ๆ ที่จะต้องคำนึงถึงใน การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้าง

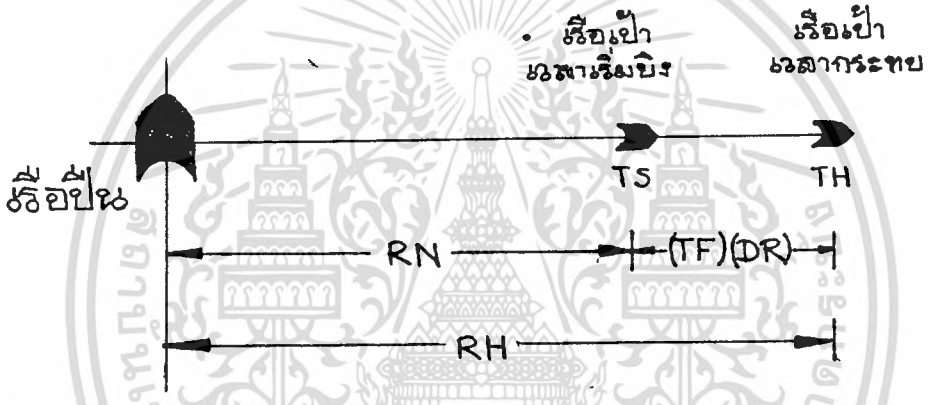
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการเดิม

3.1 หลักการพื้นฐาน

เวลาไคจรของลูกปืน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การยิงพลาดจากเป้าทั้งนี้เพราะเป้ามีเวลาที่จะเคลื่อนที่จากที่ที่เล็งไว้

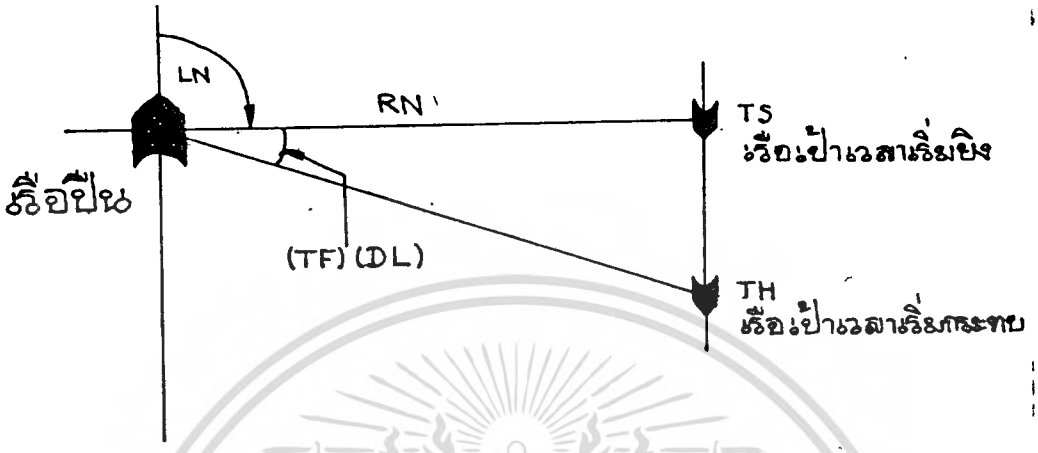


รูปที่ 3.1 แสดงการหาศูนย์ระยะ

จากรูปที่ 3.1 ขณะที่ยิงเรือเป้าอยู่ที่ตำแหน่ง TS ห่างจากเรือปืนเท่ากับ RN และต้องใช้เวลาไคจรเท่ากับ TF และหากเรือเป้ามีอัตราเปลี่ยนระยะเท่ากับ DR จะได้ว่า

$$\text{ศูนย์ระยะเบื้องต้น } (RH) = RN + (TF)(DR) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการหาศูนย์ข้าง

จากรูปที่ 3.2 ขณะที่ยิงเรือเป้าอยู่ที่ตำแหน่ง TS ห่างจากเรือปืนเท่ากับ R มีมุมแบริ่งเป้าสัมพัทธ์เท่ากับ LN และต้องใช้เวลาโคจรเท่ากับ TF หากเรือเป้ามีอัตราเปลี่ยนเชิงมุมเท่ากับ DL จะได้ว่า

$$\text{ศูนย์ข้างเบื้องต้น (LD)} = \text{LN} + (\text{TF})(\text{DL}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.2)$$

3.2 <u>การหาอัตราเปลี่ยนระยะและอัตราเปลี่ยนเชิงมุม</u>

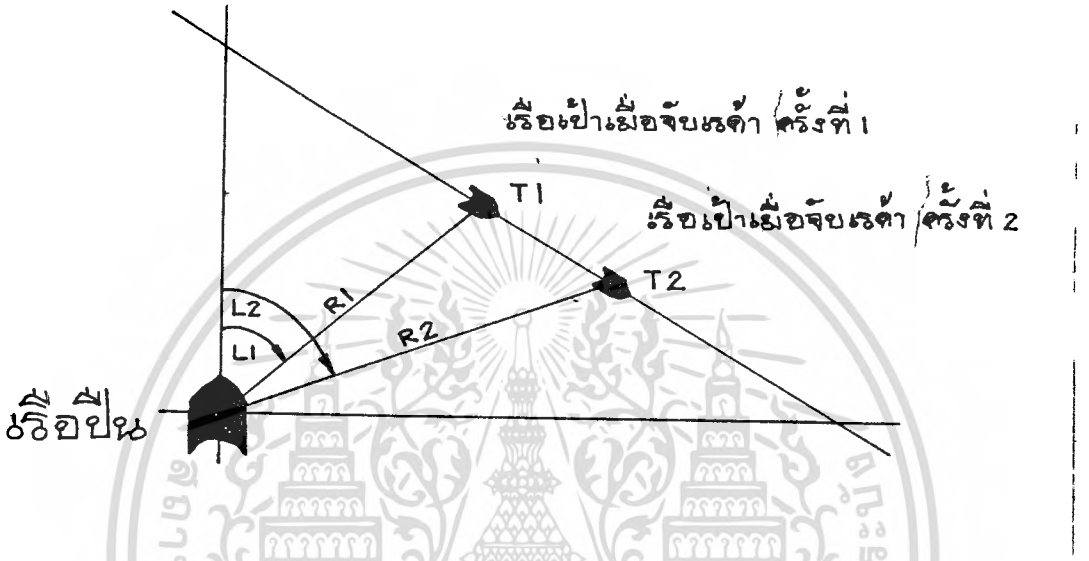
ทั้งอัตราเปลี่ยนระยะและอัตราเปลี่ยนเชิงมุมจะหาได้จากการใช้เรดาห์จับระยะและแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้า 2 ครั้ง ดังรูปที่ 3.3 การจับเป้าครั้งแรกจะได้ระยะเป้าคือ R1 และแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้าคือ L1 การจับเป้าครั้งสองจะได้ระยะเป้าคือ R2 และแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้าคือ L2 การจับเป้าทั้งสองครั้งทิ้งช่วงห่างกันด้วยเวลา DT จะได้ว่า

$$\text{อัตราเปลี่ยนระยะ (DR) โดยประมาณ} = \frac{\text{R2} - \text{R1}}{\text{DT}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.3)$$

$$\text{อัตราเปลี่ยนเชิงมุม (DL) โดยประมาณ} = \frac{\text{L2} - \text{L1}}{\text{DT}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามค่าที่ได้เป็นค่าโดยประมาณเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของการเปลี่ยนระยะเป้าและแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้า



รูปที่ 3.3 แสดงการหาอัตราเปลี่ยนระยะและอัตราเปลี่ยนเชิงมุม

3.3 <u>ตารางแก้</u>

ในการปฏิบัติ สภาวะแวดล้อมบางอย่างมีผลต่อการระยะทางและเส้นทางเดินของลูกปืน ดังนั้นการคำนวณจะต้องชดเชยผลกระทบต่าง ๆ จากสภาวะแวดล้อมเหล่านี้ ในภาคผนวก 1 เป็นตารางแก้สำหรับลูกปืนขนาด 76/50 ภายในตารางได้รวบรวมผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง แบ่งออกเป็นข้อมูล 19 คอลัมน์ จะกล่าวเฉพาะคอลัมน์ที่มีการใช้งาน ดังนี้

คอลัมน์ 1 เป็นระยะใด ๆ ที่ใช้ในการยิง (RANGE)

คอลัมน์ 4 เป็นเวลาโคจรของลูกปืน (TIME OF FLIGHT)

คอลัมน์ 6 เป็นระยะที่ลูกปืนจะเลื่อนไปทางขวาของแนวยิงตามแนวระนาบ เนื่องจากการหมุนตัวของลูกปืน (DRIFT)

คอลัมน์ 10 เป็นระยะที่จะเปลี่ยนไปหากความเร็วต้นเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอลัมน์ 11 เป็นระยะที่จะเปลี่ยนไปหากน้ำหนักลูกปืนเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐาน

คอลัมน์ 12 สามารถแทนได้ด้วยกราฟในรูปที่ 1 ของภาคผนวก 1 หมายถึงระยะที่จะเปลี่ยนแปลงไป หากความกดดันหรืออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐาน การหาค่าทำได้โดยการลากเส้นความกดดันไปยังเส้นอุณหภูมิคัดกับเส้น SUPPORT ที่จุดใดก็ลากผ่านเส้นระยะ (RANGE) เลยไปยังเส้น ERROR ก็จะสามารถอ่านค่าได้ที่เส้น ERROR

คอลัมน์ 12 a เป็นระยะที่จะเปลี่ยนไปหากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐาน

คอลัมน์ 13 และ 14 เป็นระยะที่จะเปลี่ยนไปหากมีความเร็วลมมาเกี่ยวข้อง

ระยะที่เปลี่ยนไปทั้งหมดจะรวมเป็นค่าแก้ทางระยะ (RC) เพื่อชดเชยในสมการที่ (3.1) และค่าแก้ทางมุม (LC) เพื่อชดเชยในสมการที่ (3.2) ทำให้ได้ว่า

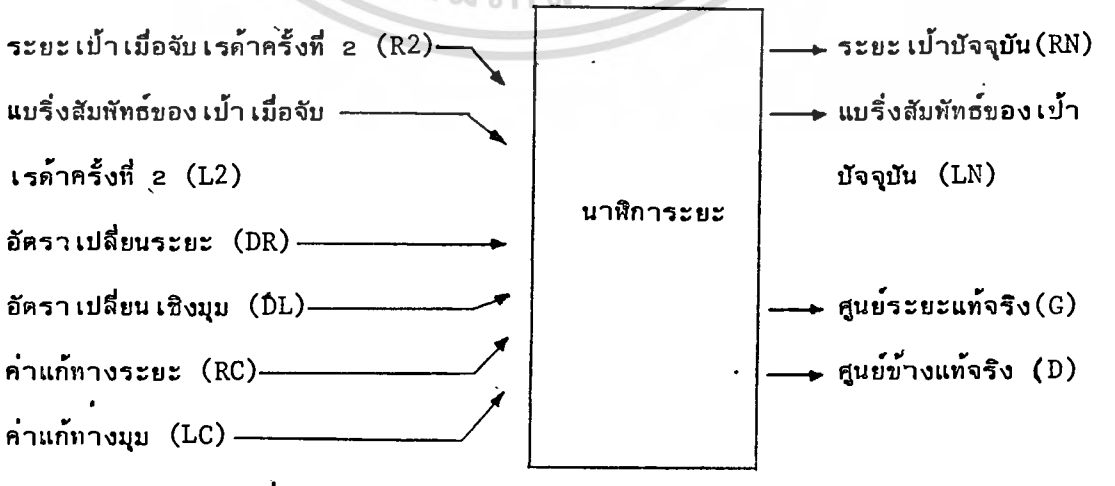
$$\text{ศูนย์ระยะแท้จริง}(G) = RN + (TF)(DR) + RC \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.1a)$$

$$\text{ศูนย์ข้างแท้จริง}\ (D) = LN + (TF)(DL) + LC \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.2a)$$

ทั้งนี้ RC มีผลจากคอลัมน์ 10,11,12,12 ,13 ส่วน LC มีผลจากคอลัมน์ 6,14

3.4 นาฬิการะยะ

ในปัจจุบันราชนาวีไทยมีอุปกรณ์ทางกลสำหรับคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้าง เรียกว่านาฬิการะยะดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดง INPUT และ OUTPUT ของนาฬิการะยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิการะยะจะเดินด้วยการไขลาน ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดคือการคำนวณระยะเป้าปัจจุบัน (RN) และแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้าปัจจุบัน (LN) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาเพราะเรือเป้าเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักว่า

$$RN = R2 + (T)(DR) \quad \text{.....(3.5)}$$

และ

$$LN = L2 + (T)(DL) \quad \text{.....(3.6)}$$

โดยที่ T หมายถึงเวลาที่เดินไปตามลานที่ได้ไขไว้

แม้ว่าจะได้ศูนย์ข้างและศูนย์ระยะโดยอัตโนมัติ แต่ก็ยังเป็นค่าโดยประมาณและไม่สะดวก เพราะข้อมูลสำคัญคือค่าแก้ทางระยะและค่าแก้ทางมุมต้องใช้วิธีเปิดตารางแก้และคำนวณด้วยมือซึ่งต้องเสียเวลามาก

3.5 บทสรุป

บทนี้ได้กล่าวถึงวิธีการคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการเดิม ตลอดจนการใช้นาฬิการะยะ แต่อย่างไรก็ตามคำตอบที่ได้รับยังคงล่าช้าไม่สะดวกและมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก เนื่องจากลักษณะการคำนวณโดยอาศัยอัตราเปลี่ยนระยะและอัตราเปลี่ยนเชิงมุมซึ่งสมมติว่าคงที่แต่อันที่จริงแล้วไม่คงที่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังคงใช้สำหรับการยิงปืนขนาด 76/50 ในปัจจุบัน

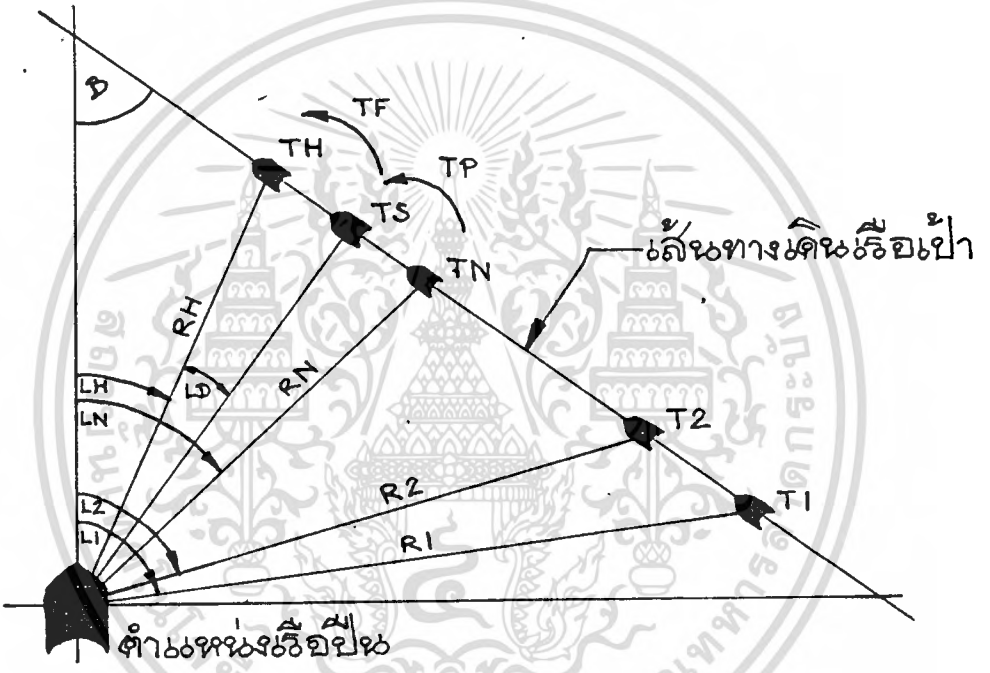
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการที่พัฒนาใหม่

4.1 นิยามชื่อและความหมายของตัวแปร

เพื่อสะดวกในการอธิบายและอ้างอิง จะขอกำหนดชื่อและความหมายของตัวแปรต่างๆ ดังมีรายละเอียดอยู่ในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงตัวแปรต่าง ๆ และเส้นทางของเรือเป้าสัมพัทธ์กับเรือปืน

ตัวแปร	ความหมาย
T1	เวลาขณะที่ทำการตรวจจับเรือเป้าด้วยเรดาห์และกล้องเล็ง ครั้งที่ 1
T2	เวลาขณะที่ทำการตรวจจับเรือเป้าด้วยเรดาห์และกล้องเล็ง ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร	ความหมาย
TN	เวลาเมื่อนำผลลัพธ์ออกจากเครื่องและสั่งไปยังพลปืนหรืออาจจะเป็นเวลาในขณะใดขณะหนึ่ง
TP	ช่วงเวลาเตรียมตัวสำหรับการยิงซึ่งพลปืนจะต้องใช้ในการบรรจุลูกและเล็ง เรียกตามศัพท์ทหารเรือว่า "เวลาตาย"
TS	เวลาเมื่อทำการยิง
TF	ช่วงเวลาที่ลูกปืนใช้ในการโคจรไปยังเรือเป้า (TIME OF FLIGHT)
TH	เวลาเมื่อลูกปืนกระทบเป้า
R1	ระยะระหว่างเรือปืนกับเรือเป้าเมื่อเวลา T1
R2	" " T2
RN	" " TN
RS	" " TS
RH	" " TH นั่นก็คือศูนย์ระยะที่ไม่ได้คิดผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม
L1	แบริ่งสัมพัทธ์ของเรือเป้าเมื่อเวลา T1
L2	" " T2
LN	" " TN
LH	" " TH
LD	มุมของเรือเป้าที่เบี่ยงเบนไปนับจากเวลา TS จนถึง TH นั่นก็คือศูนย์ข้างที่ไม่ได้คิดผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม
B	มุมที่ทำกันระหว่างวิถีทางเดินของเรือปืนกับเรือเป้าบางทีเรียกว่าเข็มสัมพัทธ์ของเรือเป้า
G	ศูนย์ระยะที่ได้ชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมแล้วบางทีเรียกว่าศูนย์ระยะแท้จริง
D	ศูนย์ข้างที่ได้ชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมแล้วบางทีเรียกว่าศูนย์ข้างแท้จริง
V	ความเร็วของเรือเป้าสัมพัทธ์กับเรือปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร	ความหมาย
RC	ค่าแก้ทางระยะ เพื่อชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม
LC	ค่าแก้ทางมุม เพื่อชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม

4.2 สมมติฐานเบื้องต้น

การคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างให้ได้ความแม่นยำสูงสุดนั้นพัวพันกับองค์ประกอบหลายอย่าง อาทิเช่น ผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ (ลม,อุณหภูมิ,ความเร็วต้น ฯลฯ) ความเร็วและทิศทางของเรือบิน ความเร็วและทิศทางของเรือเป้า ฯลฯ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พยายามครอบคลุมให้ได้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีองค์ประกอบบางอย่างซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตั้งเป็นสมมติฐานเบื้องต้นดังต่อไปนี้ คือ

1) เรือเป้าแล่นเข็มคงที่ นั่นคือแล่นเป็นเส้นตรงมิได้หักเลี้ยวหรือแล่นเป็นเส้นโค้ง การตรวจจับและป้อนข้อมูลของเรือเป้าเข้าในเครื่องคอมพิวเตอร์ให้บ่อยครั้งยิ่งขึ้นจะช่วยลดความผิดพลาดจากผลอันนี้ได้

2) เรือเป้าแล่นด้วยความเร็วคงที่ การลดความผิดพลาดในข้อนี้ทำได้ด้วยวิธีการเดียวกับข้อที่ 1

3) เรือบินแล่นด้วยความเร็วและเข็มคงที่ การลดความผิดพลาดในข้อนี้ทำได้ด้วยวิธีการเดียวกับข้อที่ 1

4) ในขณะที่ทำการยิง เรือบินอยู่ในแนวระนาบมิได้โคลงไปทางใดทางหนึ่ง เพราะจะทำให้มุมยก (ศูนย์ระยะ) ของบินเรือผิดพลาดจากที่ต้องการ การลดความผิดพลาดในข้อนี้ทำได้ด้วยการใช้ฐานตั้งปืนแบบมีน้ำหนักถ่วงลอยอยู่บนของเหลว (STABILIZER)

5) ในสภาวะแวดล้อมมาตรฐาน ระยะที่ลูกปืนตกห่างจากเรือเป้าควรจะได้เท่ากับศูนย์ระยะที่ตั้งไว้ (ขณะที่ยิงเรือมิได้โคลง) การลดความผิดพลาดในข้อนี้ทำได้ด้วยการยิงทีละหลายๆ นัด ลูกปืนจะตกครอบคลุมบริเวณที่ศูนย์ระยะได้ตั้งไว้

6) สภาวะแวดล้อมขณะที่ยิงตรงกับข้อมูลของสภาวะแวดล้อมที่ได้ป้อนเข้าเครื่องคอม-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิวเตอร์ในขณะนั้น เช่นก่อนทำการยิงได้วัดความเร็วลมว่าเท่ากับ 10 น็อต และได้ป้อนเข้าเครื่องแล้วขณะทำการยิงความเร็วลมก็ควรจะยังคงมีค่าเท่ากับ 10 น็อต การลดความผิดพลาดในข้อนี้ทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยหลาย ๆ ครั้งและวัดบ่อยครั้ง

4.3 แนวคิดพื้นฐาน

อาศัยหลักการของทฤษฎีสัมพัทธ์ โดยจะสมมติว่าเรือปืนอยู่นิ่งกับที่ ข้อมูลของเรือเป้าตลอดจนข้อมูลของสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ล้วนแต่ทำการวัดสัมพัทธ์กับเรือเป้าทั้งสิ้น

เริ่มต้นด้วยการเล็งกล้องเล็งติดตามไปยังเรือเป้าทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทราบแบริ่ง (มุมจากแนวของหัวเรือกวาดมาทางขวา) ของเรือเป้าทันทีทันใด (ON LINE) และอ่านระยะของเรือเป้าที่ห่างจากเรือปืนโดยอ่านค่าจากเรดาห์และป้อนทางคีย์บอร์ดเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำเช่นนี้ 2 ครั้ง (T1 กับ T2) โดยเว้นช่วงเวลาห่างกันพอสมควร เครื่องจะคำนวณค่าของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1) เข็มสัมพัทธ์และความเร็วสัมพัทธ์ของเรือเป้า (B, V)

2) ระยะห่างระหว่างเรือปืนและเรือเป้าในแต่ละขณะ (RN) (สำหรับแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้าจะได้โดยตรงจากกล้องเล็งซึ่งเล็งไปยังเป้า)

3) ศูนย์ระยะและศูนย์ข้างเบื้องต้น (RH,LD) (คือศูนย์ระยะและศูนย์ข้างที่คำนวณเพื่อการเคลื่อนที่ของเรือเป้าที่สัมพัทธ์กับเรือปืนและเวลาเตรียมตัวของพลปืน (TP) แต่ยังไม่ได้ชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ลม หรือน้ำหนักลูกปืนที่เปลี่ยนแปลงไปจากมาตรฐาน)

4) ศูนย์ระยะและศูนย์ข้างแท้จริง (G,D) ได้มีการชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ แล้ว ซึ่งเป็นคำตอบที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ในการตั้งปืนใหญ่

4.4 การคำนวณศูนย์ระยะเบื้องต้นด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับ

หากเรือเป้าแล่นด้วยเข็มคงที่ (แล่นเป็นเส้นตรง) สัมพัทธ์กับเรือปืนและความเร็วสัมพัทธ์กับเรือปืนคงที่ ระยะห่างระหว่างเรือปืนและเรือเป้าย่อมจะขึ้นกับเวลาที่ผ่านไป เขียนในเชิงคณิตศาสตร์ได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = F1\ (T) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (4.1)$$

R = ระยะทางจากเรือปืนไปยังเรือเป้า

T = เวลา

F1 = ฟังค์ชั่นอันหนึ่ง

และหากกำหนดให้

RH = ระยะทางจากเรือปืนไปยังเรือเป้า เมื่อเวลาลูกปืนกระทบเป้า

TH = เวลาขณะที่ลูกปืนกระทบเป้า

จะสามารถเขียนได้ว่า

$$RH = F1(TH) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (4.2)$$

เวลาโคจรของลูกปืนขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเรือปืนกับเรือเป้า ดังปรากฏในตารางแก้ในภาคผนวก 1 คอลัมน์ 4

ซึ่งจะเขียนในเชิงคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$TF = F2\ (RH) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (4.3)$$

โดยที่

TF = เวลาโคจรของลูกปืน

RH = ระยะทางจากเรือปืนไปยังเรือเป้า เมื่อเวลาลูกปืนกระทบเรือเป้า

F2 = ฟังค์ชั่นอันหนึ่ง

แทนค่าสมการ (4.2) ในสมการ (4.3) จะได้

$$TF = F2\ (F1(TH)) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (4.4)$$

พิจารณาจากรูปที่ 4.1 จะพบว่า เวลาเมื่อลูกปืนกระทบเป้าจะเท่ากับเวลาเมื่อทำการยิงบวกกับเวลาเตรียมตัวสำหรับการยิงบวกกับเวลาโคจรของลูกปืน เขียนในเชิงคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$TH = TN + TP + TF \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (4.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

TH = เวลาเมื่อลูกปืนกระทบเป้า

TN = เวลาเมื่อนำผลลัพธ์ออกจากเครื่องและส่งไปยังพลปืน

TP = เวลาเตรียมตัวสำหรับการบรรจุลูกและเล็ง

TF = เวลาโคจรของลูกปืน

แทนค่าสมการ (4.4) ใน (4.5) จะได้

$$TH = TN + TP + F2\ (F1(TH)) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (4.6)$$

พิจารณาสมการที่ (4.6) จะพบว่า

TN สามารถเลือกได้

TP สามารถกำหนดค่าได้

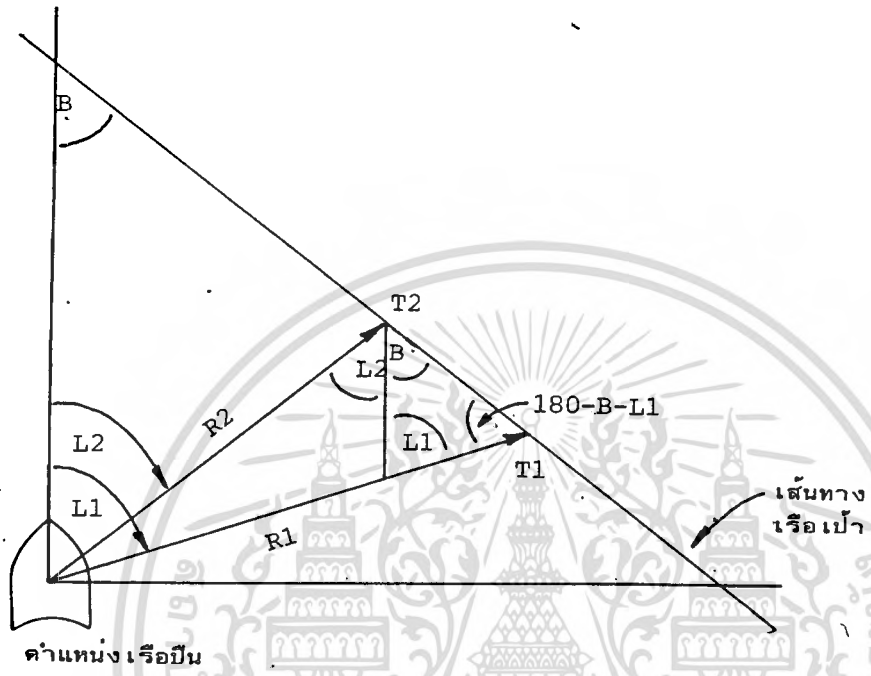
F2 ได้จากการเปิดตารางแก้ (คอลัมน์ 4) ในภาคผนวก 1

F1 สามารถหาได้ (ดังจะแสดงรายละเอียดภายหลัง)

ดังนั้นจึงติดค่าตัวแปรเพียงตัวเดียว คือ TH ซึ่ง สามารถถอดสมการหาค่าได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับ (ITERATIVE METHOD) โดยเริ่มต้นสมมติค่า TH ทางด้านขวาของสมการ (4.6) ให้เป็น TN และเมื่อได้ผลลัพธ์ TH ทางด้านซ้ายก็นำมาแทนค่า TH ทางด้านขวา ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งค่า TH ที่ได้ทางด้านซ้ายเริ่มคงที่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดก็จะถือว่าได้ค่าของ TH จากนั้นนำค่า TH แทนลงในสมการ (4.2) จะได้ค่า RH ซึ่งก็คือค่าศูนย์ระยะเบื้องต้น จากค่า RH นี้จะทำให้สามารถคำนวณศูนย์ข้างเบื้องต้น (LD) ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

4.5 การคำนวณเข็มของเรือเป้าสัมพัทธ์กับเรือปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การคำนวณหาค่ามุม B

พิจารณาจากรูปที่ 4.2 จะได้ว่า

จุด T1 คือตำแหน่งของเรือเป้าที่ทำการเล็งครั้งที่ 1 (เมื่อเวลา T1) จุดนี้ค่าที่ทราบคือ R1 (ได้จากเรดาร์) และ L1(ได้จากกล้องเล็ง)

จุด T2 คือตำแหน่งของเรือเป้าที่ทำการเล็งครั้งที่ 2 (เมื่อเวลา T2) จุดนี้ค่าที่ทราบคือ R2(ได้จากเรดาร์) และ L2 (ได้จากกล้องเล็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก SINE LAW

$$\frac{R1}{R2} = \frac{SIN(L2+B)}{SIN(180-L1-B)}$$

$$= \frac{SIN(L2+B)}{SIN(L1+B)}$$

$$= \frac{SIN(L2).COS(B) + COS(L2).SIN(B)}{SIN(L1).COS(B) + COS(L1).SIN(B)}$$

$$R1\ SIN(L1)COS(B)+R1\ COS(L1)SIN(B) = R2\ SIN(L2)COS(B)+R2\ COS(L2)SIN(B)$$

$$[R1\ SIN(L1) - R2\ SIN(L2)]\ COS(B) = [R2\ COS(L2) - R1\ COS(L1)]\ SIN(B)$$

$$TAN(B) = \frac{R1\ SIN(L1) - R2\ SIN(L2)}{R2\ COS(L2) - R1\ COS(L1)}$$

$$B = ARCTAN\left[\frac{R1\ SIN(L1) - R2\ SIN(L2)}{R2\ COS(L2) - R1\ COS(L1)}\right]$$

---------- (4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การคำนวณหา V ความเร็วของเรือเป้า

พิจารณาจากรูปที่ 4.3 จะได้ว่า

$$X = R2 \ SIN(L1-L2)$$

$$Y = \frac{X}{SIN(180-L1-B)}$$

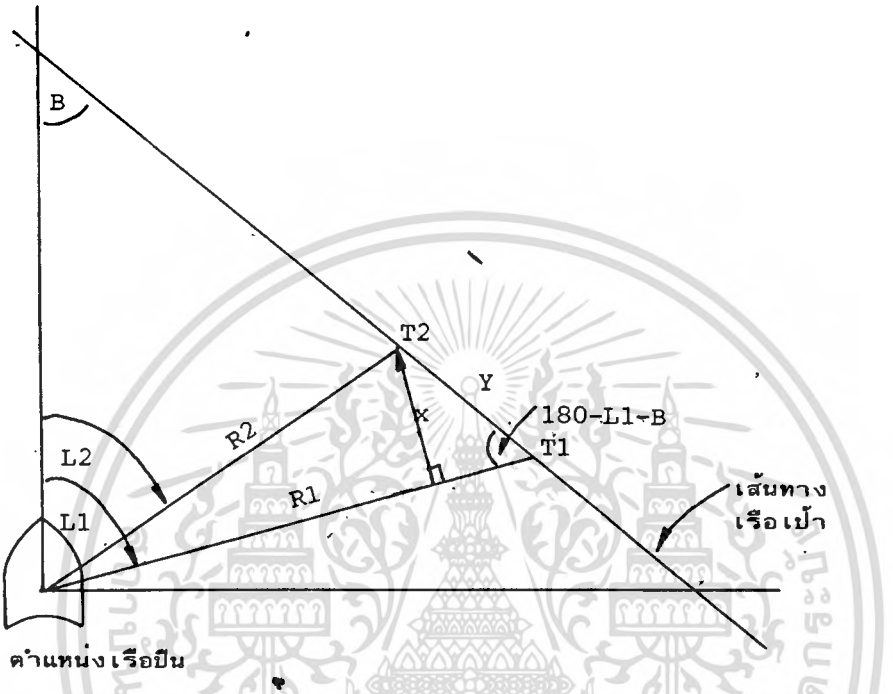
$$= \frac{R2 \ SIN(L1-L2)}{SIN(180-L1-B)}$$

$$V = \frac{Y}{T2-T1}$$

$$= \frac{R2 \ SIN(L1-L2)}{(T2-T1) \ SIN(180-L1-B)}$$

$$= \frac{R2 \ SIN(L1-L2)}{(T2-T1) \ SIN(L1+B)} \quad \text{----------} \quad (4.8)$$

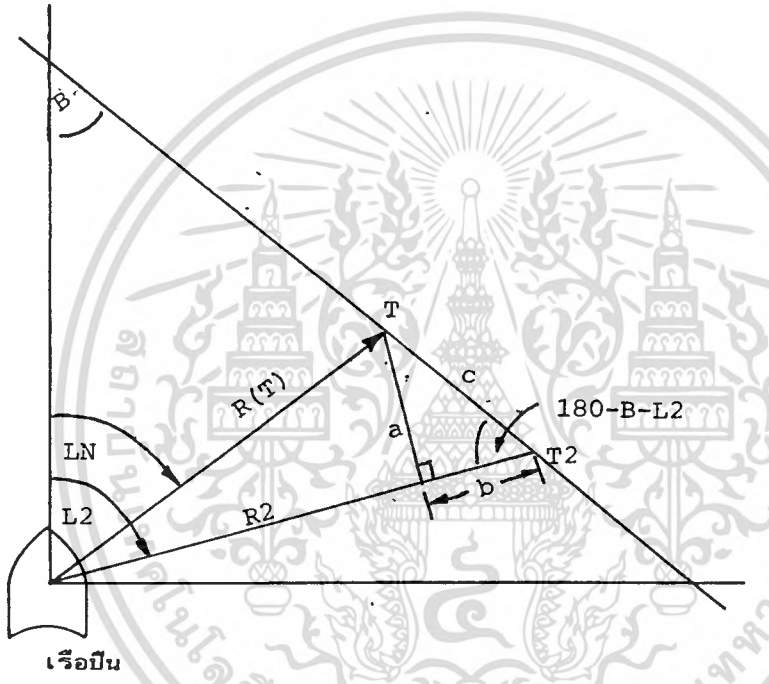
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การคำนวณหาความเร็วสัมพัทธ์ของเรือเป้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การคำนวณระยะทางระหว่างเรือปืนกับเรือเป้า ณ เวลาใด ๆ (FUNCTION F1)



รูปที่ 4.4 การคำนวณระยะทางระหว่างเรือปืนกับเรือเป้า

โดยการพิจารณารูปที่ 4.4 ประกอบ และให้

$c = V.(T - T2)$

$a = c.SIN\ (180 - B - L2)$

$b = c.COS\ (180 - B - L2)$

จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = \sqrt{a^2 + (R2 - b)^2}$$

$$= \sqrt{c^2 \cdot SIN^2(180 - B - L2) + R2^2 - 2\ R2.b + b^2}$$

$$= \sqrt{c^2.SIN^2(180-B-L2)+c^2.(180-B-L2)+R2^2-2.R2.c.COS(180-(B+L2))}$$

$$= \sqrt{c^2.(SIN^2(180-B-L2)+COS^2(180-B-L2))+R2^2+2.R2.c.COS(B+L2)}$$

$$= \sqrt{c^2 + R^2 + 2.R2.c.COS\ (180-B-L2)}$$

$$= \sqrt{V^2.(T-T2)^2 + R2^2 + 2.R2.V.(T-T2).COS(B+L2)}$$

..... (4.9)

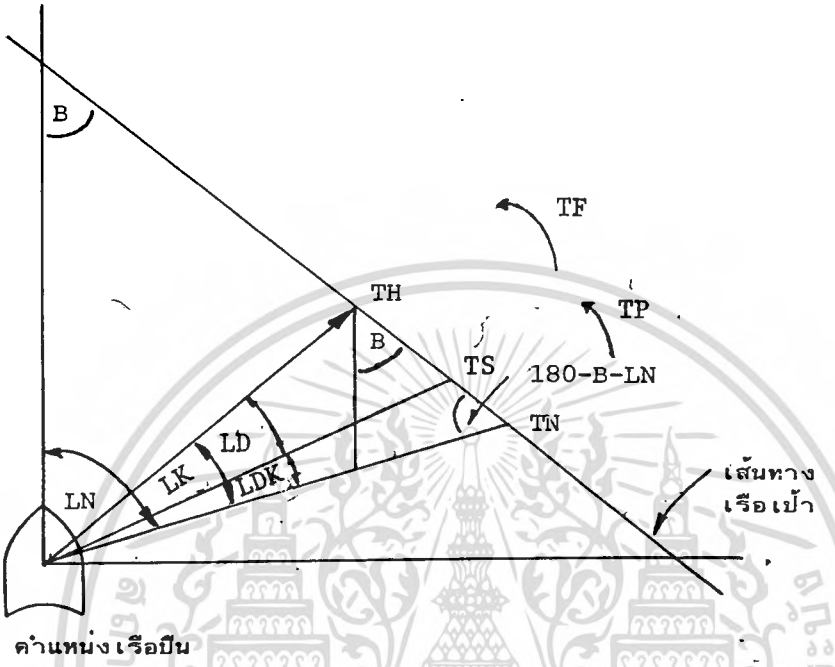
หรือเขียนในเชิงคณิตศาสตร์ได้ตามสมการ (4.1) ในหัวข้อที่ 4.4 ว่า

$$R = F1(T) \quad \text{..... (4.1)}$$

โดยที่ B สามารถหาค่าจากสมการ (4.7) และ V หาค่าจากสมการ (4.8)

4.8 <u>การคำนวณศูนย์ข้างเบื้องต้น</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การคำนวณศูนย์ข้างเบื้องต้น

พิจารณาจากรูปที่ 4.5 และจาก SINE LAW จะได้ว่า

$$\frac{V.TF + V.TP}{SIN(LK)} = \frac{RH}{SIN(180-B-LN)}$$

$$\frac{V.(TF + TP)}{SIN(LK)} = \frac{RH}{SIN(B+LN)}$$

$$SIN(LK) = \frac{V.(TF+TP).SIN(B+LN)}{TH}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore \quad LK = \text{ARCSIN} \left\{ \frac{V.(TV+TP).SIN(B+LN)}{RH} \right\}$$

..... (4.10)

ซึ่งค่า RH สามารถหาค่าได้จากหัวข้อที่ 4.4 และ TF หาค่าได้จากสมการ (4.3) B หาค่าได้จากสมการ (4.7) และ V หาค่าได้จากสมการ (4.8) สำหรับเวลาเตรียมตัวของพลปืน (TP) ได้จากการกำหนดค่าและ LN ได้จากการอ่านค่าจากกล้องเล็งซึ่งเล็งไปยังเรือเป้า ทำให้ค่า LK สามารถคำนวณได้

พิจารณาจากรูปที่ 4.5 อีก และจาก SINE LAW จะได้ว่า

$$\frac{V.TP}{SIN(LDK)} = \frac{RS}{SIN(180-B-LN)} \quad \text{..... (4.11)}$$

จากสมการ (4.1) จะได้ว่า

$$RS = F1\ (TS)$$

คือเวลาที่ทำการยิงจะเท่ากับ TN+TP ดังนั้น

$$RS = F1\ (TN+TP)$$

แทนค่า RS ในสมการ (4.11)

$$\frac{V.TP}{SIN(LDK)} = \frac{F1(TN+TP)}{SIN(B+LIN)}$$

$$SIN(LDK) = \frac{V.TP.SIN(B+LN)}{F1(TN+TP)}$$

$$\therefore \quad LDK = \text{ARCSIN} \left\{ \frac{V.TP.SIN(B+LN)}{F1(TN+TP)} \right\} \quad \text{..... (4.12)}$$

F1 ทราบค่าจากสมการ (4.9) ทำให้สามารถคำนวณ LDK ได้

พิจารณาจากรูปที่ 4.5 อีก พบว่า

$$LD = LK - LDK \quad \text{..... (4.13)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการ (4.10) และ 4.12) ใน (4.13) ทำให้สามารถคำนวณค่า LD ได้ แต่เนื่องจากศูนย์ข้างจะต้องมีค่าชดเชยในทิศตรงข้าม จะได้ว่า

$$LD = -(IK - LDK) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.14)$$

สมการ (4.14) ในในการคำนวณศูนย์ข้างเบื้องต้น (LD)

4.9 การชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม (BALLISTIC CORRECTIONS)

เนื่องจากในการยิงปืน วิถีกระสุนจะถูกกระทบกระเทือนจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) ผลกระทบต่อศูนย์ระยะ จะทำให้ลูกปืนเดินทางไปใกล้หรือไกลกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งจะต้องชดเชยด้วยค่าแก้ระยะจึงจะได้ศูนย์ระยะแท้จริง

2) ผลกระทบต่อศูนย์ข้าง จะทำให้ลูกปืนเฉไฉออกไปทางซ้ายหรือทางขวาจากแนวที่ควรจะเป็น ซึ่งจะต้องชดเชยด้วยค่าแก้ทางมุมจึงจะได้ศูนย์ข้างที่แท้จริง

4.10 การคำนวณค่าแก้ระยะ

จะต้องอาศัยข้อมูลจากตารางแก้ (RANGE TABLE) ในภาคผนวกที่ 1 โดยที่สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อศูนย์ระยะ ได้แก่

1) การเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐานของความเร็วต้น (COLUMN 10)

2) การเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐานของน้ำหนักลูกปืน (COLUMN 11)

3) การเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐานของความหนาแน่นอากาศ (กร๊าฟรูปที่ 1 ในตารางแก้)

4) การเปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐานของอุณหภูมิ (COLUMN 12 a)

5) ความเร็วลมในทิศทางแนวยิง (COLUMN 13)

กำหนดให้ RC เป็นระยะผิดพลาดอันเนื่องจากผลกระทบดังกล่าว (ค่าแก้ระยะ) โดย RC คำนวณจากสมการ

$$RC = M1.C1 + M2.C2 + RAP + M4.C4 + M5.C5 \quad \ldots\ldots\ldots (4.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

C1 = ค่าที่ได้จากการเปิดตาราง COLUMN 10

C2 = " " COLUMN 11

C4 = " " COLUMN 12 a

C5 = " " COLUMN 13

RAP ได้จากสมการใช้กร๊าฟรูปที่ 1 ในตารางแก้ซึ่งสามารถประมาณค่าได้ด้วยสมการ (4.16)

$$RAP = \frac{1.355*R*(4.6*Z4 - 77.55*AP + 2018.7)}{11783 - R} \quad \text{.....(4.16)}$$

