สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

# MUZZLE VELOCITY MEASUREMENT BY MICROCOMPUTER

พันโท เจนยุทธ จอมพุทธางกูร

LT. COL. JANEYUT CHOMPUTHANGKOON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2536

ISBN 974-621-166-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่ ๔
เลขทะเบียน 21396
วัน, เดือน, ปี 19 ก.ย. 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MUZZLE VELOCITY MEASUREMENT BY MICROCOMPUTER

LT. COL. JANEYUT CHOMPUTHANGKOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED PHYSICS

GRADUATE SCHOOL

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1993

ISBN 974-621-166-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** การวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

**นักศึกษา** พันโท เจนยุทธ จอมพุทธางกูร

**อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์** ผศ.ดร.เสน่ห์ เอกะวิภาต

**ระดับการศึกษา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

**ภาควิชา** ฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**พ.ศ.** 2536

## บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ โดยมีหัววัดทางแสง ระบบการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ และ การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่นี้ สามารถวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนได้ในช่วง 100 ถึง 2,000 เมตร/วินาที โดยค่าความเร็วต้นจะแสดงในทันที ที่จอแสดงผล เครื่องมือนี้ ใช้ทดสอบขีดความสามารถของอาวุธ และกระสุน เพื่อประโยชน์ในการจัดปืนใหญ่สนาม ให้อยู่ในรูปของ กองร้อย หรือ กองพันทหารปืนใหญ่สนามได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Muzzle Velocity Measurement by Microcomputer |
| **Student** | Lt. Col. Janeyut Chomputhangkoon |
| **Thesis Advisor** | Asst. Prof. Dr. Sanay Akavipat |
| **Level of Study** | Master of Science in Applied Physics |
| **Department** | Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| **Year** | 1993 |

# ABSTRACT

This thesis is concerned about muzzle velocity measurement using optical detector system, interfacing system and data analysis part. Such instrument is able to measure howitzer muzzle velocity range from 100 to 2,000 m/s. The muzzle velocity was displayed on monitor. This instrument is used for testing the capability of armaments and ammunitions. It can also be used in field howitzers organization in the level of artillery company or the artillery battalion.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง แด่

พณฯ พล.อ.สุจินดา คราประยูร ที่ได้กรุณาอนุมัติให้เข้ารับการศึกษา พร้อมกับสนับสนุนงบประมาณราชการให้เป็นค่าใช้จ่าย

พล.อ.ไพบูลย์ เอมพันธุ์ ได้กรุณาส่งชื่อเข้าศึกษา โดยใช้งบประมาณของ ทบ.

พล.ท.วิศาล ก้องวาลไกล พ.อ.สมัย แกล้วกล้า พ.อ.ประเสริฐ กาสุวรรณ และ พ.อ.สังเวียน แย้มสิน ได้กรุณาให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย

พล.ท. สมศักดิ์ ศิริชุ่ม พล.ต.พิทักษ์ จิตต์แจ้ง และ พ.อ.แช่ม กรมสุริยศักดิ์ ได้กรุณาให้การสนับสนุน เกี่ยวกับการดำเนินงานการทดสอบอุปกรณ์การวิจัย

พล.ต.ยรรยงค์ ว่องวิทย์ ได้กรุณาแนะนำ และ ให้การสนับสนุนในการขออนุมัติลาศึกษา

พล.ต.สงคราม เอมพันธุ์ พ.อ.สุทธิชัย บุญพิทักษ์ พ.อ.สมหมาย อินทรียงค์ พ.อ.เจริญ สรศักดิ์ พ.ท.บรรเจิด เริงใจ พ.ท.เกษม พรมเชียง ได้กรุณาสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย สำหรับการจัดทำวิทยานิพนธ์

พล.ต.ปกครอง นาถเสวี และ พ.อ.วิเชียร อรัญธิมา ได้กรุณาอนุมัติให้ไปสมัครและไปสอบเข้าศึกษาต่อได้ ซึ่งนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญ และท่านก็ยังได้กรุณาให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณแด่ ผศ.ดร.เสน่ห์ เอกะวิภาต อาจารย์จิติ หนูแก้ว คณะอาจารย์ และน้อง ๆ ปริญญาโท ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ความรู้ ประสบการณ์ พร้อมกับเสนอแนะ ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการดำเนินงานการวิจัยนี้ ให้สำเร็จลงด้วยดี

พันโท เจนยุทธ จอมพุทธางกูร


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย ..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ ..... | III |
| สารบัญ ..... | IV |
| สารบัญตาราง ..... | VII |
| สารบัญภาพ ..... | VIII |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ ..... | 1 |
| 1.1 ที่มาและมูลเหตุที่ทำการวิจัย ..... | 1 |
| 1.2 ประโยชน์ของการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ..... | 3 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... | 5 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ..... | 5 |
| 2. ทฤษฎีและหลักการ ..... | 7 |
| 2.1 ระบบการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ..... | 7 |
| 2.2 ข้อพิจารณาในการเลือกระบบตรวจจับความเร็ว ..... | 10 |
| 2.3 ทฤษฎีและหลักการของระบบตรวจจับความเร็วจากคลื่นแสง ... | 11 |
| 3. การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ ..... | 14 |
| 3.1 การเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์ ..... | 14 |
| 3.2 ฮาร์ดแวร์อินพุท/เอาท์พุท สำหรับ ไมโครคอมพิวเตอร์ ..... | 19 |
| 3.3 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ..... | 28 |
| 3.4 เทคนิคการเชื่อมต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เข้ากับพริ้นเตอร์พอร์ท ..... | 33 |
| 3.5 ภาษาเบสิกสำหรับการอินพุท/เอาท์พุทข้อมูล ..... | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| 4. การดำเนินงานวิจัย ..... | 45 |
| 4.1 การศึกษาข้อมูลและการเตรียมการ ..... | 45 |
| 4.2 การจัดสร้างระบบอุปกรณ์ ..... | 46 |
| 4.3 การทดสอบระบบอุปกรณ์ ..... | 62 |
| 5. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ..... | 68 |
| 5.1 ผลการทดลอง ..... | 68 |
| 5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ..... | 73 |
| 6. สรุปผลการใช้เครื่องมือวัดความเร็วต้น ..... | 76 |
| 6.1 สรุปผลการใช้เครื่องมือวัดความเร็วต้น ..... | 76 |
| 6.2 การปรับมาตรฐานของเครื่องมือวัดความเร็วต้น ของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ..... | 77 |
| 6.3 การปรับวิธีการทดสอบ เพื่อให้ผลการวัดความเร็วต้น ฯ มีประสิทธิภาพ ..... | 77 |
| 6.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดค่าความแตกต่าง ซึ่งไม่สามารถ ดำเนินการแก้ไขได้ ..... | 78 |
| 6.5 อุปสรรคที่เกิดขึ้นในสนามทดสอบ ..... | 78 |
| 6.6 การนำเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้งาน ..... | 79 |
| เอกสารอ้างอิง ..... | 80 |
| ภาคผนวก ก. | |
| รายละเอียดเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ..... | 82 |
| ภาคผนวก ข. | |
| ซอฟต์แวร์สำหรับการประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ .. | 84 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง หน้า

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลผลการทดสอบอาวุธและกระสุน ..... 97

ภาคผนวก ง.

อาวุธทหารปืนใหญ่สนามประเภทลำกล้อง ..... 120

ภาคผนวก จ.

ตารางชนิดและประเภทของอาวุธที่เครื่องมือ ฯ สามารถทดสอบ

วัดความเร็วต้นได้ ..... 122

ภาคผนวก ฉ.

ค่าความเร็วต้นมาตรฐานของอาวุธและกระสุนแต่ละประเภท ... 124

ประวัติผู้เขียน ..... 127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3 - 1 | การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบนไมโครคอมพิวเตอร์. | 22 |
| 4 - 1 | แสดงผลการทดสอบวัดความเร็วต้นของอาวุธและกระสุนชนิดต่าง ๆ ... | 67 |
| 5 - 1 | แสดงผลการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. บจ.7 ..... | 69 |
| 5 - 2 | แสดงจำนวนกระสุนปืน ซึ่งเครื่องมือที่วิจัย ฯ สามารถวัดความเร็วต้นได้ ..... | 71 |
| 5 - 3 | แสดงค่าเปรียบเทียบ ค่าความเร็วต้นที่วัดได้ กับผลการวัดด้วยระบบอื่น ๆ ..... | 72 |
| 5 - 4 | แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอาวุธและกระสุนปืนชนิดต่าง ๆ ..... | 75 |
| ค.- 1 | แสดงผลการยิงทดสอบปืนเล็กยาว แบบ 11 ขนาด 5.56 มม. ..... | 98 |
| ค.- 2 | แสดงผลการยิงทดสอบปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 ขนาด 5.56 มม. .. | 101 |
| ค.- 3 | แสดงผลการยิงทดสอบปืนกลเบา เอ็ม 60 ขนาด 7.62 มม. ..... | 104 |
| ค.- 4 | แสดงผลการยิงทดสอบปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1 ..... | 107 |
| ค.- 5 | แสดงผลการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7 ..... | 110 |
| ค.- 6 | แสดงผลการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 9 ..... | 113 |
| ค.- 7 | แสดงผลการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 6 ..... | 115 |
| ค.- 8 | แสดงผลการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. บจ.5 ..... | 118 |
| จ.- 1 | ชนิดและประเภทของอาวุธที่เครื่องมือ ฯ สามารถดำเนินการทดสอบวัดความเร็วต้นได้ ..... | 122 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 กระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. ที่กองทัพไทยผลิตขึ้นมาใช้ภายในประเทศ ..... 1

1.2 ลูกระเบิดยิงที่กองทัพไทยผลิตขึ้นมาใช้ภายในประเทศ ..... 2

1.3 โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ..... 3

1.4 กองพันทหารปืนใหญ่สนาม ..... 4

2.1 การหาความเร็วด้วยวิธีการเหนี่ยวนำ ..... 7

2.2 การหาความเร็วด้วยวิธีการตรวจจับจากคลื่นวิทยุ ..... 8

2.3 การหาความเร็วด้วยวิธีการตรวจจับจากคลื่นแสง ..... 9

2.4 หลักการใช้โฟโตไดโอดในการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ..... 12

3.1 การเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 14

3.2 การนำข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออก ..... 15

3.3 การนำข้อมูลในการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 16

3.4 การส่งเสียงเตือนแก่ลำโพงจากไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 16

3.5 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 17

3.6 สายข้อมูล 8 บิท ของไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 18

3.7 ระบบเลขฐานสองที่ใช้สื่อสารในไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 18

3.8 ระบบ I/O SLOT บนไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 19

3.9 ขาสัญญาณต่าง ๆ ใน I/O SLOT บนไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 20

3.10 การ์ดที่ใช้เสียบใน I/O SLOT (PC CARD) ..... 21

3.11 รายละเอียดของวงจรเอเนเบิล ..... 23

3.12 รายละเอียดของวงจรเอาท์พุทแลทช์ ..... 24

3.13 รายละเอียดการต่อวงจรเอาท์พุทแลทช์กับ LED 8 ดวง ..... 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

3.14 รายละเอียดของวงจรอินพุทบัฟเฟอร์ ..... 26

3.15 รายละเอียดการต่อสวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง กับวงจรอินพุทบัฟเฟอร์ ... 27

3.16 แสดงรายละเอียดของวงจรเปรียบเทียบแบบขนาน ..... 28

3.17 แสดงรายละเอียดของวงจรการแปลงแบบสโลปคู่ ..... 29

3.18 แสดงรายละเอียดของสัญญาณอนาลอกที่ผ่านวงจรอินทิเกรท
เปรียบเทียบกับเวลาของวงจรการแปลงแบบสโลปคู่ ..... 30

3.19 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่าผลสำเร็จ ..... 31

3.20 แสดงรายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล
แบบประมาณค่าผลสำเร็จโดยใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วย ..... 32

3.21 แสดงรายละเอียดของโปรแกรมแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล
แบบประมาณค่าผลสำเร็จในกรณีใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วยในการทำงาน .... 32

3.22 รายละเอียดของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดิจิตอลที่ทำการโปรแกรมผ่าน
วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกที่สมนัยกับค่าสัญญาณอนาลอกอินพุท .. 33

3.23 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิท
แบบ SUCCESSIVE - APPROXIMATION ..... 34

3.24 รายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ขนาด 8 บิท
แบบ R - 2R LADDER ที่เชื่อมต่อเข้ากับพริ้นเตอร์พอร์ท ..... 34

3.25 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิท
แบบ SUCCESSIVE - APPROXIMATION ..... 35

3.26 โปรแกรมอ่านค่าแรงดันอินพุทจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก
เป็นดิจิตอลทางพริ้นเตอร์พอร์ท ..... 36

3.27 แสดงวิธีการส่งข้อมูลออก ขนาด 8 บิท ..... 37

3.28 แสดงวิธีการส่งข้อมูลออก ขนาด 8 บิท โดยที่บิท D0 และ D2 เป็น 1
ส่วนบิทอื่นเป็น 0 ..... 38

3.29 แสดงวิธีการส่งข้อมูลออก ทำให้ LED ดวงที่ 4, 6 และ 7 สว่าง ..... 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

3.30 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมส่งข้อมูลออกสู่พอร์ท ..... 40

3.31 โปรแกรมส่งข้อมูลออกสู่พอร์ท ..... 41

3.32 สวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง ที่ให้ข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ ..... 42

3.33 ข้อมูล 8 บิท จากการสับสวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง ..... 43

3.34 โปรแกรมอ่านป้อนข้อมูลเข้าสู่พอร์ท ..... 43

4.1 ส่วนประกอบของหัววัดที่ทำจากโลหะโดยการ ตัด เจาะ เชื่อม
กลึง และใส ขึ้นรูป ..... 47

4.2 ส่วนประกอบของชุดหัววัดที่สร้างเสร็จแล้ว ..... 47

4.3 ส่วนประกอบภายในของหัววัด ..... 48

4.4 แสดงรายละเอียดของวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าจากโฟโตไดโอด ..... 49

4.5 การสร้างส่วนประกอบของขาตั้งหัววัด ..... 51

4.6 การนำขาตั้งหัววัดไปใช้งาน ..... 51

4.7 แสดงส่วนประกอบของชุดเชื่อมต่อ ..... 52

4.8 รูปแบบ ไอซี. ที่ใช้ในวงจรเชื่อมต่อ ..... 53

4.9 แสดงวงจร Time Base 1 mSec (Variable) ..... 53

4.10 แสดงวงจร Buffer ..... 54

4.11 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ..... 55

4.12 แสดงลักษณะของการ์ด ET - PT 8255 ..... 56

4.13 แสดงวิธีการต่อเชื่อมการ์ด ET - PC 8255 ร่วมกับชุดเชื่อมต่อ ..... 57

4.14 ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ CPU # 8088 XT ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย.. 58

4.15 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากหัววัด ..... 63

4.16 ลักษณะข้อมูลที่เก็บไว้ใน *.PRN ..... 63

5.1 แสดงการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. ..... 68

5.2 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง
ขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 7 ..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

ก.- 1 หัววัด ..... 82

ก.- 2 ชุดเชื่อมต่อ ..... 82

ก.- 3 ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล ..... 83

ก.- 4 การนำเครื่องมือวัดความเร็วต้น ฯ และอุปกรณ์ไปใช้งานในสนาม ..... 83

ข.- 1 แสดงโปรแกรม Adsec1 ..... 86

ข.- 2 แสดงโปรแกรม Adms1 ..... 87

ข.- 3 แสดงโปรแกรม Adms2 ..... 89

ข.- 4 แสดงโปรแกรม Adms3 ..... 91

ข.- 5 แสดงโปรแกรม Adms4 ..... 92

ข.- 6 แสดงโปรแกรม Adms5 ..... 93

ข.- 7 แสดงโปรแกรม Gunt ..... 96

ค.- 1 แสดงการยิงทดสอบปืนเล็กยาว แบบ 11 เอชเค 33 ขนาด 5.56 มม.. 97

ค.- 2 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนเล็กยาว แบบ 11 เอชเค 33.. 99

ค.- 3 ปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 เอ 1 ขนาด 5.56 มม. ..... 100

ค.- 4 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 เอ 1.. 102

ค.- 5 แสดงการยิงทดสอบปืนกลเบา เอ็ม 60 ขนาด 7.62 มม. ..... 103

ค.- 6 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนกลเบา เอ็ม 60 ..... 105

ค.- 7 แสดงการยิงทดสอบปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1 ขนาด .45 นิ้ว.. 106

ค.- 8 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1. 108

ค.- 9 แสดงการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม. ..... 109

ค.- 10 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของลูกระเบิดยิง
จากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7 ..... 111

ค.- 11 แสดงการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ..... 112

ค.- 12 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของลูกระเบิดยิง
จากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 9 ..... 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

ค.- 13 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของลูกระเบิดยิง
จากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 6 ..... 116

ค.- 14 แสดงการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. ..... 117

ค.- 15 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง
ขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 5 ..... 119

จ.- 1 แสดงอาวุธ และกระสุน แบบธรรมดา และกระสุนพิเศษ ..... 123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและมูลเหตุที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันกองทัพไทยได้นำเอาอาวุธและยุทโธปกรณ์ ที่มีความเจริญและก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสูง จากต่างประเทศ นำเข้ามาใช้งานกัน อย่างกว้างขวางมากยิ่ง ๆ ขึ้น ตามลำดับ ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดการประหยัด (ประหยัดกำลังพล ประหยัดเวลา และประหยัดงบประมาณ) นอกจากนี้แล้ว อาวุธและยุทโธปกรณ์ที่นำมาใช้ภายในกองทัพ จะต้องเลือกสรรค์แต่ในสิ่งที่ดี ๆ มีขีดความสามารถและมีประสิทธิภาพสูง มีอำนาจการยิงที่รุนแรง มีความถูกต้องและมีความแม่นยำสูง และจะต้องเหมาะสมกับบุคคลิกภาพของทหารไทยอีกด้วย