โดยที่ Z4 หมายถึงอุณหภูมิอากาศและ AP หมายถึงความกดอากาศ

C1 ถึง C5 และค่า RAP ดังกล่าวเป็นฟังก์ชั่นของ RH หรือนั่นคือใช้ค่า RH (ที่ได้จากหัวข้อที่ 4.4) ไปค้นหาค่า C1,C2,C4,C5 จากตารางแก้และใช้แทนค่า R ในสมการ (4.16) เพื่อหาค่า RAP

ส่วนค่า M1 ถึง M6 เป็นค่าน้ำหนักหรือนั่นคือค่าที่เปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐานโดยคำนวณจากสมการ (4.17) ถึง (4.20)

$$M1 = (Z1 - 2600)/10 \quad \text{.....(4.17)}$$

$$M2 = 13.05 - Z2 \quad \text{.....(4.18)}$$

$$M4 = (59-Z4)/10 \quad \text{.....(4.19)}$$

$$M5 = \frac{ZA.COS(LG)}{10} \quad \text{.....(4.20)}$$

โดยที่

Z1 = ความเร็วต้นที่เป็นจริง

Z2 = น้ำหนักลูกบีนที่เป็นจริง

Z4 = อุณหภูมิของอากาศขณะที่ยิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กองบริการสื่อการศึกษาและวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เจ้าคุณพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ZA = ความเร็วลมสัมพัทธ์กับเรือบิน

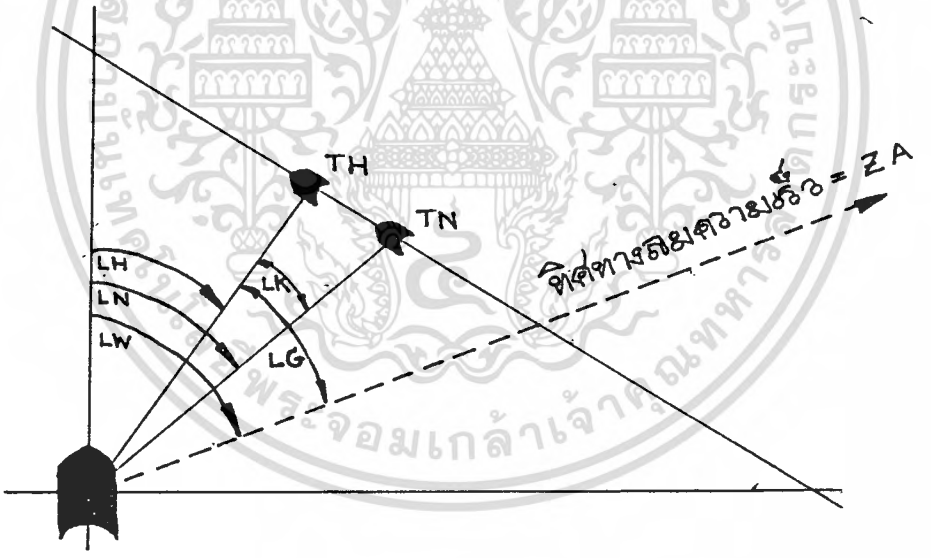
LG = มุมของลมทำกับแนวยิงซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 4.11

4.11 การคำนวณค่าแก้ทางมุม

สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อศูนย์ข้าง ได้แก่

1) ความเร็วลมในทิศทางตั้งฉากกับแนวยิง

2) ผลซึ่งเกิดจากการหมุนตัวของลูกบืนตาม เข็มนาฬิกา



รูปที่ 4.6 การคำนวณมุมของลมทำกับแนวยิง

พิจารณารูปที่ 4.6 จะได้ว่า

LG = LW - LN + LK ..... (4.21)

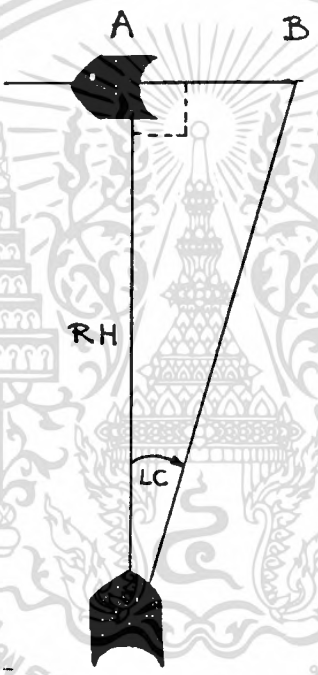
9676
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

LW = มุมของลมซึ่งทำกับแนวหัว เรือดังมีรายละ เอียดในรูปที่ 4.7

LN = มุมของ เรือ เป้าซึ่งทำกับแนวหัว เรือ (แบริ่งสัมพัทธ์ของ เรือ เป้า) ซึ่งได้ค่ามา จากกล้อง เล็ง

LK = ได้จากการคำนวณในหัวข้อ 4.8



รูปที่ 4.7 การคำนวณค่าแก้ทางมุม

พิจารณารูปที่ 4.7 หากทำการ เล็งปืนไปยังจุด A แล้วยิงปรากฏว่าลูกปืนไปตก ณ จุด B ซึ่งระยะ AB จะสามารถคำนวณได้จาก

$$AB = M6.C6 + RDF \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.22)$$

โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M6 = ค่าน้ำหนักของลมที่ทำกับลูกปืนในแนวตั้งฉากกับแนวยิง

C6 = ค่าที่ได้จาก COLUMN 6 ของตารางแก้ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของ RH

RDF = ระยะทางซึ่งเกิดจากการ DRIFT เป็นฟังก์ชั่นของ RH หาได้จาก COLUMN 6 ของตารางแก้ M6 จะสามารถคำนวณได้จาก

$$M6 = \frac{ZA.\ SIN(LG)}{10} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.23)$$

โดยที่

ZA = ความเร็วลมสัมพัทธ์กับเรือบิน (ดูรูปที่ 4.6)

LG = มุมของลมทำกับแนวยิง (ดูรูปที่ 4.6)

ดังนั้นจากรูปที่ 4.7 จะสามารถคำนวณค่าแก้ทางมุม (LC) ได้จาก

$$TAN\ (LC) = \frac{AB}{RH}$$

แทนค่า AB ด้วยสมการ (4.22)

$$TAN\ (LC) = \frac{M6.C6 + RDF}{RH}$$

$$LC = ARCTAN\ \{\frac{M6.C6 + RDF}{RH}\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.24)$$

4.12 <u>การคำนวณศูนย์ระยะแท้จริงและศูนย์ข้างแท้จริง</u>

ให้

G = ศูนย์ระยะแท้จริง

D = ศูนย์ข้างแท้จริง

และเนื่องจากศูนย์แท้จริงจะเท่ากับศูนย์เบื้องต้นหักออกด้วยค่าแก้ซึ่งชดเชยผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม จะได้ว่า

$$G = RH - RC \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

RH = ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับในหัวข้อที่ 4.4

RC = ได้จากสมการ (4.15)

ในทำนองเดียวกัน

$$D = LD - LC \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.26)$$

จากสมการ (4.14) แทนค่าใน (4.26 จะได้ว่า

$$D = -(LK-LDK) - LC$$

$$= -(LK-LDK + LC) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.27)$$

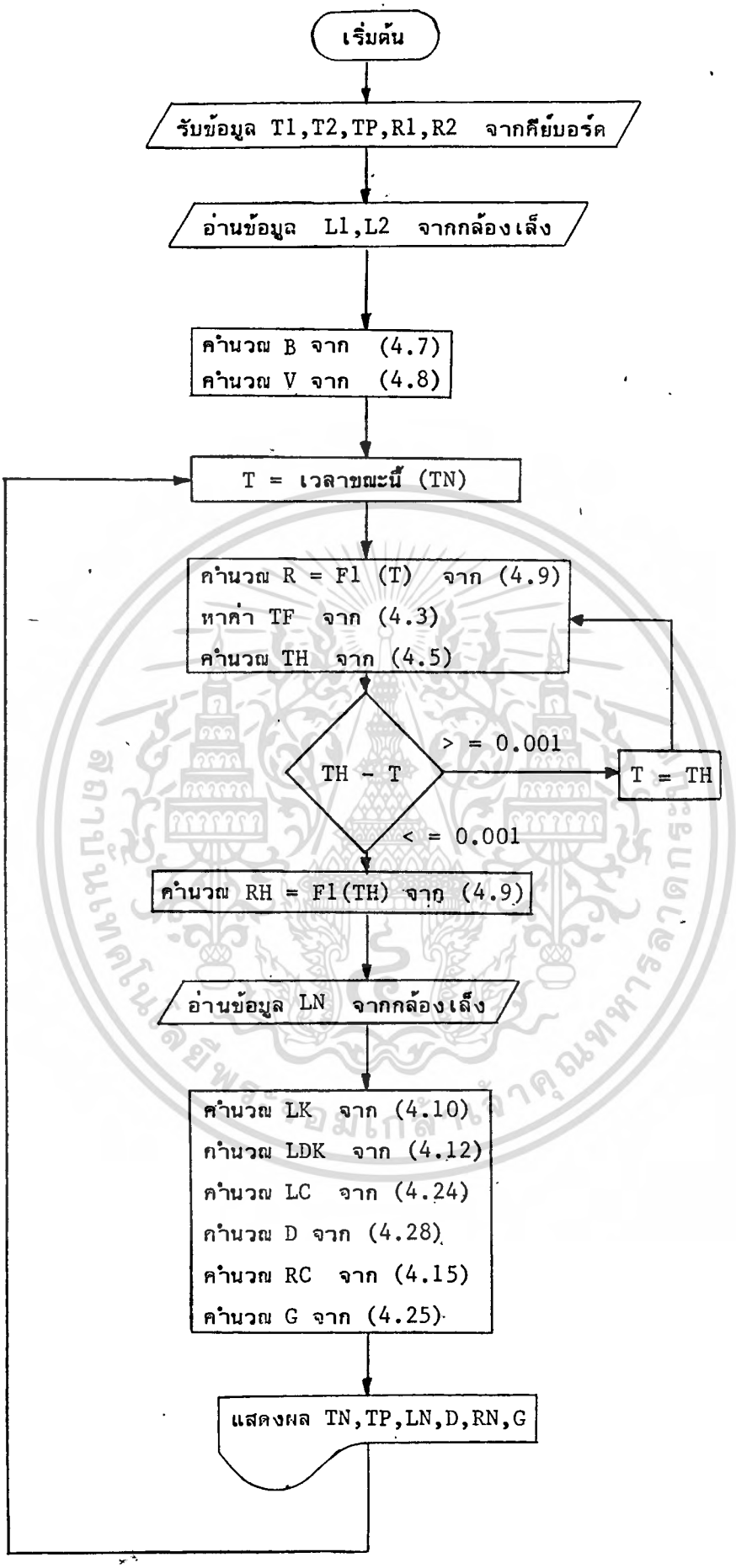
แต่เนื่องจากสภาพทางกายภาพของบีนถูกสร้างในลักษณะที่ว่าหากบีนไม่มีการเบี่ยงเบนจากแบริ่งสัมพัทธ์ของเป้าเพื่อดักล่วงหน้าแล้วศูนย์ข้างของบีนจะเท่ากับ 500 MILLIAM ดังนั้นสมการ (4.27) ต้องถูกปรับปรุงเป็น

$$D = 500 - (LK - LDK + LC) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.28)$$

4.13 <u>โฟลชาร์ท</u>

การคำนวณทั้งหมดในบทนี้ได้นำมาเขียนเป็นโฟล์ชาร์ทได้ดังรูปที่ 4.8 และเป็นรากฐานในการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิคเพื่อที่จะคำนวณศูนย์ข้างและศูนย์ระยะอันเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานของโปรแกรมปฏิบัติการ (OPERATING SYSTEM) ของระบบ โปรแกรมทั้งหมดนี้จะถูกแปล (COMPILE) เป็นภาษาเครื่องเก็บไว้ในแผ่นวงจรเก็บโปรแกรม ดังจะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 โฟลชาร์ทการคำนวณศูนย์ข้างและศูนย์ระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดการคำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างด้วยวิธีการที่พัฒนาใหม่ซึ่งมีความละเอียดและรวดเร็วกว่าวิธีการเดิมโดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยตรีโกณมิติ และการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทนค่าย้อนกลับ

วิธีการทางคณิตศาสตร์ซึ่งพัฒนาขึ้นนี้สามารถติดตามเป้าโดยการป้อนข้อมูลของเรือเป้า (T1 และ T2) บ่อยครั้งอย่างต่อเนื่อง และคำนวณศูนย์ข้างศูนย์ระยะล่วงหน้าโดยเผื่อเวลาของพลปืนในการเตรียมตัวยิงและเวลาการโคจรของลูกปืน และมีการชดเชยผลกระทบอันเกิดจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ลม ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การพัฒนาด้านฮาร์ดแวร์

5.1 บล็อคไดอะแกรม

รูปที่ 5.1 เป็นบล็อคไดอะแกรมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ในระบบโดยแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1) เครื่องคอมพิวเตอร์

2) กล้องเล็งเรือเป้า

ทั้ง 2 ส่วนนี้ติดต่อกันด้วยสายเคเบิล ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์แบ่งตามหน้าที่การทำงานที่สำคัญออกเป็น 6 ส่วน คือ

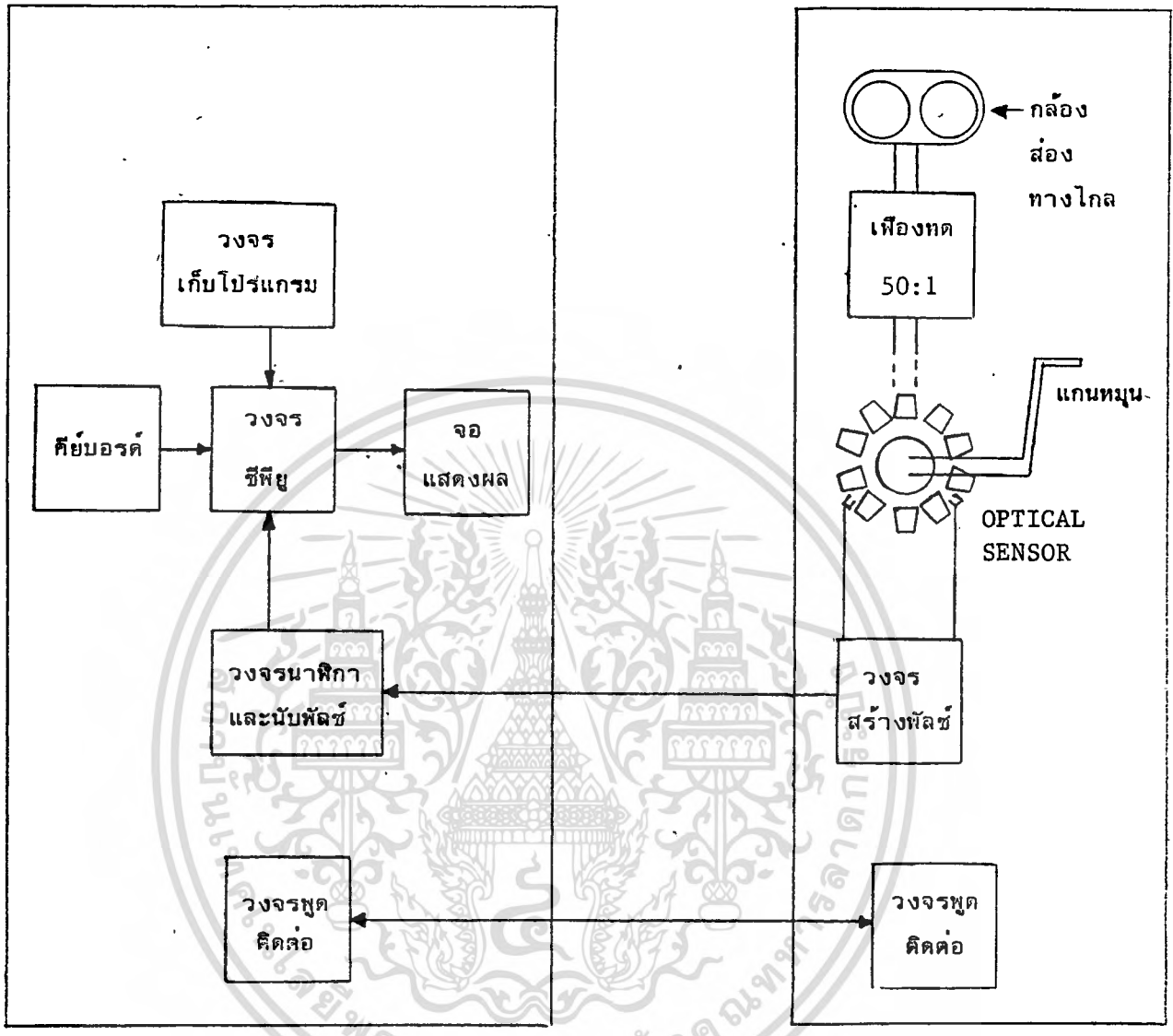
1) ส่วนวงจรซีพียู เป็นแผ่นวงจรของเครื่องแอปเปิลทู (APPLE II) ทำหน้าที่ในการคิดคำนวณต่าง ๆ (DATA PROCESSING) ตามโปรแกรมภาษาเครื่องที่เก็บอยู่ในส่วนวงจรเก็บโปรแกรม นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ทั่วไปในการรับและแสดงผลข้อมูล

2) ส่วนคีย์บอร์ด ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ควบคุมเครื่อง (OPERATOR) โดยการกดคีย์เข้า ได้แก่ ตัวเลขต่าง ๆ ตลอดจนการเลือกเมนูเพื่อควบคุมการทำงานของระบบ

3) ส่วนจอแสดงผล ทำหน้าที่แสดงสภาวะการทำงานของระบบตลอดจนผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเพื่อนำไปสั่งให้พลปืนทำการตั้งปืน

4) ส่วนวงจรเก็บโปรแกรม เป็นแผ่นวงจรซึ่งออกแบบเพื่อทำหน้าที่ดิสค์ไดร์ว (DISK DRIVE) เพราะในทางปฏิบัติเป็นการไม่สะดวกที่จะต้องใช้ดิสค์ไดร์วหรือแผ่นจานแม่เหล็ก (DISKETTE) ดังนั้นวงจรดังกล่าวจะเก็บโปรแกรมปฏิบัติการที่ผ่านการแปล (COMPILE) จากภาษาเบสิคเป็นภาษาเครื่องตลอดจนข้อมูลของตารางแก้ในภาคผนวกที่ 1 ไว้ในอีพรอม (EPROM) เมื่อทำการเปิดเครื่องโปรแกรมและข้อมูลในส่วนวงจรนี้ทั้งหมดจะถูกบรรจุ (LOAD) เข้าไว้ในหน่วยความจำแบบแรม (RAM) ของซีพียูโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ส่วนวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์ ทำหน้าที่เป็นฐานเวลามาตรฐานให้กับระบบและทำหน้าที่นับพัลซ์ซึ่งส่งมาจากกล้องเล็งให้กับซีพียู เพื่อที่ซีพียูจะสามารถคำนวณจากจำนวนของพัลซ์ที่ส่งมาทำให้ทราบมุมแบริ่งของเรือเป้า

6) ส่วนวงจรพูดติดต่อ ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมเครื่องกับผู้ควบคุมกล้องเล็ง

สำหรับกล้องเล็งเรือเป้าสามารถแบ่งตามหน้าที่การทำงานที่สำคัญออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) ส่วนวงจรสร้างพัลซ์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ทางกลลักษณะเป็นแผ่นวงกลมซี่ล้อ มีแกนสำหรับหมุน เมื่อทำการหมุนซี่ล้อ มีแกนสำหรับหมุน เมื่อทำการหมุนซี่ล้อจะตัดกับตัวตรวจจับโดยใช้แสงซึ่งเมื่อทำงานร่วมดับวงจรสร้างพัลซ์จะทำให้เกิดพัลซ์ซึ่งจะผันแปรไปตามระยะทางและทิศทางที่หมุน

2) ส่วนเฟืองทด เป็นอุปกรณ์ทางกล เพื่อทดรอบของแผ่นวงกลมซี่ล้อในอัตราส่วน 50 : 1 เพื่อเพิ่มความละเอียดในการตรวจจับแบริ่งของเรือเป้า แกนขาออกของเฟืองทดนี้ต่ออยู่กับกล้องส่องทางไกลเพื่อตรวจจับแบริ่งของเรือเป้า ดังนั้นหากทำการหมุนแผ่นวงกลมซี่ล้อ 50 รอบ ก็จะทำให้กล้องหมุนไป 360^{0} ในแต่ละรอบของการหมุนแผ่นวงกลมซี่ล้อจะเกิดพัลซ์ 720 ลูก ดังนั้นจะเกิดพัลซ์เท่ากับ 720 x 50 นั่นคือ 36000 ลูกต่อการหมุนของกล้อง 360^{0} จึงกล่าวได้ว่าความละเอียดของกล้องเล็งนี้มีค่าถึง 360/36000 หรือเท่ากับ 0.01 องศา

3) ส่วนวงจรพูดติดต่อ ใช้ติดต่อกับผู้ควบคุมเครื่อง

5.2 ลักษณะการทำงานของระบบอีเลกตรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

5.2.1 การติดต่อระหว่างซีพียู, ROM และ RAM

เมื่อเราเปิดสวิทช์ต่าง ๆ ทั้ง 4 สวิทช์ (ดังอธิบายในขั้นที่ 1 ตอนที่ 4.2 ของบทที่ 4) อีเล็กตรอนิกส์จะเริ่มทำงานโดยการถ่ายโปรแกรมปฏิบัติงานและตารางข้อมูล (การแก้ประจำวัน) ซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำ ROM จำนวน 32 กิโลไบท์ ลงสู่หน่วยความจำ RAM (RAM = Random Access Memory) ผ่าน SLOT 4 ซึ่งอยู่บนแผ่นซีพียู (ในตัวกล่องคอมพิวเตอร์) การถ่ายโปรแกรมและตารางข้อมูลจะแบ่งการถ่ายออกเป็นครั้งละ 4 หน้า (page) หน้าละ 8 กิโลไบท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อถ่ายครบทั้ง 4 หน้าแล้ว ซีพียู (ไมโครโปรเซสเซอร์) จะเริ่มปฏิบัติงานโดยการกระโดด (jump) เข้าไปในโปรแกรมปฏิบัติงานที่ถ่ายลงสู่ RAM เรียบร้อยแล้วเป็นผลให้จอภาพเริ่มแสดงเมนู แล้วรอให้เรากดปุ่มคีย์บอร์ดต่าง ๆ ตามที่เรา (พลประจำเครื่อง) ต้องการ กล่าวคือ CORRECTION MODE, DETECTION MODE และ ACTION MODE ตลอดจนรายละเอียดในแต่ละ MODE เช่นการรับข้อมูลแก้ประจำวันใน CORRECTION MODE เป็นต้น เราควรทราบด้วยว่าข้อมูลแก้ประจำวันที่เรา (พลประจำเครื่อง) ป้อนเข้าไปนั้นซีพียูจะนำไปร่วมกับตารางข้อมูล (แก้ประจำวัน) ที่อยู่ใน RAM [หมายเหตุ ตารางข้อมูลแก้ดังกล่าวนี้ทำมาจาก RANGE TABLE (SURFACE TARGETS) FOR 3 INCH 50-CALIBER GUN, 19 MARCH 1947 ดังแสดงในภาคผนวก. 1] ทำการคำนวณด้วยโปรแกรมทันที ส่วนข้อมูลเวลาท้องถิ่นที่ป้อนเข้าไปซีพียูจะรับเข้าไปให้วงจรนาฬิกา ซึ่งมีลักษณะเวลาจริง (real time) ตลอดระยะเวลาที่ระบบทำงานอยู่ทำให้ได้เวลาท้องถิ่นขณะนั้น แต่ซีพียูจะใช้ผลต่างของเวลาในการคำนวณเป็นการทำให้ความแม่นยำมิได้ขึ้นอยู่กับความแม่นยำของเวลาท้องถิ่น

5.2.2 <u>การติดต่อระหว่างซีพียูและแท่นเล็งกล้อง</u>

หลักการทำงานทางคณิตศาสตร์ที่เขียนไว้ในโปรแกรมจะอาศัยการป้อนข้อมูลของเรือเป้า 2 ครั้ง ข้อมูลของเรือเป้าแต่ละครั้ง หมายถึง ระยะ (ห่างจากเรือปืน) และมุมที่ทำกับเรือปืน ระยะจะได้จากการอ่านเรดาห์แล้วป้อนผ่านคีย์บอร์ด ส่วนมุมจะป้อนเข้าโดยอัตโนมัติ (ผ่านหน่วยสร้างพัลซ์และหน่วนนับพัลซ์เข้าสู่คอมพิวเตอร์) การป้อนข้อมูลทั้งสองครั้งควรทิ้งช่วงเวลาห่างจากกันไม่น้อยกว่าครึ่งนาที เพื่อลดความผิดพลาดจากการอ่านเรดาห์ข้อมูลของเรือเป้าทั้งสองครั้งจะถูกนำไปคำนวณร่วมกับเวลาที่ได้จากหน่วยนาฬิกาทำให้ได้มาซึ่งอัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือเป้า จากนั้นตัวโปรแกรมจะเปิดตารางข้อมูลเพื่อค้นหาเวลาโคจรของกระสุนมาประกอบการคำนวณแล้วจึงแสดงค่ามุมยกและมุมข้างของปืนเพื่อพลประจำเครื่องจะได้แจ้งพลปืน (หรือตั้นปืน) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราควรทำความเข้าใจการป้อนมุมโดยอัตโนมัติว่ากระทำได้เพราะภายในแท่นเครื่องใต้กล้องเล็งจะมีแผ่นฟิลม์ลักษณะแผ่นกลมเรียบที่ขอบทำเป็นซี่ล้อทึบแสงและโปร่งแสง เมื่อแผ่นกลมนี้หมุนไปรอบแกนของแท่นเครื่อง ซี่ล้อทึบและโปร่งแสงจะต้องลำแสงของตัว OPTICAL SENSOR 2 ตัว ทำงานร่วมกันแล้วส่งต่อให้หน่วยอีเลคตรอนิกส์อื่น ๆ ที่ปรากฏบนแผ่นวงจรสร้างพัลซ์ จากนั้นพัลซ์เหล่านี้จะถูกส่งผ่านสายไฟไปสู่ตัวกล่องคอมพิวเตอร์ซึ่งป้อนให้แก่แผ่นวงจรนับพัลซ์ วงจรนับพัลซ์จะส่งต่อให้ซีพียูอีกต่อหนึ่ง (ผ่าน SLOT 6) ทำให้ซีพียูได้รับมุมเรือเป้าอยู่ตลอดเวลาโดยอัตโนมัติ

สำหรับสายต่อกล้องเล็งเป้าซึ่งเชื่อมโยงระหว่างตัวกล่องคอมพิวเตอร์และแท่นเล็งเป้านั้นภายในจะมีสายไฟ 6 เส้น ดังนี้

เส้นที่ 1 สาย PULSE UP ทำหน้าที่ส่งพัลซ์ในทางบวก (เมื่อหมุนกล้องไปทางทิศกราบขวาของเรือ)

เส้นที่ 2 สาย PULSE DOWN ทำหน้าที่ส่งพัลซ์ในทางลบ (เมื่อหมุนกล้องไปทางทิศกราบซ้ายของเรือ)

เส้นที่ 3 สายส่งเสียงพูดจากผลประจำแท่นเล็งไปยังพลประจำเครื่อง

เส้นที่ 4 สายส่งเสียงพูดจากผลประจำเครื่องไปยังพลประจำแท่นเล็ง

เส้นที่ 5 สาย RESET ทำหน้าที่ตั้งศูนย์ให้แก่มุมของกล้อง หากมีพัลซ์เกิดขึ้นจากการที่เรากดปุ่ม ANGLE RESET (ใต้กล่องวงจรสร้างพัลซ์) พัลซ์นี้จะส่งผ่านสาย RESET ไปทำให้ค่าในหน่วยนับพัลซ์เป็นศูนย์ การ RESET จำเป็นจะต้องมีทุกครั้งที่เราเริ่มใช้เครื่อง (ดูขั้นที่ 2 ตอนที่ 4.2 ของบทที่ 4)

เส้นที่ 6 สาย GROUND ของระบบ

5.2.3 <u>การติดต่อระหว่างซีพียูและจอภาพ</u>

จอภาพทำหน้าที่แสดงผลเพื่อสื่อความหมายกับพลประจำเครื่อง จอภาพจะได้รับสัญญาณจากซีพียูเป็น COMPOSITE VIDEO ผ่านสายต่อจอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 การติดต่อระหว่างซีพียูและคีย์บอร์ด

ภายในกล่องคีย์บอร์ดจะมีวงจรทำหน้าที่สร้างรหัสแอสกี้ (ASCII) ทุกครั้งที่เรากดปุ่มบนคีย์บอร์ด รหัสแอสกี้จะส่งผ่านสายต่อคีย์บอร์ดเข้าสู่ซีพียู ซีพียูจะแปลงรหัสแอสกี้เป็นอักษรและ/หรือตัวเลข ส่งผ่านสายต่อจอภาพแสดงอักษรและ/หรือตัวเลขออกที่จอภาพ

5.3 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการแบ่งอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์เป็นส่วนต่าง ๆ ตลอดจนหน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนโดยสังเขป สำหรับรายละเอียดของแต่ละส่วนจะกล่าวโดยละเอียดในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

แผ่นวงจรเก็บโปรแกรม

6.1 บทนำ

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงรายละเอียดโครงสร้างและการออกแบบวงจรเก็บโปรแกรม (ROM Board) ซึ่งเป็นประโยชน์ที่วิศวกรผู้ออกแบบนำไปออกแบบเองได้ หรือช่างเทคนิคทำการบำรุงรักษาได้

6.2 โครงสร้าง

เป็นแผ่นวงจร (printed circuit board) 2 แผ่น ดังแสดงในรูปที่ 6.1 ซึ่งแสดงตำแหน่งที่วางของไอซี (IC = Integrated Circuit) ต่าง ๆ บนแต่ละแผ่นวงจรด้วย

แผ่นวงจรทั้งสองจะวางซ้อนกันและส่งสัญญาณถึงกันผ่านสายริบบ้อน (ribbon cable) จำนวน 2 สาย และยึดทางกายภาพเข้าด้วยกันด้วยน็อต

แผ่นวงจรแรกมีขนาด 18.5×6.9 ซ.ม.^{2} ลายวงจรลักษณะสองด้านและมีการเคลือบในรูด้วย (double side plated through hole) บรรจุไอซีทั้งหมด 11 ตัว

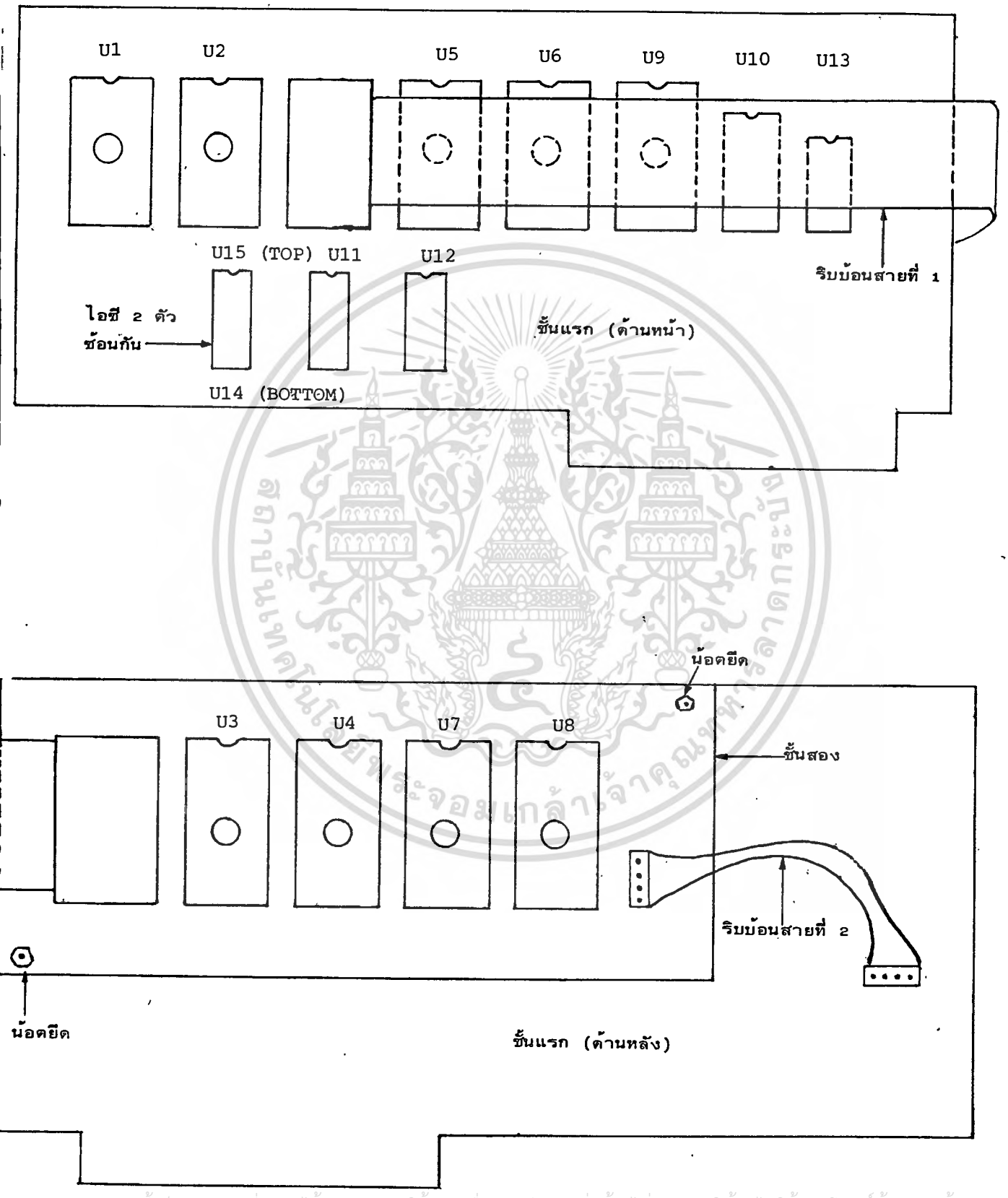
แผ่นวงจรที่สองมีขนาด 11.5×4.5 ซ.ม.^{2} ลายวงจรมีลักษณะด้านเดียว (single side) บรรจุไอซีจำนวน 4 ตัว

สำหรับแผ่นวงจรแรกจะมีส่วนที่เรียกว่า Edge Connector ลักษณะ 50 ขา (pin) เพื่อเสียบลงไปใน SLOT 4 ของแผ่นวงจรซีพียู

6.3 หน้าที่และการจัดเก็บโปรแกรม

วงจรเก็บโปรแกรมทำหน้าที่เก็บโปรแกรมปฏิบัติการ (Operation Program) และข้อมูลตารางแก้ (Range Table) (ดูภาคผนวก 1) ซึ่งได้รับการแปลให้อยู่ในรูปของภาษาเครื่อง (machine language) มีความยาวทั้งสิ้น 32 กิโลไบท์ โดยเก็บอยู่ใน EPROM เบอร์ 2732

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

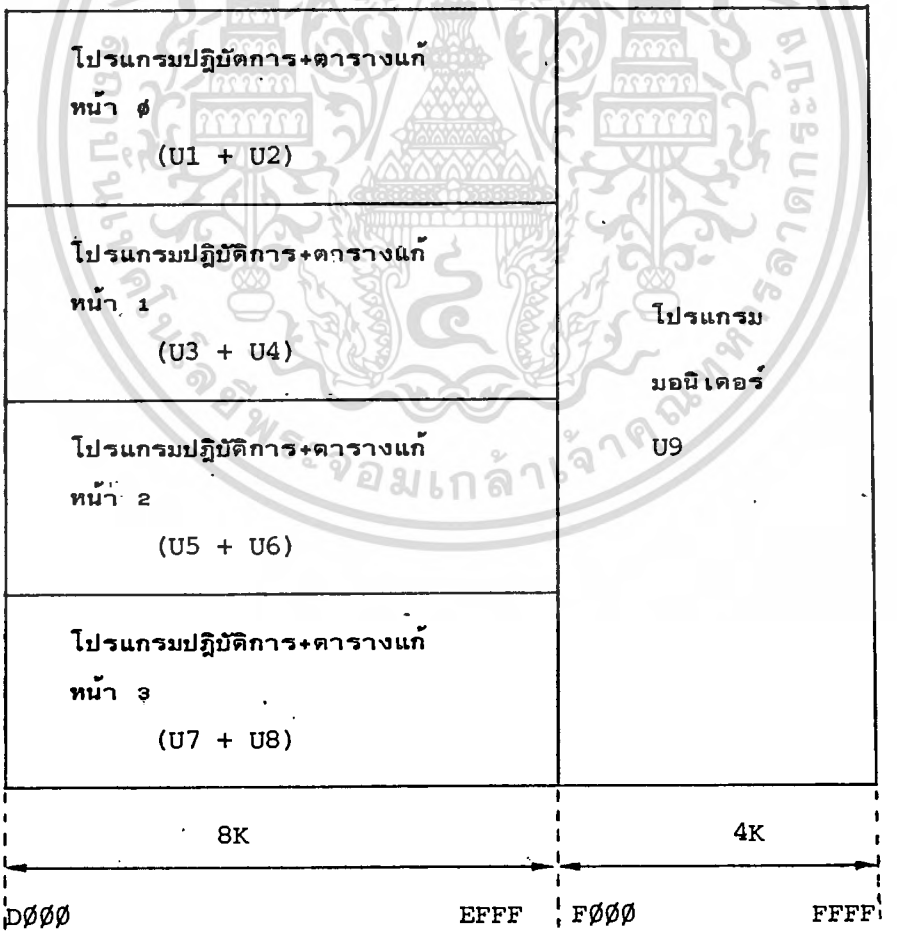


รูปที่ 6.1 ตำแหน่ง IC ของแผ่นวงจรหน่วยเก็บโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ซึ่งแต่ละตัวจุ 4 กิโลไบท์) จำนวน 8 ตัว ซึ่งได้แก่ U1, U2, U5 และ U6 บนแผ่นวงจรชั้นแรกและ U3, U4, U7 และ U8 บนแผ่นวงจนชั้นสอง ตามหลักการวิศวกรรมศาสตร์เรากล่าวว่าเราจัดแบ่งการเก็บโปรแกรมออกเป็น 4 หน้า (page) โดยแต่ละหน้ามีขนาดความจุ 8 กิโลไบท์

นอกเหนือจากโปรแกรมปฏิบัติการและข้อมูลตารางแก้แล้วยังมีโปรแกรมที่เรียกว่าโปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) ที่ต้องจัดเก็บลงไปให้แต่ละหน้าใช้ร่วมกัน โปรแกรมมอนิเตอร์นี้มีขนาดเพียง 4 กิโลไบท์ และเก็บอยู่ใน EPROM หมายเลข U9 บนวงจรแผ่นแรก ดังแสดงในรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 การจัดหน้าของโปรแกรมปฏิบัติการ, ตารางแก้และโปรแกรมมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะจัดโปรแกรมมอนิเตอร์ให้แต่ละหน้าของโปรแกรมปฏิบัติการและตารางแก้ประจำวันใช้ร่วมกัน เพราะฉะนั้นหากจะกล่าวให้เข้าใจ คือ แต่ละหน้าจะมีขนาด 12 กิโลไบท์ (โปรแกรมปฏิบัติการ + ตารางแก้ + โปรแกรมมอนิเตอร์) ก็ได้ และตำแหน่ง (address) ของหน้าจะแสดงในรูปที่ 6.2 คือ จาก DØØØ - FFFF

6.4 การทำงาน

ทันทีทันใดที่เราเปิดสวิทช์ให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงาน ซีพียู (ไมโครโปรเซสเซอร์) จะเริ่มทำงานโดยกระโดดเข้าไปในโปรแกรมมอนิเตอร์เพื่อให้เกิดขั้นตอนต่อไปนี้

1) Initialisation เป็นการจัดการ (set) ข้อมูลบางประเภทให้อยู่ในการเริ่มต้นที่ถูกต้อง

2) Bootstrap ก็คือทำการลอกโปรแกรมปฏิบัติการและตารางแก้จาก EPROM* ลงสู่หน่วยความจำ RAM ซึ่งอยู่บนแผ่นวงจรซีพียู การลอกจะกระทำครั้งละหนึ่งหน้า โดยเริ่มต้นจากหน้า ø จนถึงหน้า 3 รวมทั้งสิ้น 8 หน้า เนื่องจากจะลอกแต่เฉพาะโปรแกรมปฏิบัติการและตารางแก้ประจำวันเท่านั้น ฉะนั้นจึงลอกเพียงหน้าละ 8 กิโลไบท์ เมื่อไปปรากฏใน RAM แต่ละหน้าจะเรียงต่อกันไปตามลำดับรวมกินเนื้อที่ใน RAM 32 กิโลไบท์

3) เมื่อลอกครบทุกหน้าแล้วซีพียูจะปลดวงจรเก็บโปรแกรมออกจากระบบ

4) ซีพียูเข้าทำงานตามโปรแกรมปฏิบัติการที่ขณะนี้ปรากฏอยู่ใน RAM

6.5 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิกส์

เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้นในตอนนี้เราจะลงลึกเข้าไปในกลไกอีเลกตรอนิกส์ ว่าการลอกโปรแกรมกระทำโดยวิธีการอีเลคตรอนิกส์อย่างไร เราทบทวนว่า

---

* ในรายงานนี้เราใช้ EPROM เพราะฉะนั้นให้เข้าใจว่า คำว่า ROM และ EPROM เป็นสิ่งเดียวกันตลอดทั้งรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U1 - U2 ทำหน้าที่เป็น ROM หน้า ๐