รูปที่ 1.1 กระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม.
ที่กองทัพไทยผลิตขึ้นมาใช้ภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาวุธที่กองทัพไทย ได้นำเข้ามาจากต่างประเทศ และอาวุธที่กองทัพไทยได้ดำเนินการสร้าง หรือผลิตขึ้นมาใช้เองภายในประเทศก็ดี แสดงดังรูปที่ 1.1 ถึง 1.3 ทั้งสองอย่าง จะต้องได้รับการทดสอบคุณภาพ (ขีดความสามารถ) เพื่อให้ได้มาตรฐานเป็นไปตามที่กำหนดเสมอ

รูปที่ 1.2 ลูกระเบิดยิงที่กองทัพไทยผลิตขึ้นมาใช้ภายในประเทศ

สำหรับหน่วยงานที่สร้างอาวุธและผลิตกระสุนปืนใหญ่เช่น ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบกนั้น การทดสอบคุณภาพ นับว่าเป็นภารกิจที่สำคัญ และมีความจำเป็นซึ่งจะต้องปฏิบัติเสมอ ๆ ทั้งนี้ ก็เพื่อให้เกิดความมั่นใจ มากที่สุด เมื่อมีโอกาสได้ใช้อาวุธและกระสุนเหล่านั้น ซึ่งกระบวนการทดสอบอาวุธและกระสุนปืนใหญ่ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันประการหนึ่ง ก็ได้แก่ **การวัดความเร็วต้น** (Muzzle velocity measurement) ของกระสุนปืนใหญ่ นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 ประโยชน์ของการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่

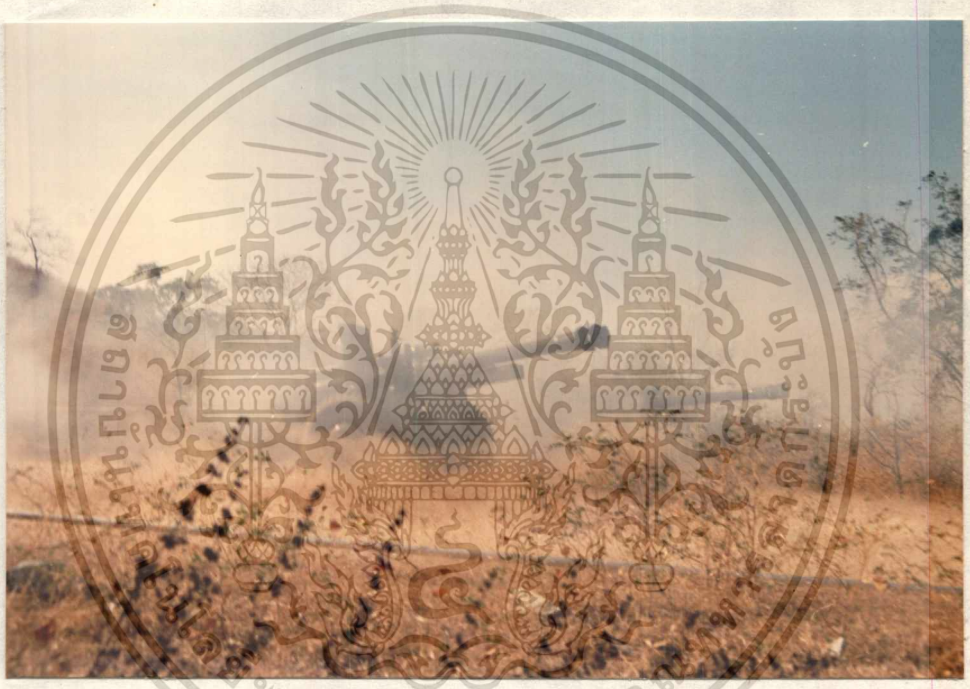
การวัดความเร็วต้นของอาวุธและกระสุนปืนใหญ่นั้น จะเป็นกระบวนการที่เป็นประโยชน์สำหรับ 2 หน่วยงาน ดังต่อไปนี้

รูปที่ 1.3 โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด

ก. หน่วยสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด และหน่วยผลิตกระสุนปืนใหญ่และลูกระเบิดยิง เพราะหน่วยงานทั้งสองนี้ จะต้องดำเนินกรรมวิธีทดสอบขีดความสามารถของอาวุธปืนที่สร้าง และกระสุนปืนที่ผลิตขึ้นมาว่า มีขีดความสามารถเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข. หน่วยทหารปืนใหญ่สนาม** แสดงดังรูปที่ 1.4 เพื่อจัดปืนใหญ่สนามให้เป็นกลุ่ม เช่น เป็นหน่วยระดับกองร้อย หรือกองพันทหารปืนใหญ่สนาม เป็นต้น โดยดำเนินการคัดเลือกจากปืนใหญ่สนาม ที่มีความเร็วต้นของกระสุนวิถีที่เท่า ๆ กัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด จัดประจำไว้ในกองร้อย หรือกองพันทหารปืนใหญ่สนามเดียวกัน ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผลการยิงทำลาย (แบบจู่โจม) เป็นพื้นที่ (เมื่อทำการยิงพร้อมกันทั้งกองร้อย หรือทั้งกองพัน) ได้ผล



รูปที่ 1.4 กองพันทหารปืนใหญ่สนาม

การวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ จึงนับว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก ๆ ซึ่งกองทัพไทยจะต้องดำเนินการเสมอ ๆ ตราบเท่าที่ยังมีหน่วยงานตามที่กล่าวมาแล้วอยู่ แต่เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่นั้น ในประเทศไทยยังไม่มีใครดำเนินการวิจัยและพัฒนาได้เป็นผลสำเร็จ อีกทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่กองทัพไทยจัดหามาแล้วจากต่างประเทศ (เพื่อใช้ในการทดสอบขีปนวิถี หรือใช้ในการวัดความเร็วต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกระสุนปืนใหญ่) นั้น บางส่วนมีการชำรุดเสียหาย และใช้งานไม่ได้ อุปกรณ์ประกอบหรืออะไหล่ภายในประเทศก็หายาก และไม่มีสนับสนุน ในบางส่วนที่มีและสามารถจัดหาได้ก็มีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นจึงเห็นสมควรดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ขึ้นมาใหม่ โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ทันสมัย และสามารถจัดหาอะไหล่ได้ภายในประเทศเป็นหลัก ทั้งนี้ก็เพื่อง่ายต่อการส่งกำลังและซ่อมบำรุงในอนาคต

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อดำเนินการศึกษาและวิจัยเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ โดยใช้ ระบบการตรวจจับความเร็วจากคลื่นแสง และใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ในการประมวลผลข้อมูล สามารถวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่และลูกระเบิดยิง ที่สร้างหรือผลิตโดยกองทัพไทย ได้ทุกขนาดและทุกประเภท

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ทั่วไป ดำเนินการวิจัยและพัฒนา เครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์เป็นผลสำเร็จ จำนวน 1 ชุด สามารถวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ได้ในช่วงความเร็วระหว่าง 100 - 2,000 เมตร/วินาที ด้วยระบบไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงผลออกมาทันทีเป็นระบบตัวเลข มีความถูกต้องสูง และง่ายต่อการนำไปใช้งานในสนาม สามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ศึกษา หรือใช้ประโยชน์ได้เป็นจำนวนมาก ๆ แสดงผลออกมาในรูปของกราฟที่จอภาพได้ และพิมพ์ผลการแสดงข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏบนจอภาพได้ทั้งหมด

1.4.2 ทางยุทธการ เป็นระบบเครื่องมือที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด และเหมาะสมกับบุคลิกภาพของคนไทย มีความง่ายในการประกอบ / ติดตั้ง และง่ายต่อการนำไปใช้งาน สามารถวัดความเร็วต้นได้ทันที และรวดเร็ว สามารถนำไปใช้งานได้กับอาวุธหลายชนิด และหลาย ๆ ประเภท มีความสะดวกในการเก็บรักษา และง่ายต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนย้าย ทั้งยังมีความเหมาะสมกับภูมิประเทศ และภูมิอากาศของประเทศไทยอีกด้วย

1.4.3 ทางการส่งกำลังและซ่อมบำรุง เป็นระบบเครื่องมือที่มีความคงทนถาวร สามารถดำเนินการส่งกำลังและซ่อมบำรุงได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วมาก โดยการใช้วัสดุและอุปกรณ์ ที่จัดหาได้ภายในประเทศ มีราคาถูก และมีประสิทธิภาพสูง นำมาดำเนินการวิจัยและพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

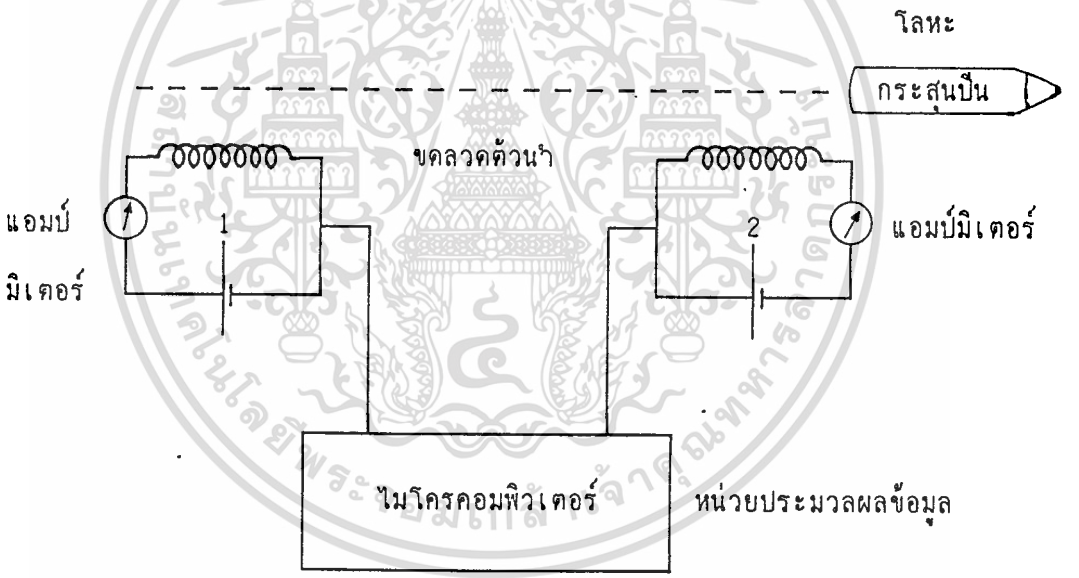
# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

## 2.1 ระบบการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่

ระบบการวัดความเร็วโดยทั่วไป มีหลักการและวิธีดำเนินการหลายอย่างแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ตามวิธีการตรวจจับของสัญญาณได้ดังนี้

### 2.1.1 ระบบตรวจจับความเร็วด้วยวิธีการเหนี่ยวนำ

ใช้หลักการที่ว่า เมื่อโลหะเคลื่อนที่ผ่านขดลวดตัวนำ จะเกิดการเหนี่ยวนำ และทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้น แสดงตามรูปที่ 2.1



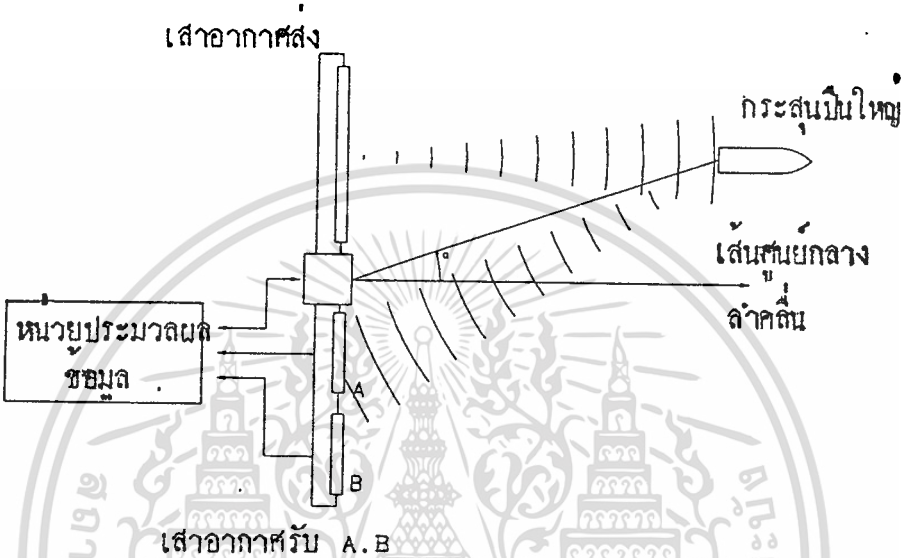

รูปที่ 2.1 การหาความเร็วด้วยวิธีการเหนี่ยวนำ

เมื่อใช้ขดลวดตัวนำ จำนวน 2 ขด วางห่างกันในระยะทางตามที่กำหนด เมื่อโลหะเคลื่อนที่ผ่าน จะเกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้น ณ เวลาที่แตกต่างกัน ครั้นเมื่อนำค่าระยะทาง และเวลาที่แตกต่างกันทั้งสองค่าไปเปรียบเทียบกัน ก็สามารถคำนวณหาค่าความเร็วของโลหะที่เคลื่อนที่นั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 ระบบตรวจจับความเร็วด้วยคลื่นวิทยุ

ใช้หลักการของดอปเปลอร์ โดยการส่งคลื่นวิทยุออกไป ให้กระทบกับวัตถุที่ต้องการจะวัดความเร็ว แล้วรับคลื่นวิทยุที่สะท้อนกลับคืนมา เวลาที่คลื่นวิ่งไป - กลับ หลาย ๆ ครั้ง สามารถนำมาคำนวณหาระยะทางและความเร็วของวัตถุนั้นได้



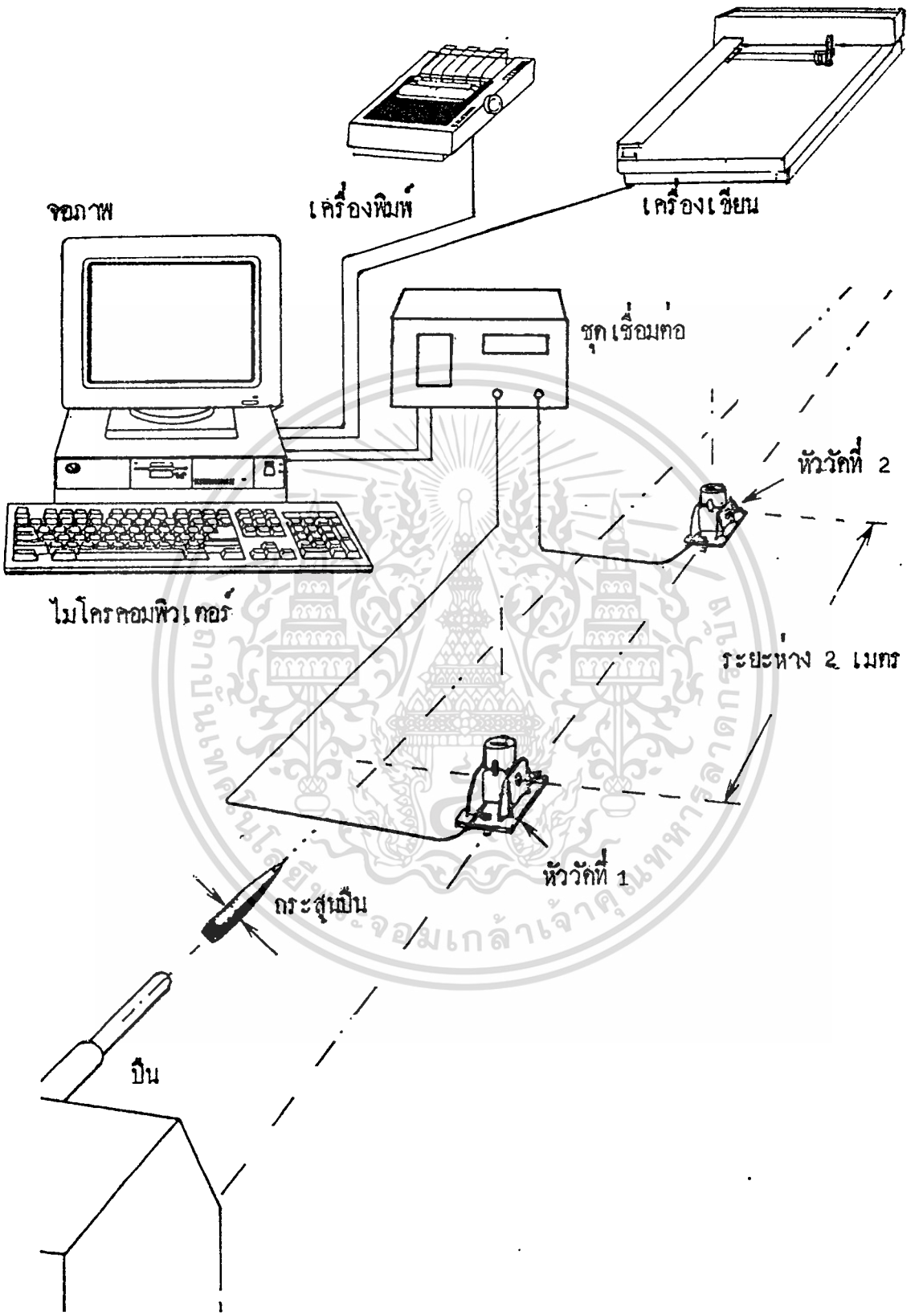

รูปที่ 2.2 การหาความเร็วด้วยวิธีการตรวจจับจากคลื่นวิทยุ

สำหรับกระสุนปืนใหญ่นั้น ความถี่ของคลื่นวิทยุที่ส่งออกไป(จากเครื่องมือซึ่งติดตั้งไว้ ณ บริเวณที่ตั้งปืนใหญ่) จะกระทบกับด้านท้ายของตัวกระสุนปืนแล้วสะท้อนกลับคืนมา เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่คลื่นวิทยุวิ่งไป-กลับ กับห้วงความถี่คลื่นวิทยุที่ส่งออกไป ก็จะสามารถคำนวณหา ระยะทางและความเร็วของกระสุนปืนใหญ่ได้ ดังรูปที่ 2.2