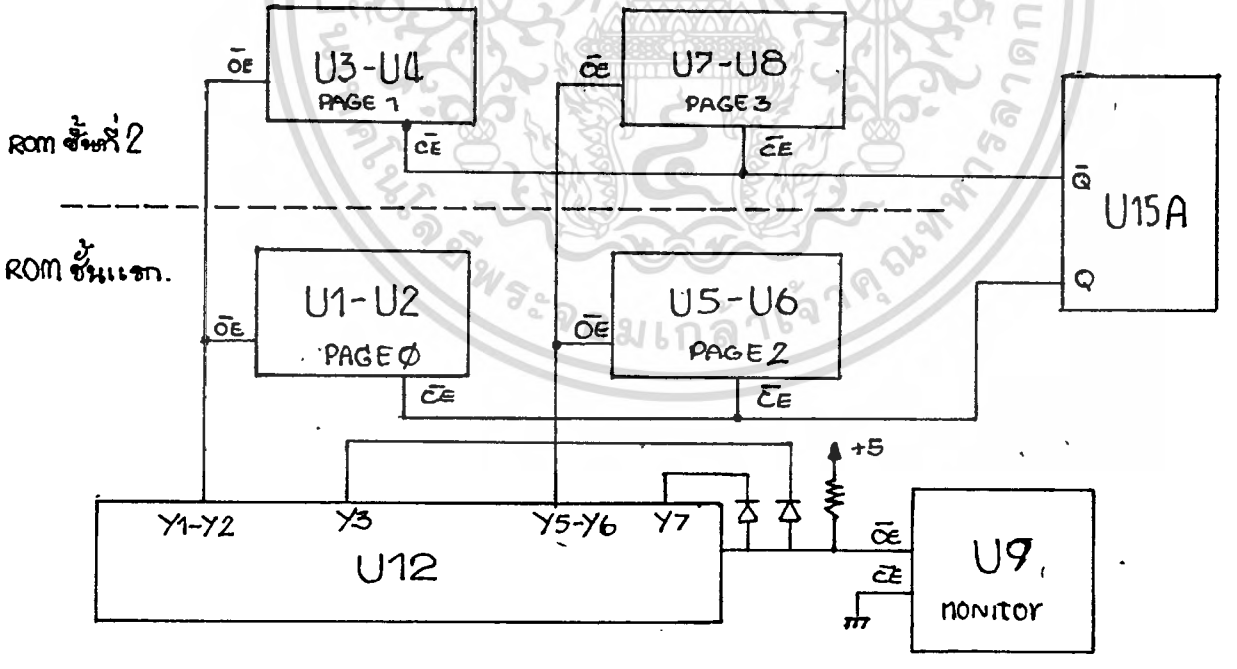
U3 - U4 " " ๑

U5 - U6 " " ๒

U7 - U8 " " ๓

U9 ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมมอนิเตอร์

รูปที่ ๖.๓ แสดงหลักการเชื่อมโยงทางอีเลกตรอนิกส์ของ ROM ทั้ง ๔ ตัว เมื่อทำงานร่วมกัน ไอซี U12 และ U15A (อักษร A ในที่นี้หมายถึง Flip Flop หนึ่งตัวจากหลาย ๆ ตัวในไอซี U15)



รูปที่ ๖.๓ แสดงหลักการเชื่อมโยงของ ROM ทั้ง ๔ ตัวกับไอซี U12 และ U15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM U1 - U8 จะถูกจัดเป็นรูปแมทริกซ์ 2×2 กล่าวคือ แถวนอนที่หนึ่งมี PAGE 1 กับ PAGE 3 แถวนอนที่สองมี PAGE Ø กับ PAGE 2 แถวตั้งที่หนึ่งมี PAGE 1 กับ PAGE Ø และแถวตั้งที่สองมี PAGE 3 กับ PAGE 2

ไอซี U12 ทำหน้าที่เลือกแถวนอนขณะที่ไอซี U15A ทำหน้าที่เลือกแถวตั้ง กล่าวคือ หาก U12 เลือกแถวนอนที่หนึ่งขณะที่ U15A เลือกแถวตั้งที่สองจะทำให้ PAGE 3 ได้รับการเลือก เป็นต้น

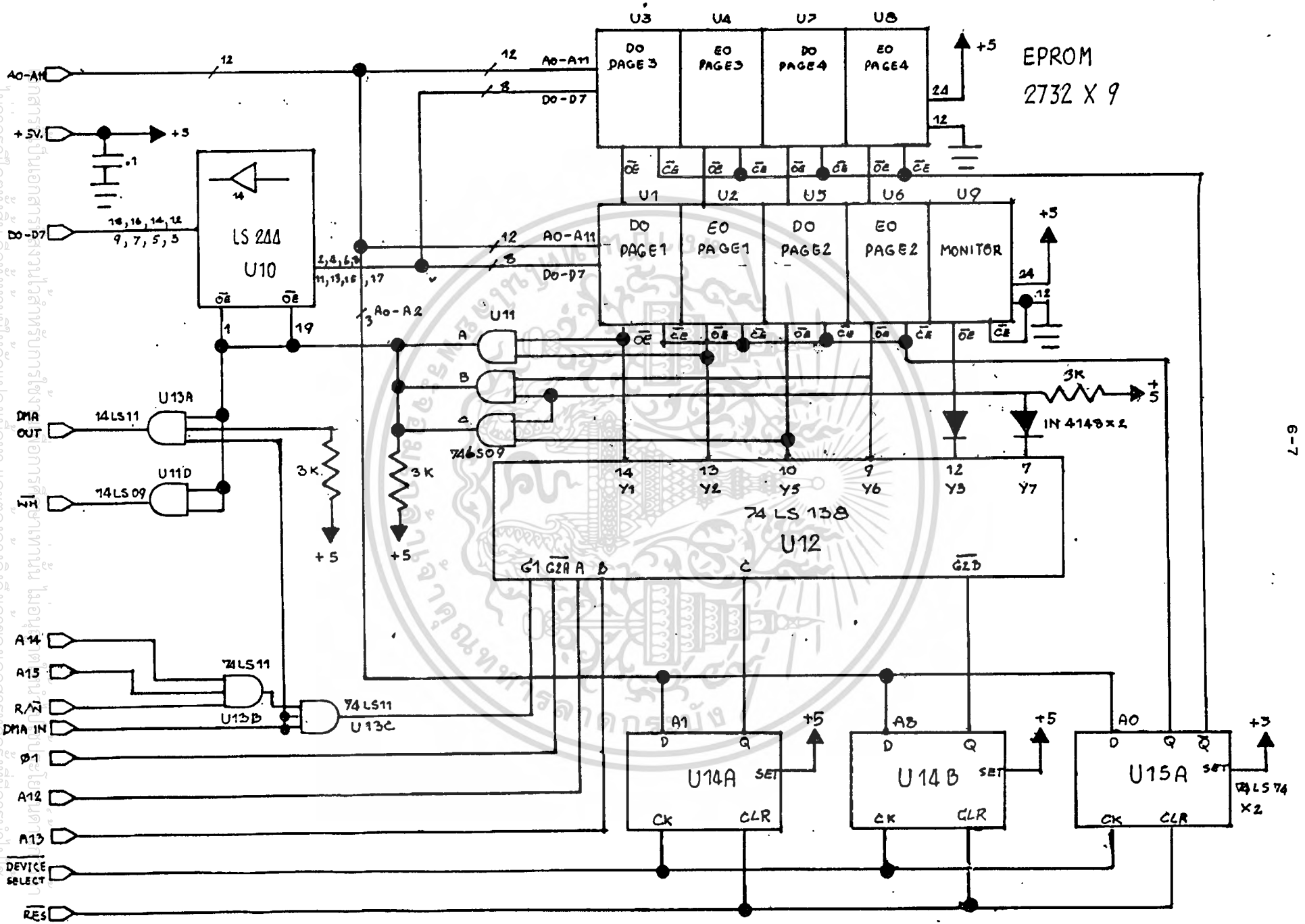
ในเชิงอีเลคตรอนิกส์การที่ PAGE ใดจะถูกเลือกขา $\overline{OE}$ และ $\overline{CE}$ ของ ROM ใน PAGE นั้นจะต้องอยู่ในภาวะแอกทีฟ (active) ทั้งคู่ เราจะสังเกตุในรูปที่ 6.3 ว่า ขา $\overline{OE}$ จะถูกควบคุมโดยขา Y1-Y2 และ Y5-Y6 ของ U12 ส่วนขา $\overline{CE}$ จะถูกควบคุมโดยขา Q และ $\overline{Q}$ ของ U15A ตัวอย่างเช่น หากขา Y1-Y2 ของ U12 และขา Q ของ U15A แอกทีฟ แสดงว่า PAGE Ø กำลังได้รับเลือกอยู่

ขา Y3 และ Y7 ของ U12 ต่อผ่านไดโอดในลักษณะของ OR GATE ไปยังขา $\overline{OE}$ ของ U9 ดังนั้นหาก Y3 หรือ Y7 แอกทีฟ U9 (ซึ่งเก็บโปรแกรมมอนิเตอร์) จะถูกเลือกทันที โดยไม่ขึ้นอยู่กับสถานะของ U15A เลย ทั้งนี้เพราะขา $\overline{CE}$ ของ U9 ถูกรักษาให้แอกทีฟอยู่ ตลอดเวลา

การทำงานที่ละเอียดลึกซึ้งต่อไปของวงจรโดยเฉพาะไอซี U15A (ซึ่งเป็น D-FLIP-FLOP) และไอซี U12 (ซึ่งเป็น DECODER จาก ๓ ไปเป็น ๘) นั้นเราต้องดูจากวงจรรูปที่ 6.4 ประกอบด้วย

U12 จะมีสัญญาณที่ขา C เป็นสัญญาณเข้าที่จะกำหนดว่า Y1, Y2, Y3 หรือ Y5, Y6, Y7 จะเป็นฝ่ายที่ทำงาน กล่าวคือ ถ้าขา C เป็น ๐ แล้วกลุ่ม Y1, Y2, Y3 จะทำงาน (ACTIVE LOW) แต่ถ้าขา C เป็น ๑ แล้วกลุ่ม Y5, Y6, Y7 ก็จะเป็นฝ่ายที่ทำงาน (ACTIVE LOW) สัญญาณที่ขา C จะได้รับมาจากขา Q ของไอซี U14A ซึ่งเป็น D-FLIP-FLOP (เบอร์ 74LS74) และถูกควบคุมโดยซอฟท์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แผ่นวงจรหน่วยเก็บโปรแกรม

เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้นที่จริง U12 (ซึ่งเป็นเบอร์ 74LS138) ก็คือ DECODER ชนิด 3-TO-8 หรือนั่นคือ รับสัญญาณเข้า 3 จุด (ที่ A, B และ C) และส่งสัญญาณออก 8 จุด (ที่ Y0-Y7) โดยมีขา G1, $\overline{G2A}$ และ $\overline{G2B}$ เป็นขา ENABLE

ขา A และ B ของ U12 จะได้รับสัญญาณจากบัส A12 และ A13 ซึ่งเป็นตัวบ่งตำแหน่ง (ADDRESS DECODER) ว่าขณะที่ขา X เลือกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งอยู่ (คือกลุ่ม Y1, Y2, Y3 หรือกลุ่ม Y5, Y6, Y7) นั้นจะให้ขาใดในกลุ่มทำงาน ทั้งนี้เพื่อขาในกลุ่มจะได้เลือก ROM ที่จะอ่านข้อมูลออกไปได้ ดังตารางต่อไปนี้

ADDRESS	ขา C = 1	ขา C = 0
DØØØ - DFFF	Y1 ทำงานเพื่อบ่ง U1, U3	Y5 ทำงานเพื่อบ่ง U5, U7
EØØØ - EFFF	Y2 " " U2, U4	Y6 " " U6, U8
FØØØ - FFFF	Y3 " " U9	Y7 " " U9

โดยสรุปคือ ขา C เลือกกลุ่ม (Y1, Y2, Y3 หรือ Y5, Y6, Y7) แล้ว A กับ B จะเลือกลึกลงไปว่าจะอ่าน ROM คู่ไหน (และตัวหนึ่งในแต่ละคู่จะถูกเลือกด้วย U15A อีกทีด้วย อธิบายมาข้างต้นแล้ว)

เราควรจะทำความเข้าใจขา ENABLE ของ U12 ว่ามี 3 ขา คือ G1, $\overline{G2A}$ และ $\overline{G2B}$ ให้ชัดเจนต่อไปว่า

G1 จะถูก ENABLE เมื่อสัญญาณจากบัส กล่าวคือ A14, A15, R/$\overline{W}$ และ DMA IN มีค่าเป็น 1 หมด

$\overline{G2A}$ จะถูก ENABLE เมื่อสัญญาณเฟส ø1 ในบัสเป็น 0

$\overline{G2B}$ จะถูกควบคุมโดยสัญญาณจากขา Q ของไอซี U14B ซึ่งเป็น D-FLIP-FLOP (เบอร์ 74LS74) และไอซี U14B จะถูกควบคุมอีกทอดหนึ่งจากสัญญาณบัส $\overline{RES}$ และ $\overline{DEVICE\ SELECT}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นก็คือ ทั้ง G1, $\overline{G2A}$ และ $\overline{G2B}$ จะถูกควบคุมโดยสัญญาณจากบัสหรือนั่นก็คือถูกควบคุมโดยซอฟท์แวร์นั่นเอง

เมื่อเราเปิดเครื่องให้ทำงานจะมีพัลซ์ลบส่งออกไปตามบัส $\overline{RES}$ ทำให้ U14A, U14B และ U15A ซึ่งเป็น D-FLIP-FLOP ถูก CLEAR นั่นคือ ทำให้ขา Q ของ FLIP-FLOP ทั้ง ๓ ตัวนี้มีค่าเป็น ๐ ยังผลให้ $\overline{G2B}$ ถูก ENABLE ผลลัพธ์คือ ROM ใน PAGE Ø ได้รับเลือกให้ทำงาน

จากนั้นซีพียูจะทำการอ่านข้อมูลออกจาก ROM ทีละหน้าโดยการใช้ซอฟท์แวร์ในการเลือกหน้าที่จะอ่าน กล่าวคือ ซอฟท์แวร์จะส่งสัญญาณควบคุมไปยัง U14A, U15A และ U14B โดยสรุปดังนี้

คำสั่ง	ทำหน้าที่
STA $ C0C0	เลือก ROM PAGE 0
STA $ C0C1	" PAGE 1
STA $ C0C2	" PAGE 2
STA $ C0C3	" PAGE 3
STA $ C0C4	ปลดหน่วยเก็บโปรแกรมออกจากระบบ

เราสังเกตุด้วยว่าคำสั่งสุดท้าย STA $ C0C4 ทำหน้าที่ปลดเก็บหน่วยโปรแกรมออกจากระบบ

ไอซี U10 ในวงจรเป็นTRISTATE BUFFER ควบคุมการปล่อยข้อมูลจาก ROM ลงสู่บัสข้อมูล (DATA BUS) เข้าสู่ RAM ให้อยู่ในจังหวะที่ถูกต้องและคล้องจองกับการทำงานของซีพียู

6.6 สรุป

ในบทนี้เราได้ทำความเข้าใจโครงสร้าง หน้าที่และการจัดเก็บโปรแกรมปฏิบัติการและตารางข้อมูลแก้ ซึ่งเป็นภาระของวงจรเก็บความจำ เราได้เข้าใจการจัดแบ่งเป็นหน้า (PAGE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการจัด ROM ให้อยู่ในลักษณะแมทริกซ์ เพื่อให้กลไกอีเลกตรอนิกส์สามารถเลือก ROM ในหน้าได้ จากนั้นเราได้ทำความเข้าใจการทำงานของไอซีเบอร์อื่น ๆ โดยเฉพาะไอซี U12 และ U15A ที่มีบทบาทในการรับสัญญาณจากบัสเพื่อควบคุมการอ่านข้อมูลจาก ROM สู่ RAM และเราได้คุ้นเคยกับที่ว่าที่จริงแล้วสัญญาณอีเลกตรอนิกส์ที่บัสนั้นก็ถูกสั่งโดยคำสั่งซอฟท์แวร์นั่นเอง

ท้ายที่สุดเราควรทราบด้วยว่าหลังจากอ่านข้อมูลจาก ROM สู่ RAM หมดแล้วหน่วยเก็บโปรแกรม ROM จะถูกซอฟท์แวร์สั่งให้ตัดขาดออกจากระบบ (ทั้งที่ทางกายภาพแผ่นวงจรนี้เสียบอยู่ใน SLOT 4 ตลอดเวลา) จนกว่าจะมีการเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

แผ่นวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์

7.1 บทนำ

ในบทนี้เราจะศึกษาโครงสร้าง หน้าที่ และการออกแบบวงจรนาฬิกา และนับพัลซ์ (Clock and Pulse Counter Board) เพื่อประโยชน์ในการออกแบบสร้างและการบำรุงรักษา

7.2 โครงสร้าง

แผ่นวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์เป็นแผ่นลายลักษณะสองด้าน (Double Side Plated-Through-Hole Printed Circuit Board) ขนาดประมาณ 18.5 × 16.5 ซ.ม.^{2} บรรจุไอซี 13 ตัว ส่วนล่างของแผ่นจะทำเป็นส่วนยื่นที่เรียกว่า edge connector จำนวน 50 ขา เพื่อให้เสียบลงไปในช่องเสียบหมายเลข 6 นั่นก็คือ SLOT 6 ของแผ่นวงจรซีพียู ดังแสดงในรูปที่ 7.1

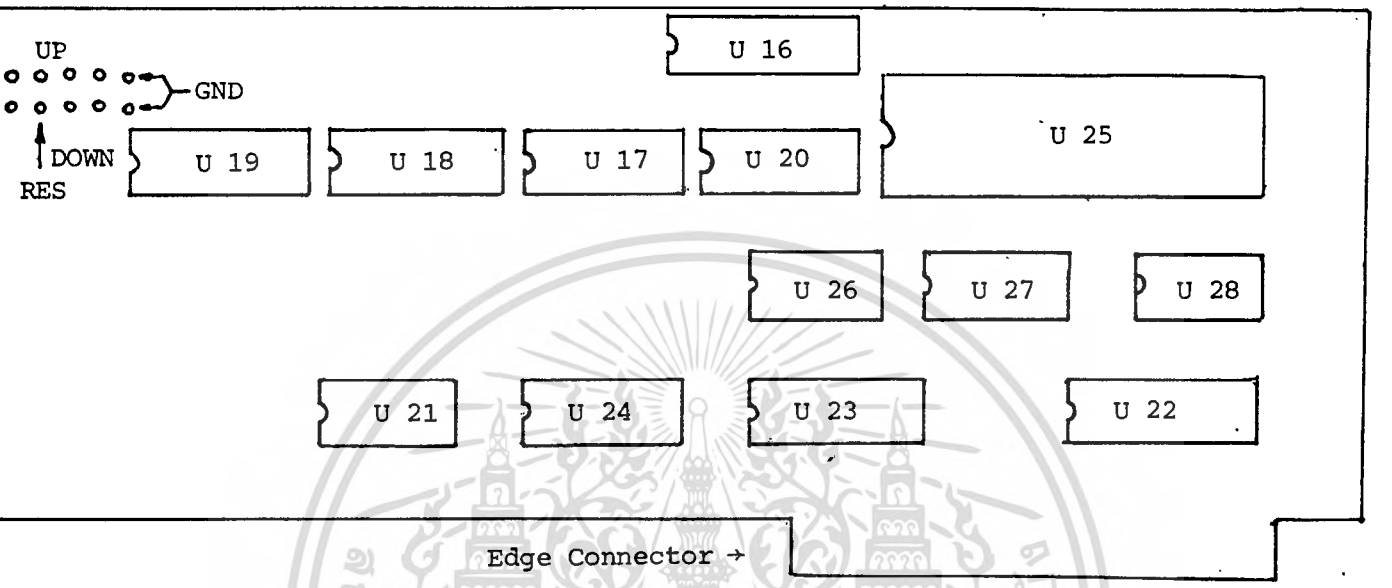
7.3 หน้าที่

แผ่นวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์ทำหน้าที่หลักสองประการ ประการแรกนาฬิกาทำหน้าที่บอกเวลาท้องถิ่นแม่นยำถึง 1/10 วินาที เพื่อป้อนให้แก่ซีพียูที่จะนำไปประกอบการคำนวณอัตราเร็วสัมพัทธ์การเคลื่อนที่ของเรือเป้า ประการที่สองทำหน้าที่ประสานงานกับหน่วยสร้างพัลซ์ในการอ่านมุนเรือเป้าที่สัมพัทธ์กับเรือปืน

7.4 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิกส์

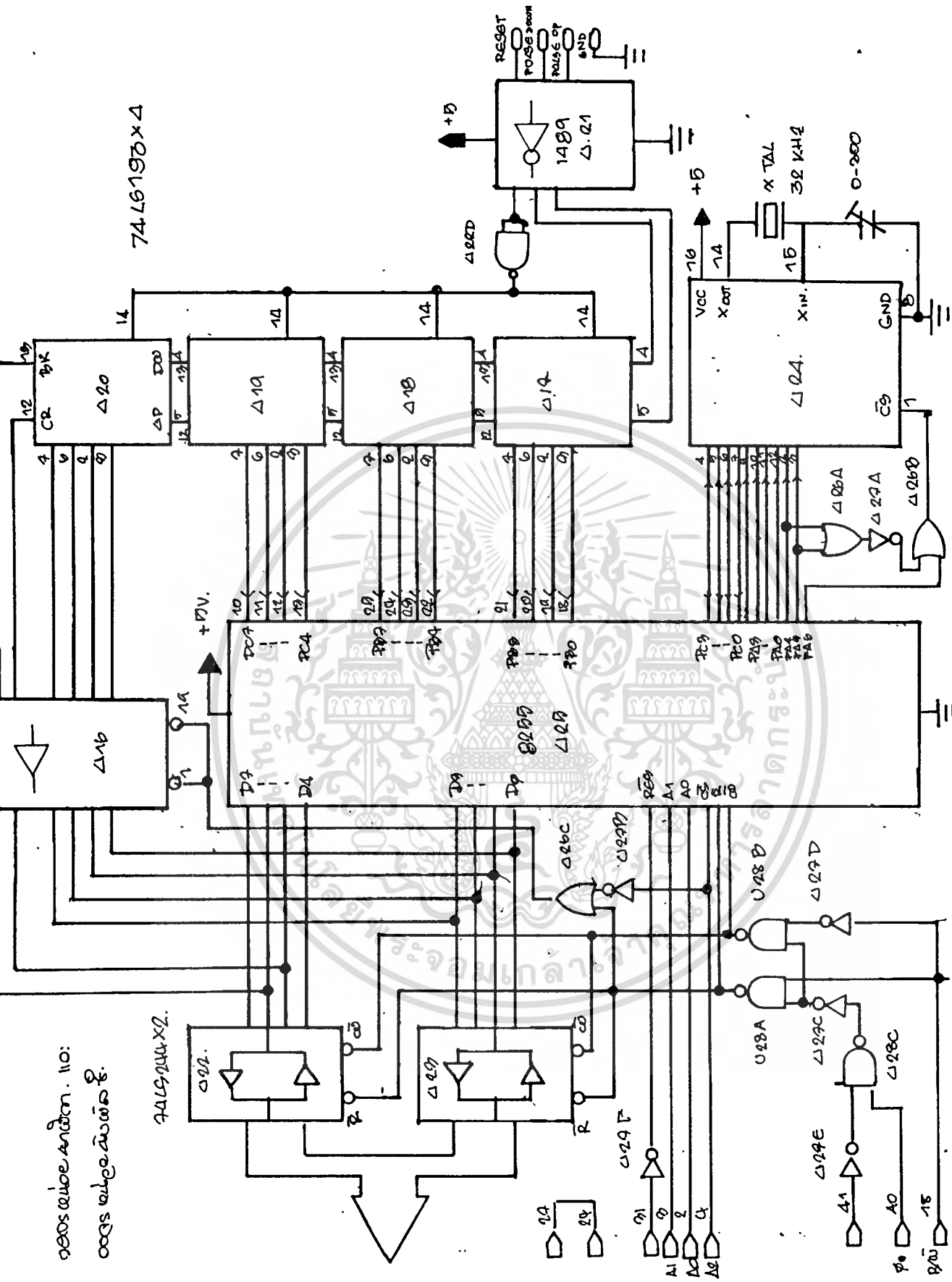
รูปที่ 7.2 แสดงไดอะแกรมของวงจรเพื่อให้เข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 ตำแหน่ง IC ของแผ่นวงจรหน่วยนาฬิกาและหน่วยนับพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 วงจรหน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี U24 ซึ่งเป็นเบอร์ MM 58174 ทำหน้าที่เป็นนาฬิกาอีเลคตรอนิกส์ให้เวลาจริง (real time clock) ซึ่งบางครั้งก็เรียกกันว่าเป็น ฐานเวลา (time base) อยู่ตลอดเวลาที่ระบบคอมพิวเตอร์ทำงานอยู่ กล่าวคือ หลังจากที่เราป้อนค่าเวลาท้องถิ่นให้หนึ่งครั้งแล้ว จะเริ่มทำงานบอกเวลาท้องถิ่นแม่นยำถึง 1/10 วินาที (พลประจำเครื่องจะป้อนให้ใน CORRECTION MODE อย่างไรก็ดีแม้นว่าจะมีการผิดพลาดในการป้อนค่าเวลาเริ่มต้นให้แก่ U24 ก็มิใช่เป็นประการที่ต้องกังวลว่าจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณอัตราเร็วสัมพัทธ์ของเรือเป้า ทั้งนี้เพราะ ซีพียูจะใช้ผลต่างของเวลาในการคำนวณ)

ไอซี U17 - U20 ซึ่งเป็นเบอร์ 74LS193 ทำหน้าที่เป็นหน่วยนับระบบเลขฐานสิบ (decade counter) ขนาดข้อมูล 16 บิท เพื่อทำหน้าที่รับสัญญาณจากไอซี U21 (เบอร์ 1489) ซึ่งไอซี U21 เองจะรับสัญญาณพัลซ์ซึ่งเป็นข้อมูลมุมของเรือเป้าซึ่งส่งมาจากวงจรสร้างพัลซ์ (อยู่ที่แท่นเล็ง) ผ่านสายต่อกล้องเล็ง พัลซ์ที่ส่งมาจากวงจรสร้างพัลซ์อยู่ในลักษณะสองประเภท กล่าวคือ พัลซ์ขึ้น (pulse up) หรือ พัลซ์ลง (pulse down) ส่งในลักษณะ RS232C ให้แก่ U21 ขา RESET ของ U17 - U20 (ขา 14) จะถูกป้อนมาจาก U21 ซึ่งขา RESET ของ U21 เองจะต่อมาจากปุ่ม ANGLE RESET (อยู่ที่กล่องวงจรสร้างพัลซ์) ดังนั้น U17 - U20 จะได้รับการ RESET ทุกครั้งที่เรากดปุ่ม ANGLE RESET

ไอซี U25 ซึ่งเป็นเบอร์ 8255 หรือที่เรียกกันว่า PPI (Programmable Peripheral Interface) จะรับข้อมูลนาฬิกาจาก U24 และข้อมูลมุมจาก U17 - U20 เพื่อจะได้ส่งเข้าบัสให้แก่ซีพียูอีกทอดหนึ่ง

การที่เราต้องใช้ U25 เพราะเป็นตัวที่เราโปรแกรมได้หรือนั่นคือ ควบคุมด้วยคำสั่งซอฟท์แวร์จากซีพียูได้ เป็นต้นว่า เราสามารถใช้คำสั่งส่งผ่าน U25 ไปควบคุมนาฬิกา U24 ได้ โครงสร้างภายใน U25 จะประกอบด้วยปอร์ท 3 ปอร์ท คือ PORT A, PORT B และ PORT C ซึ่งแต่ละปอร์ทจะมีขนาดความกว้างข้อมูล 8 บิท และทำหน้าที่ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PB Ø - PB 7	รับข้อมูลจากหน่วยนับพัลซ์ บิท ø - บิท 7 (U17 - U18)
PC 4 - PC 7	" " บิท 8 - บิท 11 (U19)
PC Ø - PC 3	รับส่งข้อมูลกับหน่วยนาฬิกา DB Ø - DB 3 (U24)
PA Ø - PA 3	ส่งข้อมูลตำแหน่ง (ADDRESS) ให้หน่วยนาฬิกา AD Ø - AD 3 (U24)
PA 4	ควบคุมขา $\overline{R}$ ของหน่วยนาฬิกา (U24)
PA 5	" $\overline{W}$ "
PA 6	" $\overline{CS}$ "
PA 7	ไม่ได้ใช้งาน

ซีพียูจะสามารถส่งคำสั่งไปควบคุมว่าให้แต่ละปอร์ททำงานลักษณะใดได้ โดยบ่งตำแหน่ง (address) ของปอร์ทต่าง ๆ ดังนี้

ADDRESS	ชื่อปอร์ท
CØ EØH (หรือ - 16160D)	PORT A
CØ E1H (หรือ - 16159D)	PORT B
CØ E2H (หรือ - 16158D)	PORT C
CØ E3H (หรือ - 16157D)	CONTROL WORD

ไอซี U16 เป็นเบอร์ 74LS244 ทำหน้าที่รับข้อมูลพัลซ์บิท 12 - บิท 15 (U20) โดยซีพียูติดต่ออ่านได้จาก ADDRESS CØE4H (หรือ - 16156D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U22 - U23 ทำหน้าที่ตัวกลางสองทิศทาง (bidirectional bus buffer) ในการรับส่งข้อมูลกับบัสของระบบเพื่อให้อยู่ในจังหวะที่คล้องจองกับการทำงานของทั้งระบบ (ซึ่งซีพียูเป็นผู้ควบคุม)

7.5 สรุป

ในบทนี้เราได้ทำการศึกษาและเข้าใจแผ่นวงจรนาฬิกาและนับพัลซ์ ซึ่งทำหน้าที่กำเนิดเวลาท้องถิ่นที่แม่นยำเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราเร็วสัมพัทธ์ของเรือเป้า หน้าที่อีกประการหนึ่งคือ รับพัลซ์จากหน่วยสร้างพัลซ์เพื่อทำการวัดมุมของเรือเป้าป้อนให้แก่ซีพียู

เราได้ทำความรู้จักกับไอซีเบอร์ MM 58174 ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดเวลาแม่นยำถึง 1/10 วินาที เราได้รู้จักกับไอซีเบอร์ 8255 ทำหน้าที่เป็นตัวประสานการรับส่งสัญญาณในลักษณะที่เราใช้คำสั่งซอฟท์แวร์ควบคุมการทำงานของ 8255 ได้ คำสั่งจะถูกส่งมาจากซีพียูซึ่งเราเป็นผู้โปรแกรมให้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

คีย์บอร์ด

8.1 บทนำ

ในบทนี้เราจะได้ทำความรู้จักกับวงจรคีย์บอร์ด ซึ่งทำหน้าที่รับคำสั่งจากมนุษย์ (พลประจำเครื่อง) เพื่อให้ระบบทั้งหมดทำงานตามที่เราต้องการ

8.2 โครงสร้าง

โครงสร้างภายนอกจะเป็นดังรูปที่ 8.1 กล่าวคือ เป็นกล่องเหล็กขนาดซึ่งด้านบนมีขนาดประมาณ 20×40 ซ.ม.^{2} ซึ่งมีปุ่ม (key) ทั้งหมด 24 ปุ่ม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มแรกมี 5 ปุ่ม ใช้เลือกโหมด (mode) ต่าง ๆ ในการทำงาน มีอักษรประจำแต่ละปุ่มได้แก่ CORRECTION, DETECTION, ACTION, LOCK และ SPOT

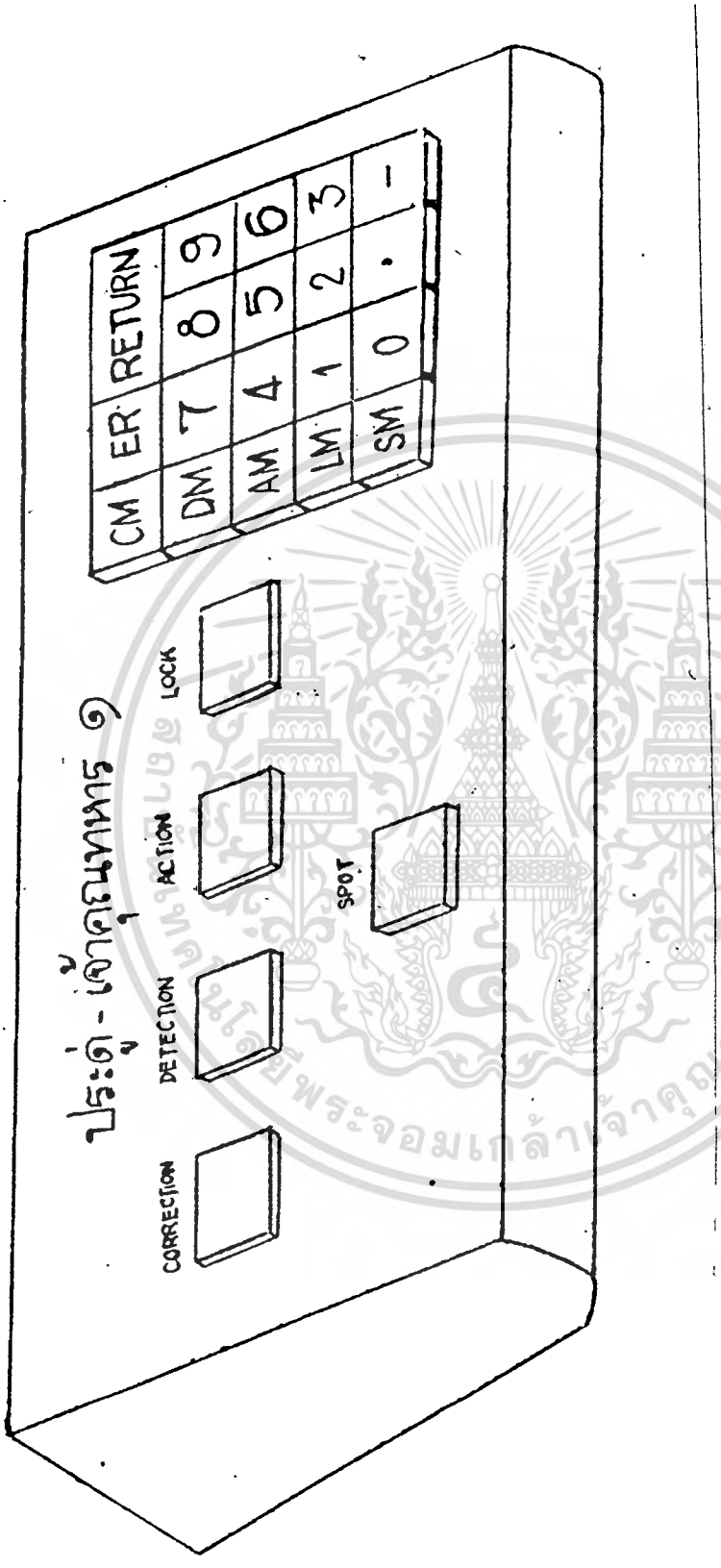
กลุ่มที่สองมี 19 ปุ่ม อยู่ทางขวามือ มีตัวเลข อักษร และสัญญลักษณ์ แสดงอยู่บนแต่ละปุ่ม กล่าวคือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ., -, ER, RETURN, CM, DM, AM, LM และ SM.

โครงสร้างภายในจะมีแผ่นวงจรเป็นลายชนิดด้านเดียว (Single Side) ขนาดประมาณ 5×8 ซ.ม.^{2} ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในคำอธิบายอีเลกตรอนิกส์ต่อไป

8.3 หน้าที่

แผ่นวงจรภายในจะติดต่อกับปุ่มทั้ง 24 ปุ่ม แปลงรหัสคำสั่งแล้วส่งให้ซีพียูผ่านสายริบบ้อนที่ต่อออกจากกล่องเหล็กนี้ คำสั่งจะได้รับจากพลประจำเครื่องที่กดปุ่มแต่ละปุ่ม ซึ่งมีหน้าที่ดังแสดงในตารางที่ 8.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 โครงสร้างภายนอกของหน่วยคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๘.๑ หน้าที่ของปุ่มคีย์บอร์ด

ปุ่ม	หน้าที่
CORRECTION	เข้าสู่ CORRECTION MODE
DETECTION	เข้าสู่ DETECTION MODE
ACTION	เข้าสู่ ACTION MODE
LOCK	เข้าสู่ LOCK MODE
SPOT	เข้าสู่ SPOT MODE
๐ - ๙	ป้อนตัวเลขต่าง ๆ
.	ป้อนจุดทศนิยม
-	ป้อนเครื่องหมายลบ
ER	ยกเลิกข้อมูลที่กำลังป้อนอยู่
RET	กดให้เครื่องรับข้อมูล
CM	เข้าสู่ CORRECTION MODE
DM	เข้าสู่ DETECTION MODE
AM	เข้าสู่ ACTION MODE
LM	เข้าสู่ LOCK MODE
SM	เข้าสู่ SPOT MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 คำอธิบายทางอีเลกตรอนิกส์

รูปที่ 8.2 แสดงไดอะแกรมวงจรอีเลกตรอนิกส์ของคีย์บอร์ดโดยมีไอซี U35 เป็น EPROM (เบอร์ 2716) ขนาด 2 กิโลไบท์ ขาตำแหน่ง (Address) จาก AØ-A1Ø (ขา 1-8, 19, 22, 23) ปกติจะอยู่ในสภาวะ PULL UP กล่าวคือ ถูกต่อให้อยู่ที่โลจิก "1" ตลอดเวลา ดังนั้นตราบใดที่ไม่มีการกดปุ่มเลยตำแหน่ง (Address) ของ EPROM นี้จะอยู่ที่ 7FFH หากมีการกดปุ่มใด ๆ ปุ่มหนึ่งจะทำให้ค่าตำแหน่งนี้เปลี่ยนไป ค่าตำแหน่งนี้จะไปเลือกข้อมูลซึ่งเป็นรหัสแอสกี้ (ASCII) เก็บอยู่ภายใน U35 นี้ แล้วส่งออกมาเป็นข้อมูล DØ-D6 และ D7 เพื่อส่งให้ไอซี U36A, U36B และ U37 ซึ่งจะป้อนไปยังซีพียูอีกทอดหนึ่ง

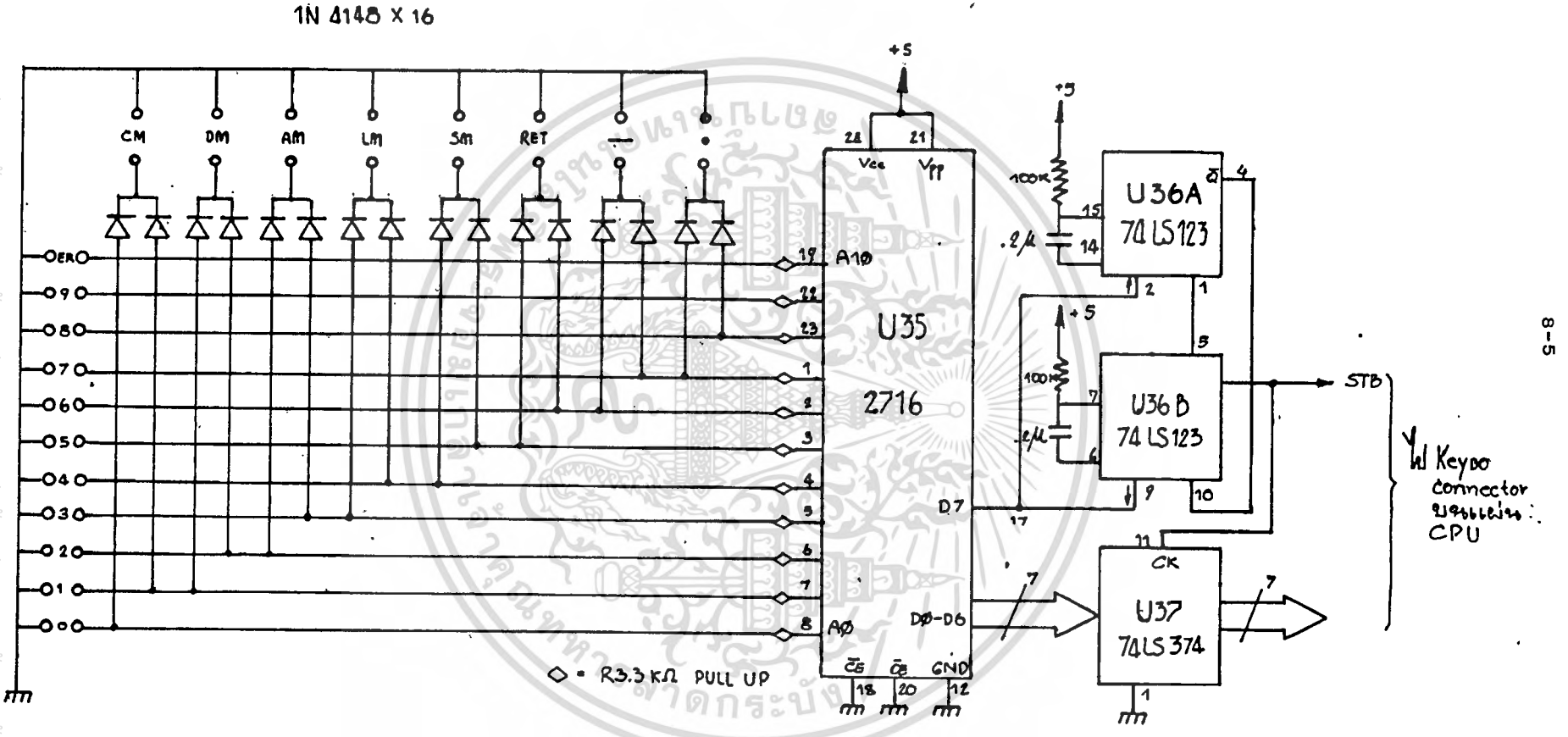
บิท D7 ปกติจะอยู่ที่โลจิก "1" เสมอตราบใดที่ยังไม่มีการกดปุ่ม แต่เมื่อมีปุ่มใดปุ่มหนึ่งถูกกดบิท D7 จะเปลี่ยนเป็นโลจิก "ø" และขาะเดียวกันค่าตำแหน่งจะเปลี่ยนจาก 7FFH ไปด้วย การที่ D7 เป็น "ø" ก็เพื่อแจ้งให้ U36A และ U36B ทราบว่าขณะนี้มีการป้อนข้อมูล ตัวข้อมูลแอสกี้เอง กล่าวคือ DØ-D6 จะส่งผ่าน U37 สัญญาณ STB (ย่อมาจาก STROBE) และ DATA จะทำงานร่วมกันเพื่อป้อนผ่านสายริบบ้อนเข้าสู่ซีพียูอีกทอดหนึ่ง

ตารางที่ 8.2 แสดงตำแหน่งที่เก็บรหัสแอสกี้และตัวข้อมูลแอสกี้ที่ตำแหน่งนั้น ๆ ตำแหน่ง (Address) บ่งทั้งไบนารีและเฮ็กซ์ ช่อง Character แสดงสัญญลักษณะมาตรฐานของแอสกี้ และในช่อง Function แสดงหน้าที่และช่อง Data แสดงข้อมูลเฮ็กซ์ที่ส่งให้แก่ซีพียู

เพื่อให้เข้าใจบทบาทของไอซี U36A, U36B และ U37 เราจะศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้

ไอซี U36B เป็นไอซีเบอร์ 74LS123 ทำหน้าที่เป็น monostable เพื่อป้องกันสัญญาณเด้ง (bouncing signal) U36B จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน เมื่อขา 9 ได้รับสัญญาณซึ่งเปลี่ยนจากโลจิก 1 ไปเป็น 0 (เมื่อมีการกดปุ่มใด ๆ ปุ่มหนึ่ง) ตรงจุด A ในรูปที่ 8.3 ซึ่งเราเรียกว่าเป็น falling edge เป็นผลให้ $\overline{Q}$ เปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0 และ $\overline{Q}$ จะอยู่ที่ระดับ 0 นี้ประมาณ 8 ms (ms = 10^{-3} sec.) เพื่อให้อาการเด้งลดหายไปแล้วจะคืนกลับไปสู่ภาวะ 1 ที่จุด B ซึ่งจะป้อนให้กับขา 11 ของ U37 ให้รับข้อมูล 7 บิท (DØ-D6) เข้าสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