### 2.1.3 ระบบตรวจจับความเร็วจากคลื่นแสง

หลักการก็คล้ายกับระบบที่ 1 (ข้อ 2.1.1) คือ เมื่อโลหะวิ่งผ่านลำแสง 2 ลำ ซึ่งตั้งอยู่ห่างกันตามที่กำหนด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าภายในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เมื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณ ก็จะได้ความเร็วของโลหะดังกล่าว ส่วนแหล่งพลังงานแสงที่ใช้ในการตรวจจับนั้น นอกจากจะได้จากดวงอาทิตย์แล้ว ยังอาจใช้เลเซอร์ อินฟราเรด หรือแสงจากหลอดไฟฟ้าภายในห้องทดลองก็ได้ แสดงดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.3 การหาความเร็วด้วยวิธีการตรวจจับจากคลื่นแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ข้อพิจารณาในการเลือกระบบตรวจจับความเร็ว

เมื่อพิจารณาวิธีการตรวจวัดความเร็วทั้ง 3 ระบบ ดังกล่าวแล้ว จะเห็นว่า วิธีการในระบบที่ 3 (ตามข้อ 2.1.3) เป็นวิธีการที่ดี ประหยัด และสมควรเลือกดำเนินการศึกษา-วิจัย เพราะสามารถใช้แสงจากธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดแสงได้ (ไม่ต้องจัดซื้อ) อีกทั้งภูมิประเทศและภูมิอากาศของประเทศไทยก็อยู่ในเขตร้อน การปฏิบัติต่าง ๆ ย่อมเอื้ออำนวยต่อการตรวจวัดได้เสมอ และขีดความสามารถในการใช้งาน ย่อมมีประสิทธิภาพดี เหมาะสม ทั้ง ณ ที่ตั้งปกติ และในสนาม ดังนั้น หลักการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่สำหรับงานวิจัยนี้ จึงใช้ระบบการตรวจจับความเร็วจากคลื่นแสงเป็นหลัก และระบบการตรวจจับความเร็ว วิธีอื่น ๆ มีข้อจำกัด ไม่เอื้ออำนวยต่อการศึกษา-วิจัยในครั้งนี้ ด้วยเหตุผล ดังนี้

### 2.2.1 ข้อจำกัดของระบบตรวจจับความเร็วด้วยวิธีการเหนี่ยวนำ

- ขดลวดตัวนำ จะต้องวางไว้ใกล้วิถีกระสุนปืนมากที่สุด เพราะถ้าวางอยู่ห่างมาก ๆ การเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นได้ยาก ไม่ดี ทำให้ตรวจจับความเร็วไม่ได้

- คลื่นเสียง และแรงสั่นสะเทือนจากการยิง จะเป็นอุปสรรคต่อการวางอุปกรณ์ และเครื่องมือตรวจจับความเร็ว เพราะวางไว้ใกล้ ๆ ตัวปืนไม่ได้

### 2.2.2 ข้อจำกัดของระบบตรวจจับความเร็วด้วยคลื่นวิทยุ

- วัสดุ และอุปกรณ์ประกอบราคาแพง

- วัดความเร็วของกระสุนปืนใหญ่ ได้อย่างจำกัด (วัดได้ไม่ครบทุกประเภท) เช่นตัวกระสุนปืนใหญ่ที่มีลักษณะแผ่นท้ายไม่ราบเรียบ (เว้าเข้า หรือนูนออก และ/หรือมีวัสดุพิเศษ ติดอยู่กับส่วนท้ายของตัวกระสุน เพื่อประโยชน์ในการขยายขีดความสามารถ หรือต่อระยะการยิง) นั้น จะตรวจจับความเร็วได้ยาก หรือวัดไม่ได้

- กระสุนปืนใหญ่ที่มีขนาดเล็กลง (เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยลง) จะมีข้อจำกัดในการวัดมากขึ้น (การตรวจจับความเร็ว กระทำได้ยากมากยิ่งขึ้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ทฤษฎีและหลักการของระบบตรวจจับความเร็วจากคลื่นแสง

### 2.3.1 ทฤษฎี

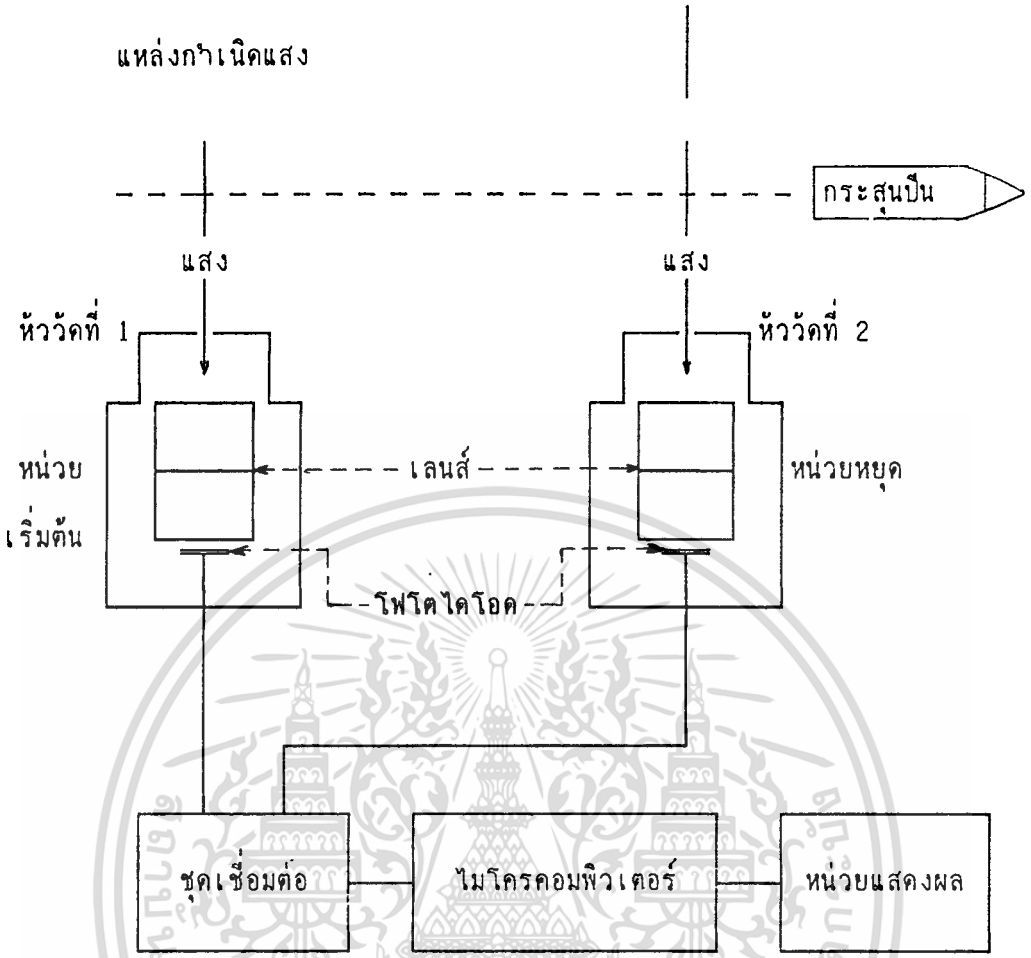
โดยอาศัยคุณสมบัติของโฟโตไดโอด ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง ซึ่งทำมาจากสารกึ่งตัวนำ ที่มีขั้วออกมาใช้งานเพียงสองขั้ว มีขนาดเล็ก ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยปกติกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านโฟโตไดโอดได้ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความต้านทานภายในตัวสูงมาก เราสามารถทำให้ความต้านทานของโฟโตไดโอด ลดต่ำลงมาได้ ด้วยการฉายแสงลงไปในระหว่างรอยต่อของมัน ความต้านทานระหว่างรอยต่อก็จะลดลงมา และในขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านโฟโตไดโอดได้ นอกจากนี้แล้ว ในเวลาเดียวกัน การนำกระแสของโฟโตไดโอด ยังเกี่ยวข้องกับความยาวคลื่นด้วย

### 2.3.2 หลักการ

ใช้โฟโตไดโอดจำนวน 2 หน่วย เป็นหน่วยเริ่มต้นและหน่วยหยุด โดยทั้ง 2 หน่วย นำไปวางไว้ในทิศทางเดียวกัน และวางอยู่ห่างกันเป็นระยะทางคงที่ เปิดช่องรับแสงด้านบนออก เพื่อให้แสงจากธรรมชาติ(ดวงอาทิตย์) ส่องเข้าไปกระทบกับโฟโตไดโอด(โดยผ่านเลนส์ปรับแสง) ทำให้ความต้านทานของโฟโตไดโอดลดน้อยลง เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านโฟโตไดโอดได้ เมื่อนำโฟโตไดโอดทั้ง 2 หน่วย ไปต่อเข้ากับวงจรขยาย ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และวงจรเชื่อมต่อ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแล้วส่งข้อมูลไปให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลออกมา เป็นค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ให้ตามลำดับ แสดงตามรูปที่ 2.3 และ 2.4

ขณะที่โฟโตไดโอดรับแสงจากธรรมชาติอยู่นั้น จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลภายในวงจรขึ้น อันเนื่องมาจากความต้านทานของโฟโตไดโอดลดน้อยลง และในขณะเดียวกันวงจรเชื่อมต่อก็จะทำหน้าที่ แปลงสัญญาณอนาลอก ไปเป็นดิจิตอล (ในรูปของความต่างศักย์ไม่เกิน 10 โวลท์) ตลอดเวลา ตราบเท่าที่โฟโตไดโอดยังคงรับแสงนั้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.4 หลักการใช้โฟโตไดโอดในการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่

เมื่อเราทำการยิงปืนใหญ่ โดยให้วิถีของกระสุนปืนใหญ่ แล่นผ่านไปบนหัววัดในแนวขนาน ทั้ง 2 หน่วย (เริ่มตั้งแต่หน่วยเริ่มต้นไปจนถึงหน่วยหยุด) ก็จะเกิดเงามืดขึ้นบนโฟโตไดโอด ทั้ง 2 หน่วยนั้น ในเวลาที่ใกล้เคียงกัน (เรียงตามลำดับ) และเงามืดดังกล่าว จะทำให้ปริมาณของแสงที่ตกกระทบบนโฟโตไดโอดลดน้อยลงด้วย ดังนั้นโฟโต-ไดโอดก็จะมีความต้านทานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไหลได้น้อยลงตามไปด้วย ในขณะเดียวกัน วงจรเชื่อมต่อก็จะแปลงสัญญาณ จากอนาลอกไปเป็นดิจิตอลได้น้อยลง และทำให้ค่าความต่างศักย์ลดน้อยลงจากปกติด้วย

จากการเปลี่ยนแปลง ค่าความต่างศักย์ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน อันหนึ่งนี้เราสามารถนำไปคำนวณหาค่าความเร็ว ในช่วงดังกล่าวได้ จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็ว = ระยะทาง / เวลา

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ สูตรกับหลักการ ในรูปที่ 2.4 จะได้

ความเร็ว = ระยะทางจากห้ววัดหน่วยที่ 1-2 / เวลาแล่นจากห้ววัดหน่วยที่ 1-2

ซึ่งการคำนวณหาค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ในขั้นสุดท้ายนี้ จะใช้ระบบประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

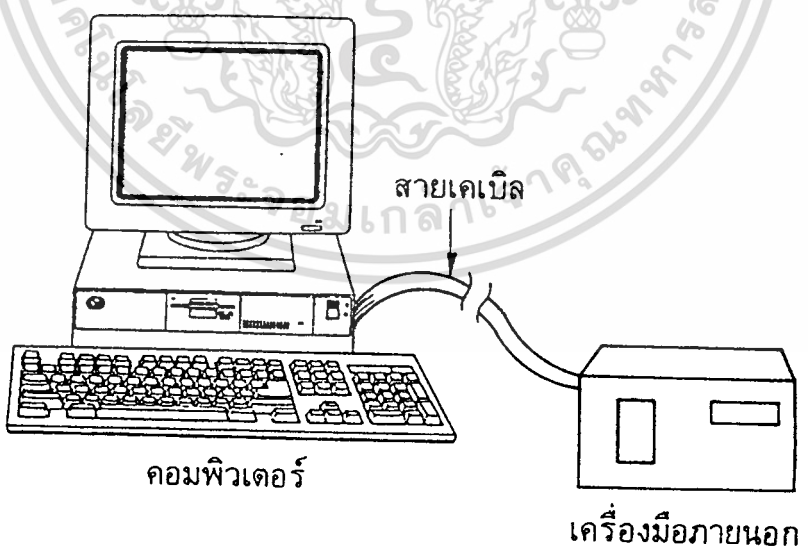
# บทที่ 3

# การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์

## 3.1 การเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์ โดยทั่ว ๆ ไป นอกจากจะนำมาใช้งาน ทางด้านซอฟต์แวร์ได้แล้ว ยังสามารถนำมาใช้งาน ในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือภายนอก (External instrument) ต่าง ๆ เพื่อทำการวัดปริมาณทางกายภาพ และส่งผลกลับในการควบคุมปริมาณทางกายภาพ ที่แวดล้อมตัวเรา อาจจะเป็นภายในบ้าน ที่ทำงาน หรือในห้องทดลองก็ได้ ปริมาณทางกายภาพเหล่านี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง และโมเมนท์การเปิด - ปิดประตู เป็นต้น

ในการเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์นั้น แสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 3.1



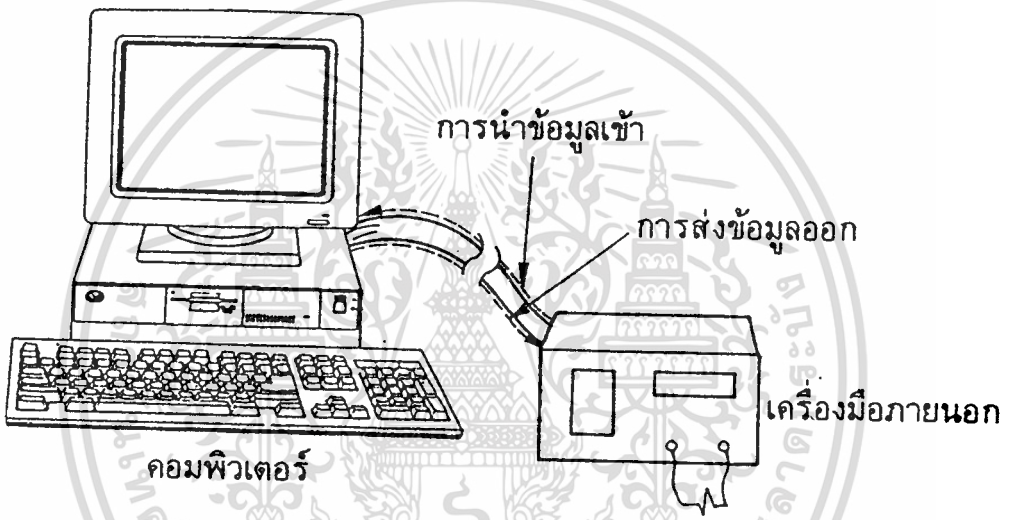

รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ มีเส้นทางที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครื่องมือภายนอก โดยมีการเรียกข้อมูลเข้ามา และเมื่อต้องการควบคุม ก็ทำการส่งข้อมูลออกไป ดังนั้นหลักการในการทำงานเชื่อมต่อ สามารถกล่าวได้ดังนี้คือ

- การเรียกข้อมูลเข้ามา (Input data) และ
- การส่งข้อมูลออกไป (Output data)