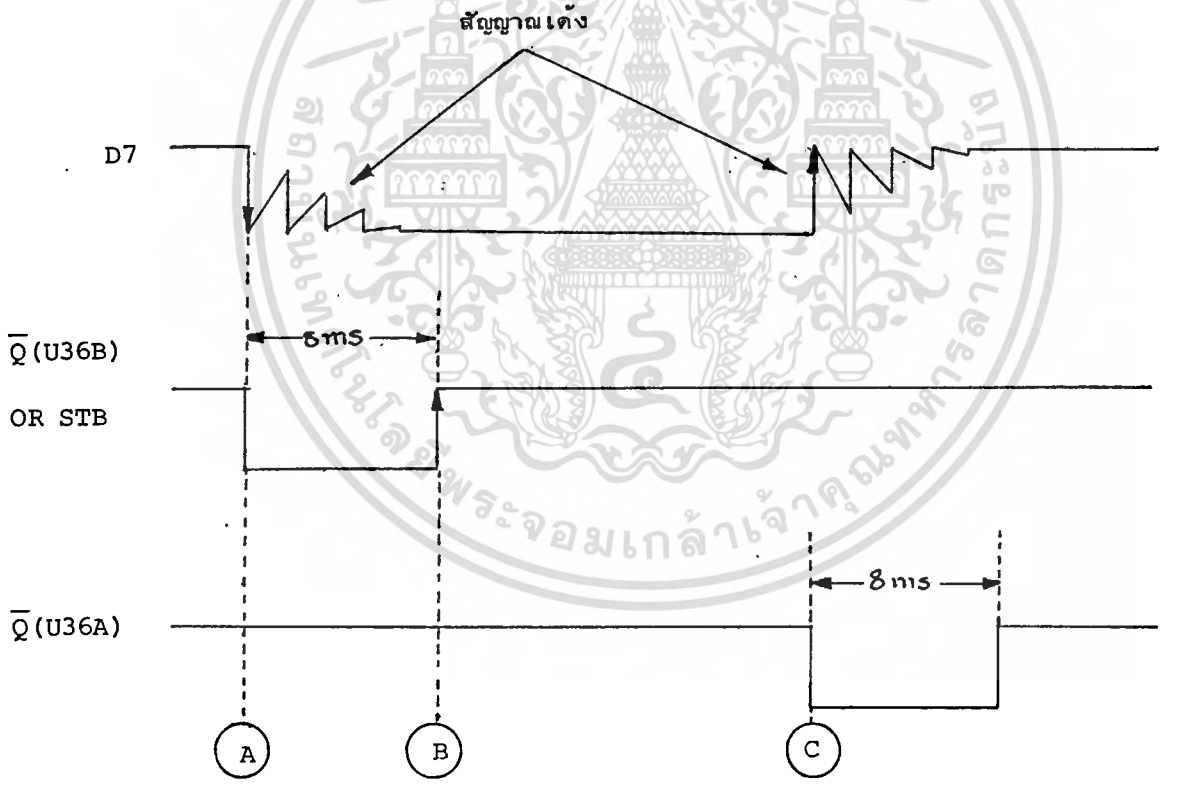
รูปที่ 8.2 วงจรหน่วยคีย์บอร์ด

ตารางที่ 8.2 ตำแหน่งรหัสแอสกี้ในไอซี U35

ADDRESS												
BINARY												
A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	$A_\emptyset$	HEX	CHARACTER	FUNCTION	DATA (HEX)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7FF	NO PRESS	NO PRESS	FF
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Ø	7FE	Ø	Ø	3Ø
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Ø	1	7FD	1	1	31
1	1	1	1	1	1	1	1	Ø	1	1	7FB	2	2	32
1	1	1	1	1	1	1	Ø	1	1	1	7F7	3	3	33
1	1	1	1	1	1	Ø	1	1	1	1	7EF	4	4	34
1	1	1	1	1	Ø	1	1	1	1	1	7DF	5	5	35
1	1	1	1	Ø	1	1	1	1	1	1	7BF	6	6	36
1	1	1	Ø	1	1	1	1	1	1	1	7FF	7	7	37
1	1	Ø	1	1	1	1	1	1	1	1	6FF	8	8	38
1	Ø	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5FF	9	9	39
Ø	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3FF	SPACE	ER	20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	Ø	Ø	7FC	A	EM	41
1	1	1	1	1	1	1	1	Ø	Ø	1	7F9	B	DM	42
1	1	1	1	1	1	1	Ø	Ø	1	1	7F3	C	AM	43
1	1	1	1	1	1	Ø	Ø	1	1	1	7E7	D	LM	44
1	1	1	1	1	Ø	Ø	1	1	1	1	7CM	E	SM	45
1	1	1	1	Ø	Ø	1	1	1	1	1	79F	RET	RET	ØD
1	1	1	Ø	Ø	1	1	1	1	1	1	73F	-	-	2D
1	1	Ø	Ø	1	1	1	1	1	1	1	67F	.	.	2E

(ที่ตำแหน่ง ADDRESS นอกเหนือจากนี้ข้อมูลจะเป็นอะไรก็ได้แต่ควรกำหนดให้เป็น FF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.3 TIMING DIAGRAM ช่วงกดคีย์และปล่อยคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U37 เอง และส่งออกไปให้สายริบบ้อน เข้าสู่บัสของระบบ นอกจากนี้การที่สัญญาณที่ $\overline{Q}$ เปลี่ยนจาก 0→1 นี้จะเป็นการแจ้งให้ซีพียูอ่านข้อมูลจากบัสเข้าสู่ซีพียูด้วย (ที่จุด B)

เมื่อเราปล่อยมือจากการกดปุ่มก็จะมีการเกิดสัญญาณเด้งที่จุด C ของรูปที่ 8.3 นั่นคือ D7 เปลี่ยนจาก 0 → 1 และป้อนเข้าที่ขา 2 ของ U36A (ซึ่งเป็นเบอร์ 74LS123) ทำหน้าที่ monostable เช่นกัน ป้องกันสัญญาณเด้งในช่วงปล่อยปุ่ม กล่าวคือ ขา 2 ของ U36A จะถูกกระตุ้นให้ทำงานเมื่อ D7 เปลี่ยนจาก 0 → 1 เป็นผลให้ $\overline{Q}$ ของ U36A ตกเป็น 0 และคงสภาพ 0 เป็นเวลา 8 ms. นอกจากนี้เรายังสังเกตุว่า $\overline{Q}$ ของ U36A ยังต่อไปที่ขา 10 ของ U36B ขา 10 ของ U36B นี้เป็นขา ENABLE เป็นผลให้ U36B ถูกทำให้ตาย (disable) เป็นเวลา 8 ms. นั่นก็คือ จะไม่มีสัญญาณ STB ป้อนออกไปให้ซีพียู

8.5 สรุป

ในบทนี้เราได้ศึกษาหน่วยคีย์บอร์ดว่ามีโครงสร้างภายนอกและภายใน ตลอดจนการทำงานและหลักการออกแบบอีเลกตรอนิกส์ของวงจรว่ามีไอซี EPROM เบอร์ 2716 ทำหน้าที่เก็บรหัสแอสกี้ และในการกดปุ่มต้องมีไอซีทำหน้าที่ monostable กันสัญญาณเด้งของปุ่มไม่ให้รบกวนการส่งข้อมูลแอสกี้ไปให้บัสและซีพียูในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

วงจรสร้างพัลซ์

9.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างและการทำงานของวงจรสร้างพัลซ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงมุมกล้องที่หมุนไปนั่นคือแบริ่งสัมพัทธ์ของเรือเป้าให้เป็นสัญญาณพัลซ์ส่งผ่านสายต่อกล้องเล็งไปให้แก่วงจรนับพัลซ์ ทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณแบริ่งสัมพัทธ์และทิศทางของเรือเป้าได้ วงจรสร้างพัลซ์นี้ได้ใช้ผลงานวิจัยที่พบเป็นครั้งแรกและได้ส่งไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร Proceedings of IEEE , (ดังปรากฏในภาคผนวก 3) โดยใช้ชื่อเรื่องว่า "วงจรนับและตรวจจับทิศทางซึ่งปรับปรุงใหม่" ("An Improved Counting and Direction - Sensing Circuit for N/C Systems") ซึ่งในบทนี้ก็จะได้อธิบายหลักการของผลงานวิจัยนี้โดยละเอียดด้วย

9.2 บทคัดย่อของผลงานวิจัย

วงจรนับและตรวจจับทิศทางซึ่งปรับปรุงใหม่นี้สามารถสร้างจำนวนพัลซ์ในการนับได้มากกว่าวงจรเดิมถึงสองเท่า ทำให้เกิดประโยชน์สองประการ ประการแรกเป็นการเพิ่มความละเอียดถูกต้องในการวัดระยะมากขึ้นเป็นสองเท่า หรืออาจจะกล่าวในประการที่สองว่าเป็นการผ่อนผันให้สามารถใช้อุปกรณ์ TRANSDUCER ที่มีความละเอียดน้อยลงกว่าเดิมได้ครึ่งหนึ่ง วงจรนี้จะมีประโยชน์ในการวัดระยะทางและตรวจจับทิศทางสำหรับ CLOSED LOOP NUMERICAL CONTROL (N/C)

9.3 วงจรของเดิมและหลักการทำงาน

จะต้องใช้อุปกรณ์ TRANSDUCER เช่นตัวตรวจจับแสง (OPTICAL SENSOR) จำนวนสองตัวใช้งานร่วมกับแผ่นวงกลมซี่ล้อซึ่งแบ่งเป็นช่องทึบและช่องโปร่งสลับกันตลอดแนวเส้นรอบวงยังผลให้เมื่อมีการหมุนแผ่นวงกลมซี่ล้อนี้ก็จะทำให้ตัวตรวจจับแสงทั้งสองสร้างพัลซ์ออกมาแต่จะจัดตำแหน่งของตัวตรวจจับแสงทั้งสองให้อยู่ห่างกันพอดีที่พัลซ์ที่ได้ออกมามี PHASE ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 90° การ LEAD หรือ LAG ของพัลซ์ทั้งสองทำให้สามารถทราบทิศทางการหมุนของแผ่นวงกลมซี่ล้อ สำหรับระยะทางที่หมุนไป (ANGULAR DISPLACEMENT) ก็จะสามารถคำนวณได้จากจำนวนพัลซ์ที่นับได้

รูปที่ 9.1 แสดงวงจรของเดิมซึ่งได้ลงตีพิมพ์ในวารสาร IEEE TRANS. INSTRUM. MEAS. (VOL. IM-27, NO.1, PP. 8-10, MAR. 1978) โดยใช้ชื่อเรื่องว่า "Moire displacement transducer for N/C systems" และในรูปที่ 9.2 แสดงสัญญาณ ณ จุดต่างๆ ในวงจร

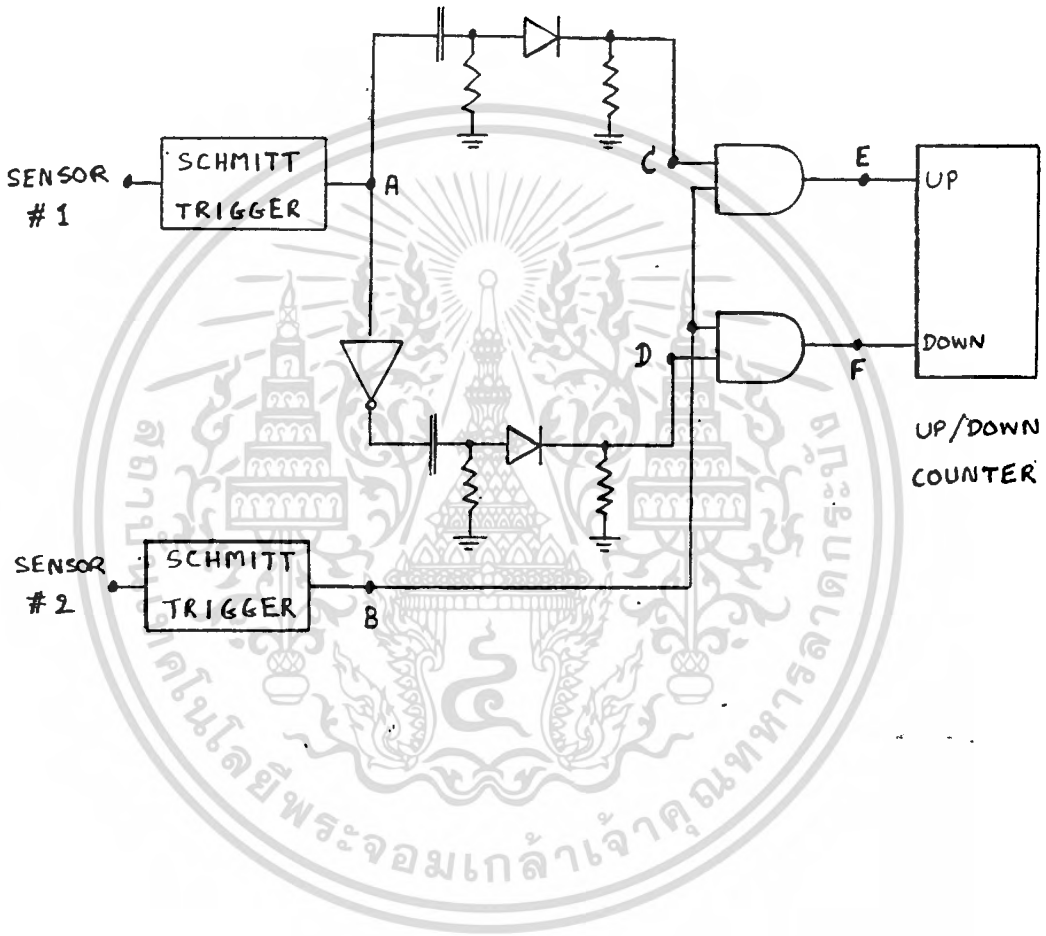
สัญญาณที่จุด A และจุด B เป็นสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับแสงแต่ละอันโดยผ่าน SCHMITT TRIGGER เพื่อปรับลักษณะของสัญญาณให้เป็นพัลซ์รูปสี่เหลี่ยม แต่จะมี PHASE ต่างกันอยู่ประมาณ 90° จากนั้นสัญญาณของจุด A จะผ่านวงจร DIFFERENTIATOR ทำให้ทุกครั้งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของพัลซ์จาก ϕ เป็น 1 ก็จะเกิดพัลซ์แคบ ๆ ขึ้น ณ จุด C สำหรับจุด D ก็จะเกิดพัลซ์แคบ ๆ ในทำนองเดียวกันแต่จะเกิดทุกครั้งที่พัลซ์ที่จุด A เปลี่ยนจาก 1 เป็น ϕ

สัญญาณที่จุด E ได้จากสมการ $E = B.C$ จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพัลซ์หากเป็นการหมุนจากตัวตรวจจับ B ไปตัวตรวจจับ A แต่จะเป็น ϕ ตลอดหากหมุนกลับในทิศทางตรงข้าม จึงใช้สัญญาณ ณ จุดนี้ป้อนให้กับ ขา UP ของวงจร UP/DOWN COUNTER เพื่อให้นับขึ้นเมื่อหมุนจาก B ไป A

สัญญาณที่จุด F ได้จากสมการ $F = B.D$ จะพบว่าสัญญาณ ณ จุดนี้จะเกิดเป็นพัลซ์เมื่อหมุนจากตัวตรวจจับ A ไปตัวตรวจจับ B แต่จะเป็น ϕ ตลอดหากหมุนกับจาก B ไป A จึงใช้สัญญาณนี้ป้อนกับขา DOWN ของวงจร UP/DOWN COUNTER

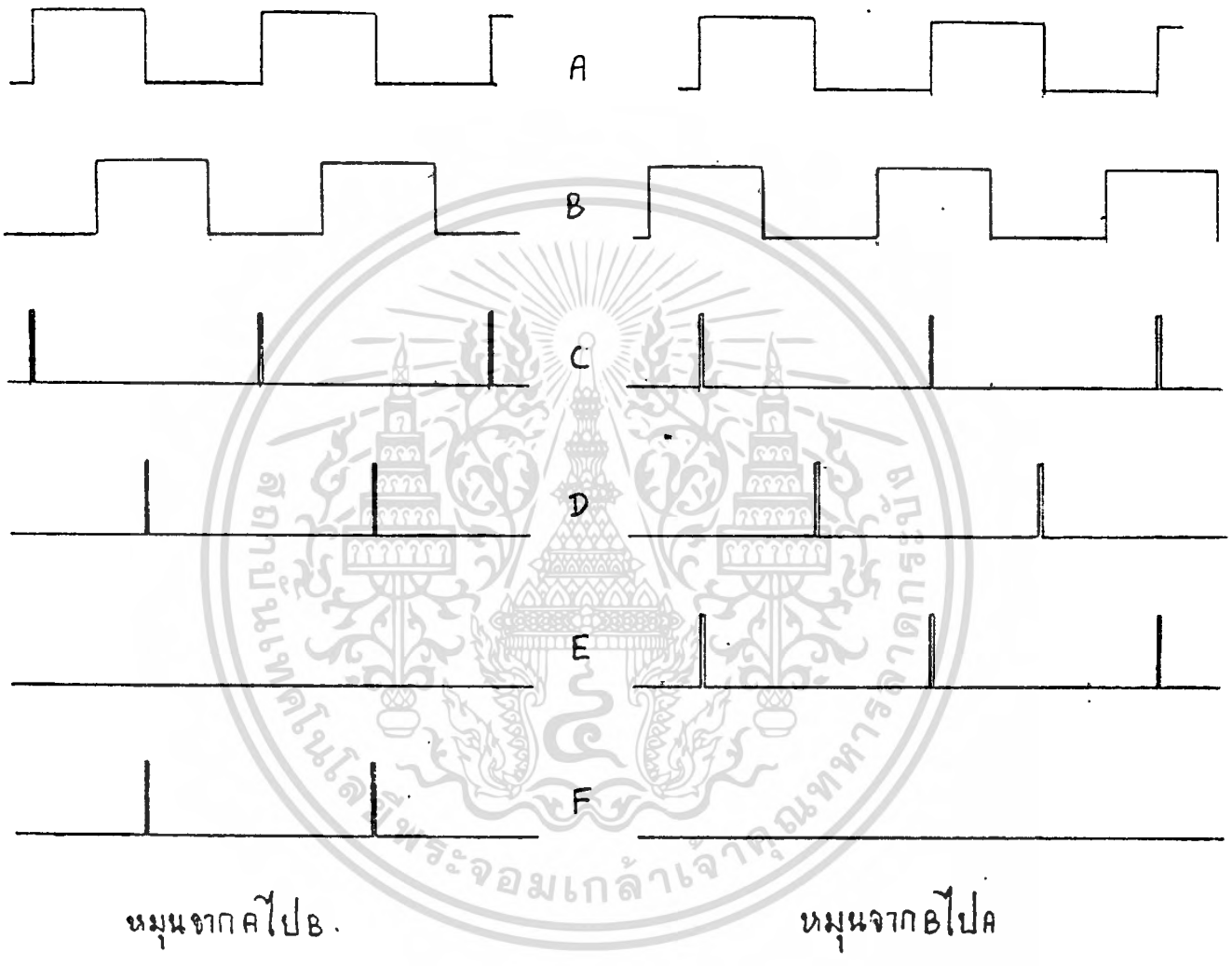
สิ่งที่น่าสังเกตุคือ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณที่จุด E หรือ F ในกรณีที่มีพัลซ์เกิดขึ้น พัลซ์ที่ได้จะมีจำนวนเพียง 1 ลูกต่อพัลซ์ ณ จุด A จำนวน 1 CYCLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.1 วงจรนับและตรวจจับทิศทางของเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



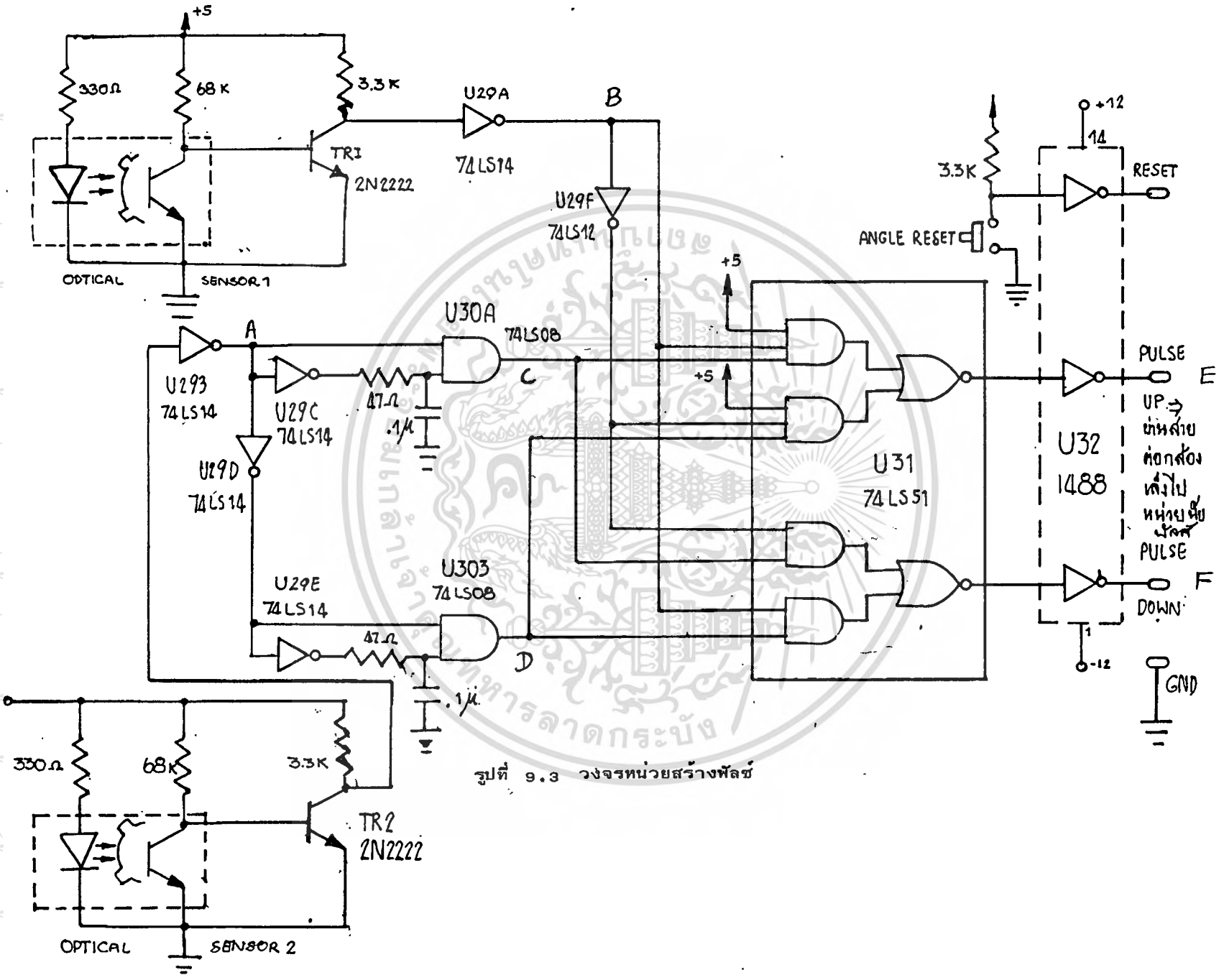
รูปที่ 9.2 สัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ของวงจรรูป 9.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

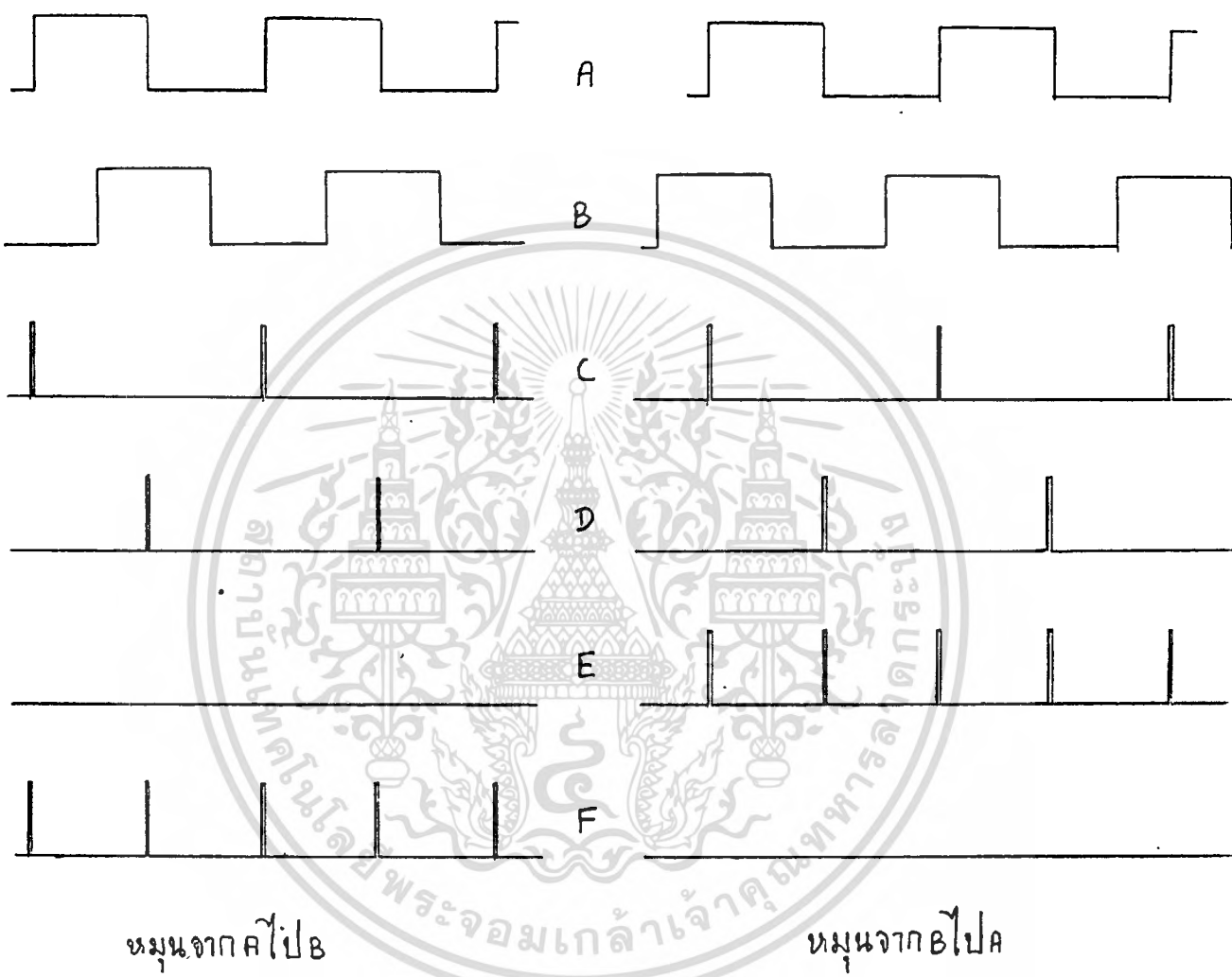
9.4 วงจรซึ่งปรับปรุงใหม่และหลักการทำงาน

รูปที่ 9.3 แสดงวงจรผลงานวิจัยซึ่งปรับปรุงจากวงจรเดิมที่ได้อธิบายในหัวข้อ 9.3 การทำงานของวงจรยังอาศัยหลักการเดิมทุกอย่างแต่ได้เปลี่ยนสมการ ณ จุด E เป็น $E = B.C + \bar{B}.D$ และสมการ ณ จุด F เป็น $F = B.D + \bar{B}.C$ ยังผลให้จำนวนพัลซ์ที่ได้ ณ จุด E และจุด F มีจำนวนถึง 2 ลูกต่อพัลซ์ ณ จุด A จำนวน 1 CYCLE เป็นการเพิ่มความละเอียดในการนับขึ้นอีกถึง 1 เท่าตัวรายละเอียดของสัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.3 วงจรหน่วยสร้างพัลซ์



รูปที่ 9.4 สัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ของวงจรรูป 9.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.5 การประยุกต์ใช้งานในระบบ

ได้ประยุกต์วงจรในหัวข้อ 9.4 (รูปที่ 9.3) โดยทำงานร่วมกับแผ่นวงกลมชี่ล้อดังแสดงในรูปที่ 9.5 ซึ่งประกอบด้วยช่องทึบและช่องโปร่งอย่างละ360 ช่องสลับกันตามแนวเส้นรอบวง ดังนั้นเมื่อหมุนแผ่นวงกลมชี่ล้อ 1 รอบก็จะเกิดพัลซ์จำนวน 720 ลูก แผ่นวงกลมดังกล่าวต่อมาจากแกนหมุนของแทนเล็งโดยผ่านการทดรอบ ด้วยอัตราส่วน 50:1 ดังนั้นหากหมุนแทนเล็งครบหนึ่งรอบ (360 องศา) แผ่นวงกลมชี่ล้อก็จะต้องถูกหมุนถึง 50 รอบ ก็จะเกิดพัลซ์ถึง 720 × 50 รอบ ก็จะเกิดพัลซ์ถึง 720 × 50 = 36000 ลูก หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าแท่นเล็งนี้มีรายละเอียด (RESOLUTION) ถึง 1/100 องศา และสามารถบอกได้ทั้งทิศทางและระยะที่หมุน

รูปที่ 9.5 แผ่นวงกลมชี่ล้อภายในแท่นเล็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ UP และ DOWN ที่ได้จากวงจรสร้างพัลซ์นี้จะถูกส่งไปยังวงจรนับ ซึ่งอยู่ที่ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายต่อกล้องเล็งทำให้สามารถทราบแบริ่งสัมพัทธ์ของเรือเป้า

9.6 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทำงานของวงจรดั้งเดิมที่ใช้ในการนับและตรวจจับทิศทางเปรียบเทียบกับวงจรที่ปรับปรุงใหม่ซึ่งสามารถให้พัลซ์ได้มากขึ้นเป็นสองเท่า ตลอดจนการประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับแบริ่งสัมพันธ์ของเรือเป้าอันเป็นข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการคำนวณการยิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

วงจรพูดติดต่อ

10.1 บทนำ

วงจรพูดติดต่อซึ่งใช้งานในการสื่อสารระหว่างพลประจำเครื่อง และพลประจำกล้อง เพื่อสั่งงานซึ่งกันและกันได้

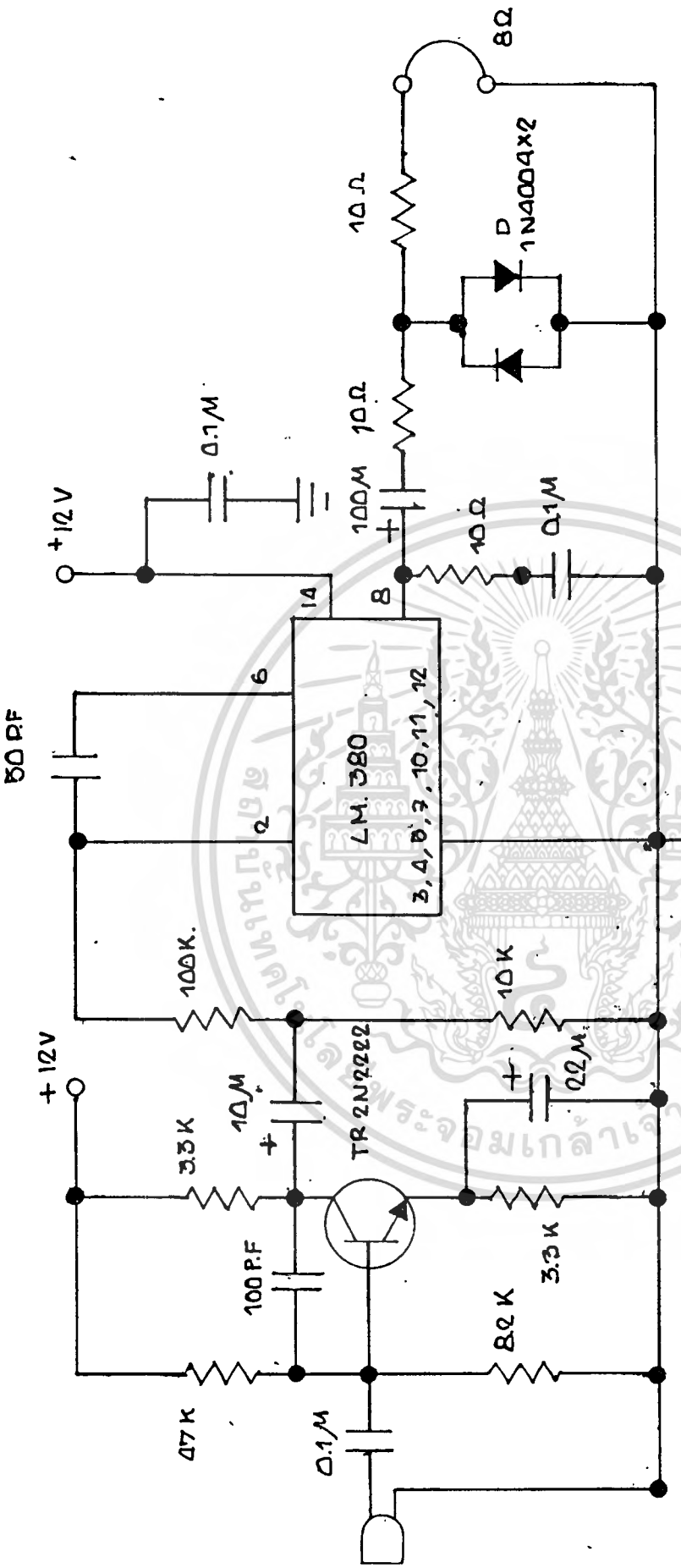
ในบทนี้เราจะทำความเข้าใจการทำงานของวงจรพูดติดต่อเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน ออกแบบและบำรุงรักษา

10.2 โครงสร้าง

เป็นแผ่นวงจรชนิด ลายด้านเดียว (Single Side) ขนาดประมาณ 5 × 5 ซม^2 จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดบรรจุไอซีเบอร์ LM380 1 ตัวและทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ดังรูปที่ 10.1

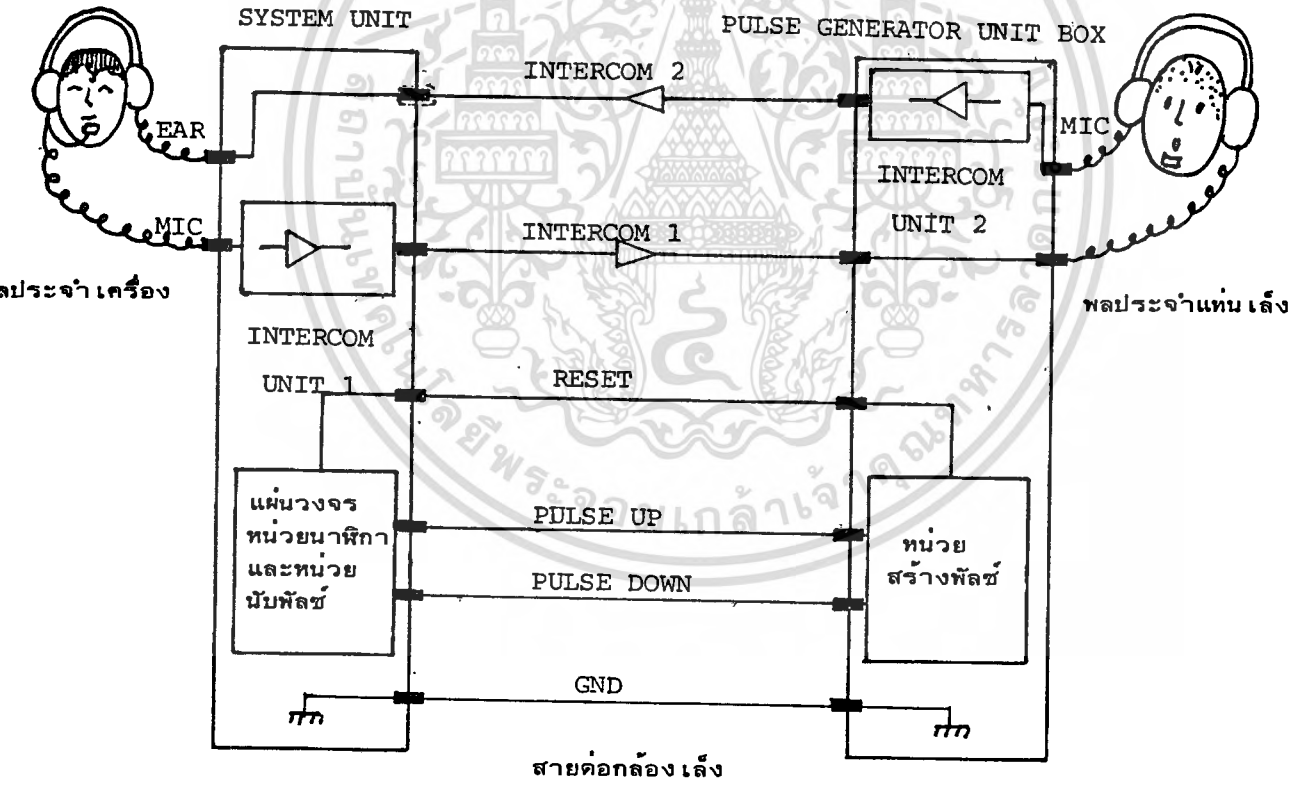
แผ่นวงจรชุดหนึ่งจะอยู่ในตัวกล่องคอมพิวเตอร์ ส่วนอีกชุดหนึ่งอยู่ในกล่องเก็บวงจรสร้างพัลซ์ (ที่แท่นเล็งกล้อง) และเชื่อมโยงกันโดยสายต่อกล้องเล็ง ดังแสดงในรูปที่ 10.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.1 วงจรหูดิดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.2 การเชื่อมโยงระหว่างตัวแท่นเครื่อง และกล่องวงจรหน่วยสร้างพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.3 หน้าที่

วงจรพูดติดต่อเมื่อทำงานร่วมกับหูฟังและไมโครโฟน จะทำให้พลประจำเครื่องและพลประจำกล้องเล็งติดต่อถึงกันและกันได้ ทั้งนี้เพราะขณะปฏิบัติงานพลประจำเครื่องและพลประจำกล้องอาจอยู่ห่างไกลเกินระยะที่จะสั่งงานด้วยปากเปล่า

10.4 คำอธิบายทางอีเลคตรอนิกส์

วงจรพูดติดต่อทำงานในลักษณะเครื่องขยายเสียงธรรดา แต่ใช้ไอซี LM380 ช่วย กล่าวคือเป็นวงจร AUDIO AMP ขนาด 0.5 วัตต์ ซึ่งแต่ละชุดเมื่อรับสัญญาณจากคนพูดแล้ว จะทำการขยายจากนั้นจึงส่งต่อไปยังหูฟังของคนฟัง โดย TR3 (หรือ TR4 ของอีกชุดหนึ่ง) ทำหน้าที่เป็น PRE-AMP และ U33 (หรือ U34 ของอีกชุดหนึ่ง) ทำหน้าที่เป็น POWER AMP

10.5 สรุป

บทนี้เป็นการทำความเข้าใจวงจรพูดติดต่อ ซึ่งใช้ประสานงานระหว่างพลประจำเครื่องและพลประจำกล้อง

วงจรจะเป็นลักษณะ Audio Amp ที่รู้จักแพร่หลายจะต่างกันตรงที่ใช้ไอซี LM380 เป็น Power Amp เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11

อุปกรณ์อื่น

11.1 บทนำ

บทนี้จะรวมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในระบบซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่ายอันได้แก่ กล้องส่องทางไกล หูฟังแลพไมโครโฟน จอภาพสายต่อจอภาพ สายต่อกล้องเล็ง และสายไฟฟ้า AC

11.2 กล้องส่องทางไกล

เป็นกล้องส่องทางไกลที่ใช้งานทั่วไป สำหรับกล้องที่ใช้กับระบบนี้มีคุณสมบัติดังนี้

1. กันน้ำได้ (Water proof)
2. กำลังขยายประมาณ 7 x 50
3. ความกว้างของมุมมอง (DIV) ประมาณ 7.3 องศา
4. มีเส้นกากะบาท (Cross Hair Line)
5. แข็งแรงทนทาน (rugged)

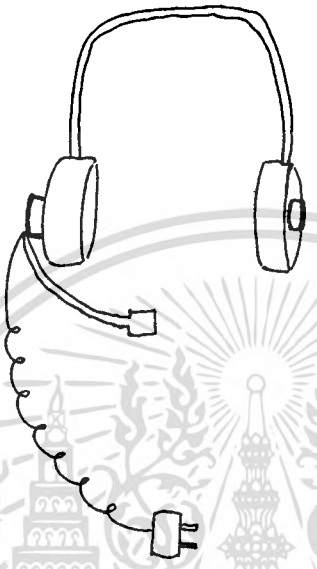
กล้องส่องทางไกลนั้นคุณสมบัติสามารถเลือกได้ตามความต้องการ และความเหมาะสมของการใช้งาน เพราะหน้าที่ใช้ส่องเรือเป้า เพื่อเป็นการวัดมุมสัมพัทธ์ที่ทำกับเรือบิน

11.3 หูฟังและไมโครโฟน

ใช้ติดต่องานระหว่างพลประจำเครื่อง และพลประจำกล้อง ฉะนั้นจะใช้ 2 ชุดมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 11.1 และคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

1. อิมพีแดนซ์ของลำโพง 8 โอห์ม
2. Mono หรือ STEREO ก็ได้
3. มีไมโครโฟน
4. เวลาสวมแนบสนิทกับหูทั้งสองข้างป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกได้ดี
5. แข็งแรงทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11.1 หูฟังและไมโครโฟน

11.4 จอภาพ

เป็นจอมอนิเตอร์ที่ใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป มีคุณสมบัติดังนี้

1. ขนาดจอ : 12" (เส้นทะแยงมุม)
2. ขนาดภาพ : 210 มม. (กว้าง x 150 มม. (สูง)
3. สัญญาณ : Composite Video
4. การคอบสนอง

   สัญญาณ : 20 MHZ ± 3 db
5. จำนวนอักษรและ

   บรรทัดที่แสดง : 2000 อักษร (80 อักษร/บรรทัด,25 บรรทัด/จอภาพ)
6. ไฟที่ใช้ : 220 โวลต์,50 เฮิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กำลัง : 30 วัตต์

8. สัดส่วน : 300(กว้าง) × 280(สูง) × 300(ลึก) มม.^{3}

9. น้ำหนัก : 8 กิโลกรัม

11.5 สายต่อจอภาพ สายต่อกล้องเล็งและสายไฟฟ้า AC

สายต่อจอภาพต่อระหว่างจอภาพ และกล่องคอมพิวเตอร์ มีลักษณะกล่าวคือ ปลายทั้งสองข้างเป็นแจ็ครูปดอกบัว สายตรงกลางเป็นสาย CO-AXILAL 75 Ω ยาวประมาณ 1 เมตร

สายต่อกล้องเล็งใช้ต่อจากหน่วยสร้างพัลซ์ไปยังหน่วยนับพัลซ์ (นั่นคือระหว่างแท่นกล้องกับกล่องคอมพิวเตอร์) มีลักษณะ ปลายทั้งสองข้างเป็นแจ็คอย่างน้อย 6 ขา (มีเกลียวยึด) สายตรงกลางเป็นสาย SHIELD ซึ่งมีสายภายในอย่างน้อย 5 เส้น (ไม่นับสาย GROUND รอบนอก) ยาวประมาณ 20 เมตร