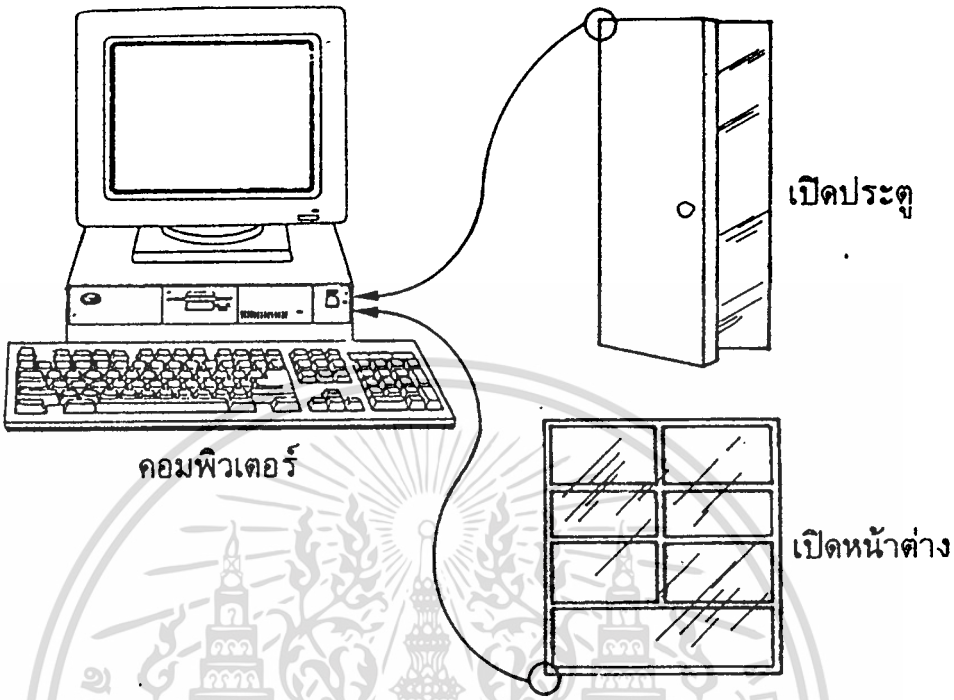
แสดงดังรูปที่ 3.2



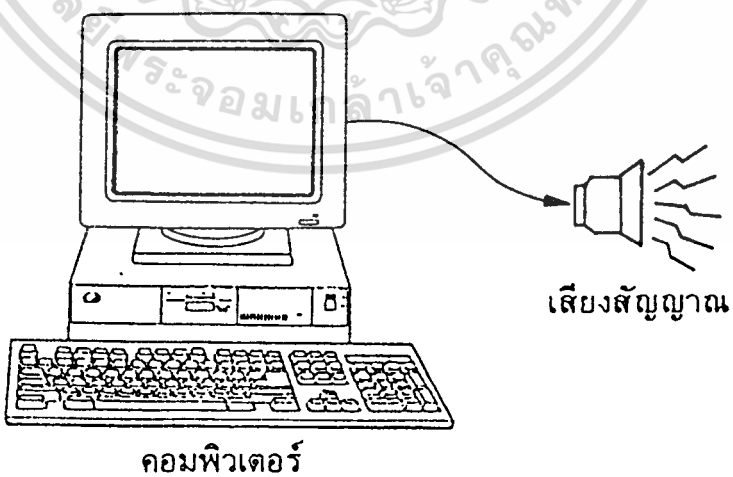

รูปที่ 3.2 การนำข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออก

สำหรับการเชื่อมต่องานควบคุมภายในบ้าน ยกตัวอย่างง่าย ๆ เช่น เมื่อมีการเปิดประตูหรือหน้าต่าง ต้องการจะให้ไมโครคอมพิวเตอร์ส่งเสียงเตือนดังขึ้นที่ลำโพง โดยใช้หลักการเชื่อมต่อดังกล่าว เริ่มจากการเรียกข้อมูลการเปิดประตูหรือหน้าต่าง เข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีการเปิดประตู ก็จะไม่มีการส่งข้อมูลไปที่ลำโพง แต่เมื่อไรที่มีการเปิดประตู ไมโครคอมพิวเตอร์ก็จะทำการส่งข้อมูลเป็นเสียงเตือนไปที่ลำโพงทันที แสดงดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.3 การนำข้อมูลในการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์



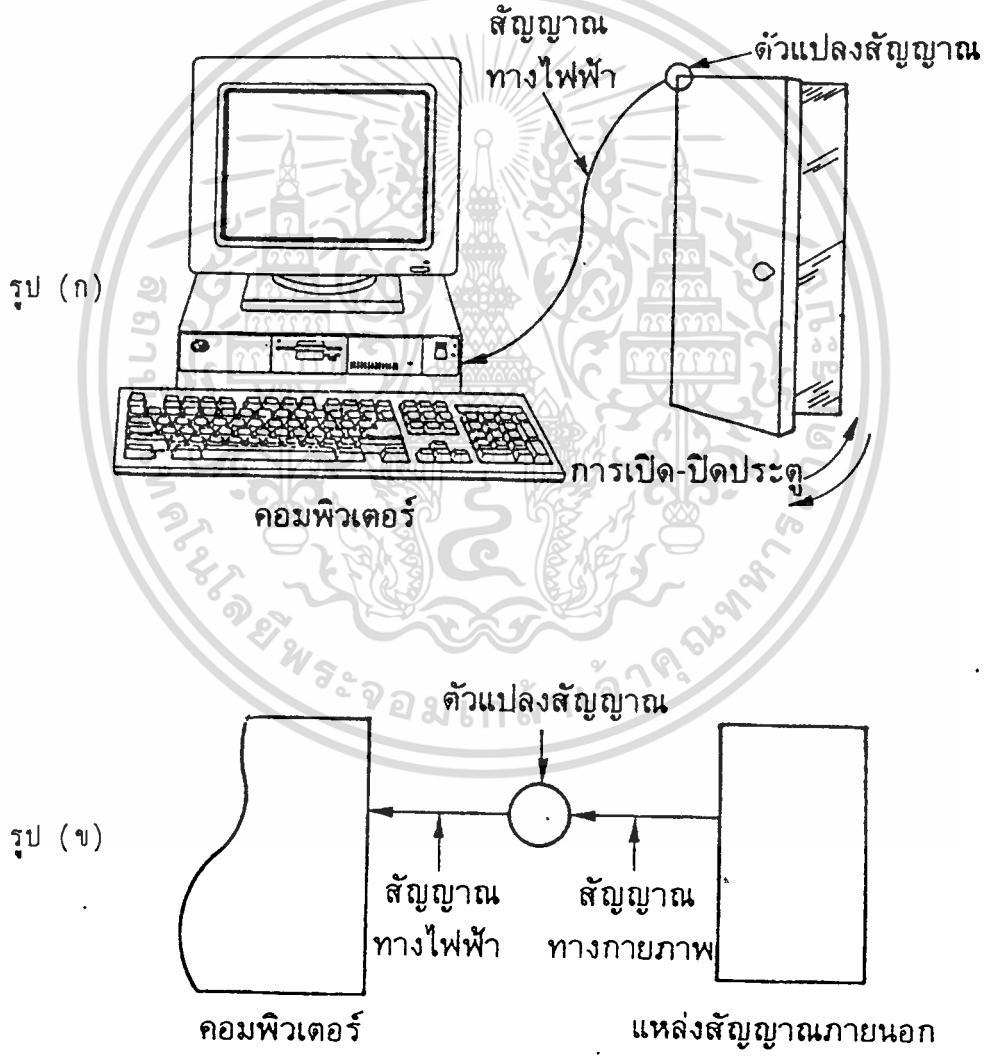

รูปที่ 3.4 การส่งเสียงเตือนแก่ลำโพงจากไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



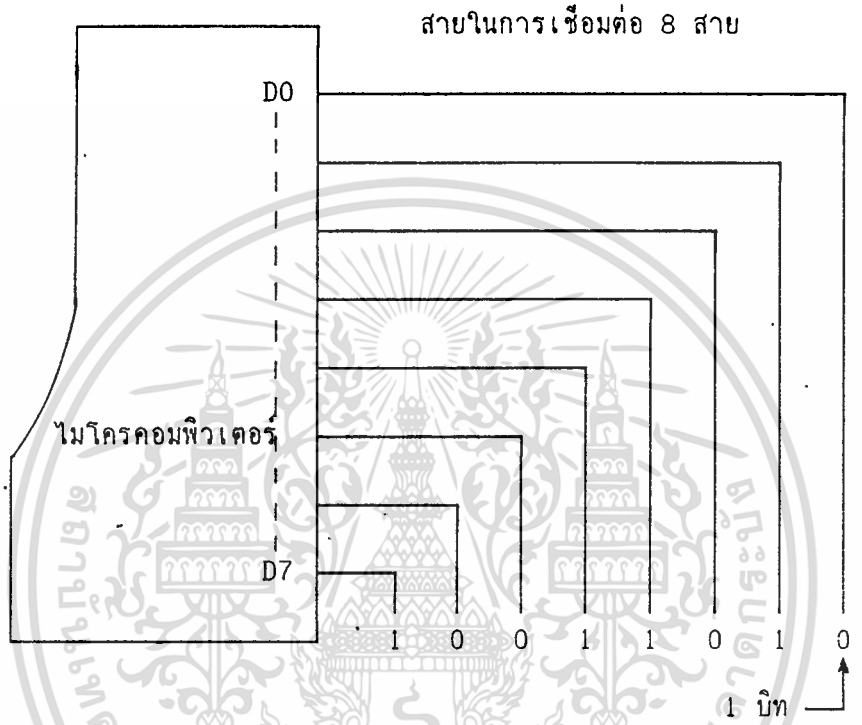
หากพิจารณาต่อไป ก็มีคำถามอีกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์รู้ได้อย่างไร ? ว่ามีการเปิดประตูหรือหน้าต่าง ซึ่งก็แน่นอน ไมโครคอมพิวเตอร์ไม่สามารถไปตรวจสอบการเปิดประตู หรือหน้าต่างได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณ ซึ่งมีการเปลี่ยนโมเมนท์การเปิดประตู หรือหน้าต่าง ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ และในการส่งข้อมูลออกไปที่ลำโพง ก็ต้องส่งไปในรูปของสัญญาณไฟฟ้าด้วยเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 3.5



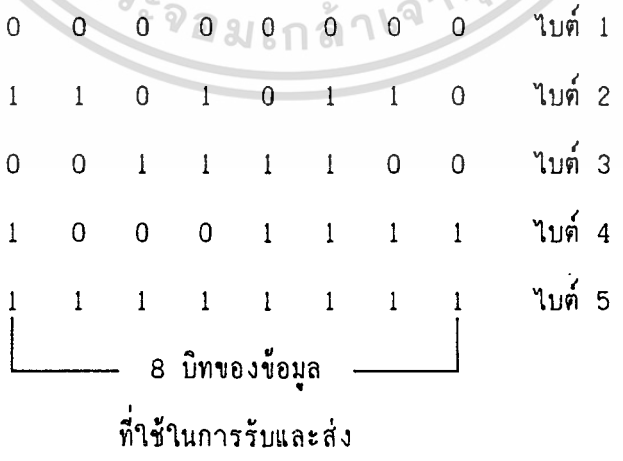

รูปที่ 3.5 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนท์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งและรับข้อมูลมีสายในการเชื่อมต่อ 8 สาย(ได้แก่ D0 - D7) ซึ่งแต่ละสายเรียกว่า 1 บิท การสื่อสารกัน จะใช้ระบบเลขฐานสอง(Binary system) คือ เป็น 1 และ 0 ซึ่ง 1 ในที่นี้ คือแรงดัน + 5 โวลท์ และ 0 คือ แรงดัน 0 โวลท์ แสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ




รูปที่ 3.6 สายข้อมูล 8 บิท ของไมโครคอมพิวเตอร์

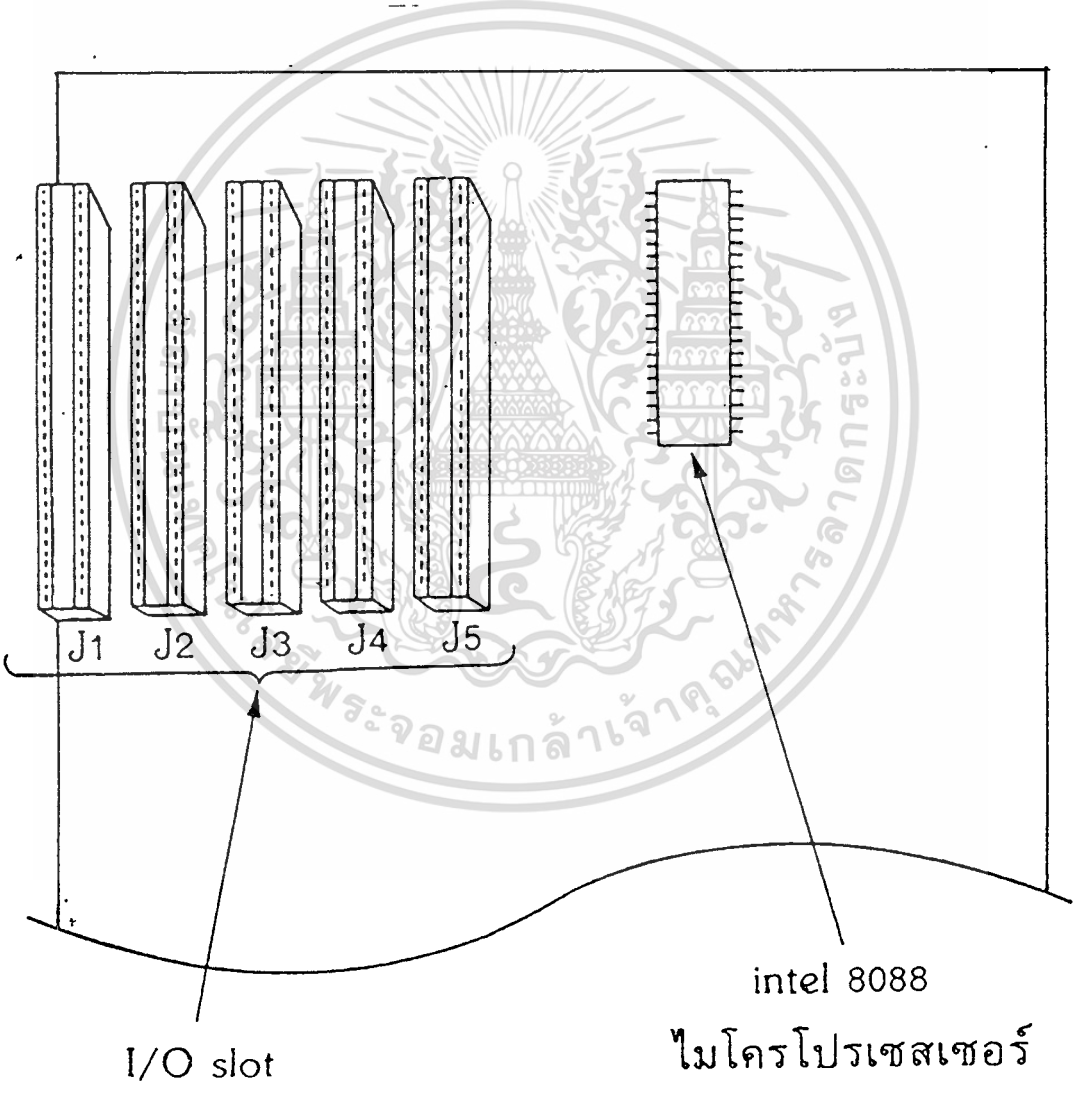



รูปที่ 3.7 ระบบเลขฐานสองที่ใช้สื่อสารในไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

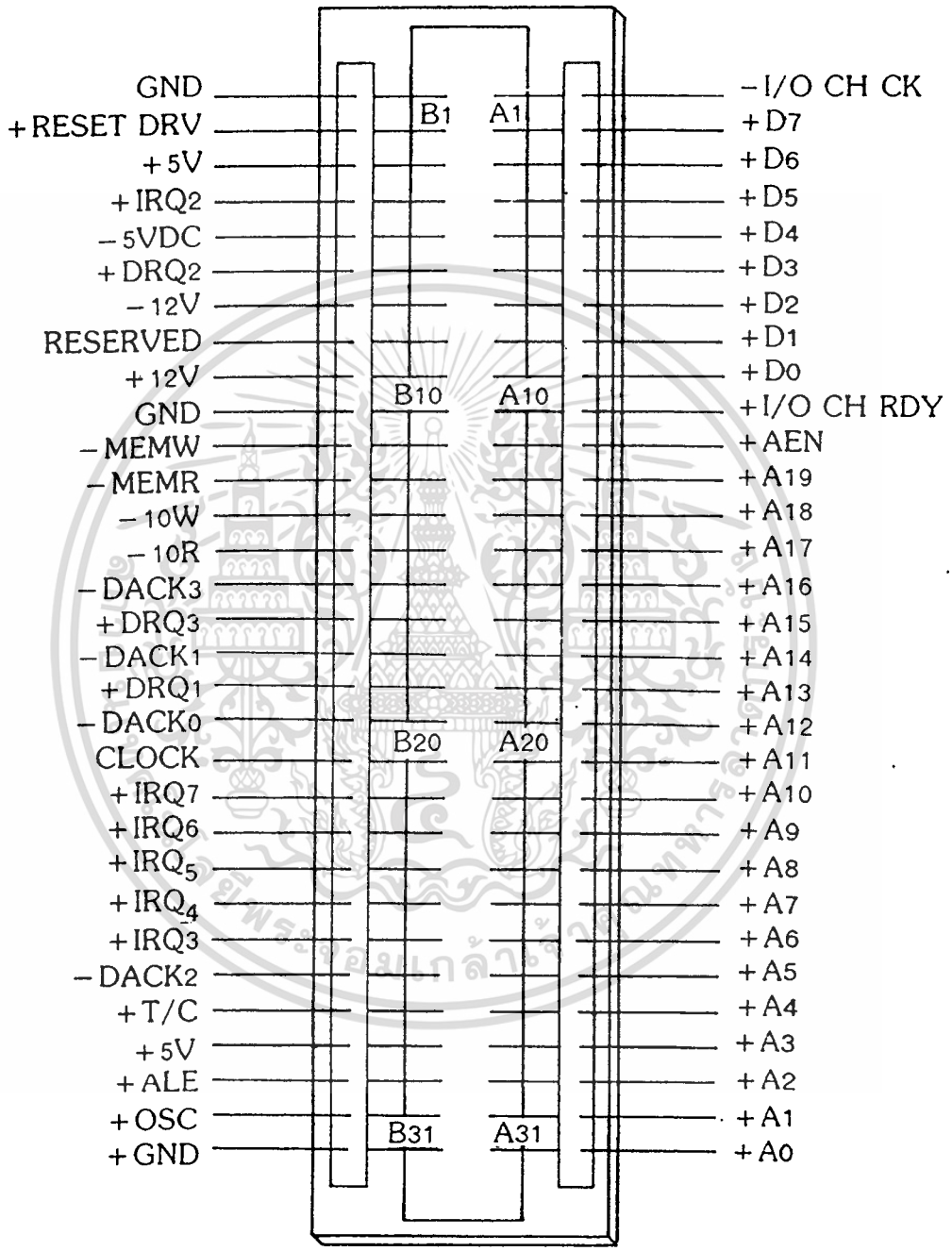
## 3.2 ฮาร์ดแวร์อินพุท/เอาท์พุท สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์