สายไฟฟ้า AC เป็นสายต่อกำลังให้กับกล่องคอมพิวเตอร์ (ซีพียู) ปลายข้างหนึ่งเป็นปลั๊ก AC 220 โวลต์ทั่วไป ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเป็นปลั๊กสำหรับเสียบ SWITCHING POWER SUPPLY ของแผ่นวงจรซีพียูที่อยู่ในกล่องคอมพิวเตอร์ สายไฟฟ้า AC ยาวประมาณ 2-3 เมตร

11.6 สรุป

บทนี้ได้รวมคำอธิบาย รูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของอุปกรณ์อื่น อันได้แก่กล้องส่องทางไกล ทูฟังและไมโครโฟน จอภาพสายต่อจอภาพ สายต่อกล้องเล็ง และสายไฟฟ้า AC ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แพร่หลายทั่วไป แต่รวบรวมไว้เพื่อให้เกิดความเข้าใจและความสมบูรณ์ของรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 12

การพัฒนาด้านซอฟท์แวร์

12.1 บทนำ

เพื่อความสะดวกในการพัฒนาและตรวจสอบแก้ไข ภาษาที่ใช้จึงเป็นภาษาระดับสูง (HIGH LEVEL LANGUAGE) โดยเลือกภาษาแอปเปิลซอฟท์เบสิค (APPLESOFT BASIC) เพราะเป็นภาษาที่นิยมใช้ในเครื่องแอปเปิลทูซึ่งเป็นแผ่นซีพียูของระบบ แต่ในการใช้งานจริงภาษาระดับสูงมักจะมีปัญหาเรื่องความเร็ว จึงได้ทำการแปล (COMPILE) ให้เป็นภาษาเครื่อง (MACHINE LANGUAGE) โดยใช้โปรแกรมชื่อว่า "MICROSOFT TASC-THE APPLESOFT COMPILER" เป็นตัวแปล ยังผลให้การทำงานของระบบรวดเร็วยิ่งขึ้น

เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง ระบบจะเริ่มต้นทำงานด้วยโปรแกรมบูทสแทรป (BOOTSTRAP) ซึ่งเป็นภาษาเครื่องทำหน้าที่ในการถ่ายโปรแกรมซึ่งเก็บอยู่ในรอม (ROM) ของแผ่นวงจรเก็บโปรแกรมเข้ามาไว้ในแรม (RAM) ของระบบ โปรแกรมซึ่งถูกถ่ายเทมานี้คือโปรแกรมปฏิบัติการและตารางแก้ซึ่งได้ถูกแปลเป็นภาษาเครื่องแล้ว ต่อจากนี้ระบบก็จะเริ่มต้นปฏิบัติโปรแกรมปฏิบัติการดังได้อธิบายไว้ในบทที่ 6

ลักษณะการทำงานของโปรแกรมปฏิบัติการแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ คือ

1) CORRECTION MODE

2) DETECTION MODE

3) ACTION MODE

4) LOCK MODE

5) SPOT MODE

รูปที่ 12.1 แสดงโฟล์ชาร์ทการทำงานช่วงเริ่มต้นของโปรแกรมปฏิบัติการ สำหรับรายละเอียดของแต่ละโหมดจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.2 CORRECTION MODE

รูปที่ 12.2 เป็นโฟล์ชาร์ทแสดงการทำงาน โหมดนี้ทำหน้าที่แสดงค่าเริ่มต้นของตัวแปรสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิอากาศ น้ำหนักลูกปืน ฯลฯ ดังจะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งในบทที่ 14 นอกจากนี้โหมดนี้ยังมีหน้าที่ในการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดเพื่อแก้ไขค่าของตัวแปรสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ให้เปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นไปเป็นค่าที่ถูกต้องตามความเป็นจริงขณะที่ยิง

12.3 DETECTION MODE

รูปที่ 12.3 เป็นโฟล์ชาร์ทแสดงการทำงาน โหมดนี้ทำหน้าที่รับระยะเป้าจากคีย์บอร์ด ซึ่งอ่านจากเรดาห์ไปเป็นระยะเป้าล่าสุด (R2) และจะอ่านมุมแบริ่งเป้าสัมพัทธ์จากกล้องเล็งโดยอัตโนมัติทันทีที่ป้อนข้อมูลเข้าเป็นแบริ่งเป้าล่าสุด (L2) และอ่านค่าเวลาในขณะนั้น (T2) สำหรับระยะเป้าและแบริ่งเป้าเดิมตลอดจนค่าเวลาเดิมก็จะถูกเลื่อนค่าไปเป็นครั้งแรกแทน (R1, L1, T1) ด้วยวิธีการนี้การป้อนข้อมูลของเรือเป้าที่ตรวจจับได้จึงสามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องและบ่อยครั้งได้เท่าที่ต้องการเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงเข็มและความเร็วของเรือเป้า

12.4 ACTION MODE

ภายหลังจากที่ได้กระทำตามลำดับตามหัวข้อที่ 12.2 และ 12.3 ก็จะเข้าสู่โหมดนี้ซึ่งเป็นโหมดที่สำคัญที่สุดเพราะการคำนวณต่าง ๆ ตลอดจนคำตอบและข้อมูลของเรือเป้าที่ได้จากการคำนวณจะได้จากโหมดนี้ รูปที่ 12.4 เป็นโฟล์ชาร์ทแสดงการทำงาน โหมดนี้ทำหน้าที่คำนวณศูนย์ระยะและศูนย์ข้างล่วงหน้าด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับ

12.5 LOCK MODE

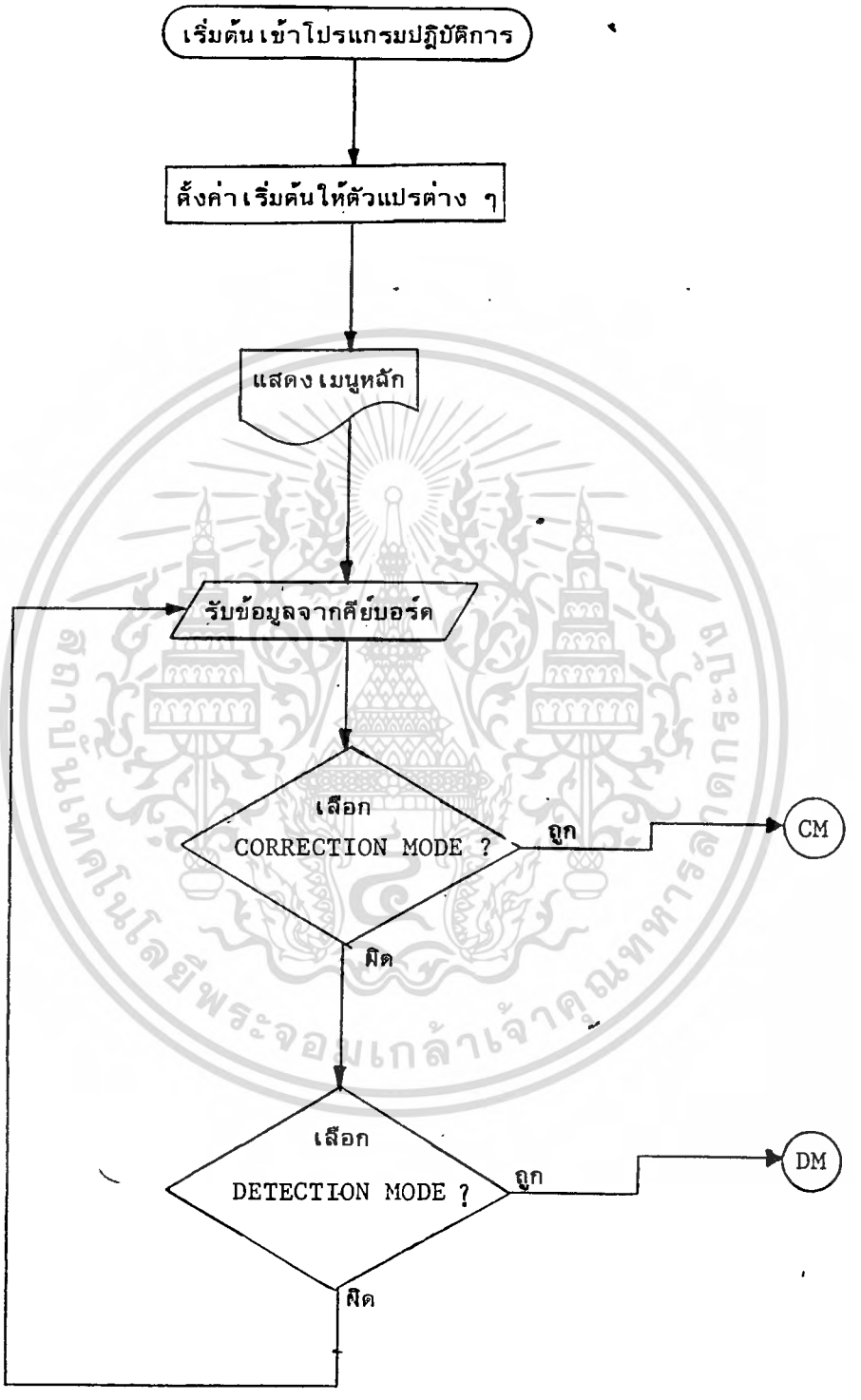
รูปที่ 12.5 เป็นโฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของโหมดนี้ผลลัพธ์ที่ได้จาก ACTION MODE จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ยากต่อการพิจารณาและสั่งไปยังพลปืน โหมดนี้จะทำหน้าที่ยึดผลลัพธ์ล่าสุดให้ค้างอยู่บนจอไม่เปลี่ยนแปลง เพื่อที่จะได้สามารถอ่านข้อมูลสั่งไปยังพลปืนต่อไป เมื่อเข้าโหมดนี้เวลาเตรียมตัวสำหรับพลปืน (TP) จะปรากฏขึ้นและนับถอยหลังลงจนเป็นศูนย์ก็จะปรากฏคำว่า "FIRE" และเสียงสัญญาณแสดงจังหวะให้ยิงปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.6 SPOT MODE

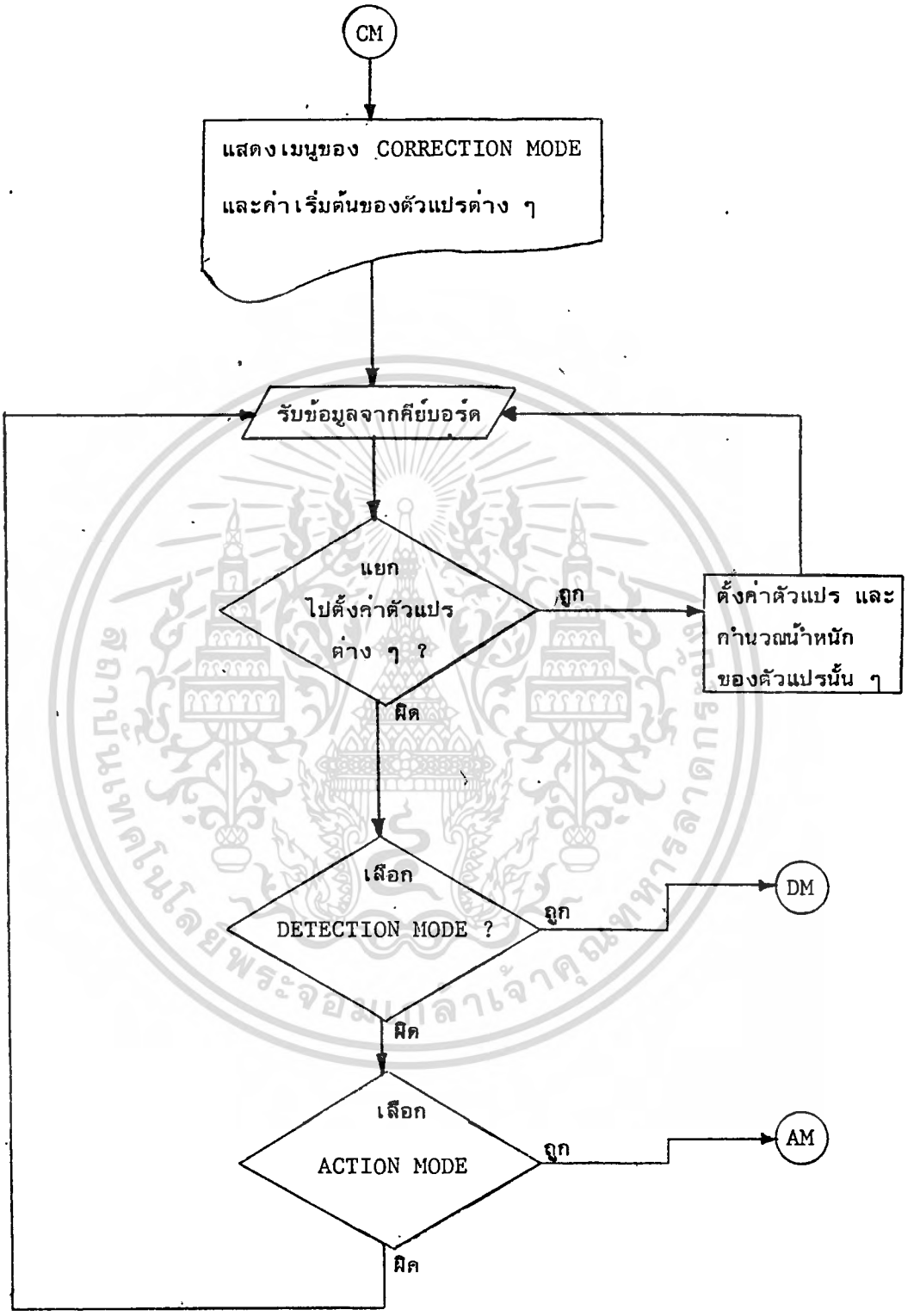
หากการยิงมีการผิดพลาด โหมดนี้จะทำหน้าที่รับศูนย์ระยะแก้ไขและศูนย์ข้างแก้ไขจากคีย์บอร์ด เพื่อมาบวกเข้ากับศูนย์ระยะและศูนย์ข้างที่ได้จากการคำนวณเพื่อแก้ไขให้การยิงครั้งต่อไปใกล้เคียงเป้ายิ่งขึ้น รูปที่ 12.6 เป็นโฟล์ชาร์ทแสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



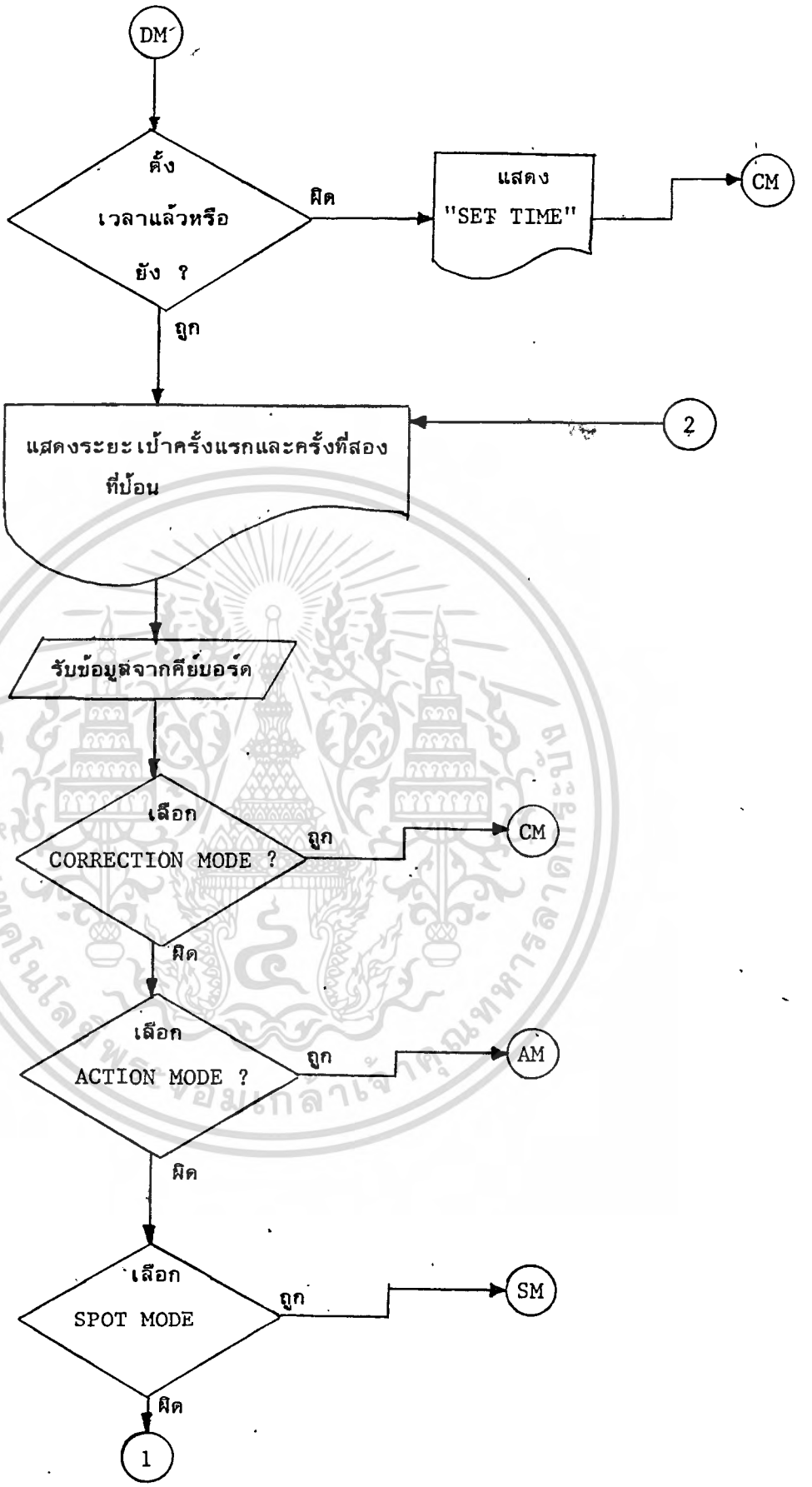
รูปที่ 12.1 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานช่วงเริ่มต้นของโปรแกรมปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



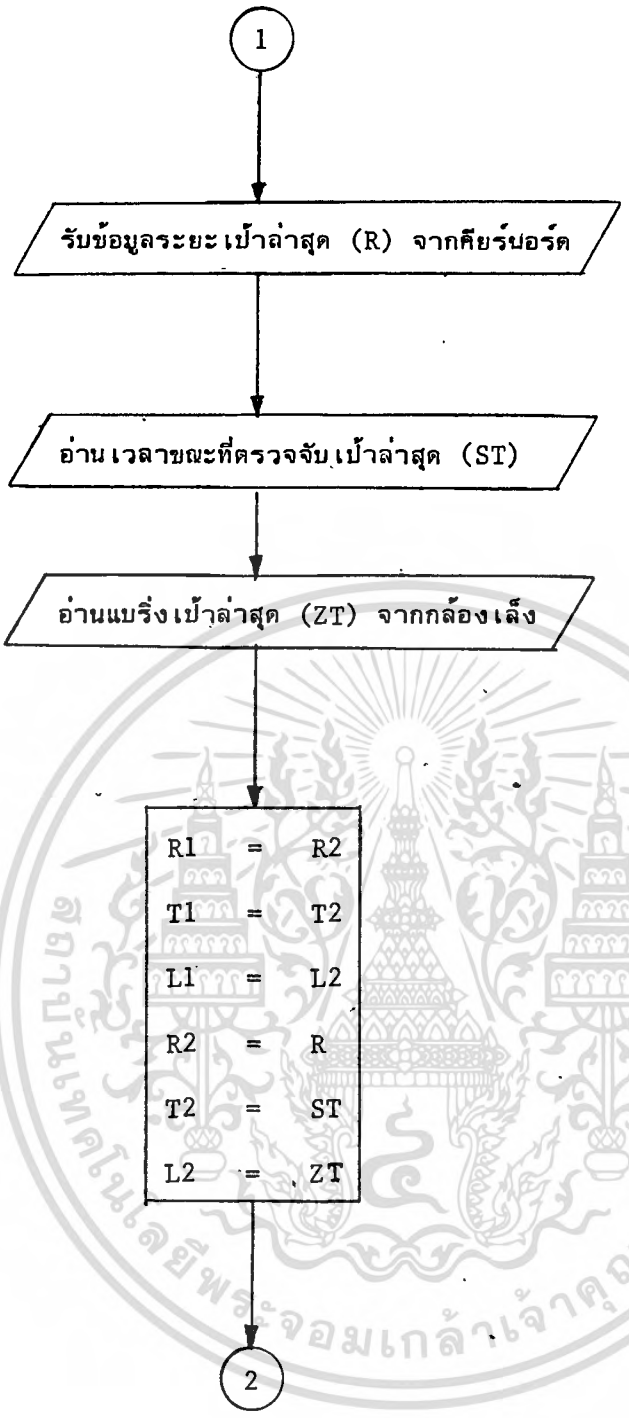
รูปที่ 12.2 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของ CORRECTION MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



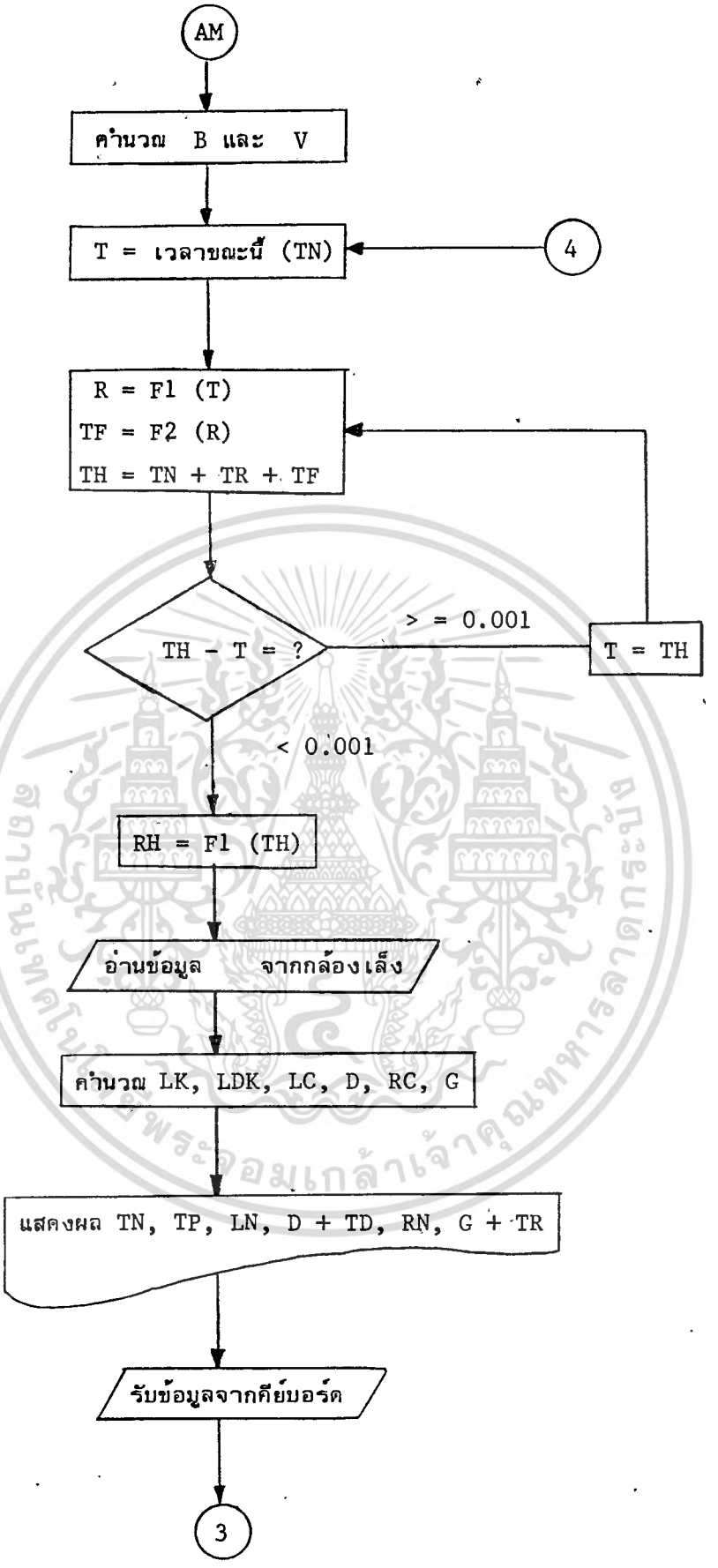
รูปที่ 12.3 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของ DETECTION MODE (ตอนที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

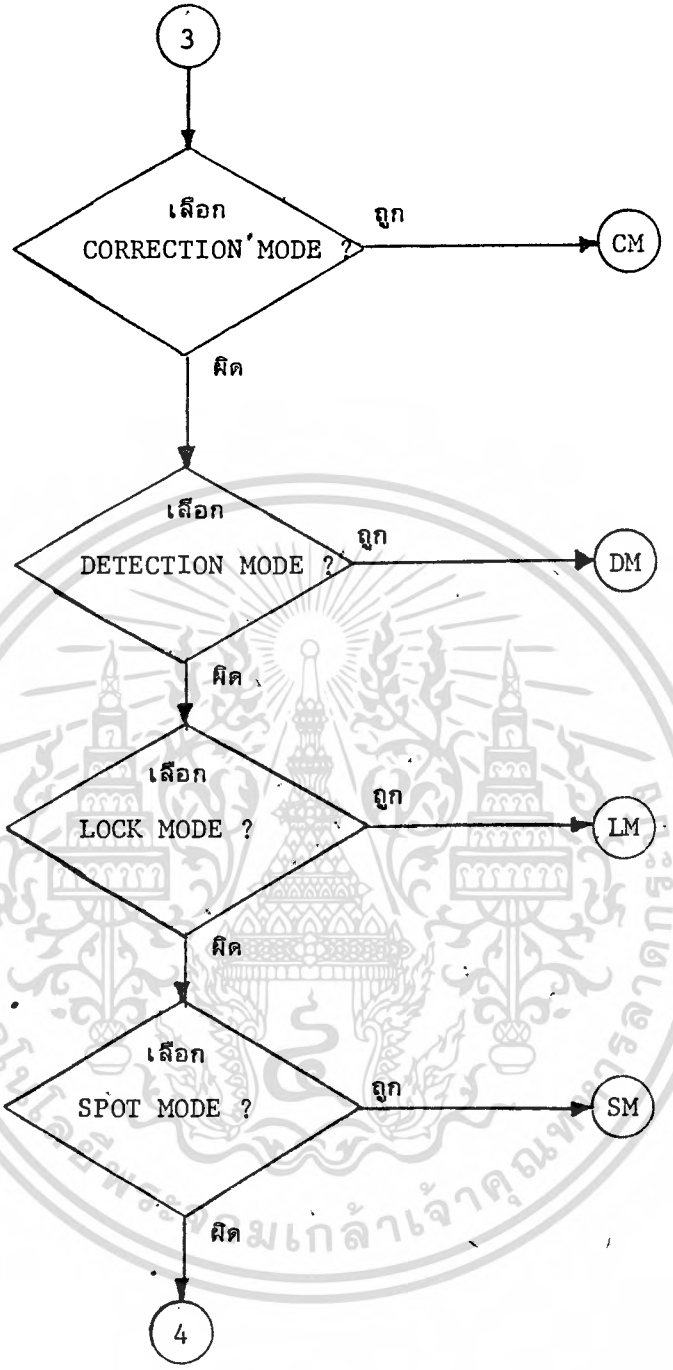


รูปที่ 12.3 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของ DETECTION MODE (ตอนที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

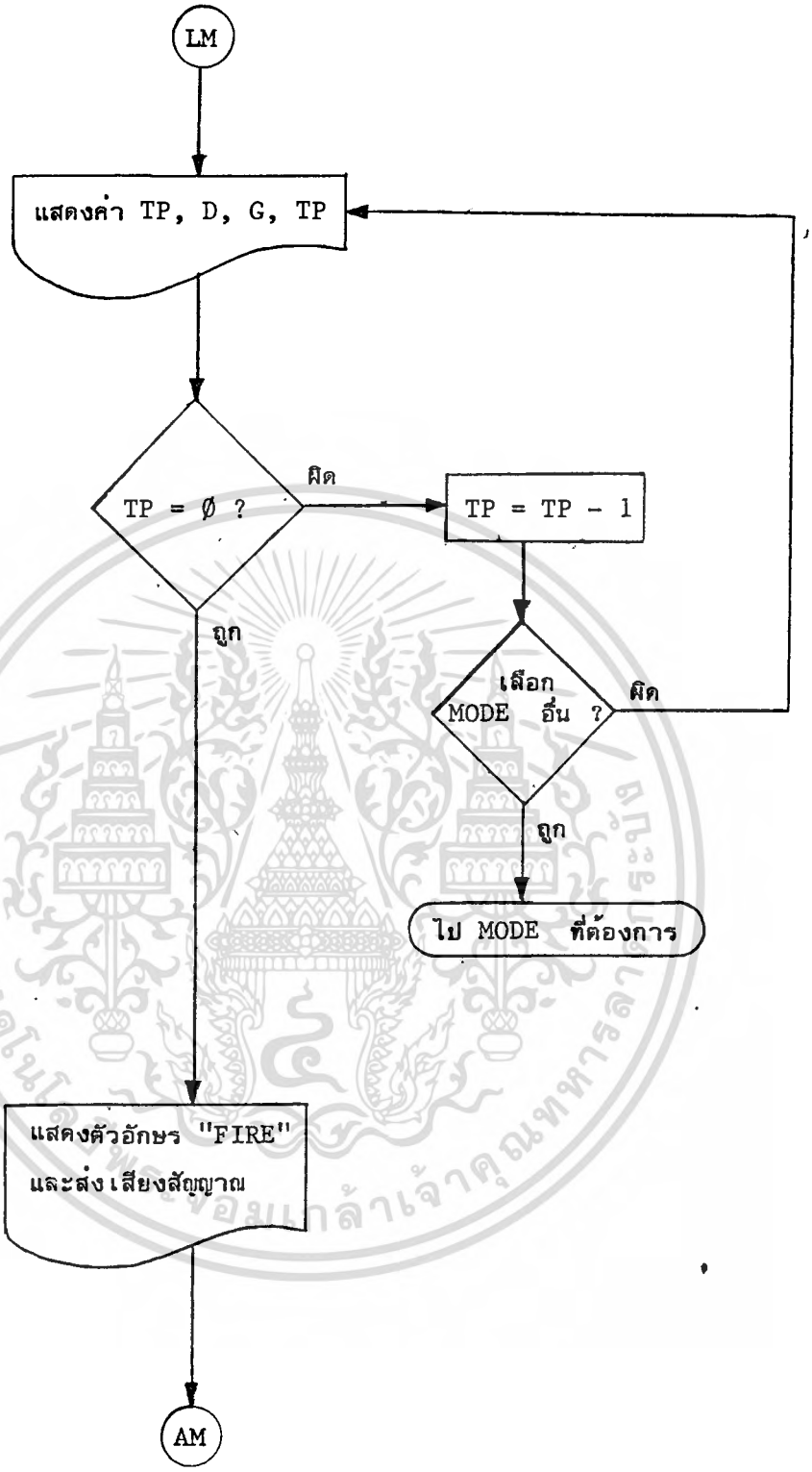


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



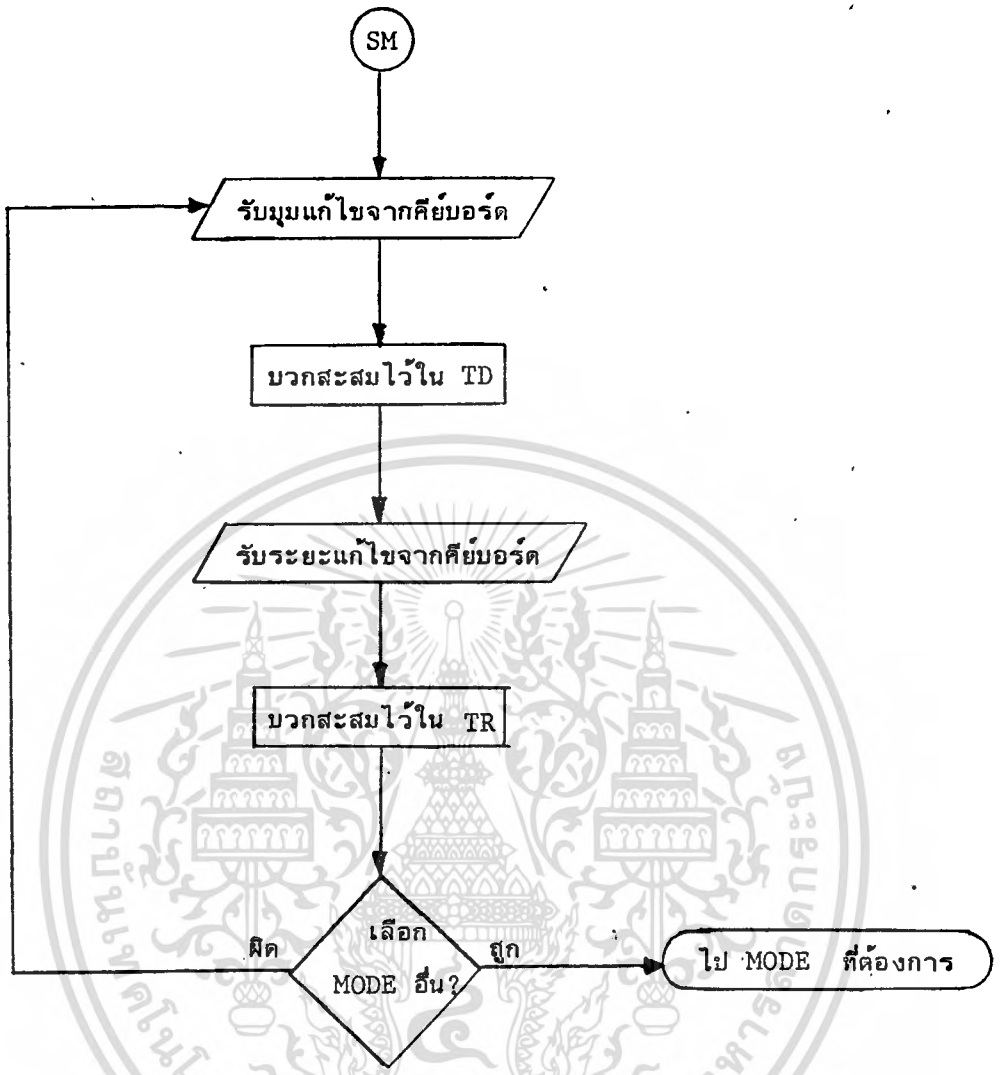
รูปที่ 12.4 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของ ACTION MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12.5 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของ LOCK MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12.6 โฟล์ชาร์ทแสดงการทำงานของ SPOT MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.7 การแปลภาษาเบสิคเป็นภาษาเครื่อง (COMPILATION)

เนื่องจากต้องการให้การทำงานของระบบรวดเร็วยิ่งขึ้นดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการแปล (COMPILE) ให้เป็นภาษาเครื่องดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 12.1 โดยใช้ "MICROSOFT TASC-THE APPLESOFT COMPILER"ดังมีขั้นตอนการใช้ดังนี้

```
]RUN TASC

MICROSOFT TASC
V 2.0, 10/7/81
COPYRIGHT  (C)
1981 MICROSOFT


SOURCE FILE? GUN2.1K

OBJECT CODE FILE:
(DEFAULT GUN2.1K.OBJ)?

MEMORY USAGE:
DEFAULT CONFIGURATION? N

ALTERNATE CONFIGURATION:

ADDRESS FOR LIBRARY:
(DEFAULT 2051)? $1000

ADDRESS FOR PROGRAM:
(NUMBER, 'HGR1', 'HGR2',
OR DEFAULT END OF LIBRARY)?

ADDRESS FOR VARIABLES:
(DEFAULT END OF PROGRAM)?

LIBRARY OCCUPIES 4096 - 8108
PROGRAM BEGINS AT 8109
VARIABLES BEGIN AT END OF PROGRAM

ARE THESE ADDRESSES CORRECT? Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OPTIONS:
DEFAULT CONFIGURATION? N

COMPILATION LISTING:
(DEFAULT YES)? N

PAUSE ON ERRORS:
(DEFAULT YES)?

INTEGER ARITHMETIC:
(DEFAULT YES)? N

INTEGER CONSTANTS:
(DEFAULT YES)? N

RESUME/DEBUG CODE:
(DEFAULT NO)?

*****BEGINNING PASS 1

*****BEGINNING PASS 2

.....

*****CODE GENERATION COMPLETE

COMPILATION INFORMATION AND LINE NUMBER
REFERENCE TABLE? N

*****COMPILATION COMPLETE
```

ตำแหน่งที่ขีดเส้นใต้ หมายถึงข้อมูลซึ่งคีย์ตอบเข้าไปในที่นี้ GUN2.1K คือโปรแกรมปฏิบัติการซึ่งเป็นภาษาแอปเปิลซอฟท์เบสิค เมื่อแปลเสร็จจะได้ GUN2.1K.OBJ ซึ่งเป็นภาษาเครื่อง (CPU 6502) เริ่มต้นที่ตำแหน่ง 1FAD (HEX) สำหรับตำแหน่งที่ 1000 (HEX) เป็นตำแหน่งของ RUNTIME-LIBRARY PROGRAM ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม TASC และจะต้องถูกโหลดไว้ในหน่วยความจำก่อนที่จะรันโปรแกรม GUN 2.1K.OBJ ที่ตำแหน่ง 1F AD (HEX) ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.8 โปรแกรมบูทสแทรป (BOOTSTRAP)

เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้แผ่นดิสค์เกต (DISKETTE) โปรแกรมปฏิบัติการที่เป็นภาษาเครื่องและโปรแกรม RUNTIME-LIBRARY PROGRAM ได้ถูกบรรจุอยู่ในรอมของแผ่นวงจรเก็บโปรแกรม เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง ซีพียูจะเริ่มทำงานที่ตำแหน่ง FAA6 (HEX) ซึ่งเป็นตำแหน่งใน BIOS ของแอปเปิลทู ที่ตำแหน่งนี้ได้ทำการแก้ไข BIOS โดยใส่คำสั่งกระโดดไปยังตำแหน่ง F100 (HEX) ด้วยคำสั่ง JMP $F100 หรือเขียนเป็นภาษาเครื่องว่า 4C ØØ F1

ที่ตำแหน่ง F100 (HEX) แต่เดิมเป็นเนื้อที่ส่วนหนึ่งของ APPLESOFT BASIC INTERPRETER แต่ไม่ได้ใช้งาน จึงได้ใช้ตำแหน่งนี้ในการเก็บโปรแกรมบูทสแทรป (BOOTSTRAP) ซึ่งมีหน้าที่ในการโหลดโปรแกรมทั้งหมดในรอมของแผ่นวงจรเก็บโปรแกรมเข้าไว้ในหน่วยความจำ ดังแสดงในรูปที่ 12.7 สำหรับโปรแกรมบูทสแทรปได้แสดงไว้ในภาคผนวก 5

12.9 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดในการพัฒนาโปรแกรมปฏิบัติการ ตลอดจนลักษณะการทำงานและโฟล์ชาร์ทของโปรแกรมปฏิบัติการในแต่ละส่วน นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงขั้นตอนในการแปลโปรแกรมปฏิบัติการให้เป็นภาษาเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 13

ส่วนประกอบของระบบและการติดตั้ง

13.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการอธิบายโครงสร้าง และส่วนประกอบของระบบ ซึ่งที่สำคัญจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นคอมพิวเตอร์ และส่วนกล้องเล็งเรือเป้า นอกจากนั้นจะเป็นอุปกรณ์เสริมให้ระบบทำงานสมบูรณ์แบบ

13.2 ส่วนประกอบ

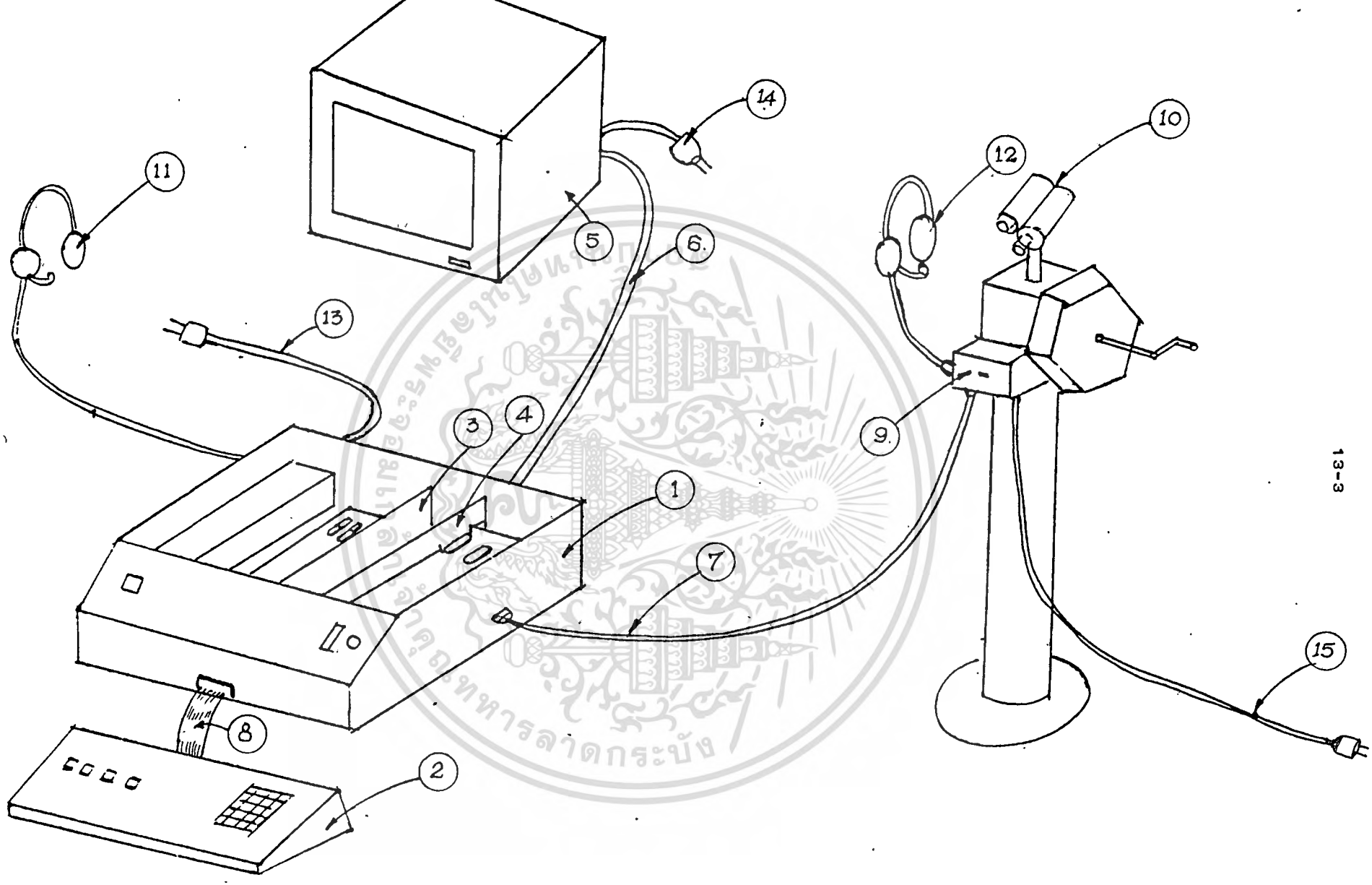
หากจำแนกตามจำนวนชิ้นแล้ว ระบบควบคุมการยิงปืนเรือจะจำแนกออกเป็น 15 ชิ้น ที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 13.1 และรูปที่ 13.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13.1 ชิ้นส่วนประกอบของระบบควบคุมการยิงปืนเรือ