ในการส่งข้อมูลออก (Output data) และการนำข้อมูลเข้า (Input data) สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่กล่าวถึงมาแล้วเบื้องต้นในข้อ 3.1 นั้น จำเป็นต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นก่อนอื่นจึงต้องมารู้จักกับสล็อท (Slot) บนไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีระบบ I/O Slot แสดงดังรูปที่ 3.8 และ รูปที่ 3.9 ตามลำดับ




รูปที่ 3.8 ระบบ I/O Slot บนไมโครคอมพิวเตอร์

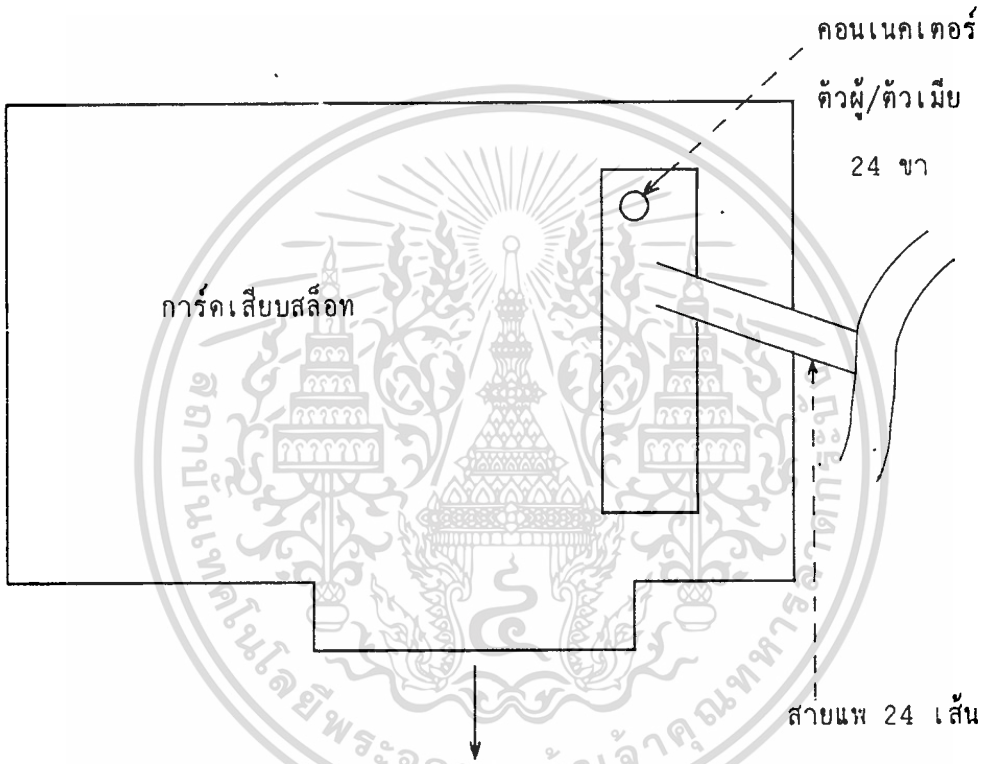
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.9 ขาสัญญาณต่างๆใน I/O Slot บนไมโครคอมพิวเตอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลออกและการนำข้อมูลเข้า จำเป็นต้องมีเส้นทาง ในที่นี้จะเรียกว่า พอร์ท (Port) ซึ่งมีการจัดสรรที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน มีแอดเดรส (Address) ที่แน่นอน ตัวอย่างการสร้างการ์ด (Card) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับ I/O Slot แสดงดังรูปที่ 3.10 และตัวอย่างการจัดสรรแอดเดรส ที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบนไมโครคอมพิวเตอร์นั้น แสดงดังตารางที่ 3 - 1




รูปที่ 3.10 การ์ดที่ใช้เสียบใน I/O Slot (PC Card)

ฮาร์ดแวร์ในการ อินพุท/เอาท์พุท ข้อมูล มีรายละเอียดของวงจรการเชื่อมต่อ ดังนี้

- วงจรเอเนเบิล (Enable circuit)
- วงจรเอาท์พุทแลทช์ (Output latches circuit)
- วงจรอินพุทบัฟเฟอร์ (Input buffer circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 - 1 การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบนไมโครคอมพิวเตอร์

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

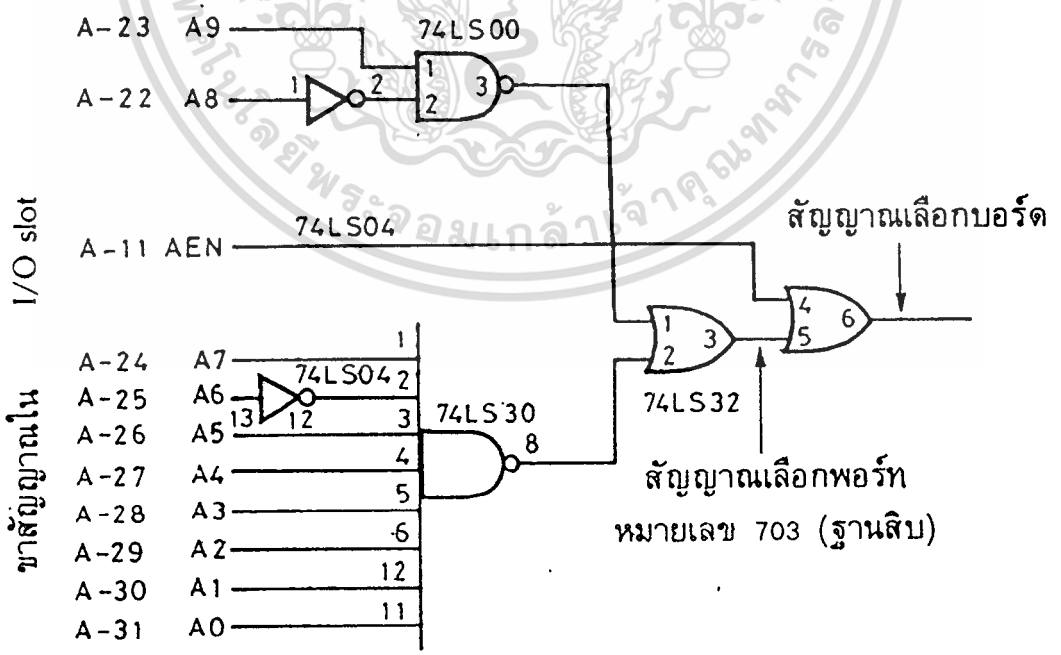
ซึ่ง Z เป็น 1 หรือ 0 ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 วงจรเอเนเบิล (Enable circuit)

การสื่อสารภายในไมโครคอมพิวเตอร์มีสายข้อมูล (Data bus) เพื่อส่งและรับข้อมูลถึงกัน การส่งและรับข้อมูล ถ้าไม่มีตำแหน่งในการส่งและรับ ก็ไม่รู้ว่าจะส่งไปที่ไหน และให้ที่ใครับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีสายแอดเดรส (Address bus) ในการกำหนดตำแหน่งภายในไมโครคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับ เลขที่ห้องหรือเลขที่บ้าน เพื่อจะได้รับรู้กันภายในไมโครคอมพิวเตอร์ว่า ต้องส่งข้อมูลดังกล่าว จากเลขที่ห้องหรือเลขที่บ้านใด ไปสู่ห้องหรือบ้านไหน เป็นต้น

ในกรณีที่มีการสื่อสาร กับอุปกรณ์ภายนอก ก็ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสให้หมายเลขแก่อุปกรณ์ภายนอกนั้น การถอดรหัสแอดเดรสต้องไม่มีการซ้ำซ้อนกับแอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกตัวอื่น แอดเดรสที่ใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ภาย-นอกสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ ตามรายละเอียดในตารางที่ 3.1 นั้น พบว่า แอดเดรสในช่วง 2B0 - 2BF (เลขฐานสิบหก) ไม่มีการใช้ เราจึงสามารถถอดรหัสแอดเดรสใช้งานการเชื่อมต่อในช่วงดังกล่าว เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลออกและการนำข้อมูลเข้าได้



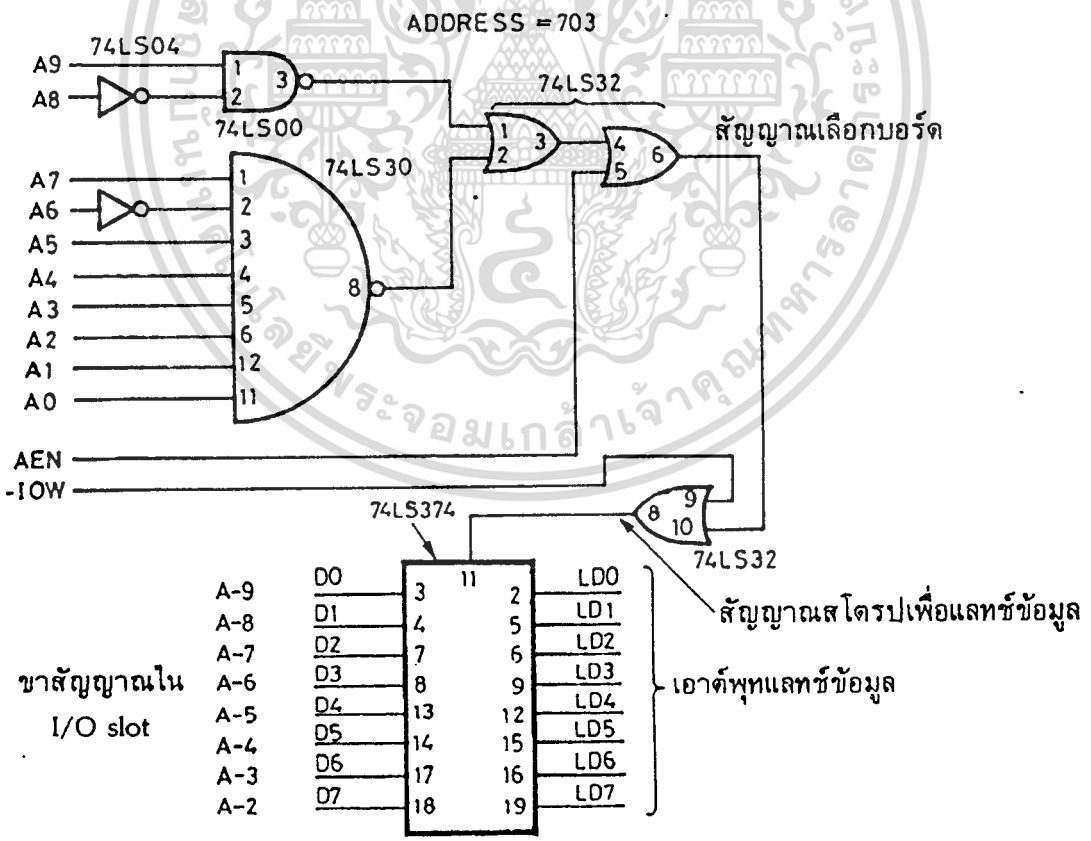

รูปที่ 3.11 รายละเอียดของวงจรเอเนเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอดรหัสแอดเดรสเพื่อการเลือกพอร์ท (Port select)ได้ใช้สายแอดเดรส A0 - A9 มีค่าเท่ากับ 1010111111 (หมายเลข 703 เมื่อเป็นเลขฐานสิบ) จึงทำให้สัญญาณการเลือกพอร์ท มีลอจิก 0 แต่การที่จะส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลได้ ต้องมีการต่อกับสาย AEN (Address enable) ของไมโครคอมพิวเตอร์ด้วย เพราะไม่เช่นนั้น การส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลจะเกิดการผิดพลาดได้ สัญญาณที่ได้จากการเลือกพอร์ท นำมา ออร์ (or) กับ AEN จะใช้ในการเอเนเบิล วงจรส่งหรือรับข้อมูล จึงทำให้มีการส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลเกิดขึ้น รายละเอียดของวงจร ดังรูปที่ 3.11

### 3.2.2 วงจรเอาท์พุทแลทช์ (Output latches circuit)

การส่งข้อมูลออก ใช้ IC เบอร์ 74LS374 เป็นตัวแลทช์ข้อมูลการส่งข้อมูลออก ต้องผ่านทางสายข้อมูล D0 - D7 และต้องทำการเอเนเบิล เพื่อแลทช์

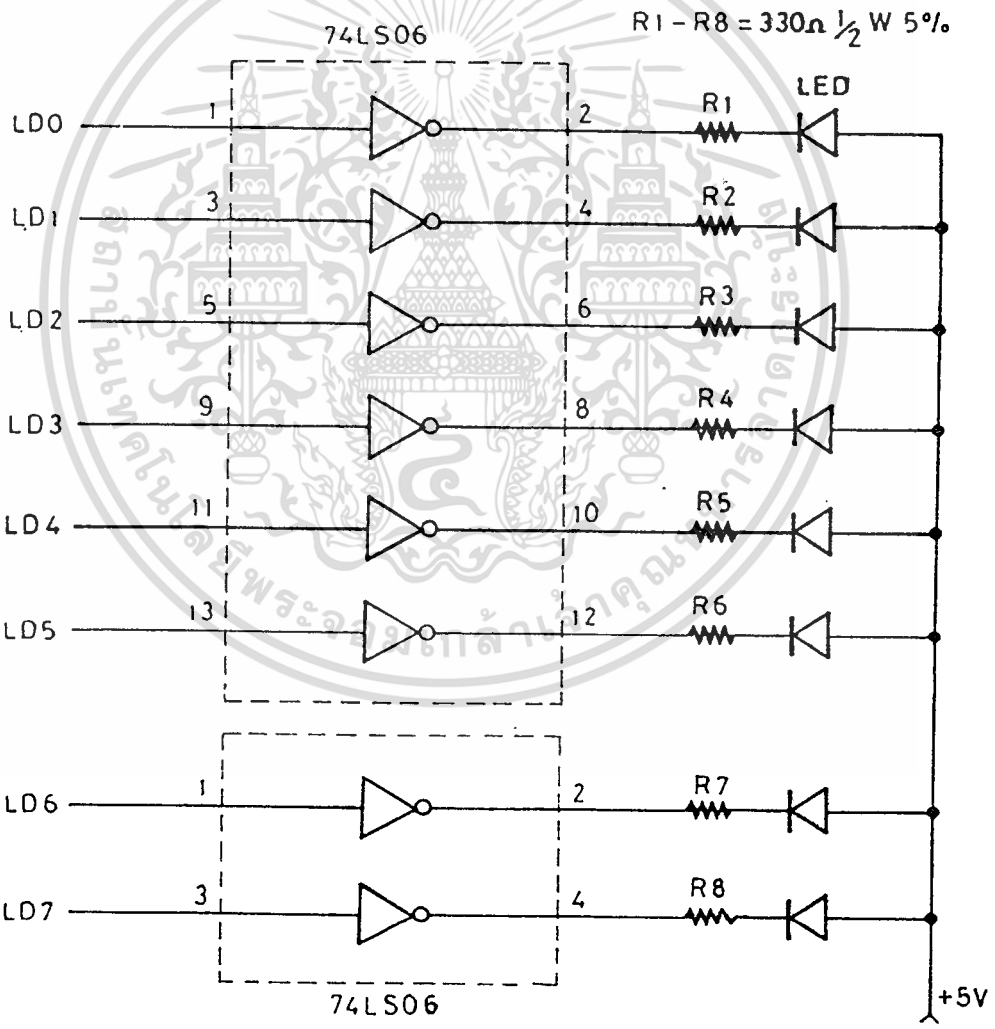



รูปที่ 3.12 รายละเอียดของวงจรเอาท์พุทแลทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล ซึ่งยังไม่เพียงพอที่วงจรจะทำงานได้ ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย คือ IOW (Input / Output Write) สายสัญญาณนี้ มีลอจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง Out Address Data ในภาษาเบสิก เพื่อทำการส่งข้อมูลออก ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณดังกล่าว เข้าในวงจรเอเนเบิล เพื่อการแลทช์ข้อมูลในวงจรส่งข้อมูลออก รายละเอียดของวงจร แสดงดังรูปที่ 3.12

การแสดงผลการส่งข้อมูลออก สามารถใช้ LED 8 ดวง เป็นตัวแสดงผลของข้อมูล 8 บิท แสดงการต่อวงจร ดังรูปที่ 3.13

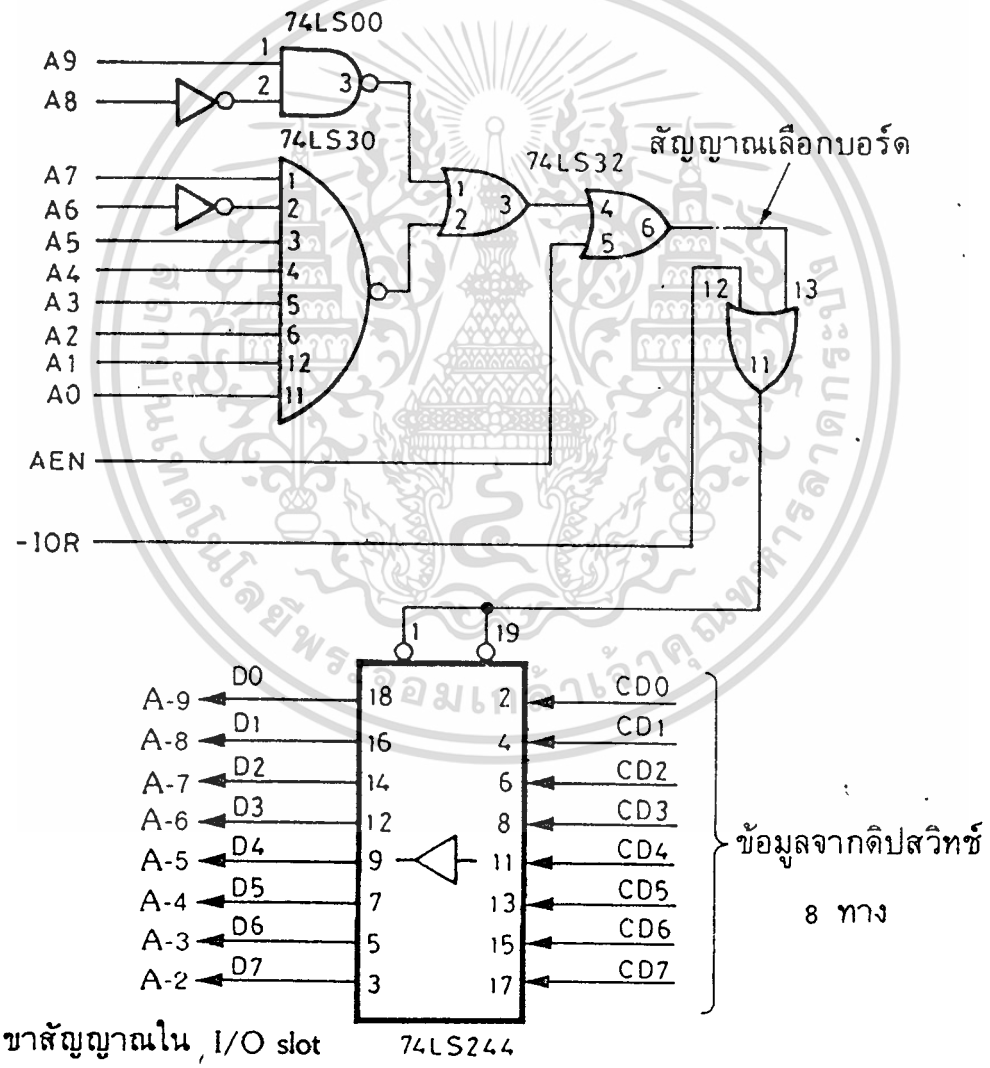



รูปที่ 3.13 รายละเอียดการต่อวงจรเอาท์พุทแลทช์กับ LED 8 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 วงจรอินพุทบัฟเฟอร์ (Input buffer circuit)

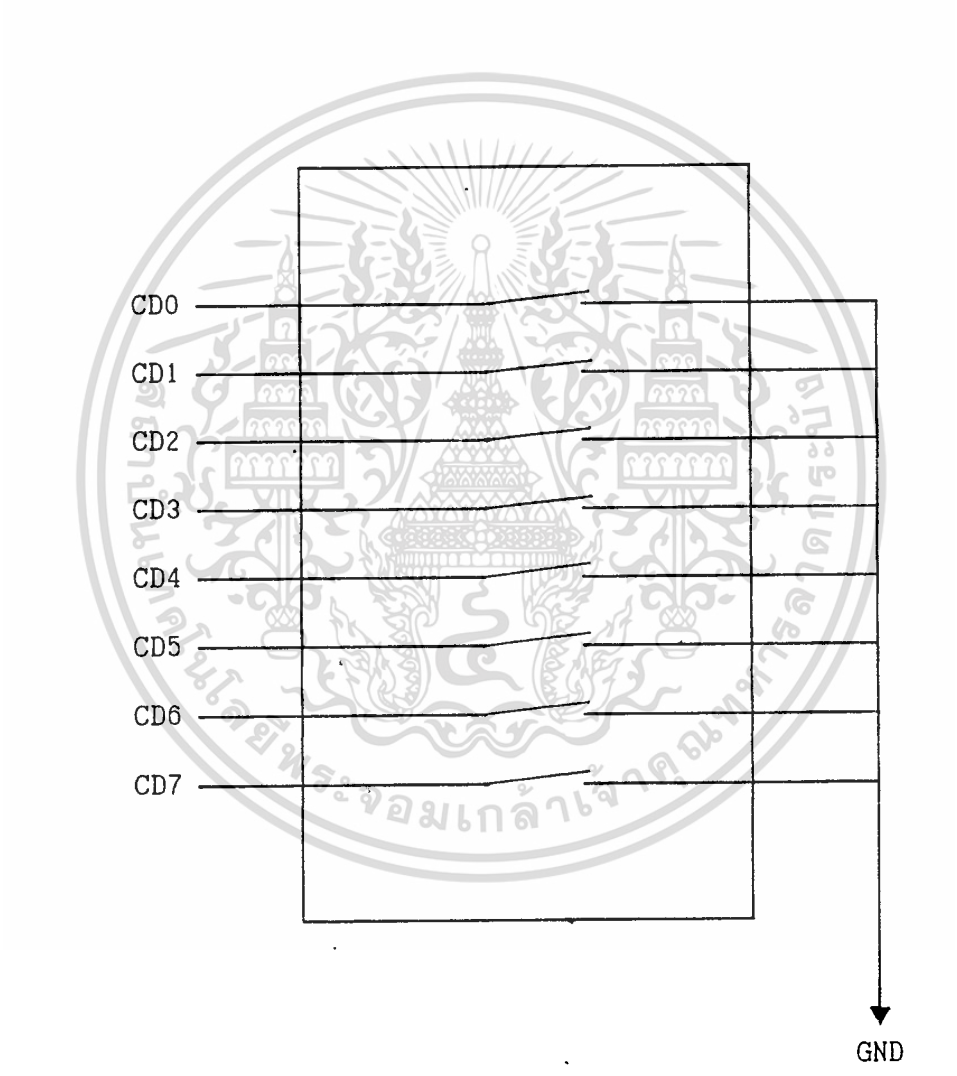
การนำข้อมูลเข้า ใช้ IC เบอร์ 74LS244 เป็นบัฟเฟอร์ของข้อมูล การนำข้อมูลเข้าก็ต้องมีการเอเนเบิล เพื่อนำข้อมูลเข้าทางสายข้อมูล เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สายดังกล่าว ก็คือ IOR (Input / Output Read) สายสัญญาณนี้ มีลอจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง A = INP (Address) ในภาษาเบสิก ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณนี้ เข้ากับวงจรเอเนเบิล รายละเอียดของวงจร แสดงดังรูปที่ 3.14




รูปที่ 3.14 รายละเอียดของวงจรอินพุทบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.14 ที่ตำแหน่ง CD0 - CD7 ทำการเชื่อมต่อกับสวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง (16 ขา) เพื่อทำการสับสวิทช์ ปิด - เปิด เป็นข้อมูลเข้าของแต่ละบิท (D0 - D7) แสดงการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.15 คือ เมื่อสวิทช์เปิด (ON) ข้อมูลที่เข้าสู่ IC 74LS244 มีลอจิกเป็น 1 (เพราะเป็น IC TTL : Transistor Transistor Logic) แต่เมื่อสวิทช์ ปิด (Off) ข้อมูลที่เข้าจะเป็นลอจิก 0 ตามลำดับ




รูปที่ 3.15 รายละเอียดการต่อสวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง กับวงจรอินพุทบัฟเฟอร์

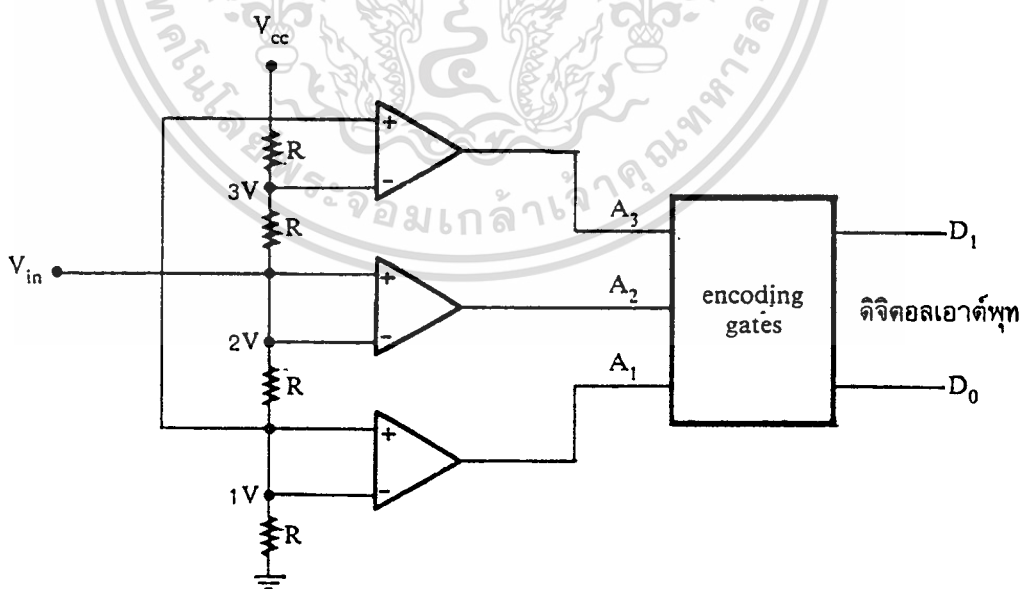
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

การแปลงสัญญาณอนาลอก ที่อยู่ในรูปของระดับแรงดัน (หรือกระแส) ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล สามารถกระทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

### 3.3.1 วิธีการเปรียบเทียบแบบขนาน (Parallel comparator ADC)

โดยสัญญาณที่นำมาแปลง จะต่อขนานกับตัวเปรียบเทียบทุกตัวเป็นสัญญาณที่เข้า ขาบวก ส่วน ขาลบ ของตัวเปรียบเทียบ ต่อเข้ากับแรงดันอ้างอิง ($V_{ref}$) ของแต่ละระดับที่ได้มาจากการต่อหารของ R แสดงรายละเอียดของวงจร ดังรูปที่ 3.16 จากวงจรนี้ ถ้าสัญญาณที่เข้ามา มีค่ากับจุดเปรียบเทียบใด ๆ ก็จะทำให้เอาท์พุทของตัวเปรียบเทียบนั้น เป็น 1 เช่น ถ้าสัญญาณเข้า 2.6 โวลต์ ทำให้ A1 และ A2 มีค่าเป็น 1 ซึ่งต้องแปลงเป็นดิจิตอลอีกครั้ง โดยวงจรทางลอจิกโดยทั่วไปพบว่า วิธีการแบบนี้ เป็นการแปลงสัญญาณจาก อนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียตรงที่ ต้องสิ้นเปลืองอุปกรณ์ IC เป็นจำนวนมาก

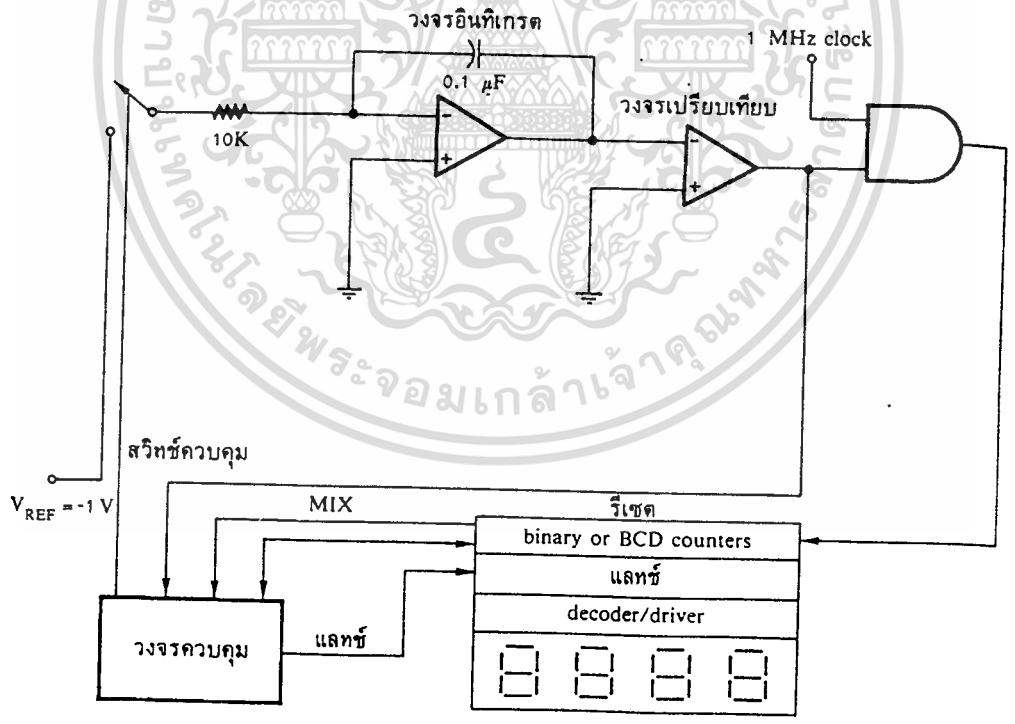



รูปที่ 3.16 แสดงรายละเอียดของวงจรเปรียบเทียบแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

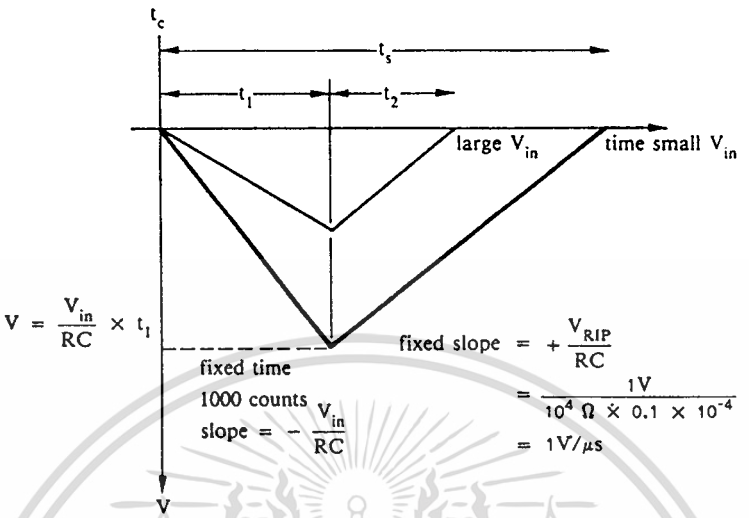
### 3.3.2 วิธีการแปลงแบบสโลปคู่ (Dual-Slope ADC)

แสดงรายละเอียดของวงจร ดังรูปที่ 3.17 มักจะใช้ทำเป็นโวลท์มิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital voltmeter) เพราะราคาถูก ให้ความละเอียดสูง การทำงาน จะเริ่มจากทำการรีเซต การแปลงให้เป็น 0 เมื่อมีสัญญาณอนาลอกอินพุทเข้ามาทางวงจรอินทิเกรท (Integrator) สมมุติเป็น บวก (+) จะทำให้สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรนั้นมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.18 และเมื่อค่าเอาท์พุทจากวงจรอินทิเกรทเป็นลบ (-) ทำให้วงจรเปรียบเทียบ (Comparator) ทำงาน ส่งผลให้เกท AND เปิด ทำให้สัญญาณนาฬิกา (Clock) สามารถผ่านไปยังระบบนับได้ ค่าเอาท์พุทจากวงจรอินทิเกรทนี้จะถูกกำหนดเวลาคงที่ (Fixed time) จากวงจรควบคุม ทำการรีเซตอีกครั้ง และเมื่อต่อสัญญาณอินพุทของวงจรอินทิเกรท เข้ากับแรงดันอ้างอิงที่เป็นลบ (-) จะมีผล




รูปที่ 3.17 แสดงรายละเอียดของวงจรการแปลงแบบสโลปคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



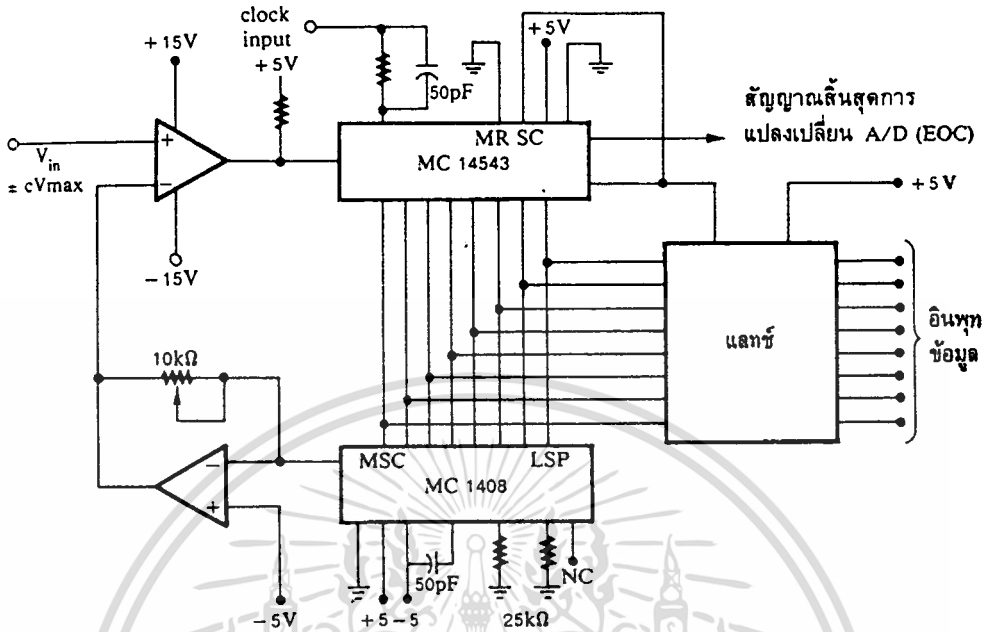

รูปที่ 3.18 แสดงรายละเอียดของสัญญาณอนาลอกที่ผ่านวงจรอินทิเกรทเปรียบเทียบกับเวลาของวงจรการแปลงแบบสโลปคู่