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	ตัวกล่องคอมพิวเตอร์ (Case)
2	คีย์บอร์ด (Key board)
3	แผ่นวงจรเก็บโปรแกรม (ROM Board)
4	แผ่นวงจรนาฬิกาและหน่วยนับพัลซ์ (Clock and Pulse Counter Board)
5	จอภาพ (Monitor)
6	สายต่อจอภาพ
7	สายต่อกล้องเล็งเรือเป้า
8	สายต่อคีย์บอร์ด
9	กล่องวงจรสร้างพัลซ์และแท่นเล็งเป้า (Mechanical/Oplical Sight and Pulse Generator Unit)
10	กล้องเล็งเป้า
11	หูฟังและไมโครโฟน 1
12	หูฟังและไมโครโฟน 2
13	สายไฟกำลัง (AC chord) 220 โวลต์ 50 เฮิตซ์ สำหรับกล่องคอมพิวเตอร์
14	สายไฟกำลัง 220 โวลต์ 50 เฮิตซ์ สำหรับจอภาพ
15	สายไฟกำลัง 220 โวลต์ 50 เฮิตซ์ สำหรับกล่องวงจรสร้างพัลซ์ (ที่แท่นเล็งเป้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13.1 แสดงส่วนประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมการยิงปืนเรือ

13.3 คำอธิบายการติดตั้งระบบ

ตัวกล่องคอมพิวเตอร์ (Case) ทำด้วยเหล็ก ภายในบรรจุแผ่นวงจรไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด ๘ บิท ที่นิยมเรียกกันว่า แผ่นหน่วยประมวลผลกลาง หรือเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษว่า แผ่น-ซีพียู (CPU)

แผ่นซีพียูนี้นอกจากจะมีตัวไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 6502 เป็นหัวใจหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์แล้ว จะมีช่อง (Slot) สำหรับเสียบแผ่นวงจรอื่น อีก ๘ ช่อง โดยจะมีหมายเลขกำกับช่องจากซ้ายไปขวาเรียกว่า SLOT Ø, SLOT 1, SLOT 2, SLOT 3, SLOT 4, SLOT 5, SLOT 6 และ SLOT 7 ตามลำดับ

แผ่นวงจรเก็บโปรแกรมทำด้วย ROM (Read Only Memory) และเก็บตัวซอฟท์แวร์การทำงานทั้งหมดไว้ภายใน ROM ตัวแผ่นวงจรนี้จะต้องเสียบลงไปใน SLOT 4

แผ่นวงจรนาฬิกาและหน่วยนับพัลซ์ ทำหน้าที่ให้เวลาเป็นหน่วยชั่วโมง นาที และวินาที เพื่อประกอบในการคำนวณอัตราเร็วสัมพัทธ์ของเรือเป้า ส่วนหน่วยนับพัลซ์จะทำหน้าที่รับสัญญาณพัลซ์จากกล่องวงจรสร้างพัลซ์ ซึ่งติดอยู่ที่แท่นเล็งเป้า ในการทำงานแผ่นวงจรนาฬิกาและหน่วยนับพัลซ์จะต้องเสียบลงไปใน SLOT 6 และบนแผ่นวงจรนาฬิกาและหน่วยนับพัลซ์นี้จะมีจุดต่อ (Jack) ต่อสาย-สัญญาณเข้ากับ (Jack) ที่ตัวกล่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่กล่องสร้างพัลซ์อีกทอดหนึ่ง

คีย์บอร์ดลักษณะเป็นกล่องโลหะ (เหล็ก) มีปุ่มสำหรับใช้ป้อนคำสั่งให้แก่คอมพิวเตอร์ ปุ่มคำสั่งจะแบ่งเป็นสองชุด ชุดแรกอยู่ทางขวามือสุด ใช้ประโยชน์ในการป้อนตัวเลขตอนเริ่มต้นทำงาน ส่วนชุดที่สองอยู่เรียงลำดับในแนวนอน ซึ่งใช้ประโยชน์ขณะประจัญบาน (Action) คีย์บอร์ดจะมีสายไฟต่อเข้ากับตัวกล่องคอมพิวเตอร์ จุดต่อ (Jack) ทางด้านหน้าของตัวกล่องคอมพิวเตอร์

ด้านขวาของตัวกล่องคอมพิวเตอร์จะมีจุดต่อ (Jack) สำหรับสายที่เชื่อมโยงมาจากกล่องวงจรสร้างพัลซ์บนแท่นเล็งเป้า

ด้านซ้ายของตัวกล่องคอมพิวเตอร์จะมีจุดต่อ (Jack) สำหรับเสียบหูฟัง และไมโครโฟนของพลประจำเครื่องคอมพิวเตอร์

ด้านหลังของตัวกล่องมีจุดต่อสองจุด จุดหนึ่งสำหรับเชื่อมโยงกับจอภาพ ส่วนอีกจุดหนึ่งต่อสายไฟฟ้ากำลัง (AC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องวงจรสร้างพัลซ์ (ติดอยู่ที่แท่นเล็งเป้า) มีจุดต่ออยู่สองจุด ด้านใต้กล่องเป็นจุดต่อเข้ากับแท่นเล็งเป้า (เพื่อรับสัญญาณจาก Opto-transistor เมื่อกล้องหมุนไป) และด้านซ้ายเป็นจุดต่อหูฟัง และไมโครโฟนสำหรับพลประจำแท่นเล็งเป้า

ตัวกล่องคอมพิวเตอร์ จอภาพ และกล่องวงจรสร้างพัลซ์ (ที่แท่นเล็งเป้า) ต่างมีสายไฟกำลัง 220 โวลต์ และ 50 เฮิตซ์

13.4 สรุป

ในบทนี้เราได้ทำความเข้าใจโครงสร้างส่วนประกอบของระบบ และทำความเข้าใจการประกอบ (ติดตั้ง) ชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยทั้งหมดมี 15 ชิ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 14

การเริ่มต้นใช้งานและการตรวจสอบระบบ

14.1 บทนำ

ในบทที่ 13 เราได้ทำความเข้าใจส่วนประกอบ ตลอดจนการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของระบบเข้าด้วยกัน ในบทนี้เราจะทำความเข้าใจวิธีเริ่มต้นทำงาน และการตรวจสอบระบบว่าทำงานตามปกติหรือไม่

14.2 ลำดับการเริ่มต้นใช้งาน

การใช้งานจะทำตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1

เมื่อได้ต่อสายไฟกำลังเข้ากับแหล่งจ่ายกำลัง 220 โวลต์ 50 เฮิตซ์เรียบร้อยแล้ว มีสวิทช์ 4 ตำแหน่งที่เราต้องทำการเปิดให้เครื่องทำงาน คือ

1) สวิทช์สีเหลืองด้านหน้าของจอภาพ
2) สวิทช์กุญแจด้านหน้าของตัวกล่องคอมพิวเตอร์
3) สวิทช์ใยกด้านหน้าตัวกล่องคอมพิวเตอร์
4) สวิทช์ใยกให้กล่องวงจรหน่วยสร้างพัลซ์ (ที่แท่นเล็งเป้า)

ขั้นที่ 2

เมื่อเปิดสวิทช์ทั้งสี่ในขั้นตอนที่ 1 ครบแล้ว สักครู่หนึ่งจอภาพจะแสดงเมนู (Menu) (ซึ่งก็คือ รายการคำสั่งที่พลประจำเครื่องจะเลือกปฏิบัติ) จากนี้ให้เล็งกล่องไปยังหัวเรือปืน แล้วกดสวิทช์ ANGEL RESET ซึ่งอยู่ใต้กล่องวงจรสร้างพัลซ์ ทั้งนี้เป็นการตั้งศูนย์ให้กับมุมของกล้อง

ขั้นที่ 3

กดปุ่มคีย์บอร์ดเลือก CORRECTION MODE จอภาพจะเปลี่ยนไปแสดงเมนูให้เราป้อนค่าแก้ประจำวันต่าง ๆ เข้าเครื่องตามลำดับ คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ฯลฯ และที่สำคัญคือต้องป้อนค่าเวลาท้องถิ่นในขณะนั้นด้วย สำหรับค่าเวลาท้องถิ่นนี้ไม่จำเป็นต้องแม่นยำ ทั้งนี้เพราะเพียงเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการให้วงจรนาฬิกาเริ่มต้นทำงาน นอกจากนี้ในระหว่างการทำงาน ตัวโปรแกรมซอฟท์แวร์จะใช้ผลต่างของเวลา (Relative time) ฉะนั้นค่าเวลาสัมบูรณ์ (Absolute time) จึงไม่มีผลต่อความแม่นยำใด ๆ

ขั้นที่ 4

กดปุ่มคีย์บอร์ดเลือก DETECTION MODE ป้อนค่าใด ๆ ของระยะทางเรือเป้าเข้าไป 2 ครั้ง

กดปุ่มคีย์บอร์ดเลือก ACTION MODE จากนี้ให้หมุนกล้องเล็งไปทางกราบขวา และให้สังเกตุว่าค่า TN บนจอภาพจะต้องมีค่าเป็นบวก และเพิ่มขึ้นตามมุมกล้องเล็งที่หมุนไป ต่อไปให้หมุนกล้องเล็งกลับไปที่หัวเรือ ขณะที่หมุนเราจะต้องเห็นค่า TN ซึ่งเป็นค่าบวกค่อย ๆ ลดลงตามลำดับของมุมกล้องที่เราหมุนไป จนในที่สุด TN จะเป็นศูนย์เมื่อกล้องเล็งไปที่หัวเรืออีกครั้งหนึ่ง

จากนี้ทดลองหมุนกล้องไปทางกราบซ้ายของเรือ ค่า TN บนจอภาพจะเป็นค่าลบ และเพิ่มขึ้นตามลำดับของมุมกล้องเล็งที่หมุนไป และหากเราหมุนกลับไปที่หัวเรืออีก ค่า TN จะต้องกลับไปเป็นศูนย์

โดยสรุปแล้ว ค่า TN จะแสดงมุมสัมพัทธ์ของเรือเป้า โดยที่หากหมุนไปทางกราบขวาค่าเป็นบวก และหากหมุนไปทางซ้ายค่าเป็นลบนั่นเอง

ขั้นที่ 5

กดปุ่มคีย์บอร์ดเลือก DETECTION MODE เป็นอันว่าขณะนี้ระบบพร้อมที่จะใช้งาน

14.3 การใช้งาน

ตอนที่ 14.2 เป็นการทำความเข้าใจการตั้งต้น (Set up) และตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ หลังจากนั้นเป็นการใช้งานตามปกติในการปฏิบัติงาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เมื่อเปิดเครื่องและตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จอภาพจะแสดงรายการคำสั่ง (หรือที่เรียกว่าเมนู) ของโหมด (Mode) ทั้งสี่ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: CORRECTION MODE

: DETECTION MODE

: ACTION MODE

: LOCK MODE

: SPOT MODE

เมื่อกดปุ่มประจำ MODE เครื่องจะเข้าสู่ MODE นั้นทันที และสามารถเปลี่ยน MODE ได้ทุกเวลาที่ต้องการ โดยการกดปุ่มประจำ MODE นั้น ๆ

(i) Correction Mode

เมื่อกดปุ่ม CORRECTION หรือ CM ก็จะเข้าสู่ Correction mode โดยจอภาพจะเปลี่ยนไปแสดง ดังนี้

CORRECTION MODE

1. PROJECTILE VELOCITY = 26ØØ FT/SEC
2. PROJECTILE WEIGHT = 13.Ø5 LBS
3. AIR DENSITY = 1.2Ø34 KG/CU.M
4. AIR TEMPERATURE = 59 DEGREE F
5. WIND SPEED = Ø KNOT
6. WIND ANGLE = Ø DEGREE
7. PREPARATION TIME (TP) = Ø SEC
8. TIME = HH/MM

หากต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใด ก็ทำได้โดยการกดตัวเลขประจำข้อมูลนั้น แล้วป้อนข้อมูลใหม่ หากข้อมูลใหม่กดผิดก็สามารถลบได้โดยการกดปุ่ม ER แล้วป้อนข้อมูลจนกว่าจะถูก แล้วจึงกดปุ่ม RET เพื่อให้เครื่องอ่านข้อมูลเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ii) Detection Mode

เมื่อกดปุ่ม DETECTION หรือ DM ก็จะเข้าสู่ Detection Mode โดยจอภาพจะเปลี่ยนไปแสดง ดังนี้

DETECTION MODE

1. FIRST TARGET DISTANCE = ? YDS *

2. SECOND TARGET DISTANCE = ? YDS *

*** LATEST TARGET DISTANCE = ? YDS ***

ตัวเลขที่ป้อนเข้าไปจะเป็นระยะห่างระหว่างเรือปืน และเรือเป้าในขณะนั้น ซึ่งถ้ากด RET ระยะห่างนี้จะเข้าไปอยู่บรรทัดที่ 2 (SECOND TARGET DISTANCE) และข้อมูลเดิมในบรรทัดที่ 2 จะเลื่อนไปบรรทัดที่ 1 โดยอัตโนมัติ เราสามารถป้อนระยะห่างระหว่างเรือปืนและเรือเป้าบ่อยครั้งก็ได้ ซึ่งจะเพิ่มความแม่นยำในการยิงยิ่งขึ้น

(iii) Action Mode

เมื่อกดปุ่ม ACTION หรือ AM ก็จะเข้าสู่ Action Mode โดยจอภาพจะเปลี่ยนไปแสดง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACTION MODE

R1	= ----------	L1	= ----------
R2	= ----------	L2	= ----------
B	= ----------	V	= ----------

TN = HH/MM/SS

LN = ----------

RN = ----------

LD = ------ MILLIAM

G = YDS

โดยที่

R1 คือ ระยะระหว่าง เรือปืนกับ เรือ เป้า เมื่อทำการตรวจจับครั้งก่อน

L1 คือ มุมที่ เรือปืนทำกับหัว เรือ เป้า เมื่อทำการตรวจจับครั้งก่อน

R2 คือ ระยะระหว่าง เรือปืนกับ เรือ เป้า เมื่อทำตรวจจับครั้งล่าสุด

L2 คือ มุมที่ เรือปืนทำกับหัว เรือ เป้า เมื่อทำการตรวจจับครั้งล่าสุด

B คือ มุมระหว่างแนว เรือปืนและ เรือ เป้า

V คือ ความเร็วของ เรือ เป้า

RN ระยะระหว่าง เรือปืนและ เรือ เป้าในขณะนั้น

* LD มุม เบี่ยงของปืน

* G ระยะระหว่าง เรือปืนและ เรือ เป้าที่ เครื่องคาดการล่วงหน้า

} เป็นค่าที่จะสั่งไปยังพลปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(iv) Lock Mode

เมื่อกดปุ่ม LOCK หรือ LM เครื่องจะเข้าสู่ Lock Mode โดยจอภาพจะเปลี่ยนไปแสดงดังนี้

LOCK MODE

TP = ---------- SEC LD = ---------- MILLIAM

TF = ---------- SEC G = ---------- YDS

TP จะแสดงค่าเวลาที่ตั้งเอาไว้ตั้งแต่ใน CORRECTION MODE และนับถอยหลังลงจนเป็น Ø (TP เป็นเวลาที่เผื่อสำหรับการเตรียมตัวยิงปืน) เมื่อเป็น Ø แล้วจะมีเสียงดัง และจะแสดงตัวอักษร FIRE จึงเริ่มทำการยิง จากนั้น TF จะเริ่มนับถอยหลัง (TF เป็นเวลาที่ลูกปืนใช้ในการเดินทาง) จนเป็น Ø เครื่องจะแสดงตัวอักษร HIT เป็นการบอกว่าลูกปืนควรจะกระทบเป้าแล้ว

(v) Spot Mode

โหมดนี้ใช้ป้อนข้อมูล เพื่อทำการแก้ไขแนวยิงในกรณีที่ทดลองยิงแล้วไม่ถูกเป้า เราเข้าสู่โหมดนี้โดยการกดปุ่ม SPOT หรือ SM จอภาพจะเปลี่ยนไปแสดง ดังนี้

SPOT MODE

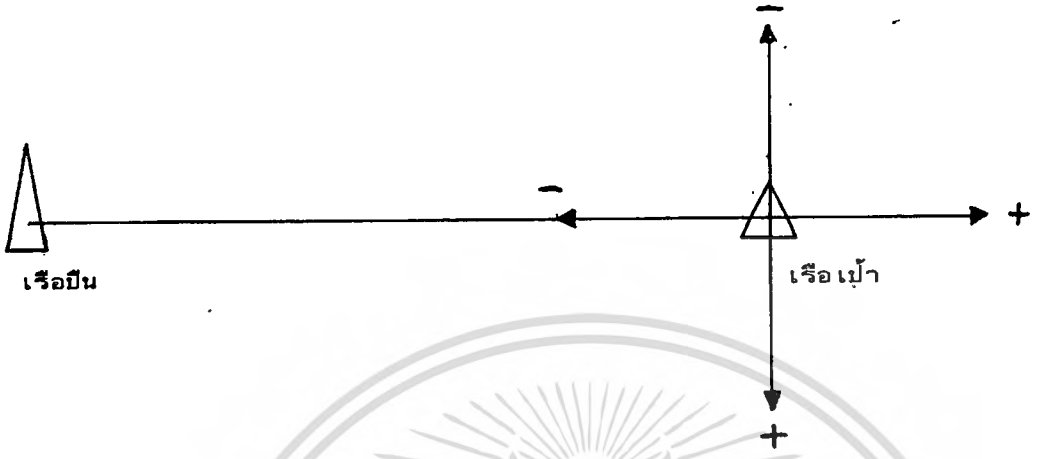
1. DEFLECTION CORRECTION = Ø MILLIAM

2. RANGE CORRECTION = Ø YDS

ค่า DEFLECTION CORRECTION คือ ค่ามุมเบนที่ลูกปืนพลาดจากเรือเป้า ทางขวาจะเป็นบวก ทางซ้ายจะเป็นลบ (หน่วยเป็น MILLIAM) ดังรูปที่ 14.1

ค่า RANGE CORRECTION คือ ระยะห่างที่ลูกปืนพลาดจากเป้าในแนวยิง ถ้าลูกปืนยิงไม่ถึงเป้า ต้องป้อนค่าลบและถ้ายิงเลยเป้าต้องป้อนค่าบวก (หน่วยเป็นหลา) ดังรูปที่ 14.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14.1 แสดงเครื่องหมายใน Spot Mode

14.4 บทสรุป

ในบทนี้เราได้ทำความเข้าใจการเริ่มต้นใช้งาน ดังได้อธิบายเป็นขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน การเริ่มต้นใช้งานใช้ปฏิบัติในสองโอกาส์ คือ

1. ทุกครั้งก่อนปฏิบัติงานยิงปืนเรือ
2. การตรวจสอบระบบ

จากนั้นเราได้ศึกษาโหมดต่าง ๆ ทั้ง 5 โหมดในการปฏิบัติงาน เพื่อยิงเรือเป้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 15

การทดสอบผลเทียบกับทางทฤษฎี

15.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบโดยการสมมติโจทย์และจำลองสถานะการป้อนข้อมูลเข้าเครื่องต้นแบบและเมื่อได้ผลลัพธ์ก็จะเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการธรรมดา

15.2 การทดสอบทางทฤษฎี

เพื่อเป็นการยืนยันว่าทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์เป็นไปตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยและนายทหารที่ประสานงานได้ขอโจทย์ตัวอย่างจาก ยก.ทร. และ กฝร. ซึ่งเป็นโจทย์ที่เกิดในทางปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการแก้โจทย์หาคำตอบไว้ก่อน จากนั้นได้ป้อนข้อมูลให้แก่เครื่อง "ประดู่-เจ้าคุณทหาร 1" (ซึ่งเป็นชื่อคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น) พบว่าให้ศูนย์ข้างและศูนย์ระยะตรงกับคำตอบที่หาไว้ก่อนทุกประการ

โจทย์ทั้งสองข้อมีรายละเอียด ดังนี้

15.2.1 โจทย์

โจทย์ทั้งสองข้อมี ดังนี้

ข้อ 1 เรือแล่นเข็มจริง 180° ความเร็ว 10 knot เป้าอยู่ในแบริ่งจริง 270° ระยะ 5000 หลา ทิศลมจริงตะวันตกเฉียงใต้ ความเร็วลม 5 knot อุณหภูมิ 90°F ความกด 30.5" จำนวนลูกปืนที่เคยยิงมาแล้ว 2000 นัด ให้หาค่าตั้งปืนในการยิงนัดแรก

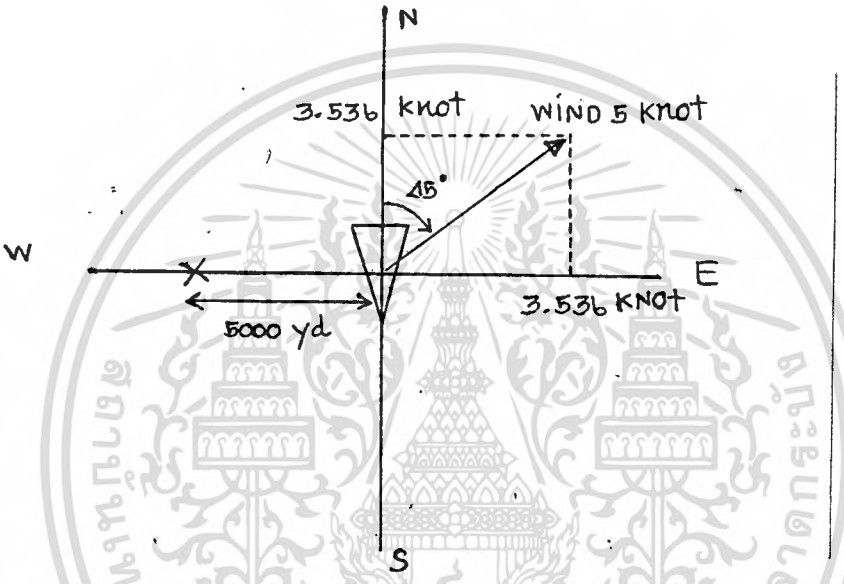
ข้อ 2 เรือยิงแล่นเข็มจริง 045° ความเร็ว 18 knot เป้าอยู่ทางกราบขวาในแบริ่งจริง 135° ระยะ 6000 หลา กำลังแล่นเข็มจริง 315° ความเร็ว 12 knot ลมพัดจากตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็ว 5 knot อุณหภูมิ 90°F ความกด 30" จำนวนลูกปืนที่เคยใช้ยิงมาแล้ว 1800 นัด ให้หาค่าตั้งปืนในการสั่งยิงนัดแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.2.2 <u>การคำนวณด้วยมือจากตารางและกราฟ (Range Tableในภาคผนวก 1)</u>

การคำนวณด้วยมือจากตารางและกราฟ (Range Table) ก็เพื่อหาคำตอบไว้ก่อน จะได้ยืนยันว่าตรงกับที่คำนวณด้วย "ประดู่-เจ้าคุณทหาร1" หรือไม่

1. <u>การคำนวณข้อที่ 1</u>



รูปที่ 15.1 โจทย์ข้อที่ 1

ก. <u>ศูนย์ระยะ</u>

<u>RC1</u> (แก้ความเร็วต้นเนื่องจากจำนวนนัดที่ยิงมาแล้ว)

จากกราฟความเร็วต้นเกิน 2600 ft/s อยู่ 20 ft/s

$$RC1 = 28 \times \frac{2\emptyset}{1\emptyset} = 56 \text{ หลา}$$

<u>RC2</u> (แก้เนื่องจากน้ำหนักกระสุน)

โจทย์ไม่กำหนด

$$RC2 = \emptyset$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RC3 (แก้เนื่องจากความหนาแน่นอากาศ)

ความกด 30.5" อุณหภูมิ 90°F

โดยใช้กราฟ

RC3 = 80 หลา

RC4 (แก้เนื่องจากอุณหภูมิ)

$$RC4 = 13 \times \frac{(90-59)}{10} = -40.3 \text{ หลา}$$

RC5 (แก้เนื่องจากความเร็วลมในแนวยิง)

$$RC5 = 21 \times \frac{3.536}{10} = -7.4 \text{ หลา}$$

RC5' (แก้เนื่องจากความเร็วเรือปืนในแนวยิง)

RC5' = Ø

RC5" (แก้ความเร็วเรือเป้าในแนวยิง)

RC5" = Ø

แก้ศูนย์ระยะรวม = 56+80-40.3-7.4 = 88.3

ศูนย์ระยะที่ต้องสั่ง G = 5000-88.3 = 4911.7 หลา

≅ 4912 หลา

ข. ศูนย์ข้าง

$$\text{แก้เนื่องจากลม} = 17 \times \frac{3.536}{10} = -6 \text{ หลา}$$

$$\text{แก้เนื่องจากความเร็วเรือปืน} = 32 \times \frac{10}{10} = +32 \text{ หลา}$$

แก้เนื่องจากความเร็วเรือเป้า = Ø = Ø หลา

แก้เนื่องจากการเบี่ยงของกระสุน (Drift) = -10 หลา

แก้ศูนย์ข้างรวม = -6+32+Ø-1Ø = +15.9 หลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ศูนย์ข้างรวม = $TAN^{-1}(\frac{15.99}{5000}) \times 17.77$ = 3.2 มิลเลียม

ต้องตั้งศูนย์ข้าง 500+3.2 ≅ 503 มิลเลียม

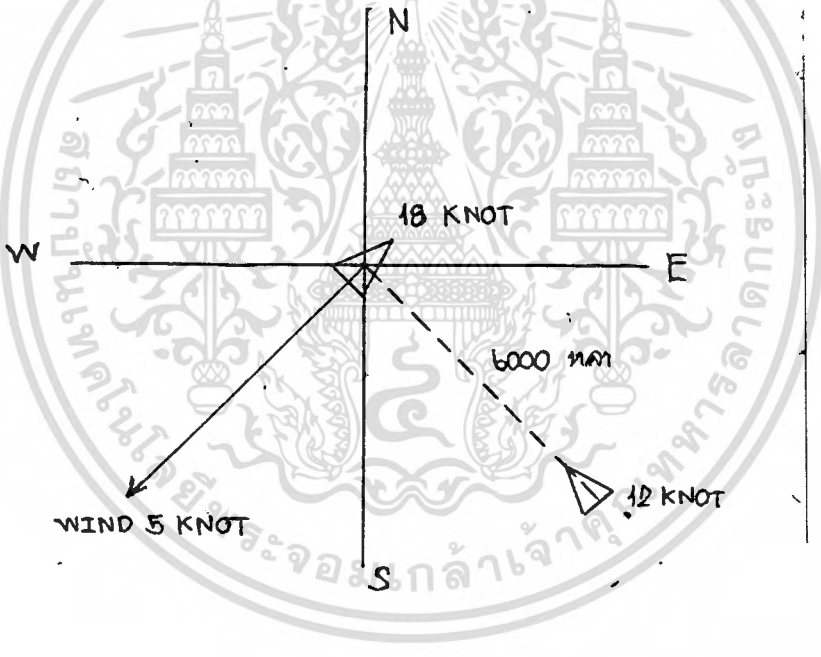
ค. <u>สรุป</u>

จากการคำนวณ โดยใช้ตารางได้ค่าสั่งยิงนัดแรก ดังนี้

ศูนย์ระยะ 4912 หลา

ศูนย์ข้าง 503 มิลเลียม

2. <u>การคำนวณข้อที่ 2</u>



รูปที่ 15.2 โจทย์ข้อที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ศูนย์ระยะ

RC1 (แก้ความเร็วต้นเนื่องจากจำนวนนัดที่ยิงมาแล้ว)

จากกราฟความเร็วต้นเกิน 2600 ft/s อยู่ 28 ft/s

$$RC1 = 30 \times \frac{28}{10} = 84$$

RC2 (แก้เนื่องจากน้ำหนักกระสุน)

ไจทย์ไม่กำหนด

$$RC2 = \emptyset$$

RC3 (แก้เนื่องจากความหนาแน่นอากาศ)

ความกด 30" อุณหภูมิ 90°

โดยใช้กราฟ

$$RC3 = 150 \text{ หลา}$$

RC4 (แก้เนื่องจากอุณหภูมิ)

$$RC4 = 15 \times \frac{(90-59)}{10} = -46.5 \text{ หลา}$$

RC5 (แก้เนื่องจากความเร็วลมในแนวยิง)

$$RC5 = \emptyset$$

RC5' (แก้เนื่องจากความเร็วเรือปืนในแนวยิง)

$$RC5' = \emptyset$$

RC5" (แก้เนื่องจากความเร็วเรือเป้าในแนวยิง)

$$RC5'' = 65 \times \frac{12}{10} = 78$$

แก้ศูนย์ระยะรวม = 84+150-46.5+78 = 265.5 หลา

ศูนย์ระยะที่ต้องสั่ง G = 6000-265.5 = 5734.5 หลา

$\cong$ 5735 หลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ศูนย์ข้าง

แก้เนื่องจากความเร็วลม = $26 \times \frac{5}{10}$ = -13 หลา

แก้เนื่องจากความเร็วเรือปืน = $39 \times \frac{18}{10}$ = 70.2 หลา

แก้เนื่องจากความเร็วเรือเป้า = ø = ø

แก้เนื่องจากการเบี่ยงของกระสุน (Drift) = -17 หลา

แก้ศูนย์ข้างรวม = -13+70.2+0-17 = 40.2 หลา

แก้ศูนย์ข้างรวม = $TAN^{-1}(\frac{40.2}{6000}) \times 17.77$ = 6.8 มิลเลียม

ต้องตั้งศูนย์ข้าง 500+6.8 ≅ 507 มิลเลียม

ค. สรุป

จากการคำนวณ โดยใช้ตารางได้ค่าสั่งยิงนัดแรก ดังนี้

ศูนย์ระยะ 5735 หลา

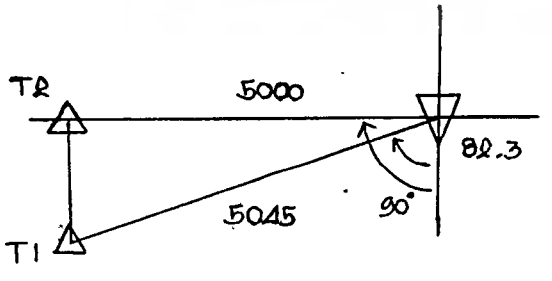
ศูนย์ข้าง 507 มิลเลียม

15.2.3 การคำนวณจากโจทย์เพื่อป้อนให้ "ประตู-เจ้าคุณทหาร 1"

1. การคำนวณโจทย์ข้อที่ 1

เนื่องจากโจทย์กำหนดความเร็วทั้งหมดเป็นค่าสัมบูรณ์ จึงต้องแปลงเป็นค่าสัมพัทธ์เสียก่อน ดังนี้

ก. ตำแหน่งเรือเป้าที่สัมพัทธ์กับเรือยิง



รูปที่ 15.3 ตำแหน่งสัมพัทธ์ของโจทย์ข้อที่ 1

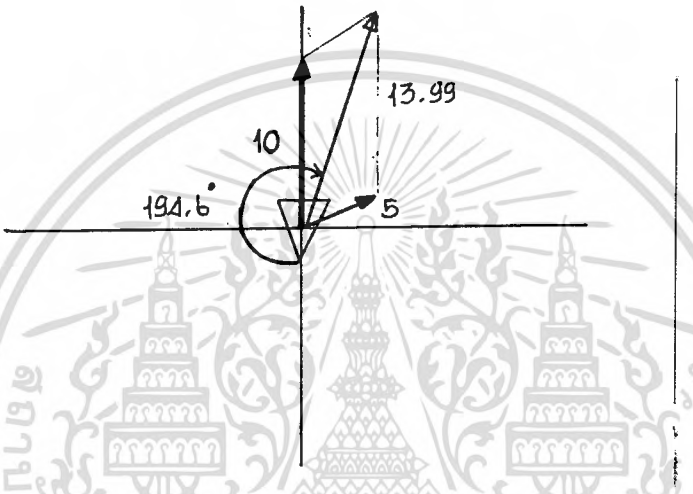
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเรือเป้าครั้งที่ 1 5045 หลา มุม 82.3°

ตำแหน่งเรือเป้าครั้งที่ 2 5000 หลา มุม 90°

ตำแหน่งทั้งสองห่างกันเป็นระยะเวลา 2 นาที

ง. <u>ความเร็วลมสัมพัทธ์</u>



รูปที่ 15.4 ความเร็วลมสัมพัทธ์ไจทย์ข้อที่ 1

ความเร็วลมสัมพัทธ์ 13.99 knot

ทิศทางลมสัมพัทธ์กับหัวเรือ 194.6°

สรุปข้อที่ 1 ต้องป้อนข้อมูล ดังนี้

<u>Correction Mode</u>

1)	Bore enlargement	3.104"
2)	Air pressure	30.5"
3)	Air temperature	90° F
4)	Wind velocity	13.99 knot
5)	Wind direction	194.6°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detection Mode

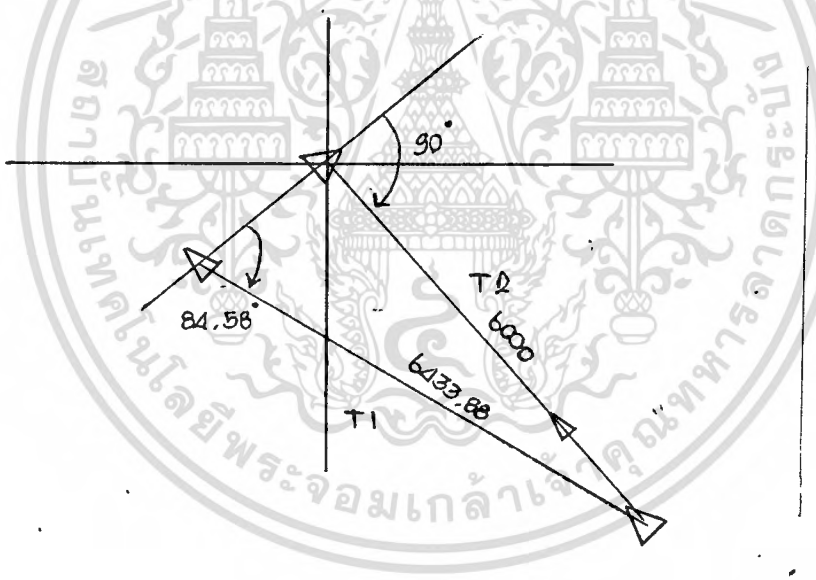
1) First Distance 5045 Yd.

2) Second Distance 5000 Yd.

2. การคำนวณโจทย์ข้อที่ 2

เนื่องจากโจทย์กำหนดความเร็วทั้งหมด เป็นค่าสัมบูรณ์ จึงต้องแปลง เป็นค่าสัมพัทธ์เสียก่อน

ก. ตำแหน่งเรือเป้าที่สัมพัทธ์กับ เรือยิง



รูปที่ 15.5 ตำแหน่งสัมพัทธ์โจทย์ข้อที่ 2

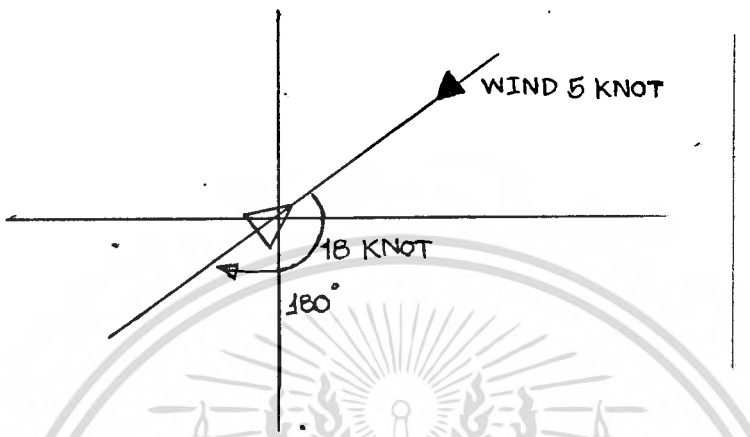
ตำแหน่งเรือเป้าครั้งที่ 1 6433.88 หลา มุม 84.58°

ตำแหน่งเรือเป้าครั้งที่ 2 6000 หลา มุม 90°

ตำแหน่งทั้งสองห่างกัน เป็นระยะเวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. <u>ความเร็วลมสัมพัทธ์</u>



รูปที่ 15.6 ความเร็วลมสัมพัทธ์โจทย์ข้อที่ 2

ความเร็วลมสัมพัทธ์ 18+5 = 23 knot

ทิศทางลมสัมพัทธ์กับหัวเรือ 180°

สรุปข้อที่ 2 ต้องป้อนข้อมูล ดังนี้

<u>Correction Mode</u>

1)	Bore Enlargement	3.10"
2)	Air pressure	30"
3)	Air temperature	90° F
4)	Wind velocity	23 knot
5)	Wind direction	180°

<u>Detection Mode</u>

1)	First Distance	6433.88 Yd.
2)	Second Distance	6000 Yd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โจทย์	คำนวณด้วยมือ		คำนวณด้วยคอมพิวเตอร์		ผลต่าง	
	ศูนย์ระยะ(หลา)	ศูนย์ข้าง(มิลเลียม)	ศูนย์ระยะ(หลา)	ศูนย์ข้าง(มิลเลียม)	ศูนย์ระยะ(%)	ศูนย์ข้าง (%)
ข้อ 1	4912	503	4917	503	-0.10	0
ข้อ 2	5735	507	5715	507	0.34	0

ตารางที่ 15.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

15.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและจากเครื่อง

ตารางที่ 15.1 เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการคำนวณด้วยมือและจากเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าศูนย์ข้างได้ผลลัพธ์ค่าเดียวกันส่วนศูนย์ระยะได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันมากแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการคำนวณด้วยมือมีการใช้ค่าประมาณมากกว่าวิธีการคำนวณที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

15.4 บทสรุป

ในบทนี้ได้ทำการสมมติโจทย์ตัวอย่างขึ้นมา 2 ข้อ และได้ทำการคำนวณดัดแปลงข้อมูลจากโจทย์ให้สามารถป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ปรากฏว่าผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกันมากต่างกันมากที่สุดเพียง 0.34% แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณต่างกันมากกล่าวคือ โจทย์แต่ละข้อหากเป็นการคำนวณด้วยมือจะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่ายี่สิบนาที แต่หากเป็นการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาทีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 16

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงการวิจัยและพัฒนาทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของระบบควบคุมการยิงปืนใหญ่เป้าผิวน้ำขนาด 76/50 ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้และได้มีการสร้างขึ้นเพื่อทดลองใช้งานในกองทัพเรือจำนวนหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม การวิจัยและพัฒนายังสามารถกระทำต่อเนื่องจากนี้ไปได้อีก โดยมีจุดที่ควรจะวิจัยเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1) พัฒนาให้ฮาร์ดแวร์มีขนาดเล็กลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือจอภาพอาจดัดแปลงโดยใช้จอ LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY) หรือแสดงผลด้วย 7 SEGMENT LED

2) พัฒนาให้ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่

3) พัฒนาให้มีภาษาไทย

4) พัฒนาการตรวจจับข้อมูลของเรือเป้าโดยอ่านข้อมูลทั้งหมดจากเรดาห์โดยตรง

5) พัฒนาการควบคุมปืนใหญ่ ให้เป็นการควบคุมโดยตรงจากเครื่องคอมพิวเตอร์

6) พัฒนาวิธีการทางคณิตศาสตร์ให้ครอบคลุมถึงการยิงเป้าต่างระดับ เช่น กรยิงขึ้นเขาหรือการยิงจากบนเขา

7) เพิ่มเติมตารางข้อมูลของลูกปืนขนาดอื่น เพื่อให้สามารถใช้ลูกปืนได้หลายแบบ

8) ควรจะมีการพัฒนาระบบ STABILIZER เพื่อรักษาแนวระนาบของกล้องเล็งและของปืนในกรณีที่เรือมีการโคลงเคลงเนื่องจากคลื่นลม

ในปัจจุบันยังมีเรือรบซึ่งใช้ปืนใหญ่ขนาด 76/50 ประจำการในกองทัพเรืออีกมากซึ่งปราศจากเครื่องช่วยในการเล็ง ผลงานการวิจัยนี้คงมีส่วนช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเรือรบไทยดังกล่าวบ้างไม่มากก็น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความและหนังสืออ้างอิง

1. SECURITY PROVISIONS OF U.S. NAVY REGULATIONS, 1920, , ARTICLE 76, "RANGE TABLE (SURFACE TARGETS FOR 3-INCH 50-CALIBRE GUN", MARCH 19, 1947.
2. ROBERT W. JENKS, "EXPLORING BALLISTICS WITH YOUR COMPUTER", BYTE, PP. 270, SEPTEMBER 1980.
3. P. THAJCHAYAPONG, M. CHINAKARN, P. MANUSMONGKOL, AND P. ASSAVAVIMOL, "AN IMPROVED COUNTING AND DIRECTION - SENSING CIRCUIT FOR N/C SYSTEMS", PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 71, NO. 10, OCTOBER 1983.
4. APPLE II REFERENCE MANUAL, APPLE COMPUTER INCORPORATION.
5. APPLE II BASIC PROGRAMMING MANUAL, APPLE COMPUTER INCORPORATION.
6. WILLIAM E. DOUGHERTY, THE APPLE II MONITOR PEELED.
7. WINSTON D. GAYLER, THE APPLE II CIRCUIT DESCRIPTION.
8. MICROSOFT TASC - THE APPLESOFT COMPILER, MICROSOFT CORPORATION.
9. เรืออากาศโท ไพศาล สงวนหมู่, นาวาโท สุระ ยุทธวงศ์, "รายงานทางเทคนิคเรื่อง นาฬิการะยะแบบดิจิตอล" , กรกฎาคม 2522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1

ตารางแก (RANGE TABLE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RANGE TABLE
(SURFACE TARGETS)
FOR
3-INCH 50-CALIBER GUN

2600 F. S. INITIAL VELOCITY
13.05-Lb. A. A. PROJECTILE MARK 27
13.07-Lb. A. P. PROJECTILE MARK 29

19 MARCH 1947

This publication is RESTRICTED and shall be safeguarded in accordance with the security provisions of U. S. Navy Regulations, 1920, Article 76.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXPLANATORY NOTES

1. This range table is applicable to 3-inch 50 caliber guns firing the following projectiles:

(a) AA Mark 27 with point detonating or mechanical time fuzes.

Standard weight ..... 13.05 lbs.
length ..... 3.93 calibers

(b) AP Mark 29

Standard weight..... 13.07 lbs.
length ..... 4.05 calibers

The AP projectile Mark 29 undershoots the range table by 0.3 times Column 12.