ทำให้เอาท์พุทของวงจรอินทิเกรทมีสโลปเป็นบวก (+) ค่าสโลปที่เพิ่มขึ้น ถึงค่า 0 จะทำให้วงจรนับ นับความถี่ที่สัมพันธ์กับแรงดันอินพุท ขาเข้าวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล แบบวิธีนี้ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปของ IC สำเร็จรูป ซึ่งสามารถนำมาต่อใช้งานได้เลย

3.3.3 วิธีการแปลงแบบประมาณค่าผลสำเร็จ (Successive Approximation ADC)

วิธีการแบบนี้ แสดงรายละเอียดของวงจร ดังรูปที่ 3.19 เมื่อสัญญาณนาฬิกาเข้ามาที่ขา Clock input จะทำให้ MC 14545 เป็น 1 ที่บิทสูง และผ่านวงจร DAC เบอร์ MC 1408 ร่วมกับส่วนขยายสัญญาณ โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณขา $V_{in}$ ของ LM 319N ถ้า $V_{in}$ มากกว่า ทำให้เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณเป็น 1 ทำให้วงจร SAR ทำงานต่อไป, ถ้า $V_{in}$ น้อยกว่า ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

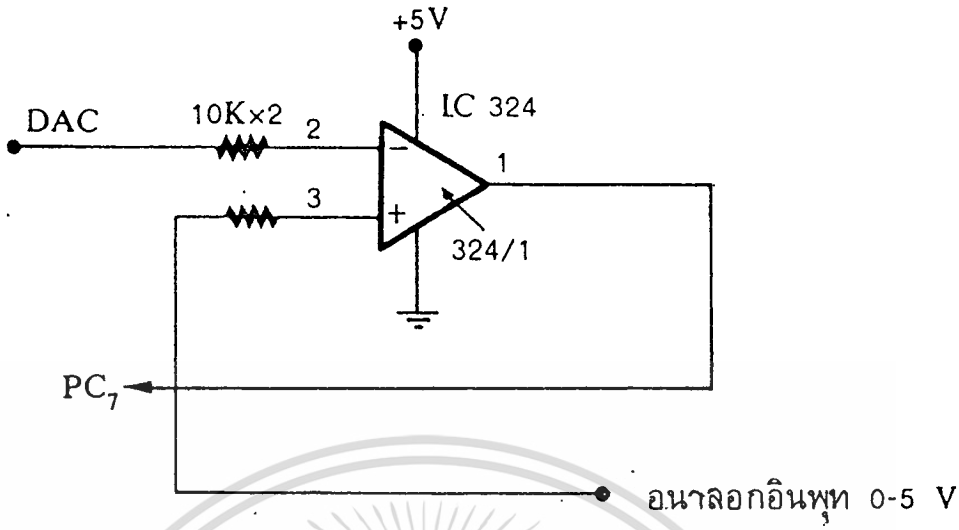



รูปที่ 3.19 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่าผลสำเร็จ

เอาท์พุทเป็น 0 ทำให้หยุดการทำงาน ให้สัญญาณสิ้นสุดการแปลงค่า หรือที่เรียกว่า EOC (End Of Conversion) ออกมา เพื่อให้มีการดึงข้อมูลดิจิตอลที่ทำการแลทช์ (Latch) ไว้เข้าไปประมวลผลต่อไป

อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวบางส่วนเราสามารถใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วย ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ได้อย่างง่าย เหมาะสำหรับการทดลองเบื้องต้น แสดงรายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่าผลสำเร็จ ดังรูปที่ 3.20 พบว่า วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกที่ถูกต่อเข้ากับขาลบ (-) ของออปแอมป์ จะถูกใช้โดยการโปรแกรมเปรียบเทียบแรงดันกับสัญญาณอนาลอกอินพุทที่เข้ามาทางขาบวก (+) ซึ่งโปรแกรมจะทำการตรวจสอบสัญญาณเปรียบเทียบดังกล่าว เมื่อไรที่เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบมีค่า เท่ากับ 0 โวลท์ ค่าดิจิตอล ที่ทำการโปรแกรมผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ก็จะมีค่าสมนัยกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



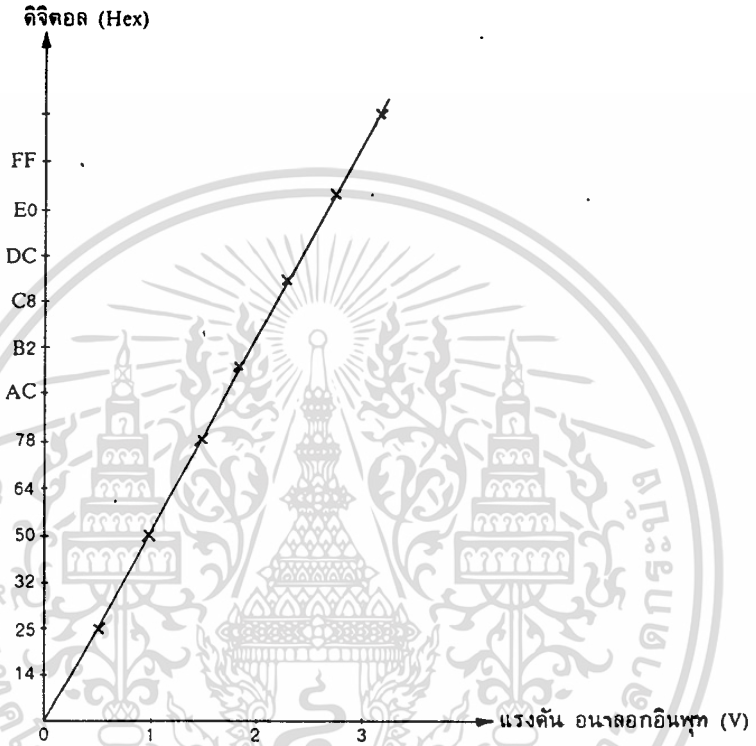

รูปที่ 3.20 แสดงรายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แบบประมาณค่าผลสำเร็จโดยใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วย

```
        MOV  AL,9BH
        MOV  DX,783H
        OUT  DX,AL
        MOV  SI,0000H
        MOV  BL,00H
Start:
        MOV  AL,BL
        MOV  DX,780H
        OUT  DX,AL
        DEC  DX
        IN   AL,DX
        TEST AL,7
        JZ   LOOP
        INC  BL,1
        JMP  Start
Loop:MOV[SI],BL
        INT  20
```

รูปที่ 3.21 แสดงรายละเอียดของโปรแกรมแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แบบประมาณค่าผลสำเร็จในกรณีใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วยในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอนาลอกอินพุทดังกล่าว แสดงรายละเอียดของโปรแกรม การแปลงแบบประมาณ-ค่าผลสำเร็จ ดังรูปที่ 3.21 และแสดงรายละเอียด ของกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่าดิจิตอล ที่ทำการโปรแกรมผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ที่สมนัยกับค่าสัญญาณอนาลอกอินพุท ดังรูปที่ 3.22 ตามลำดับ

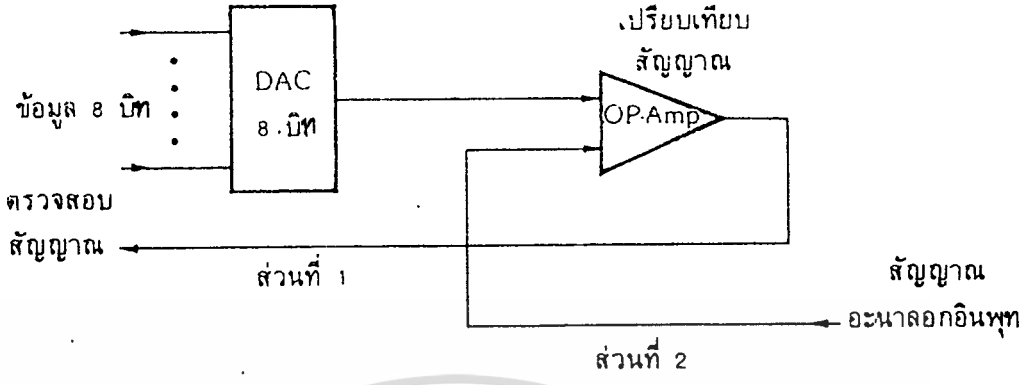



รูปที่ 3.22 รายละเอียดของกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่าดิจิตอล ที่ทำการโปรแกรมผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกที่สมนัยกับค่าสัญญาณอนาลอกอินพุท

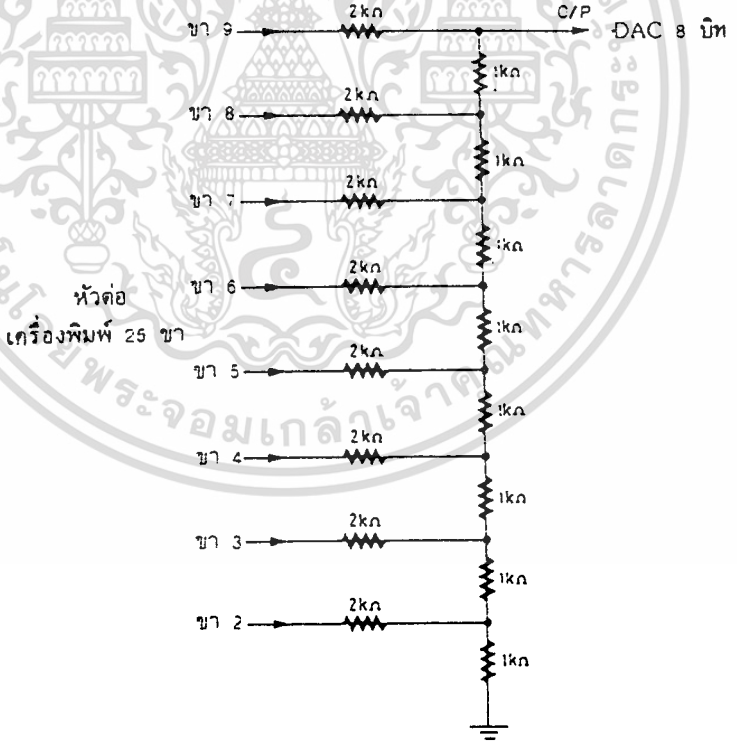
## 3.4 เทคนิคการเชื่อมต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เข้ากับพริ้นเตอร์พอร์ท

การประยุกต์ใช้โดยเชื่อมต่อเข้ากับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิท แบบ Successive - approximation ADC converter แสดงวงจรการทำงาน ดังรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



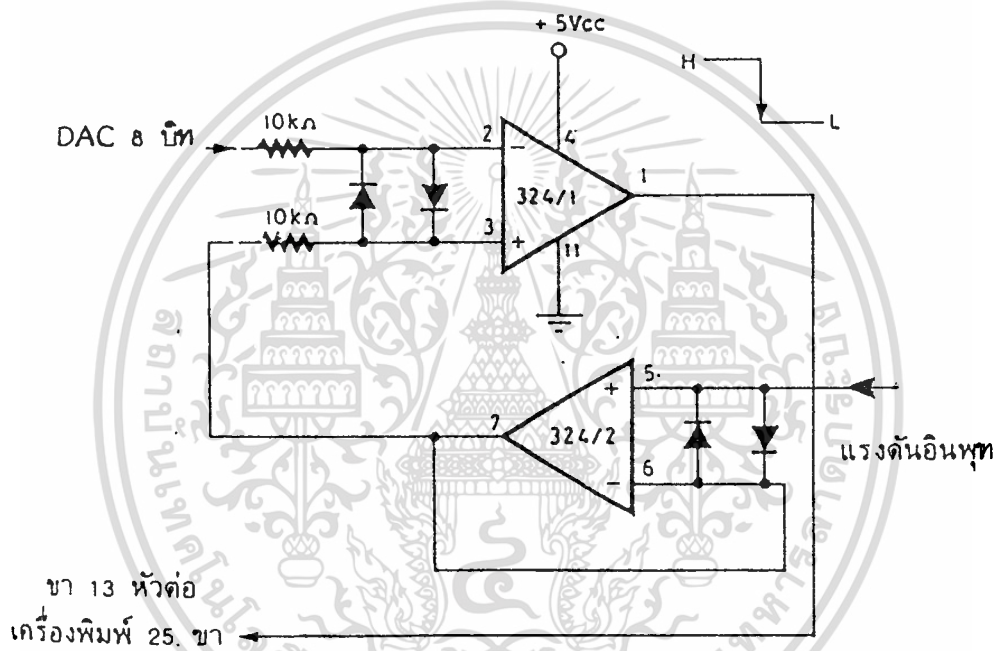

รูปที่ 3.23 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิท
แบบ Successive - approximation




รูปที่ 3.24 รายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ขนาด 8 บิท
แบบ R - 2R Ladder ที่เชื่อมต่อเข้ากับพริ้นเตอร์พอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณ ดิจิตอลเป็นอนาลอก แบบ R - 2R Ladder ขนาด 8 บิท ส่วนที่ 1 ที่เชื่อมต่อเข้ากับพริ้นเตอร์พอร์ทไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงรายละเอียดของวงจร ดังรูปที่ 3.24 ส่วนรายละเอียดของวงจร แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิท แบบ Successive - approximation ส่วนที่ 2 แสดงรายละเอียดของวงจร ดังรูปที่ 3.25




รูปที่ 3.25 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิท แบบ Successive - approximation

การทำงานของวงจร เริ่มจาก เมื่อมีสัญญาณอนาลอก ผ่านบัฟเฟอร์ของ OP - AMP 324/2 เข้ามาทางขา 3 (+) ของ 324/1 สัญญาณแรงดันดังกล่าว จะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณแรงดันของขา 2 (-) ที่ถูกโปรแกรมแรงดันจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ถ้าสัญญาณแรงดันขา 3 มากกว่าขา 2 สัญญาณเอาท์พุทที่ขา 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าสูง ซึ่งถูกอ่านเข้าทางขา 13 ของพริ้นเตอร์พอร์ท ที่แอดเดรสพอร์ทหมายเลข 3BDH บิทที่ 4 จากนั้น วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก จะถูกโปรแกรมค่าเพิ่มมากขึ้น

เมื่อไรที่สัญญาณขา 1 เปลี่ยนระดับเป็น Low ค่าที่ได้จากโปรแกรมฝ่ายทางวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก จะเป็นค่าที่สมนัยกับสัญญาณอนาลอกที่เข้ามา รายละเอียดของโปรแกรมอ่านค่าแรงดันจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลผ่านทางพริ้นเตอร์พอร์ท แสดงดังรูปที่ 3.26

```
10 REM PROGRAM A/D FROM PRINTER PORT
20 DIGI = 0
30 OUT &H3BC, DIGI
40 FOR I = 1 TO 200: NEXT I
50 A = INP(&H3BD): REM INPUT CHECK PIN 13
60 B = A AND &H10: REM TEST BIT 4
70 IF B < &H10 OR B = &H10 THEN 110
80 VINPUT = (5/255) * DIGI
90 PRINT "ANALOG INPUT="; VINPUT
100 END
110 DIGI = DIGI + 1
120 GOTO 30
```

รูปที่ 3.26 โปรแกรมอ่านค่าแรงดันอินพุทจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลทางพริ้นเตอร์พอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

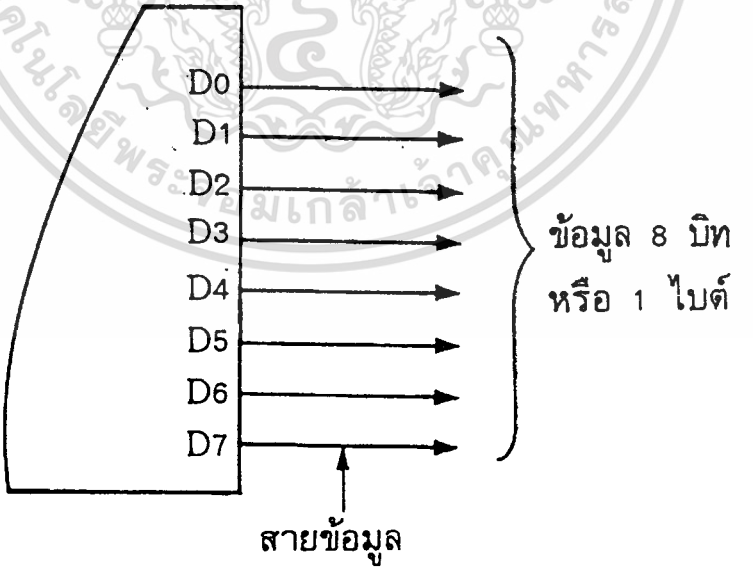
## 3.5 ภาษาเบสิกสำหรับการอินพุท/เอาท์พุทข้อมูล

### 3.5.1 การเอาท์พุทข้อมูล

การส่งข้อมูลออก จะใช้คำสั่งในภาษาเบสิก คือ คำสั่ง Out ซึ่งคำสั่งดังกล่าว มีรูปแบบของการใช้ ดังนี้