2. This table is prepared for 2600 f.s., the expected average velocity over the life of the gun. The nominal initial velocity for a new gun with 90° powder is 2700 f.s. Velocity loss due to gun wear and changes in powder temperature may be obtained from the erosion data given herein. A decrease in powder temperature decreases the velocity.

3. A ballistic coefficient of 1.482 with the Army G5 resistance function was used in computing the range table.

4. Columns 1 to 8 give the elements of the standard trajectories. In computing these elements it was assumed that the gun trunnions and target are in the horizontal plane tangent to the earth's surface at the gun.

5. Column 2 is the elevation of the gun with respect to the horizontal plane. The Naval Proving Ground firings upon which this table is based indicate that the angle of departure differs from the angle of elevation by 11.4 minutes, i.e., the projectile apparently leaves the gun at an angle 11.4 minutes less than the angle of elevation. This was taken into account in computing the range table and no corrections are necessary.

6. Columns 10 to 19 give the differential effects due to variations from standard conditions. In these columns the effects are proportional to the variations. For example, the effect on range of a 10 knot wind is tabulated in Column 13. The effect of a 20 knot wind may be obtained by multiplying the tabular values by 2.

7. Column 10 may be used to determine the change in range due to either plus or minus variations in initial velocity.

8. Column 11 gives the effect on range of a 1 pound change in weight of projectile, the charge remaining the same.

9. The standard air density at the surface of 1.2034 kg. per cubic meter, used in the computation of this range table, corresponds to a temperature of 59° F., a barometric pressure of 29.53 inches, and a humidity of 78 percent. The effect on range due to variation from the standard density is given in Column 12 which is properly entered with ballistic density.

10. When ballistic density is not available but surface temperature and pressure are known, range corrections corresponding to an average ballistic density may be obtained from Figure 1.

11. Column 12 also gives the effect on range of a 10 percent variation in the ballistic coefficient. An increase in ballistic coefficient increases the range.

12. Column 12a gives the effect on range of a variation of 10°F. from the standard air temperature. A change in air temperature has two distinct and unrelated effects on the air. In combination with barometric changes it changes the density of the air, and also it changes the elasticity of the air. The effect given in Column 12a is that due to a change in elasticity and is in addition to the effect of any change in density. The effect of a change in air temperature may be obtained with sufficient accuracy by entering Column 12a with the difference between measured and standard air temperature at the surface. Standard air temperature at the surface is 59° F.

13. Columns 13 and 16 give the effects of a 10 knot ballistic wind. When, however, no measured or estimated ballistic wind is available the surface true wind is used in entering these columns.

14. Column 19 shows how much the point of impact is raised or lowered on a vertical screen by raising or lowering the sight bar 100 yards, the actual range remaining fixed.

15. The change in range due to a variation of 1 minute in the angle of elevation may be deduced from Column 2b.

16. The standard air density aloft and information concerning the preparation of ballistic density and ballistic wind are given in Bureau of Aeronautics publication, NAVAER-50-110R-26, Instructions and Tables for Making.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Observations and Computing Ballistic Wind and Ballistic Density.

17. Based on Naval Proving Ground firing, the average patterns and their mean errors are given in the following table. Pattern sizes will vary considerably from salvo to salvo, but in a long series of firings about 60% of the patterns will lie within the limits established by the mean error. For example, at 6000 yards range under Proving Ground conditions about 60% of the 6-round patterns will lie between 60 and 140 yards.

Range in Yards	Mean Pattern in Yards			
	3 Rounds	6 Rounds	9 Rounds	12 Rounds
4000	40±20	70±20	80±30	80±30
6000	60±30	100±40	120±50	130±60
8000	80±40	130±60	160±70	170±70
10000	100±50	160±70	200±80	210±80
12000	130±60	200±80	230±90	250±100

FIGURE I

AN EXPLOSION

Align (1) and (2) to get point on support (D). Align (3) with (D) to get error in yards due to change in density of air.

EXAMPLE:

Given: Barometer . . . . . 29.1 In.
Temperature . . . . . 80° F
Range . . . . . 9000 Yds.

Result: Error . . . . . 4120 Yds.

NOTE:

The best method of ballistic density to different altitudes is in very close, but not in exact accordance with standard density when surface conditions are standard. When surface density is not standard the discrepancy is usually greater and is a function of surface density and maximum ordinate. The use of Figure I will not give agreement with results obtained from Column 12 and surface observations only, but should be a more accurate figure, in that it takes into account the ratio between mean measured and standard density for the actual maximum ordinate obtained.

พระจอมเกล้าเจ้าคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

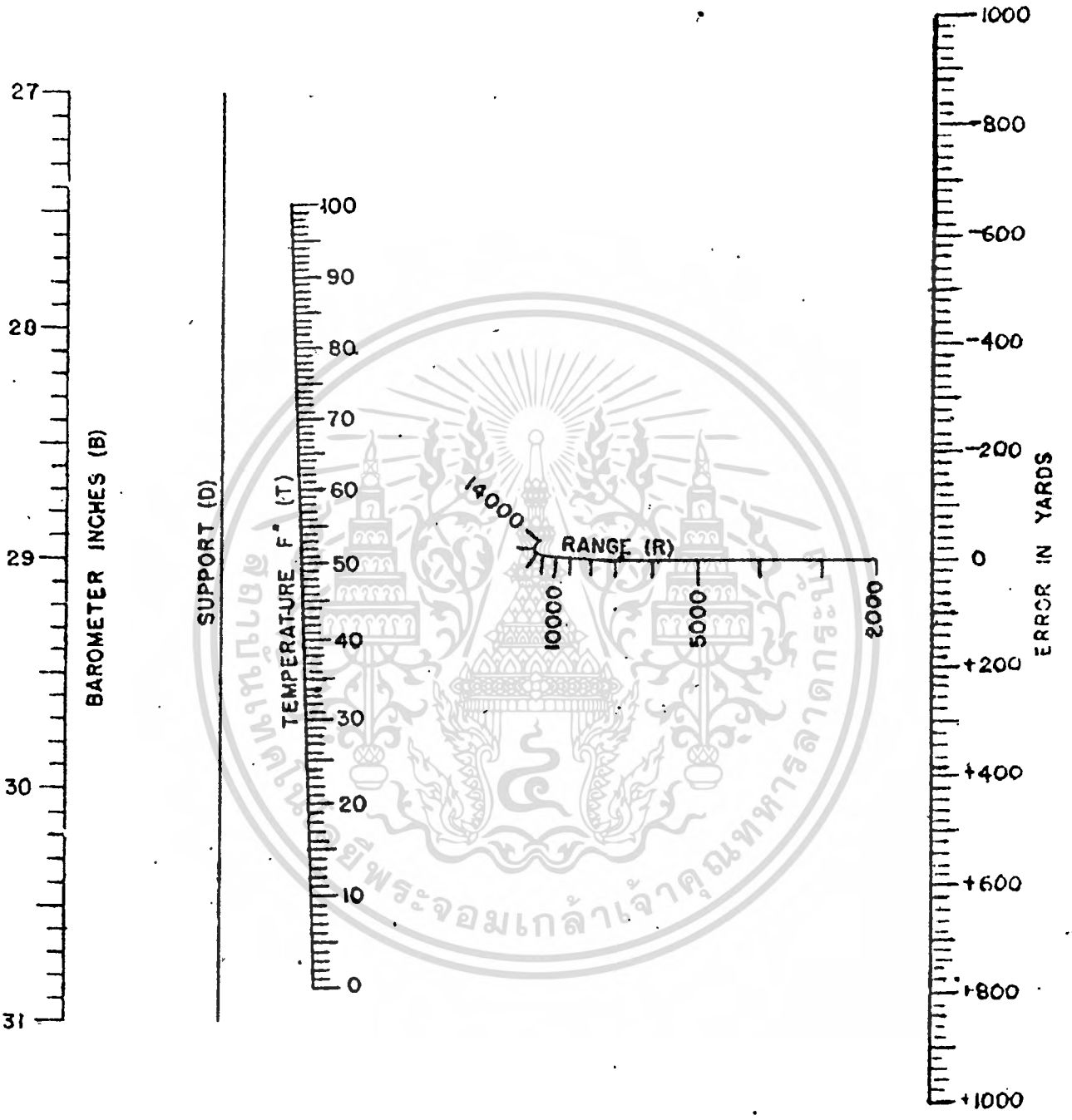


FIGURE 1 - CHANGE IN RANGE FOR VARIATION IN DENSITY OF AIR

RESTRICTED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-INCH 50-CALIBER GUN — OP 861 (Second Revision)

RANGE	ANGLE OF ELEVATION		CHANGE IN ANGLE OF ELEVATION FOR 100 YDS. INCREASE IN RANGE	ANGLE OF FALL	TIME OF FLIGHT	STRIKING VELOCITY	DRIFT	DANGER SPACE FOR A TARGET 20 FT. HIGH	MAXIMUM ORDINATE
1	2	2a	2b	3	4	5	6	7	8
Yards	° '	Minutes	Minutes	° '	Seconds	F.S.	Yards	Yards	Feet
1000	38.3	38.3	3.0	29	1.24	2265	.2	1000	8
1100	41.3	41.3	3.0	33	1.37	2232	.3	1100	9
1200	44.3	44.3	3.1	37	1.50	2200	.3	1200	10
1300	47.4	47.4	3.2	41	1.64	2167	.4	1300	12
1400	50.6	50.6	3.2	46	1.78	2135	.4	1400	14
1500	53.8	53.8	3.3	50	1.92	2103	.5	1500	16
1600	57.1	57.1	3.3	54	2.06	2071	.6	1600	18
1700	1 0.4	60.4	3.4	59	2.21	2039	.6	1700	20
1800	1 3.8	63.8	3.5	1 3	2.36	2008	.7	545	23
1900	1 7.3	67.3	3.6	1 7	2.51	1977	.8	460	26
2000	1 10.9	70.9	3.7	1 12	2.66	1946	.9	405	29
2100	1 14.6	74.6	3.7	1 17	2.82	1915	1.0	367	32
2200	1 18.3	78.3	3.8	1 22	2.98	1885	1.1	334	36
2300	1 22.1	82.1	3.9	1 28	3.14	1855	1.2	306	40
2400	1 26.0	86.0	4.0	1 34	3.30	1825	1.3	281	44
2500	1 30.0	90.0	4.1	1 40	3.47	1795	1.4	258	48
2600	1 34.1	94.1	4.2	1 46	3.64	1765	1.5	239	53
2700	1 38.3	98.3	4.3	1 52	3.81	1736	1.7	223	58
2800	1 42.6	102.6	4.3	2 00	3.99	1707	1.9	208	63
2900	1 46.9	106.9	4.5	2 8	4.17	1678	2.1	195	69
3000	1 51.4	111.4	4.6	2 16	4.35	1650	2.4	183	75
3100	1 56.0	116.0	4.7	2 24	4.53	1622	3	172	82
3200	2 0.7	120.7	4.8	2 32	4.72	1594	3	162	89
3300	2 5.5	125.5	4.9	2 40	4.91	1566	4	153	96
3400	2 10.4	130.4	5.0	2 48	5.10	1538	4	144	104
3500	2 15.4	135.4	5.2	2 57	5.30	1511	4	136	112
3600	2 20.6	140.6	5.3	3 7	5.50	1484	4	129	121
3700	2 25.9	145.9	5.4	3 17	5.70	1458	4	122	130
3800	2 31.3	151.3	5.6	3 27	5.91	1431	4	116	139
3900	2 36.9	156.9	5.7	3 38	6.12	1405	5	110	149
4000	2 42.6	162.6	5.9	3 50	6.34	1380	5	104	160
4100	2 48.5	168.5	6.0	4 2	6.56	1355	5	98	171
4200	2 54.5	174.5	6.2	4 15	6.79	1330	6	93	183
4300	3 0.7	180.7	6.4	4 28	7.02	1306	6	89	195
4400	3 7.1	187.1	6.5	4 41	7.25	1283	7	84	208
4500	3 13.6	193.6	6.7	4 55	7.49	1260	7	80	222
4600	3 20.3	200.3	6.8	5 10	7.73	1238	8	76	237
4700	3 27.1	207.1	7.0	5 25	7.98	1216	8	72	252
4800	3 34.1	214.1	7.3	5 42	8.23	1195	9	68	268
4900	3 41.4	221.4	7.5	5 59	8.48	1176	10	65	286
5000	3 48.9	228.9	7.6	6 16	8.74	1158	10	62	304
5100	3 56.5	236.5	7.7	6 33	9.00	1140	11	59	323
5200	4 4.2	244.2	8.0	6 50	9.27	1124	11	56	344
5300	4 12.2	252.2	8.3	7 9	9.54	1108	12	53	365
5400	4 20.5	260.5	8.6	7 28	9.81	1094	12	51	387
5500	4 29.1	269.1	8.8	7 49	10.09	1080	13	48	411
5600	4 37.9	277.9	9.0	8 10	10.37	1067	14	46	436
5700	4 46.9	286.9	9.2	8 30	10.65	1055	14	44	461
5800	4 56.1	296.1	9.4	8 50	10.94	1044	15	42	488
5900	5 5.5	305.5	9.5	9 12	11.23	1034	16	40	516
6000	5 15	315.0	10.	9 35	11.53	1024	17	38	545

RESTRICTED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.A. PROJECTILE MARK 27 I.V. 2600 F.S.

CHANGE IN RANGE FOR							DEFLECTION FOR			CHANGE IN HEIGHT OF IMPACT FOR 100 YARDS CHANGE IN RANGE
10 F. S. INCREASE IN INITIAL VELOCITY	1 LB. DECREASE IN PROJECTILE WEIGHT	10% DECREASE IN AIR DENSITY	10° F. DECREASE IN AIR TEMPERATURE	10-KNOT MOTION IN PLANE OF FIRE			10-KNOT MOTION PERPENDICULAR TO LINE OF FIRE			
				WIND	GUN	TARGET	WIND	GUN	TARGET	
10	11	12	12a	13	14	15	16	17	18	19
Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Feet
7	37	10	1	0	7	7	.5	6.5	7.0	2
8	40	12	1	0	8	8	.6	7.2	7.8	3
9	42	14	1	0	9	9	.8	7.8	8.6	3
9	45	16	2	0	9	9	.9	8.4	9.3	4
10	48	18	2	0	10	10	1.0	9.1	10.1	4
11	50	21	2	1	10	11	1.2	9.7	10.9	4
12	52	24	2	1	11	12	1.4	10.3	11.7	5
12	54	27	2	1	12	13	1.5	11.0	12.5	5
13	56	30	3	1	12	13	1.7	11.6	13.3	5
13	58	33	3	1	13	14	1.9	12.3	14.2	6
14	59	36	3	2	13	15	2.1	12.9	15.0	6
15	60	39	3	2	14	16	2.3	13.6	15.9	7
15	61	43	3	2	15	17	2.5	14.2	16.7	7
16	62	47	4	3	15	18	2.8	14.8	17.6	8
16	63	51	4	3	16	19	3.0	15.5	18.5	8
17	63	55	4	4	16	20	3.3	16.2	19.5	9
18	63	59	4	5	16	21	3.6	16.9	20.5	9
18	63	64	4	5	17	22	3.9	17.6	21.5	10
19	63	69	5	6	17	23	4.2	18.3	22.5	10
19	63	74	5	6	18	24	4.6	18.9	23.5	11
20	62	79	5	7	18	25	5	19.5	24.5	12
20	61	84	5	7	19	26	5	21	26	13
21	60	89	6	8	19	27	6	21	27	13
21	58	95	6	8	20	28	6	22	28	14
22	57	101	7	9	20	29	7	22	29	15
22	55	107	7	9	21	30	7	23	30	15
22	53	113	7	10	21	31	8	23	31	16
23	51	119	8	10	22	32	8	24	32	17
23	48	125	8	11	23	34	9	25	34	18
24	46	132	9	11	24	35	9	26	35	19
24	43	139	9	12	24	36	10	26	36	20
24	40	146	9	13	24	37	11	26	37	21
25	37	153	10	14	24	38	11	27	38	22
25	34	160	10	14	25	39	12	27	39	24
26	30	167	11	15	26	40	12	28	40	25
26	27	174	11	16	26	42	13	29	42	26
26	24	181	11	17	26	43	14	29	43	27
27	20	188	12	18	27	45	15	30	45	28
27	16	196	12	19	27	46	15	31	46	30
28	13	204	13	20	28	48	16	32	48	31
28	9	211	13	21	28	49	17	32	49	33
28	5	219	13	22	29	51	18	33	51	34
28	1	227	13	23	29	52	19	33	52	36
29	-3	234	14	25	29	53	19	34	53	38
29	-7	241	14	26	29	55	20	35	55	39
29	-11	249	14	27	30	57	21	36	57	41
29	-15	257	14	28	30	58	22	36	58	43
29	-19	264	14	30	30	60	23	37	60	45
30	-23	271	15	31	30	61	24	37	61	47
30	-27	279	15	33	30	63	25	38	63	49
30	-31	286	15	34	31	65	26	39	65	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-INCH 50-CALIBER GUN — OP 861 (Second Revision)

RANGE	ANGLE OF ELEVATION		CHANGE IN ANGLE OF ELEVATION FOR 100 YDS. INCREASE IN RANGE	ANGLE OF FALL	TIME OF FLIGHT	STRIKING VELOCITY	DRIFT	DANGER SPACE FOR A TARGET 20 FT. HIGH	MAXIMUM ORDINATE
1	2	2a	2b	3	4	5	6	7	8
Yards	°	Minutes	Minutes	° '	Seconds	F.S.	Yards	Yards	Feet
6000	5 15	315.0	10	9 35	11.53	1024	17	38	545
6100	5 25	325.0	10	9 58	11.83	1014	18	37	575
6200	5 35	335.0	10	10 21	12.13	1006	19	36	606
6300	5 45	345.0	10	10 43	12.43	998	20	35	639
6400	5 55	355.0	11	11 6	12.74	990	21	33	673
6500	6 6	366.0	11	11 29	13.05	984	22	32	708
6600	6 17	377	11	11 53	13.36	977	23	31	744
6700	6 28	388	11	12 17	13.68	969	24	30	782
6800	6 39	399	11	12 42	14.00	961	25	29	821
6900	6 50	410	12	13 7	14.32	954	26	28	861
7000	7 2	422	12	13 31	14.64	947	27	27	903
7100	7 14	434	12	13 56	14.96	941	28	26	946
7200	7 26	446	12	14 20	15.29	936	29	25	990
7300	7 38	458	12	14 46	15.62	931	30	25	1036
7400	7 50	470	13	15 13	15.96	926	32	24	1083
7500	8 3	483	13	15 40	16.30	920	33	24	1132
7600	8 16	496	13	16 7	16.64	914	35	23	1182
7700	8 29	509	14	16 35	16.99	908	36	22	1234
7800	8 43	523	13	17 2	17.34	903	37	21	1288
7900	8 56	536	14	17 31	17.69	898	38	21	1343
8000	9 10	550	14	17 59	18.04	892	40	20	1400
8100	9 24	564	14	18 28	18.39	886	41	20	1459
8200	9 38	578	14	18 56	18.75	881	43	20	1519
8300	9 52	592	15	19 26	19.11	876	45	20	1581
8400	10 7	607	15	19 55	19.48	871	47	19	1646
8500	10 22	622	15	20 25	19.86	867	49	18	1712
8600	10 37	637	16	20 55	20.23	862	51	17	1780
8700	10 53	653	16	21 26	20.60	857	53	17	1850
8800	11 9	669	16	21 57	20.98	852	55	17	1923
8900	11 25	685	16	22 28	21.36	847	57	17	1998
9000	11 41	701	16	22 58	21.75	843	59	16	2075
9100	11 57	717	17	23 28	22.14	839	61	16	2154
9200	12 14	734	17	24 00	22.54	835	64	16	2236
9300	12 31	751	17	24 32	22.94	831	66	16	2320
9400	12 48	768	18	25 5	23.35	828	69	16	2406
9500	13 6	786	18	25 38	23.76	825	71	15	2495
9600	13 24	804	18	26 11	24.17	822	73	14	2586
9700	13 42	822	18	26 44	24.59	820	76	13	2680
9800	14 00	840	19	24 18	25.02	818	79	13	2776
9900	14 19	859	19	27 53	25.45	815	81	13	2874
10000	14 38	878	19	28 28	25.88	812	84	12	2975
10100	14 57	897	20	29 3	26.32	810	87	12	3079
10200	15 17	917	20	29 39	26.76	809	90	12	3185
10300	15 37	937	20	30 16	27.21	807	93	11	3293
10400	15 57	957	21	30 53	27.66	805	96	11	3404
10500	16 18	978	21	31 31	28.12	803	99	11	3518
10600	16 39	999	21	32 8	28.58	801	102	11	3634
10700	17 00	1020	22	32 47	29.05	800	105	10	3753
10800	17 22	1042	22	33 26	29.52	800	108	10	3875
10900	17 44	1064	23	34 5	30.00	799	112	10	4000
11000	18 7	1087	23	34 46	30.49	798	116	10	4127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.A. PROJECTILE MARK 27 I.V. 2600 F.S.

CHANGE IN RANGE FOR							DEFLECTION FOR			CHANGE IN HEIGHT OF IMPACT FOR 100 YARDS CHANGE IN RANGE
10 F. S. INCREASE IN INITIAL VELOCITY	1 LB. DECREASE IN PROJECTILE WEIGHT	10% DECREASE IN AIR DENSITY	10° F. DECREASE IN AIR TEMPERATURE	10-KNOT MOTION IN PLANE OF FIRE			10-KNOT MOTION PERPENDICULAR TO LINE OF FIRE			
				WIND	GUN	TARGET	WIND	GUN	TARGET	
10	11	12	12a	13	14	15	16	17	18	19
Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Feet
30	-31	286	15	34	31	65	26	39	65	51
30	-35	293	15	36	31	67	27	40	67	53
30	-39	301	15	37	31	68	28	40	68	55
31	-43	308	15	39	31	70	30	40	70	57
31	-47	315	15	40	32	72	31	41	72	59
31	-51	322	15	42	32	74	32	42	74	61
31	-55	329	15	44	32	76	33	43	76	63
31	-59	336	15	46	32	78	34	44	78	65
32	-63	343	14	47	32	79	35	44	79	68
32	-67	349	14	49	32	81	36	45	81	70
32	-71	356	14	51	32	83	37	46	83	72
32	-75	363	14	53	32	85	38	47	85	74
32	-79	369	14	55	32	86	39	47	86	77
33	-83	376	13	56	32	88	41	47	88	79
33	-87	382	13	58	32	90	42	48	90	82
33	-91	389	13	60	32	92	43	49	92	84
33	-95	395	13	62	32	94	44	50	94	87
33	-99	402	12	64	32	96	45	51	96	89
34	-102	408	12	66	32	98	47	51	98	92
34	-106	415	11	68	32	100	48	52	100	95
34	-110	421	11	70	32	102	49	53	102	97
34	-114	427	11	72	32	104	50	54	104	100
34	-117	433	10	74	32	106	52	54	106	103
35	-121	440	10	76	32	108	53	55	108	106
35	-124	446	9	78	32	110	55	55	110	109
35	-128	452	9	80	32	112	56	56	112	112
35	-132	458	9	82	32	114	57	57	114	115
35	-135	464	8	84	32	116	58	58	116	118
36	-139	471	8	86	33	119	60	59	119	121
36	-143	477	7	88	33	121	62	59	121	124
36	-147	483	7	90	33	123	63	60	123	127
36	-151	489	7	92	33	125	64	61	125	130
36	-155	496	6	94	34	128	66	62	128	134
37	-159	502	6	96	34	130	68	62	130	137
37	-163	508	5	99	33	132	69	63	132	140
37	-167	515	5	101	33	134	71	63	134	144
37	-171	522	5	104	33	137	73	64	137	148
37	-175	528	4	106	33	139	74	65	139	151
38	-180	535	4	109	33	142	76	66	142	154
38	-184	542	3	111	33	144	77	67	144	159
38	-188	549	3	113	33	146	79	67	146	163
38	-192	556	3	116	33	149	81	68	149	167
38	-197	563	2	118	33	151	82	69	151	171
38	-201	570	2	121	33	154	84	70	154	175
38	-206	578	1	123	33	156	86	70	156	179
38	-210	585	1	126	33	159	88	71	159	184
38	-215	592	0	129	33	162	90	72	162	188
38	-219	600	0	131	33	165	92	73	165	193
39	-224	607	-1	134	33	167	93	74	167	198
39	-228	615	-1	136	33	169	95	74	169	203
39	-233	622	-2	139	33	172	97	75	172	208

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FROM 50-CALIBER GUN

OP 861 (Second Revision)

RANGE	ANGLE OF ELEVATION		ANGLE OF ELEVATION FOR 100 YDS. INCREASE IN RANGE	ANGLE OF FALL	TIME OF FLIGHT	STRIKING VELOCITY	DRIFT	DANGER SPACE FOR A TARGET 20 FT. HIGH	MAXIMUM ORDINATE
1	2	2a	2b	3	4	5	6	7	8
Yards	°	Minutes	Minutes	° '	Seconds	f.s.	Yards	Yards	Feet
11000	18 17	1087	23	34 46	30.49	798	116	10	4127
11100	18 30	1110	23	35 25	30.98	797	120	9	4221
11200	18 53	1133	24	36 5	31.48	796	124	9	4317
11300	19 17	1157	24	36 45	31.99	795	128	9	4415
11400	19 41	1181	25	37 25	32.50	794	132	9	4513
11500	20 6	1206	25	38 5	33.02	793	136	8	4619
11600	20 31	1231	25	38 46	33.55	792	140	8	4720
11700	20 57	1257	27	39 25	34.09	792	145	8	5127
11800	21 24	1284	27	40 7	34.64	791	150	8	5234
11900	21 51	1311	27	40 49	35.19	791	155	8	5342
12000	22 18	1338	28	41 29	35.75	792	160	7	5520
12100	22 46	1366	29	42 10	36.32	793	165	7	5727
12200	23 15	1395	29	42 51	36.90	793	170	7	5933
12300	23 45	1425	30	43 33	37.50	794	176	7	6174
12400	24 15	1455	31	44 15	38.11	796	182	7	6379
12500	24 46	1486	33	44 58	38.74	797	188	7	6596
12600	25 19	1519	33	45 41	39.39	798	194	6	6823
12700	25 52	1552	34	46 25	40.06	799	200	6	7055
12800	26 26	1586	35	47 8	40.73	799	207	6	7292
12900	27 1	1621	37	47 53	41.41	800	214	6	7536
13000	27 38	1658	39	48 38	42.11	803	222	6	7793
13100	28 17	1697	41	49 25	42.84	807	229	6	8063
13200	28 58	1736	42	50 14	43.60	810	237	5	8351
13300	29 40	1780	43	51 4	44.40	813	246	5	8656
13400	30 23	1823	46	51 53	45.24	816	256	5	8977
13500	31 9	1869	50	52 43	46.13	819	266	5	9315
13600	31 59	1919	54	53 35	47.07	822	277	5	9672
13700	32 53	1973	59	54 29	48.06	826	289	5	10062
13800	33 52	2032	65	55 27	49.13	831	302	5	10499
13900	34 57	2097	75	56 32	50.31	836	317	4	10998
14000	36 12	2172	90	57 40	51.66	842	334	4	11577
14100	37 42	2262	127	59 10	53.26	851	354	4	12267
14200	39 49	2389		60 49	55.45	865	384	4	13250
14240	45 00	2700		64 50	60.64	892	460	3	15809

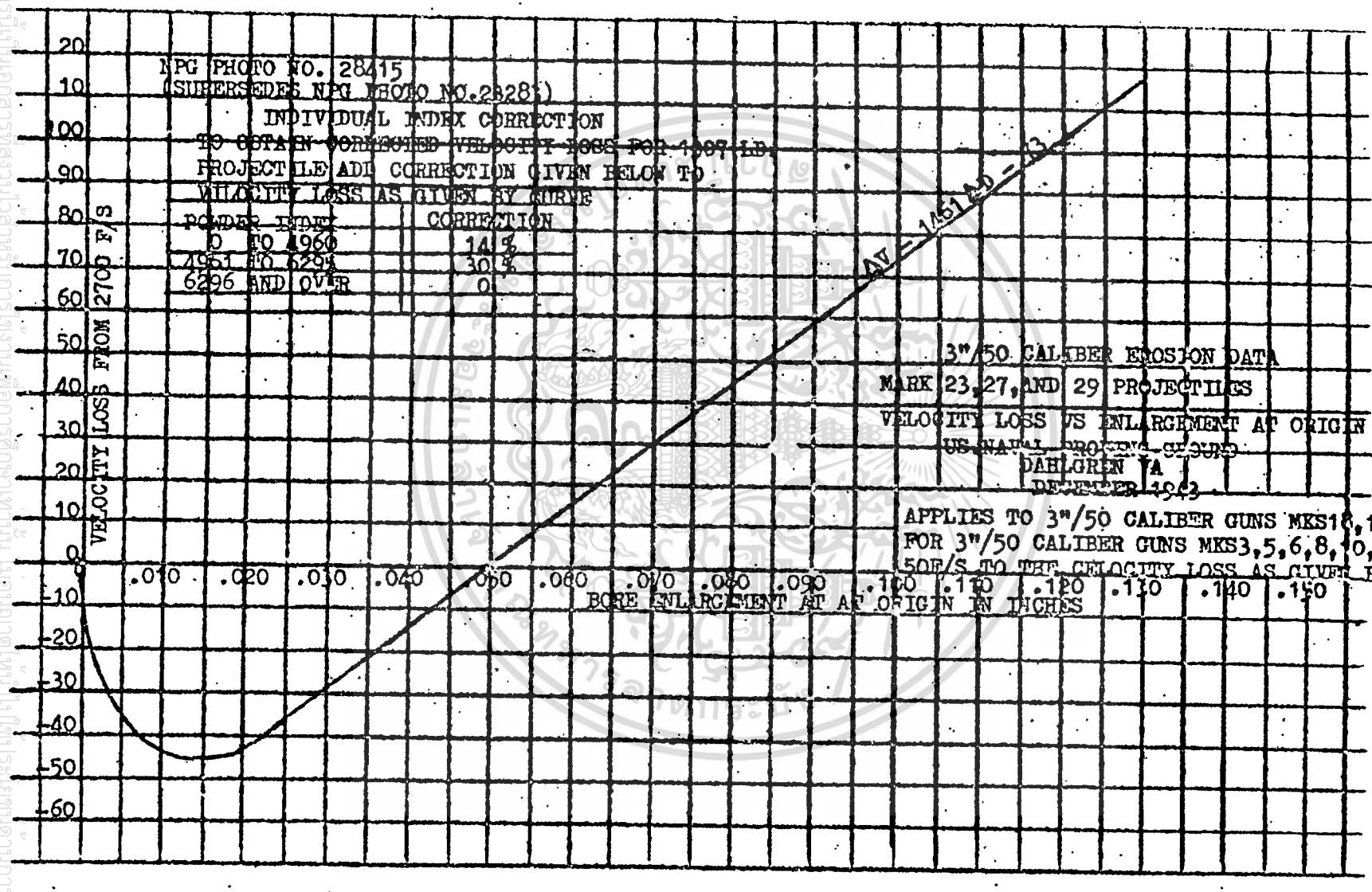
RESTRICTED

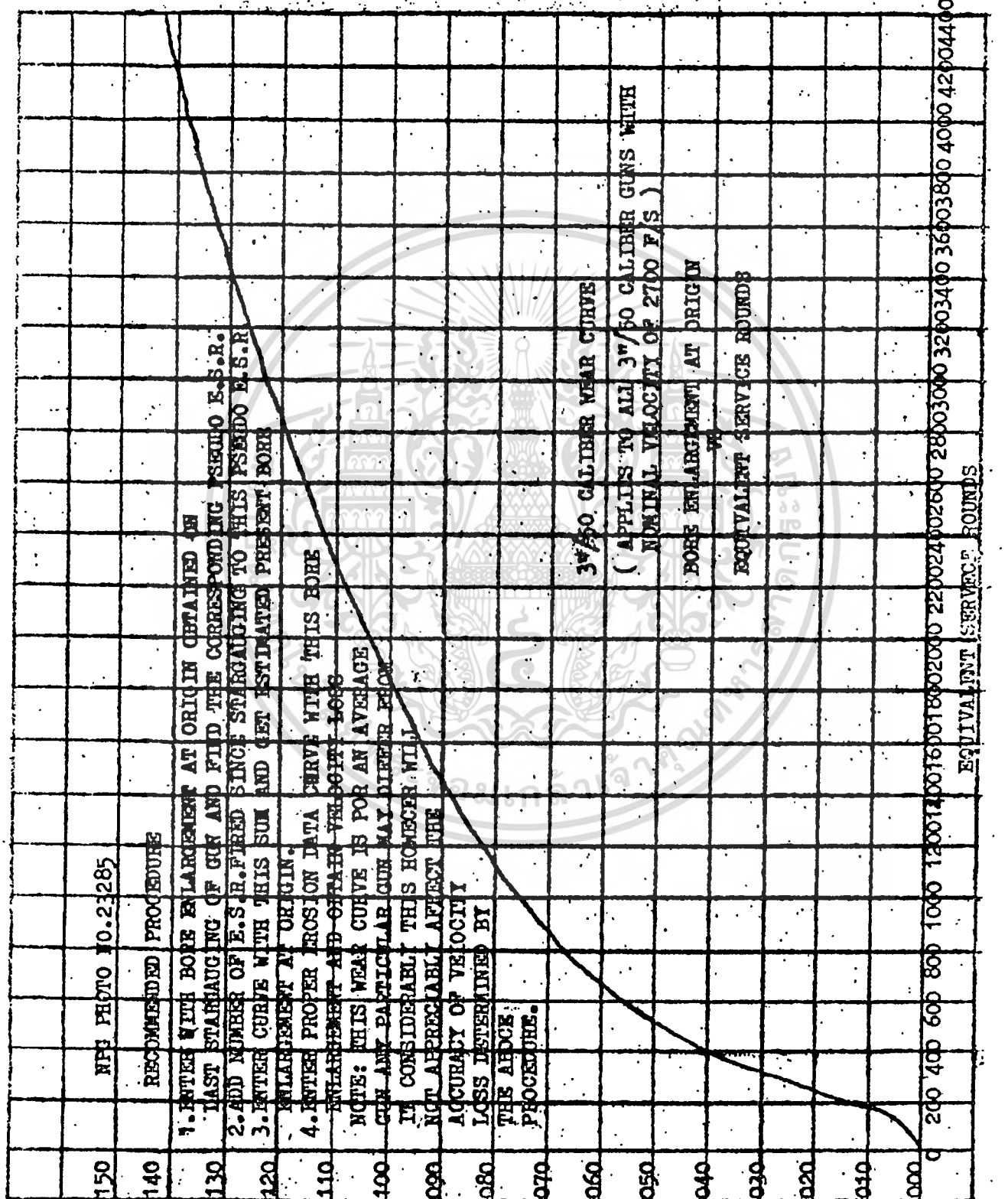
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.A. PROJECTILE MARK 97 — I.V. 2600 F.S.

10 F. S. INCREASE IN INITIAL VELOCITY	1 LB. DECREASE IN PROJECTILE WEIGHT	10% DECREASE IN AIR DENSITY	10° F. DECREASE IN AIR TEMPERATURE	CHANGE IN RANGE FOR 10-KNOT MOTION IN PLANE OF FIRE: WIND	GUN	TARGET	DEFLECTION FOR 10-KNOT MOTION PERPENDICULAR TO LINE OF FIRE: WIND	GUN	TARGET	CHANGE IN HEIGHT OF IMPACT FOR 100 YARDS CHANGE IN RANGE
10	11	12	12a	13	14	15	16	17	18	19
Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Yards	Feet
39	-233	622	-2	139	33	172	97	75	172	208
39	-238	629	-2	141	34	175	99	76	175	213
39	-242	636	-3	144	34	178	101	77	178	219
40	-247	644	-3	147	34	181	103	78	181	224
40	-252	652	-4	149	34	183	105	78	183	230
40	-257	660	-4	152	34	186	107	79	186	235
40	-262	668	-4	155	34	189	109	80	189	241
40	-267	676	-5	157	35	192	111	81	192	247
41	-272	684	-5	160	35	195	113	82	195	253
41	-278	692	-6	163	35	198	115	83	198	259
41	-283	701	-6	166	35	201	117	84	201	265
41	-288	710	-6	169	35	204	119	85	204	272
41	-294	719	-7	172	36	208	122	86	208	278
42	-299	728	-7	175	36	211	124	87	211	285
42	-305	737	-8	179	36	215	127	88	215	292
42	-311	746	-8	182	36	218	129	89	218	300
42	-317	755	-8	185	36	221	131	90	221	307
42	-323	765	-9	188	37	225	134	91	225	315
43	-329	775	-9	191	38	229	136	93	229	323
43	-335	785	-10	195	38	233	139	94	233	332
43	-342	795	-10	199	38	237	142	95	237	341
44	-349	805	-10	203	38	241	145	96	241	350
44	-355	816	-10	207	38	245	148	97	245	360
44	-362	828	-11	211	39	250	151	99	250	371
45	-370	840	-11	215	40	255	154	101	255	382
45	-378	852	-11	219	41	260	158	102	260	394
45	-386	865	-11	223	42	265	161	104	265	407
46	-394	878	-11	228	43	271	165	106	271	421
46	-403	892	-12	233	44	277	169	108	277	436
46	-412	907	-12	238	45	283	173	110	283	454
46	-421	922	-12	244	47	291	178	113	291	476
47	-430	938	-12	251	50	301	184	117	301	503
47	-440	956	-12	259	53	312	191	121	312	537
48	-450	985	-12	278	63	341	211	130	341	638

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


NPG PHOTO NO. 28415
(SUPERSEDES NPG PHOTO NO.28285)
INDIVIDUAL INDEX CORRECTION
TO OBTAIN CORRECTED VELOCITY LOSS FOR 1007 LB.
PROJECTILE ADD CORRECTION GIVEN BELOW TO
VELOCITY LOSS AS GIVEN BY CURVE
POWDER TEMP CORRECTION
0 TO 4960 14 %
4961 TO 6295 30 %
6296 AND OVER 0
ΔV = 1451 ΔD - 3
3"/50 CALIBER EROSION DATA
MARK 23, 27, AND 29 PROJECTILES
VELOCITY LOSS VS ENLARGEMENT AT ORIGIN
US NAVAL PROVING GROUND
DAHLGREN VA
DECEMBER 1943
APPLIES TO 3"/50 CALIBER GUNS MKS16,19,21,AND22
FOR 3"/50 CALIBER GUNS MKS3,5,6,8,10,17,AND20,ADD
50F/S TO THE VELOCITY LOSS AS GIVEN BY THE CURVE
VELOCITY LOSS FROM 2700 F/S
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
.010
.020
.030
.040
.050
.060
.070
.080
.090
.100
.110
.120
.130
.140
.150
BORE ENLARGEMENT AT AF ORIGIN IN INCHES



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 2

โปรแกรมปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTERISED SURFACE FIRE CONTROL SOURCE PROGRAM VERSION 2.1K

```
0       ONERR GOTO 10000
5       POKE - 16157,139
      : POKE - 16160,255
10      HOME
      : K = 0.0174532925
20      DEF FN ASN(X) = ATN (X / SQR ( -
            X * X + 1))
30      DEF FN F1(T) = SQR (V ^ 2 * (T -
            T2) ^ 2 + R2 ^ 2 + 2 * R2 *
            V * (T - T2) * COS (K * (B +
            L2)))
44      HU$ = "HHMM"
      : DS$ = "?"
      : MA$ = "?"
      : MB$ = "?"
45      Z1 = 2600
      : Z2 = 13.05
      : Z4 = 80
      : AP = 29.53
      : M1 = 0
      : M2 = 0
      : M4 = - 2.1
65      GOTO 3682
67      HOME
      : VTAB 1
      : PRINT TAB( 17);
      : INVERSE
      : PRINT "ACTION MODE"
      : NORMAL
      : PRINT
      : PRINT
68      IF R1 = 0 OR R2 = 0 THEN HOME
  *   : FOR I = 1 TO 10
  *   :   VTAB 12
  *   :   HTAB 18
  *   :   FLASH
  *   :   PRINT "SET DISTANCE"
  *   :   NORMAL
  *   :   PRINT CHR$ (7)
  *   : NEXT
  *   : FOR I = 1 TO 500
  *   : NEXT
  *   : GOTO 5000
69      DT = T2 - T1
70      IF L1 = L2 THEN V = (R2 - R1) /
            DT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  * : B = - L2
  * : GOTO 110
-----------------------
80     B = ATN ((R1 * SIN (K * L1) - R2
          * SIN (K * L2)) / (R2 * COS
          (K * L2) - R1 * COS (K * L1)
          )) / K
-----------------------
100    V = R2 * SIN ((L1 - L2) * K) / (
          DT * SIN (K * (L1 + B)))
-----------------------
110    V = INT (V * 100 + .5) / 100
-----------------------
112    B = INT (B * 100 + .5) / 100
-----------------------
114    PRINT TAB( 6)"******************
          *****************"
     : PRINT TAB( 6)"*"; TAB( 39)"*"
-----------------------
115    PRINT TAB( 6)"*"; TAB( 9)"R1=";R
          1;; TAB( 18)"YDS"; TAB( 24)"
          L1=";L1; TAB( 34)"DEG"; TAB(
          39)"*"
-----------------------
117    PRINT TAB( 6)"*"; TAB( 9)"R2=";R
          2; TAB( 18)"YDS"; TAB( 24)"L
          2=";L2; TAB( 34)"DEG"; TAB(
          39)"*"
-----------------------
118    PRINT TAB( 6)"*"; TAB( 9)"B =";B
          ; TAB( 18)"DEG"; TAB( 24)"V
          '=";  INT (V * 1.777251185 * 1
          00 + .5) / 100; TAB( 34)"KNO
          T"; TAB( 39)"*"
     : PRINT TAB( 6)"*"; TAB( 39)"*"
-----------------------
119    PRINT TAB( 6)"******************
          *****************"
     : PRINT CHR$ (13); CHR$ (13);
          CHR$ (13)
-----------------------
130    GOSUB 8280
     : TN = 60 * (60 * VAL ( LEFT$ (T$
          ,2)) + VAL ( MID$ (T$,3,2)))
          + VAL ( RIGHT$ (T$,2))
     : T = TN
-----------------------
140    R = FN F1(T)
-----------------------
160    I = R / 100
     : J = INT (I)
     : C = I - J
     : IF J > 142 THEN 1210
-----------------------
165    TF = F3(J) + C * (F3(J + 1) - F3
          (J))
-----------------------
170    TH = TF + TN + TP
-----------------------
180    IF ABS (TH - T) < .001 THEN 200
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
190   T = TH
    : CZ = CZ + 1
-----------------------
195   IF CZ > 60 THEN HOME
  * : FOR I = 1 TO 10
  * :   VTAB 10
  * :   HTAB 15
  * :   FLASH
  * :   PRINT "CAN NOT DETECT"
  * :   NORMAL
  * :   PRINT CHR$ (7)
  * : NEXT
  * : FOR J = 1 TO 500
  * : NEXT
  * : HOME
  * : GOTO 5000
-----------------------
196   GOTO 140
-----------------------
200   RH = FN F1(TH)
    : RN = FN F1(TN)
    : RS = FN F1(TN + TP)
-----------------------
203   GOSUB 9000
    : LN = ZT
    : IF PEEK (255) = 1 THEN 67
-----------------------
205   LK = FN ASN(V * (TF + TP) * SIN
        (K * (B + LN)) / RH) / K
-----------------------
210   DK = FN ASN(V * TP * SIN (K * (B
        + LN)) / RS) / K
-----------------------
213   I = RH / 100
    : J = INT (I)
    : C = I - J
-----------------------
215   IF J > 142 THEN 1210
-----------------------
216   CF = C * (C6(J + 1) - C6(J)) + C
        6(J)
    : RDF = C * (C7(J + 1) - C7(J)) +
        C7(J)
-----------------------
217   LG = LW - LN + LK
    : M5 = ZA * COS (K * LG) / 10
    : M6 = ZA * SIN (K * LG) / 10
-----------------------
219   LC = ATN ((M6 * CF + RDF) / RH)
        / K
    : LD = - (LK - DK + LC) * 17.4532
        9835
-----------------------
220   R = RH
    : GOSUB 1500
    : G = R
-----------------------
221   VTAB 13
    : PRINT TAB( 5)":::::::::::::::::
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
::::::::::::::::::"
-----------------------
222   VTAB 15
    : POKE 34,3
    : HTAB 6
    : INVERSE
    : PRINT "TN="; LEFT$ (T$,2);":";
        MID$ (T$,3,2);":"; RIGHT$ (T
        $,2);
    : NORMAL
    : PRINT TAB( 28);"TP=";TP; TAB( 3
        7);"SEC"
-----------------------
223   VTAB 17
    : PRINT TAB( 6)"LN=";LN; TAB( 15)
        "DEG"; TAB( 28)
    : INVERSE
    : PRINT "D ="; INT (LD + TD + 500
        .5);
    : PRINT TAB( 37)"MIL"
    : NORMAL
    : HTAB 2
-----------------------
224   VTAB 18
    : PRINT TAB( 6)"RN="; INT (RN);
        TAB( 15)"YDS"; TAB( 28);
    : INVERSE
    : PRINT "G ="; INT (G + TR + .5);
        TAB( 37)"YDS"
    : NORMAL
-----------------------
228   VTAB 20
    : PRINT TAB( 5)"::::::::::::::::::
        ::::::::::::::::::"; CHR$ (
        7)
-----------------------
230   PRINT
    : CZ = 0
-----------------------
250   K% = PEEK ( - 16384)
    : POKE - 16368,0
-----------------------
252   IF K% = 160 THEN 300
-----------------------
255   IF K% < 193 THEN 130
-----------------------
260   POKE 34,0
    : ON K% - 192 GOTO 4000,5000,130,
        6000,7000
-----------------------
270   GOTO 130
-----------------------
300   POKE 34,33
    : PRINT CHR$ (7)
    : INVERSE
    : VTAB 24
    : HTAB 4
    : PRINT "        E R A S E
                              "
-----------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
310   K% = PEEK ( - 16384)
    : POKE - 16368,0
    : IF K% < 128 THEN 310
-----------------------
320   IF K% = 197 THEN 400
-----------------------
330   NORMAL
    : VTAB 24
    : PRINT SPC( 40)
    : GOTO 130
-----------------------
400   VTAB 24
    : HTAB 27
    : PRINT "S P O T"
-----------------------
410   FOR I = 1 TO 10
    :   PRINT CHR$ (7)
    : NEXT
-----------------------
420   TD = 0
    : TR = 0
    : GOTO 330
-----------------------
1200  HOME
    : FOR I = 1 TO 10
    :   VTAB 10
    :   HTAB 15
    :   FLASH
    :   PRINT "OUT OF RANGE"
    :   NORMAL
    :   PRINT CHR$ (7)
    : NEXT
    : POP
    : GOTO 5000
-----------------------
1210  HOME
    : FOR I = 1 TO 10
    :   VTAB 10
    :   HTAB 15
    :   FLASH
    :   PRINT "OUT OF RANGE"
    :   NORMAL
    :   PRINT CHR$ (7)
    : NEXT
    : GOTO 5000
-----------------------
1300  NORMAL
    : S$ = " "
    : VTAB VC
    : HC = HD
    : HTAB HC
-----------------------
1310  GET RR$
-----------------------
1312  IF (RR$ > = CHR$ (45) AND RR$ <
        = CHR$ (57)) OR (RR$ > =
        CHR$ (65) AND RR$ < = CHR$ (
        69)) THEN 1331
-----------------------
1313  IF RR$ = CHR$ (13) OR RR$ = CHR$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(32) THEN 1320
-----------------------
1314  GOTO 1310
-----------------------
1320  IF RR$ = CHR$ (32) THEN VTAB VC
  * : HTAB HD
  * : PRINT "?"; SPC( HC - HD - 1)
  * : GOTO 1300
-----------------------
1330  IF RR$ = CHR$ (13) THEN RETURN
-----------------------
1331  IF RR$ = CHR$ (65) THEN POKE 33,
      40
  * : POP
  * : GOTO 4000
-----------------------
1332  IF RR$ = CHR$ (66) THEN POKE 33,
      40
  * : POP
  * : GOTO 5000
-----------------------
1333  IF RR$ = CHR$ (67) THEN POKE 33,
      40
  * : POP
  * : GOTO 67
-----------------------
1334  IF RR$ = CHR$ (68) THEN 1310
-----------------------
1335  IF RR$ = CHR$ (69) THEN POKE 33,
      40
  * : HOME
  * : POP
  * : GOTO 7000
-----------------------
1338  PRINT RR$
    : S$ = S$ + RR$
-----------------------
1340  VTAB VC
    : HC = HC + 1
-----------------------
1350  IF HC < = MX THEN HTAB HC
  * : GOTO 1310
-----------------------
1360  HTAB HC - 1
    : PRINT CHR$ (7)
    : VTAB VC
    : HTAB HD
    : PRINT "?"; SPC( HC - HD - 1)
    : GOTO 1300
-----------------------
1500  I = R / 100
    : J = INT (I)
    : C = I - J
-----------------------
1505  IF J > 142 THEN 1200
-----------------------
1510  CA = C * (C1(J + 1) - C1(J)) + C
      1(J)
-----------------------
1520  CB = C * (C2(J + 1) - C2(J)) + C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2(J)
-----------------------
1530  RAP = 1.355 * R * (4.6 * Z4 - 77
          .55 * AP + 2018.7) / (11783
          - R)
-----------------------
1540  CD = C * (C4(J + 1) - C4(J)) + C
          4(J)
-----------------------
1550  CE = C * (C5(J + 1) - C5(J)) + C
          5(J)
-----------------------
1570  RC = (M1 * CA + M2 * CB + RAP +
          M4 * CD + M5 * CE)
    : R = R - RC
    : RETURN
-----------------------
3000  DIM F3(150)
-----------------------
3010  FOR I = 10 TO 142
-----------------------
3020    READ F3(I)
-----------------------
3030  NEXT I
-----------------------
3050  DATA  1.24,1.37,1.50,1.64,1.78,1
          .92,2.06,2.21,2.36,2.51,2.66
          ,2.82,2.98,3.14,3.30,3.47,3.
          64,3.81,3.99,4.17,4.35,4.53,
          4.72,4.91,5.10,5.30
-----------------------
3051  DATA  5.50,5.70,5.91,6.12,6.34,6
          .56,6.79,7.02,7.25,7.49,7.73
          ,7.98,8.23,8.48,8.74,9.00,9.
          27,9.54,9.81,10.09,10.37,10.
          65,10.94,11.23,11.53
-----------------------
3052  DATA  11.83,12.13,12.43,12.74,13
          .05,13.36,13.68,14.00,14.32,
          14.64,14.96,15.29,15.62,15.9
          6,16.30,16.64,16.99,17.34,17
          .69,18.04,18.39,18.75,19.11,
          19.48,19.86
-----------------------
3053  DATA  20.23,20.60,20.98,21.36,21
          .75,22.14,22.54,22.94,23.35,
          23.76,24.17,24.59,25.02,25.4
          5,25.88,26.32,26.76,27.21,27
          .66,28.12,28.58,29.05,29.52,
          30.00,30.49
-----------------------
3054  DATA    30.98,31.48,31.99,32.50,
          33.02,33.55,34.09,34.64,35.1
          9,35.75,36.32,36.90,37.50,38
          .11,38.74,39.39,40.06,40.73,
          41.41,42.11,42.84,43.60,4.40
          ,45.24,46.13,47.07,48.06,49.
          13,50.31,51.66,53.26,55.45
-----------------------
3100  DIM C1(150)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3110  FOR I = 10 TO 142
3120     READ C1(I)
3130  NEXT I
3150  DATA  7,8,9,9,10,11,12,12,13,13,
          14,15,15,16,16,17,18,18,19,1
          9,20,20,21,21,22,22,22,23,23
          ,24,24,24,25,25,26,26,26,27,
          27,28,28,28,28,29,29,29,29,2
          9,30,30,30
3160  DATA  30,30,31,31,31,31,31,32,32
          ,32,32,32,33,33,33,33,33,34,
          34,34,34,34,35,35,35,35,35,3
          6,36,36,36,36,37,37,37,37,37
          ,38,38,38,38,38,38,38,38,38,
          38,39,39,39
3170  DATA  39,39,40,40,40,40,40,41,41
          ,41,41,41,42,42,42,42,42,43,
          43,43,43,43,44,44,44,45,45,4
          5,46,46,47,47
3200  DIM C2(150)
3210  FOR I = 10 TO 142
3220     READ C2(I)
3230  NEXT I
3250  DATA  37,40,42,45,48,50,52,54,56
          ,58,59,60,61,62,63,63,63,63,
          63,63,62,61,60,58,57,55,53,5
          1,48,46,43,40,37,34,30,27,24
          ,20,16,13,9,5,1,-3,-7,-11,-1
          5,-19,-23,-27,-31
3260  DATA  -35,-39,-43,-47,-51,-55,-5
          9,-63,-67,-71,-75,-79,-83,-8
          7,-91,-95,-99,-102,-106,-110
          ,-114,-117,-121,-124,-128,-1
          32,-135,-139,-143,-147,-151,
          -155,-159,-163,-167,-171,-17
          5,-180,-184,-188,-192,-197,-
          201,-206,-210,-215,-219,-224
          ,-228,-
3270  DATA  -238,-242,-247,-252,-257,-
          262,-267,-272,-278,-283,-288
          ,-294,-299,-305,-311,-317,-3
          23,-329,-335,-342,-349,-355,
          -362,-370,-378,-386,-394,-40
          3,-412,-421,-430,-440
3280  DIM BE(9)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3281  FOR I = 1 TO 9
    :   READ BE(I)
    : NEXT
-----------------------
3282  DATA   0,-26,-34,-40,-43,-44,-45
         ,-44,-43
-----------------------
3290  RETURN
-----------------------
3400  DIM C4(150)
-----------------------
3410  FOR I = 10 TO 142
-----------------------
3420    READ C4(I)
-----------------------
3430  NEXT I
-----------------------
3450  DATA  1,1,1,2,2,2,2,2,3,3,3,3,3,
         4,4,4,4,4,5,5,5,5,6,6,7,7,7,
         8,8,9,9,9,10,10,11,11,11,12,
         12,13,13,13,13,14,14,14,14,1
         4,15,15,15
-----------------------
3460  DATA  15,15,15,15,15,15,15,14,14
         ,14,14,14,13,13,13,13,12,12,
         11,11,11,10,10,9,9,9,8,8,7,7
         ,7,6,6,5,5,5,4,4,3,3,3,2,2,1
         ,1,0,0,-1,-1,-2
-----------------------
3470  DATA   -2,-3,-3,-4,-4,-4,-5,-5,-
         6,-6,-6,-7,-7,-8,-8,-8,-9,-9
         ,-10,-10,-10,-10,-11,-11,-11
         ,-11,-11,-12,-12,-12,-12,-12
-----------------------
3500  DIM C5(150)
-----------------------
3510  FOR I = 10 TO 142
-----------------------
3520    READ C5(I)
-----------------------
3530  NEXT I
-----------------------
3550  DATA  0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,2,2,2,
         3,3,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10
         ,10,11,11,12,13,14,14,15,16,
         17,18,19,20,21,22,23,25,26,2
         7,28,30,31,33,34
-----------------------
3560  DATA  36,37,39,40,42,44,46,47,49
         ,51,53,55,56,58,60,62,64,66,
         68,70,72,74,76,78,80,82,84,8
         6,88,90,92,94,96,99,101,104,
         106,109,111,113,116,118,121,
         123,126,129,131,134,136,139
-----------------------
3570  DATA  141,144,147,149,152,155,15
         7,160,163,166,169,172,175,17
         9,182,185,188,191,195,199,20
         3,207,211,215,219,223,228,23
         3,238,244,251,259
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3575  DIM C7(150)
3578  FOR I = 10 TO 142
3580     READ C7(I)
3582  NEXT I
3584  DATA .2,.3,.3,.4,.4,.5,.6,.6,.7,
        .8,.9,1,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,
        1.7,1.9,2.1,2.4,3,3,4,4,4,4,
        4,4,5,5,5,6,6,7,7,8,8,9,10,1
        0,11,11,12,12,13,14,14,15,16
        ,17
3588  DATA      18,19,20,21,22,23,24,25
        ,26,27,28,29,30,32,33,35,36,
        37,38,40,41,43,45,47,49,51,5
        3,55,57,59,61,64,66,69,71,73
        ,76,79,81,84,87,90,93,96,99,
        102,105,108,112,116
3590  DATA      120,124,128,132,136,14
        0,145,150,155,160,165,170,17
        6,182,188,194,200,207,214,22
        2,229,237,246,256,266,277,28
        9,302,317,334,354,384
3600  DIM C6(150)
3610  FOR I = 10 TO 142
3620     READ C6(I)
3630  NEXT I
3650  DATA  .5,.6,.8,.9,1.0,1.2,1.4,1.
        5,1.7,1.9,2.1,2.3,2.5,2.8,3.
        0,3.3,3.6,3.9,4.2,4.6,5,5,6,
        6,7,7,8,8,9,9,10,11,11,12,12
        ,13,14,15,15,16,17,18,19,19,
        20,21,22,23,24,25,26
3660  DATA  27,28,30,31,32,33,34,35,36
        ,37,38,39,41,42,43,44,45,47,
        48,49,50,52,53,55,56,57,58,6
        0,62,63,64,66,68,69,71,73,74
        ,76,77,79,81,82,84,86,88,90,
        92,93,95,97
3670  DATA  99,101,103,105,107,109,111
        ,113,115,117,119,122,124,127
        ,129,131,134,136,139,142,145
        ,148,151,154,158,161,165,169
        ,173,178,184,191
3680  RETURN
3682  HOME
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     : GOSUB 3000
     : SPEED= 70
     : INVERSE
-----------------------
3685  VTAB 12
     : HTAB 11
     : PRINT "GUNNERY  CONTROL  VER2.1
         "
     : NORMAL
     : SPEED= 255
     : GOSUB 3400
-----------------------
3700  HOME
-----------------------
3710  PRINT TAB( 17)
     : INVERSE
-----------------------
3720  PRINT "SELECTED MODES"
     : NORMAL
-----------------------
3723  PRINT
-----------------------
3725  PRINT
     : PRINT TAB( 14)" : CORRECTION MO
         DE"
-----------------------
3730  PRINT
     : PRINT TAB( 14)" : DETECTION MOD
         E"
-----------------------
3740  PRINT
     : PRINT TAB( 14)" : ACTION MODE"
-----------------------
3750  PRINT
     : PRINT TAB( 14)" : LOCK MODE"
-----------------------
3760  PRINT
     : PRINT TAB( 14)" : SPOT MODE"
-----------------------
3761  POKE 34,33
     : VTAB 20
     : PRINT "Research & Developed by"
-----------------------
3762  VTAB 22
     : PRINT "Computer Research and Se
         rvice Center"
-----------------------
3763  VTAB 23
     : PRINT "King Mongkut Institutes
         of"
-----------------------
3764  VTAB 24
     : PRINT "Technology Ladkrabang"
     : POKE 34,0
-----------------------
3770  K% = PEEK ( - 16384)
     : POKE - 16368,0
-----------------------
3800  IF K% = 193 THEN 4000
-----------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3810  IF K% = 194 THEN 5000
-----------------------
3850  GOTO 3770
-----------------------
4000  HOME
    : VTAB 1
    : PRINT TAB( 14);
    : INVERSE
    : PRINT "CORRECTION MODE"
    : NORMAL
-----------------------
4010  VTAB 3
-----------------------
4020  PRINT "1.PROJECTILE VELOCITY  =
        ";Z1;" FT/SEC"
-----------------------
4025  VTAB 5
-----------------------
4030  PRINT "2.PROJECTILE WEIGHT    =
        ";Z2;" LBS"
-----------------------
4035  VTAB 7
-----------------------
4040  PRINT "3.AIR PRESSURE         =
        ";AP;" INCHES"
-----------------------
4045  VTAB 9
-----------------------
4048  PRINT "4.AIR TEMPERATURE      =
        ";Z4;" DEG F"
-----------------------
4050  VTAB 11
-----------------------
4051  PRINT "5.WIND SPEED           =
        ";ZA;" KNOT"
-----------------------
4052  VTAB 13
-----------------------
4053  PRINT "6.WIND ANGLE           =
        ";LW;" DEG"
-----------------------
4057  VTAB 15
    : PRINT "7.PREPARATION TIME(TP) =
        ";TP;" SEC"
-----------------------
4058  IF HU$ = "HHMM" THEN VTAB 17
  * : PRINT "8.TIME                 =
        "; LEFT$ (HU$,2);":";
        RIGHT$ (HU$,2)
  * : GOTO 4060
-----------------------
4059  HTAB 1
    : VTAB 17
    : PRINT "8.TIME                 =
        ";
    : GOSUB 8280
    : HU$ = T$
    : PRINT LEFT$ (HU$,2);":"; MID$ (
        HU$,3,2);":"; RIGHT$ (HU$,2)
-----------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4060  K% = PEEK ( - 16384)
    : POKE - 16368,0
-----------------------
4070  IF K% < 177 OR K% > 184 AND K% <
        194 THEN 4152
-----------------------
4080  ON K% - 176 GOTO 4200,4300,4400,
        4500,4600,4700,4800,4900
-----------------------
4090  ON K% - 193 GOTO 5000,67,4152,41
        52
-----------------------
4152  IF HU$ = "HHMM" THEN 4060
-----------------------
4153  GOSUB 8280
    : HU$ = T$
-----------------------
4155  HTAB 1
    : VTAB 17
    : PRINT "8.TIME                    =
        "; LEFT$ (HU$,2);":"; MID$
        (HU$,3,2);":"; RIGHT$ (HU$,2
        )
-----------------------
4160  GOTO 4060
-----------------------
4200  VC = 23
    : HD = 26
    : MX = 32
    : FLASH
    : VTAB 23
    : HTAB 1
    : PRINT "1.BORE DIAMETER           =
        ?"
    : GOSUB 1300
-----------------------
4210  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4270
-----------------------
4220  Z1 = VAL (S$) - 3
    : IF Z1 > .02 THEN 4260
-----------------------
4230  IF Z1 < 0 THEN PRINT CHR$ (7)
  * : GOTO 4200
-----------------------
4240  I = Z1 * 400 + 1
    : C = I - INT (I)
-----------------------
4250  Z1 = 2700 - BE( INT (I)) - C * (
        BE( INT (I + 1)) - BE( INT (
        I)))
    : Z1 = INT (Z1 * 10 + .5) / 10
    : GOTO 4294
-----------------------
4260  Z1 = 2700 - 43 / .03 * (Z1 - .05
        )
    : Z1 = INT (Z1 * 10 + .5) / 10
    : GOTO 4294
-----------------------
4270  FLASH
    : VTAB 23
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    : HTAB 1
-----------------------
4280  PRINT "1.PROJECTILE VELOCITY  =
        ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
-----------------------
4290  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
-----------------------
4292  NORMAL
    : Z1 = VAL (S$)
-----------------------
4294  M1 = (Z1 - 2600) / 10
-----------------------
4296  IF LEN ( STR$ (Z1)) > 7 THEN Z1
        = VAL ( LEFT$ ( STR$ (Z1),7)
        )
-----------------------
4298  VTAB 3
    : HTAB 26
    : PRINT Z1;" FT/SEC          "
    : GOTO 4950
-----------------------
4300  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 32
-----------------------
4310  VTAB 23
    : PRINT "2.PROJECTILE WEIGHT    =
        ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
-----------------------
4315  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
-----------------------
4318  NORMAL
    : Z2 = VAL (S$)
-----------------------
4320  M2 = 13.05 - Z2
-----------------------
4330  HTAB 26
    : VTAB 5
    : PRINT Z2;" LBS          "
    : GOTO 4950
-----------------------
4400  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 33
-----------------------
4410  VTAB 23
    : PRINT "3.AIR PRESSURE        =
        ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
-----------------------
4415  NORMAL
    : AP = VAL (S$)
-----------------------
4420  HTAB 26
    : VTAB 7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    : PRINT AP;" INCHES       "
-----------------------
4440  GOTO 4950
-----------------------
4500  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 29
-----------------------
4510  VTAB 23
    : PRINT "4.AIR TEMPERATURE       =
          ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
-----------------------
4515  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
-----------------------
4518  NORMAL
    : Z4 = VAL (S$)
-----------------------
4520  M4 = (59 - Z4) / 10
-----------------------
4530  HTAB 26
    : VTAB 9
    : PRINT Z4;" DEG F       "
    : GOTO 4950
-----------------------
4600  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 30
-----------------------
4610  VTAB 23
    : PRINT "5.WIND SPEED            =
          ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
-----------------------
4615  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
-----------------------
4618  NORMAL
    : ZA = VAL (S$)
-----------------------
4640  HTAB 26
    : VTAB 11
    : PRINT ZA" KNOT         "
    : GOTO 4950
-----------------------
4700  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 32
-----------------------
4710  VTAB 23
    : PRINT "6.WIND ANGLE            =
          ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
-----------------------
4715  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
-----------------------
4718  NORMAL
    : LW = VAL (S$)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4730  HTAB 26
    : VTAB 13
    : PRINT LW;" DEG       "
    : GOTO 4950
```

```
4800  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 29
```

```
4810  VTAB 23
    : PRINT "7.PREPARATION TIME(TP) =
        ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
```

```
4815  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
```

```
4818  NORMAL
    : TP = VAL (S$)
```

```
4830  HTAB 26
    : VTAB 15
    : PRINT TP;" SEC       "
    : GOTO 4950
```

```
4900  FLASH
    : VC = 23
    : MX = 30
```

```
4910  VTAB 23
    : PRINT "8.TIME                =
        ?"
    : HD = 26
    : GOSUB 1300
```

```
4913  HTAB 1
    : PRINT SPC( 40)
```

```
4915  IF S$ = CHR$ (32) THEN 4950
```

```
4918  NORMAL
    : HU$ = MID$ (S$,2)
```

```
4930  HTAB 26
    : VTAB 17
    : PRINT LEFT$ (HU$,2);":"; RIGHT$
        (HU$,2)
```

```
4935  GOSUB 8230
```

```
4950  NORMAL
    : VTAB VC
    : HTAB 1
    : PRINT SPC( 40)
    : GOTO 4060
```

```
5000  HOME
    : VTAB 1
    : PRINT TAB( 14);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    : INVERSE
    : PRINT "DETECTION MODE"
    : NORMAL
-----------------------
5001  CZ = 0
    : IF HU$ = "HHMM" THEN HOME
  * : FOR I = 1 TO 10
  * :   VTAB 12
  * :   HTAB 20
  * :   FLASH
  * :   PRINT "SET TIME"
  * :   NORMAL
  * :   PRINT CHR$ (7)
  * : NEXT
  * : FOR I = 1 TO 500
  * : NEXT
  * : GOTO 4000
-----------------------
5010  VTAB 7
    : HTAB 1
    : PRINT "1.FIRST TARGET DISTANCE
          = ";MA$; TAB( 35)"YDS*"
-----------------------
5020  VTAB 9
    : PRINT "2.SECOND TARGET DISTANCE
          = ";MB$; TAB( 35)"YDS*"
-----------------------
5110  VTAB 22
    : VC = 22
    : MX = 34
-----------------------
5120  PRINT "***LATEST TARGET DISTANCE
          = ?";
    : PRINT TAB( 35)"YDS***"
-----------------------
5122  HD = 29
    : GOSUB 1300
-----------------------
5123  IF S$ = " " THEN HOME
  * : GOTO 5000
-----------------------
5124  GOSUB 8280
    : GOSUB 9000
    : IF PEEK (255) = 1 THEN 5000
-----------------------
5125  ST = 60 * (60 * VAL ( LEFT$ (T$,
        2)) + VAL ( MID$ (T$,3,2)))
        + VAL ( RIGHT$ (T$,2))
    : R = VAL (S$)
-----------------------
5138  IF R1 = 0 AND R2 = 0 THEN R2 = R
  * : T2 = ST
  * : L2 = ZT
  * : MB$ = STR$ (R2)
  * : GOTO 5010
-----------------------
5140  R1 = R2
    : T1 = T2
    : L1 = L2
    : L2 = ZT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    : R2 = R
    : T2 = ST
    : MA$ = STR$ (R1)
    : MB$ = STR$ (R2)
    : GOTO 5010
-----------------------
6000  HOME
    : VTAB 3
    : HTAB 16
    : INVERSE
    : PRINT "LOCK MODE"
    : NORMAL
-----------------------
6005  VTAB 7
    : HTAB 23
    : PRINT "********************"
    : VTAB 8
    : PRINT TAB( 23)"*"; TAB( 40)"*"
-----------------------
6010  TC = INT (TP)
    : VTAB 11
    : HTAB 7
-----------------------
6020  INVERSE
    : PRINT "TP = ";TC; TAB( 15)"SEC"
        ;
    : NORMAL
-----------------------
6022  VTAB 9
    : PRINT TAB( 23)"*"; TAB( 25)"LD
        = "; INT (LD + TD + 500.5);
      TAB( 36)"MIL"; TAB( 40)"*"
-----------------------
6030  VTAB 10
    : HTAB 23
    : PRINT "*"; TAB( 40)"*"
    : VTAB 11
    : HTAB 23
    : PRINT "********************"
    : VTAB 12
    : HTAB 23
    : PRINT "*"; TAB( 40)"*"
-----------------------
6050  VTAB 13
    : HTAB 7
    : PRINT TAB( 23);"*"; TAB( 25)"G
        = "; INT (G + TR + .5);
      TAB( 36)"YDS"; TAB( 40)"*"
-----------------------
6060  VTAB 14
    : HTAB 23
    : PRINT "*"; TAB( 40)"*"
    : VTAB 15
    : HTAB 23
    : PRINT "********************"
-----------------------
6065  IF TC = 0 THEN 6500
-----------------------
6080  GOSUB 8280
    : TT$ = T$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
6100  VTAB 11
    : PRINT TAB( 7);
    : INVERSE
    : PRINT "TP = ";TC;
    : PRINT TAB( 15)"SEC"
    : NORMAL
6105  GOSUB 8280
6108  IF TT$ = T$ THEN 6105
6109  TC = TC - 1
    : TT$ = T$
6110  IF TC = 0 THEN 6500
6116  K% = PEEK ( - 16384)
    : POKE - 16368,0
6117  IF K% = 193 THEN 4000
6120  IF K% = 194 THEN 5000
6130  IF K% = 195 THEN 67
6140  IF K% = 197 THEN HOME
  * : GOTO 7000
6150  GOTO 6100
6500  VTAB 11
    : PRINT TAB( 7)"TP = ";TC; TAB( 1
      5)"SEC"
6520  PRINT CHR$ (7)
6610  VTAB 22
    : HTAB 19
6620  INVERSE
    : PRINT "FIRE"
    : NORMAL
6630  FOR I = 1 TO 1000
    : NEXT
    : GOTO 67
7000  POKE 34,3
    : PRINT
    : PRINT
    : PRINT
    : PRINT
    : PRINT
    : PRINT
    : PRINT
    : PRINT CHR$ (7)
    : VTAB 1
    : PRINT TAB( 17);
    : INVERSE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     : PRINT " SPOT MODE "
     : POKE 34,33
-----------------------
7010  POKE 32,3
     : POKE 33,1
     : VTAB 19
     : PRINT "*****"
     : POKE 32,39
     : VTAB 19
     : PRINT "*****"
     : POKE 32,3
     : POKE 33,40
     : VTAB 18
     : PRINT "**************************
        ***************"
     : VTAB 24
     : PRINT "**************************
        ***************"
-----------------------
7020  POKE 32,3
     : NORMAL
     : VTAB 20
     : HTAB 3
     : PRINT "DEFLECTION CORRECTION =
        ?       MIL"
     : VTAB 22
     : HTAB 8
     : PRINT "RANGE CORRECTION = ?
           YDS"
     : POKE 32,0
     : POKE 34,0
-----------------------
7030  VC = 20
     : HD = 30
     : MX = 36
     : GOSUB 1300
     : IF S$ = CHR$ (32) THEN 7050
-----------------------
7040  TD = TD + VAL (S$)
-----------------------
7050  VC = 22
     : HD = 30
     : MX = 36
     : GOSUB 1300
     : IF S$ = CHR$ (32) THEN 7020
-----------------------
7060  TR = TR + VAL (S$)
-----------------------
7070  GOTO 7020
-----------------------
8010  A = A + 240
-----------------------
8020  POKE - 16221,138
     : POKE - 16224,255
-----------------------
8030  POKE - 16224,A
-----------------------
8040  A = A - 64
     : POKE - 16224,A
-----------------------
```

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
8050  POKE - 16222,D
-----------------------
8060  A = A - 32
    : POKE - 16224,A
-----------------------
8070  A = A + 32
    : POKE - 16224,A
-----------------------
8080  A = A - 176
-----------------------
8090  RETURN
-----------------------
8110  A = A + 240
-----------------------
8120  POKE - 16221,139
    : POKE - 16224,255
-----------------------
8130  POKE - 16224,A
-----------------------
8140  A = A - 64
    : POKE - 16224,A
-----------------------
8150  A = A - 16
    : POKE - 16224,A
-----------------------
8160  D = PEEK ( - 16222)
-----------------------
8170  A = A + 16
    : POKE - 16224,A
-----------------------
8172  D = (D / 16 - INT (D / 16)) * 16
-----------------------
8180  IF D = 15 THEN 8150
-----------------------
8190  A = A + 64
    : POKE - 16224,A
-----------------------
8200  A = A - 240
-----------------------
8210  RETURN
-----------------------
8230  A = 14
    : D = 0
    : GOSUB 8010
-----------------------
8240  FOR I = 1 TO 4
-----------------------
8250     D = VAL ( MID$ (HU$,I,1))
-----------------------
8260     A = 8 - I
    :    GOSUB 8010
    : NEXT
-----------------------
8270  A = 14
    : D = 255
    : GOSUB 8010
-----------------------
8275  RETURN
-----------------------
8280  Z$ = "000000"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
8290  T$ = ""
8300  FOR I = 1 TO 6
8310     A = 8 - I
     :   GOSUB 8110
8320     T$ = T$ + STR$ (D)
     : NEXT
8340  IF VAL (T$) < VAL (Z$) AND VAL (
         T$) > 1 THEN 8290
8350  Z$ = T$
     : RETURN
9000  POKE - 16221,139
     : POKE - 16224,255
     : POKE 255,0
9005  ZT = PEEK ( - 16220)
     : IF ZT < 224 THEN 9040
9010  ZT = 16 * (ZT / 16 - INT (ZT / 1
         6))
     : ZT = 4096 * ZT + 256 * INT (
         PEEK ( - 16222) / 16) + PEEK
         ( - 16223)
9020  IF ZT > 32768 THEN ZT = ZT - 655
         36
9030  ZT = ZT / 100
     : RETURN
9040  HOME
     : VTAB 10
     : HTAB 15
     : FLASH
     : PRINT "TARGET ANGLE OVERFLOW"
     : NORMAL
     : POKE 255,1
9050  POKE - 16224,127
     : FOR I = 1 TO 100
     :   VTAB 1
     :   PRINT CHR$ (7)
9051  NEXT
9052  GOTO 5000
10000 HOME
     : SR% = 1
     : FOR I = 1 TO 10
     :   VTAB 10
     :   HTAB 15
     :   FLASH
     :   PRINT "ERROR MESSAGE"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
:    NORMAL
:    PRINT CHR$ (7)
: NEXT
: FOR J = 1 TO 100
: NEXT
: GOTO 5000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 3

ผลงานวงจรสร้างพัลซ์ ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร

PROCEEDINGS OF THE IEEE

สหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 71, NO. 10, OCTOBER 1983

An Improved Counting and Direction-Sensing Circuit for N/C Systems

P. THAJCHAYAPONG, M. CHINAKARN, P. MANUSMONGKOL, AND P. ASSAVAVIMOL

Abstract—A new counting and direction-sensing circuit which produces twice as many counting pulses as that of an earlier design is described. It offers two alternative advantages, i.e., it may be regarded as doubling the accuracy of displacement measurement or relaxing the stringent resolution requirement of a transducer, such as the Moiré transducer, by half.

Introduction

A numerical controlled system always requires a transducer, such as the Moiré transducer, an inductosyn, etc., for measuring the position and displacement [1]. The Moiré transducer [2] for example, after sensing by photocells, generates a pair of sinusoidal waveforms. These two waves either lead or lag each other by 90° depending on whether the direction of motion is forward or reverse. The counting and direction sensing is then done by a digital circuit. Such circuit as described in [2] serves this purpose well except for the fact that it uses only one pulse edge for counting in one direction, e.g., the leading edge for forward counting and the trailing edge for reverse counting [2, figs. 1 and 2]. This letter describes an improved version of the circuit which uses both pulse edges for either forward or reverse counting. Hence, an increase in accuracy by twice as much.

Circuit Description

Figs. 1 and 2, respectively, illustrate the proposed circuit and its signals at various nodes. Most of the circuit operations are self-explained by Fig. 2(a) and (b). The capacitors and resistors are included for the purpose of adjusting the pulsewidth at nodes (5) and (9). The counting pulses always appear at (5) and (9), while the signal levels at (7) and

Manuscript received January 28, 1982.

The authors are with the Computer Research and Service Centre, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang Campus, Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0018-9219/83/1000-1229$01.00 ©1983 IEEE

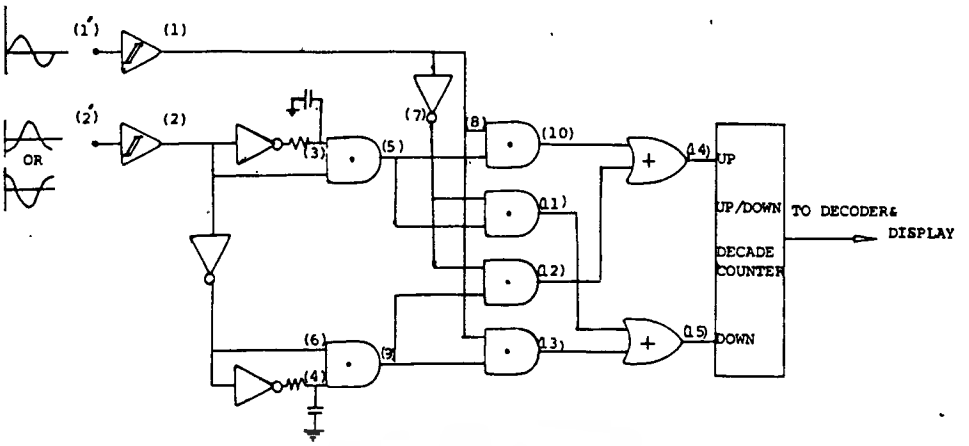


Fig. 1. Circuit for counting and direction sensing.

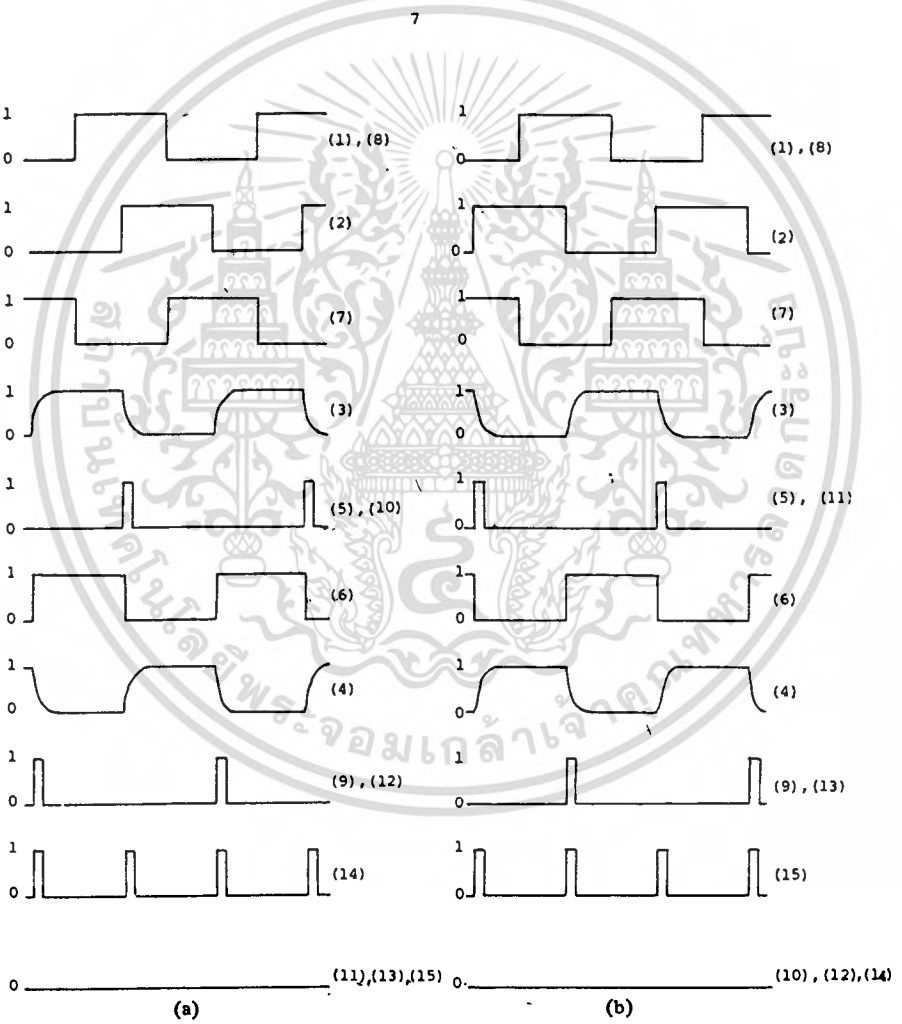


Fig. 2. Voltage signals at various points of the circuit. (a) Forward counting. (b) Backward counting.

) enable either the forward pulses at (10) and (12) or the reverse ılses at (11) and (13).

Conclusions

An improved counting and direction-sensing circuit for an N/C system s been described. As it provides a number of counting twice as large that of a previous design, its advantages can be interpreted in two ays. For a given transducer, it doubles the accuracy of displacement easurement. Alternatively, for a given length of displacement, the stringent requirement on the transducer resolution can be relaxed, e.g., the number of grating lines on the Moiré transducer [2] can be reduced by half.

References

[1] N. O. Oleson, *Numerical Control*. New York: Wiley-Interscience, 1970.

[2] R. Hariharan and B. S. Majumder, "Moiré displacement transducer for N/C systems," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. IM-27, no. 1, pp. 8–10, Mar. 1978.

ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 4

ตารางไอซีที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ไอซีเรียงตาม NOMENCLATURE

NOMENCLATURE	DEVICE	LOCATION
U1 - U 9	2732	วงจรหน่วยเก็บโปรแกรม
U10	74LS244	,,
U11	74LS09	,,
U12	74LS138	,,
U13	74LS11	,,
U14 - U15	74LS74	,,
U16	74LS244	วงจรหน่วยนาฬิกาและหน่วยนับพัลซ์
U17 - U20	74LS193	,,
U21	1489	,,
U22 - U23	74LS244	,,
U24	MM58174	,,
U25	8255	,,
U26	74LS32	,,
U27	74LS04	,,
U28	74LS00	,,
U29	74LS14	วงจรหน่วยสร้างพัลซ์
U30	74LS08	,,
U31	74LS51	,,
U32	1488	,,
U33 - U34	LM380	,,
U35	2716	,,
U36	74LS123	,,
U37	74LS374	,,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 เรียงตาม DEVICE

DEVICE	AMT	NOMENCLATURE
1488	1	U32
1489	1	U21
2716	1	U35
2732	9	U1 - U9
LM380	2	U33 - U34
MM58174	1	U24
74LS00	1	U28
74LS04	1	U27
74LS08	1	U30
74LS09	1	U11
74LS11	1	U13
74LS14	1	U29
74LS32	1	U26
74LS51	1	U31
74LS74	2	U14 - U15
74LS123	1	U36
74LS138	1	U12
74LS193	4	U17 - U20
74LS244	4	U10, U16, U22, U23
74LS374	1	U37
8255	1	U25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมบูทสแทรป (BOOTSTRAP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
F100-   A2 A9       LDX   #$A9
F102-   BD 4F F0    LDA   $F04F,X
F105-   9D 4F 00    STA   $004F,X
F108-   CA          DEX
F109-   D0 F7       BNE   $1102
F10B-   8D C0 C0    STA   $C0C0
F10E-   A9 10       LDA   #$10
F110-   85 FF       STA   $FF
F112-   20 54 F1    JSR   $F154
F115-   8D C1 C0    STA   $C0C1
F118-   A9 30       LDA   #$30
F11A-   85 FF       STA   $FF
F11C-   20 54 F1    JSR   $F154
F11F-   8D C2 C0    STA   $C0C2
F122-   A9 50       LDA   #$50
F124-   85 FF       STA   $FF
F126-   20 54 F1    JSR   $F154
F129-   8D C3 C0    STA   $C0C3
F12C-   A9 70       LDA   #$70
F12E-   85 FF       STA   $FF
F130-   20 54 F1    JSR   $F154
F133-   A9 8D       LDA   #$8D
F135-   8D 00 0C    STA   $0C00
F138-   A9 C4       LDA   #$C4
F13A-   8D 01 0C    STA   $0C01
F13D-   A9 C0       LDA   #$C0
F13F-   8D 02 0C    STA   $0C02
F142-   A9 4C       LDA   #$4C
F144-   8D 03 0C    STA   $0C03
F147-   A9 AD       LDA   #$AD
F149-   8D 04 0C    STA   $0C04
F14C-   A9 1F       LDA   #$1F
F14E-   8D 05 0C    STA   $0C05
F151-   4C 00 0C    JMP   $0C00
F154-   A9 00       LDA   #$00
F156-   85 FC       STA   $FC
F158-   A9 D0       LDA   #$D0
F15A-   85 FD       STA   $FD
F15C-   A9 00       LDA   #$00
F15E-   85 FE       STA   $FE
F160-   A2 20       LDX   #$20
F162-   A0 00       LDY   #$00
F164-   B1 FC       LDA   ($FC),Y
F166-   91 FE       STA   ($FE),Y
F168-   88          DEY
F169-   D0 F9       BNE   $1164
F16B-   E6 FD       INC   $FD
F16D-   E6 FF       INC   $FF
F16F-   CA          DEX
F170-   30 02       BMI   $1174
F172-   D0 F0       BNE   $1164
F174-   60          RTS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้