Out address data

แอดเดรส (Address) ในที่นี้ เปรียบเสมือนเลขที่บ้าน ซึ่งใช้ในการติดต่อสื่อสารกัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งใช้ติดต่อกันอยู่ระหว่างภายในเครื่อง คือ ในส่วนที่เรียกว่า หน่วยความจำ (Memory) อีกส่วนหนึ่งใช้ติดต่อกับภายนอก คือ ส่วนที่เรียกว่า พอร์ท (Port) ซึ่งแน่นอนว่า พอร์ท หรือ เลขที่บ้าน ที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ต้องมีหมายเลขในการติดต่อ โดยมีการจัดสรรให้ที่แน่นอน ไม่มีการซ้ำซ้อนกันเกิดขึ้น




รูปที่ 3.27 แสดงวิธีการส่งข้อมูลออก ขนาด 8 บิท

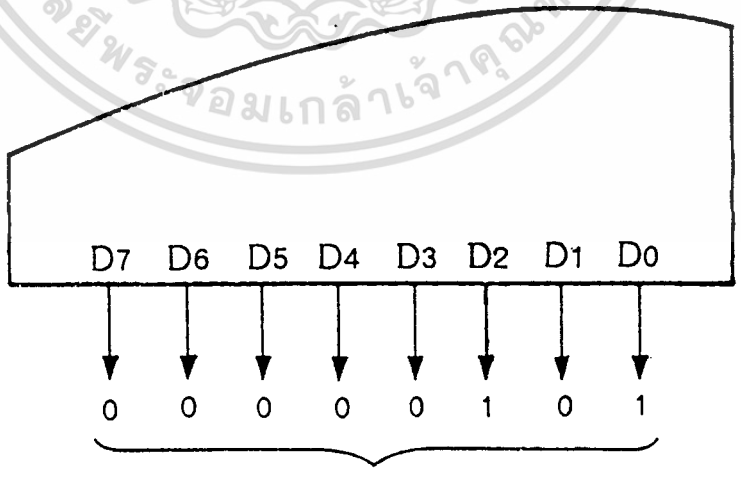
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น ในการสร้างระบบฮาร์ดแวร์เพื่อใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสที่ไม่ซ้ำซ้อนกับแอดเดรสที่จัดสรรไว้แล้วภายในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อพิจารณาจาก ตารางที่ 3.1 พบว่า แอดเดรสที่ไม่ได้ใช้ มีอยู่คือในช่วง 2BO ถึง 2BF (ฐานสิบหก) การสร้างระบบการเชื่อมต่อ ก็ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสให้อยู่ในช่วงดังกล่าว สมมุติว่าเราได้ถอดรหัสแอดเดรสเรียบร้อยแล้วที่ 2BF (ฐานสิบหก) หรือ 703 (ฐานสิบ) ฉะนั้นแอดเดรสที่ส่งข้อมูลไปสู่อุปกรณ์ภายนอก ก็คือพอร์ทหมายเลข 703 (ฐานสิบ) รูปแบบของการใช้คำสั่งเขียนใหม่ได้ว่า

Out 703 Data

ในส่วนของข้อมูลระบบไมโครคอมพิวเตอร์ มีสายส่งข้อมูลจำนวน 8 สาย คือ D0 - D7 ข้อมูล D0 - D7 เราเรียกว่าข้อมูล 8 บิท หรือ 1 ไบต์ แสดงดังรูปที่ 3.27

การส่งใช้เป็นแบบเลขฐานสองคือ ลอจิก 1 กับลอจิก 0 เท่านั้น ลอจิก 1 เป็นสัญญาณแรงดันที่มากกว่า 2.4 โวลท์ ส่วนลอจิก 0 เป็นสัญญาณแรงดันที่น้อยกว่า 0.8 โวลท์ ถึงน้อยที่สุด 0 โวลท์ ฉะนั้น เมื่อต้องการส่งข้อมูลให้บิท D0 และ D2 เป็น 1 บิทอื่น ๆ เป็น 0 แสดงดังรูปที่ 3.28 ทำการเปลี่ยนข้อมูลเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ ได้ดังนี้




รูปที่ 3.28 แสดงวิธีการส่งข้อมูลออกขนาด 8 บิท โดยที่บิท D0 และ D2 เป็น 1 ส่วนบิทอื่นเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

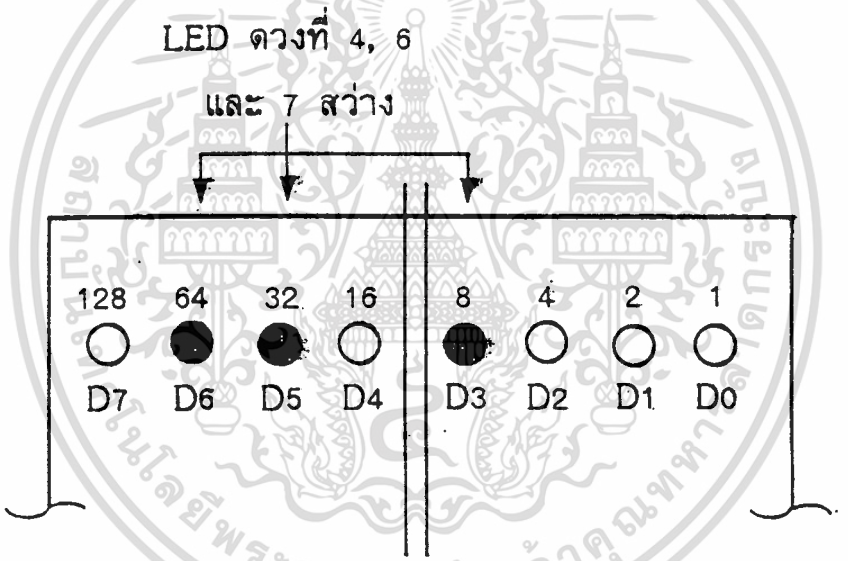
00000101 = (128x0) + (64x0) + (32x0) + (16x0) + (8x0) +

(4x1) + (2x0) + (1x1) = 5

รูปแบบของคำสั่งเขียนใหม่ได้เป็น

Out 703, 5

ผลของคำสั่งนี้ ทำให้ LED 8 ดวง ที่แสดงผลการส่งข้อมูล คือ LED ดวงที่ 1 และดวงที่ 3 สว่าง ส่วนดวงอื่น ๆ ดับหมด ถ้าในกรณีที่ต้องการให้ดวงที่ 4, 6 และ 7 สว่าง ส่วนดวงอื่นดับหมด แสดงดังรูปที่ 3.29




รูปที่ 3.29 แสดงวิธีการส่งข้อมูลออก ทำให้ LED ดวงที่ 4, 6 และ 7 สว่าง

เราก็สามารถกระทำได้ โดยส่งลอจิก 1 ไปที่บิท D3, D5 และ D6 (ส่วนบิทอื่นส่งลอจิก 0) ซึ่งเป็นเลขฐานสองได้ 01101000 และทำการเปลี่ยนให้เป็นเลขฐานสิบ ได้ดังนี้

01101000 = (128x0) + (64x1) + (32x1) + (16x0) + (8x1) +

(4x0) + (2x0) + (1x0) = 104

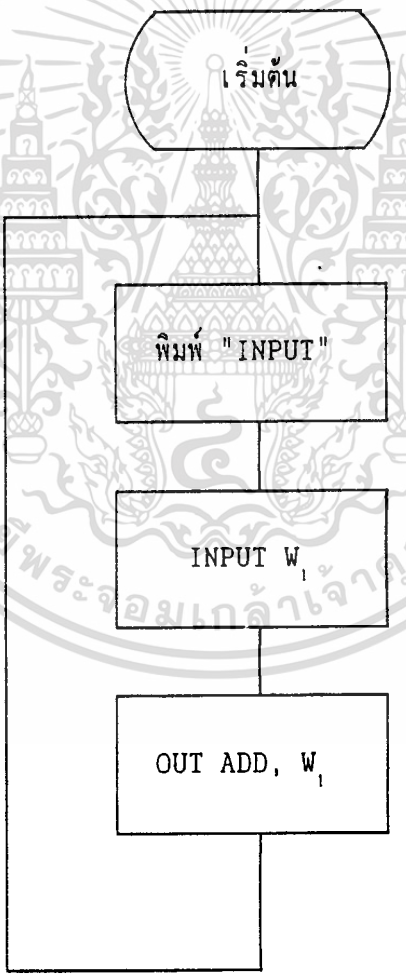
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของคำสั่งเขียนได้เป็น

Out 703, 104

ผลของคำสั่งนี้จะทำให้ LED สว่างตามที่เราต้องการ

การเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลออกสู่พอร์ท ที่แอดเดรส 703 (ฐานสิบ) แสดงโฟลว์ชาร์ท ดังรูปที่ 3.30 ส่วนรายละเอียดของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.31




รูปที่ 3.30 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมส่งข้อมูลออกสู่พอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
10 REM FIRST INPUT THE CALCULATED WEIGHT
20 PRINT
30 PRINT"INPUT THE CALCULATED WEIGHT";
40 PRINT
50 INPUT WI
60 OUT 703, WI
70 GOTO 30
```

รูปที่ 3.31 โปรแกรมส่งข้อมูลออกสู่พอร์ท

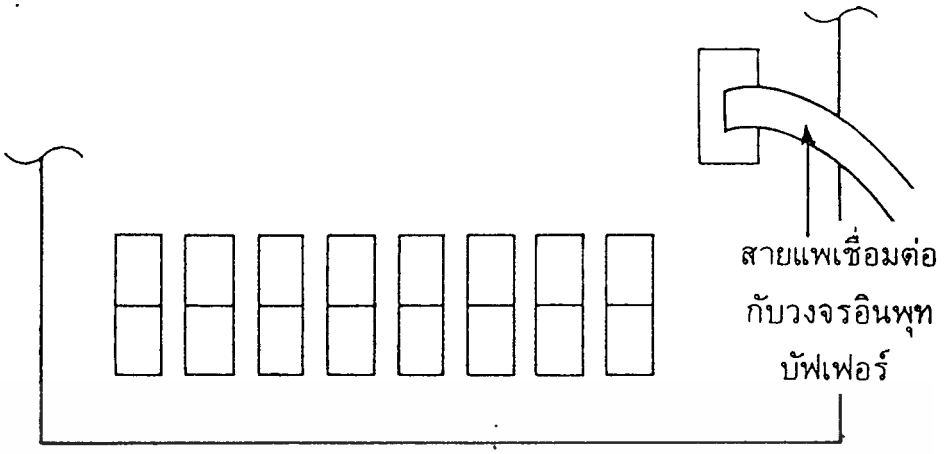
จากโปรแกรมในรูปที่ 3.31 ถ้าต้องการให้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ก. LED D0 D4 D7 สว่าง | $W_1$ | จะมีค่า | 145 |
| ข. LED D0 D3 D5 D6 สว่าง | $W_1$ | จะมีค่า | 105 |
| ค. LED ทุกดวงสว่าง | $W_1$ | จะมีค่า | 255 |
| ง. LED ทุกดวงดับหมด | $W_1$ | จะมีค่า | 0 |
| จ. LED D6 สว่าง | $W_1$ | จะมีค่า | 64 |
| ฉ. LED D1 D3 D5 D7 สว่าง | $W_1$ | จะมีค่า | 170 |
| ช. LED D0 D2 D4 D6 สว่าง | $W_1$ | จะมีค่า | 85 |

3.5.2 การอินพุทข้อมูล

การนำข้อมูลเข้าไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้ โดยการเขียนโปรแกรมคำสั่งในภาษาเบสิก กรณีที่มี I/O Board เชื่อมต่อ โดยมีการถอดรหัสแอดเดรสในการนำข้อมูลเข้าที่พอร์ทหมายเลข 703 (เลขฐานสิบ) และทำการอ่านข้อมูลจากสวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง(16 ขา) เข้าไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




สวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง (16 ขา)

รูปที่ 3.32 สวิทช์ปิด - เปิด 8 ทางที่ให้ข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์

สวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง (16 ขา) สามารถตั้ง ปิด - เปิดได้ คือ เมื่อเป็น เปิด หมายถึง ลอจิก 1 และเมื่อเป็น ปิด หมายถึงลอจิก 0 การตั้งลอจิกจึงสามารถตั้งได้ทุก ๆ บิท จาก D0 - D7 โดยการสับสวิทช์ เปิด หรือ ปิด เพื่อให้ได้ลอจิกตามที่เราต้องการ ส่งข้อมูลเลขฐานสองเข้าสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

คำสั่งในภาษาเบสิกที่ใช้ในการอ่านข้อมูลเข้า คือ

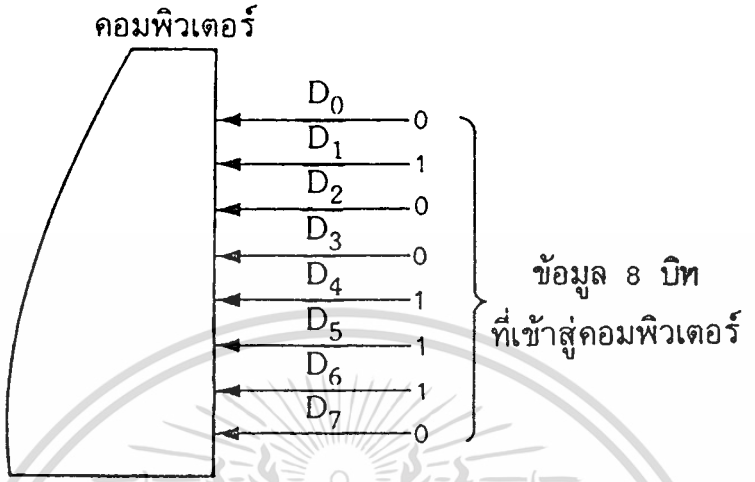
A = INP (Address)

ในกรณีแอดเดรสการนำข้อมูลเข้า คือ 703 (ฐานสิบ) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

A = INP (703)

ค่าข้อมูล A ที่อ่านได้จากสวิทช์ปิด - เปิด (ซึ่งเป็นเลขฐานสอง) เข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสับสวิทช์ 8 ทาง ให้บิท D1 D4 D5 และ D6 เป็น เปิด (ลอจิก 1) ส่วนบิทอื่นเป็น ปิด (ลอจิก 0) หมด แสดงดังรูปที่ 3.33 และทำการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิกอ่านข้อมูลเข้าแสดงดังรูปที่ 3.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.33 ข้อมูล 8 บิทจากการสับสวิทช์ปิด - เปิด 8 ทาง

```
10 PRINT "INPUT THE I/O ADDRESS FOR COMMUNICATION";
20 INPUT S3
30 A1 = INP(S3)
40 PRINT "THE DATA READ FROM I/O ADDRESS#";S3;"=";A
50 END
```

รูปที่ 3.34 โปรแกรมอ่านป้อนข้อมูลเข้าสู่พอร์ท

เมื่อใช้โปรแกรมจากรูปที่ 3.34 จะให้ทำการใส่ข้อมูลหมายเลขของพอร์ท ในที่นี้คือ 703 (ฐานสิบ) หลังจากนั้นโปรแกรมทำการอ่านค่าข้อมูลจากที่เราทำการสับสวิทช์ปิด - เปิดไว้ คือ 01001110 (D0 - D7) พบว่า ได้ค่าที่อ่านเข้าเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอมพิวเตอร์ เท่ากับ 114 (ฐานสิบ) เมื่อเราลองทำการเปลี่ยน เลขฐานสอง ที่ทำการสับสวิทช์ปิด - เปิด ไว้เป็นเลขฐานสิบ จะได้ D6 = 64 D5 = 32 D4 = 16 และ D1 = 2 จะได้ค่า 64 + 32 + 16 + 2 = 114 ฉะนั้น ข้อมูลที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการอ่านจากการสับสวิทช์ปิด - เปิดของเราถูกต้อง

ถ้าหากทำการสับสวิทช์ปิด - เปิดใหม่ ดังต่อไปนี้ คือ

ก. บิท D1 และ D7 สับสวิทช์เป็น เปิด (ลอจิก 1) ส่วนบิทอื่น ๆ สับสวิทช์เป็น ปิด (ลอจิก 0)

ข. บิท D0 และ D5 สับสวิทช์เป็น เปิด (ลอจิก 1) ส่วนบิทอื่น ๆ สับสวิทช์เป็น ปิด (ลอจิก 0)

ค. บิท D1 D2 D3 D6 และ D7 สับสวิทช์เป็น เปิด (ลอจิก 1) ส่วนบิทอื่น ๆ สับสวิทช์เป็น ปิด (ลอจิก 0)

ง. ทุกบิท ( D1 ถึง D7) สับสวิทช์เป็น เปิด หมด

เมื่อทำการใช้โปรแกรม ดังรูปที่ 3.34 จะอ่านค่า A ได้ข้อมูลออกมา ดังนี้

ก. A = 130

ข. A = 33

ค. A = 222

ง. A = 255 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและสร้างเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ โดยการประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

- การศึกษาข้อมูลและการเตรียมการ
- การจัดสร้างระบบอุปกรณ์
- การทดสอบระบบอุปกรณ์

### 4.1 การศึกษาข้อมูลและการเตรียมการ

4.1.1 การศึกษาข้อมูล ดำเนินการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับ

- ระบบและวิธีการวัดความเร็วต้น ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้ว ในบทที่ 2
- วัสดุและอุปกรณ์การวิจัย เช่น โฟโตไดโอด IC ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล IC ขยายสัญญาณ IC ตัดสัญญาณรบกวน ความต้านทาน (R) และ คาปาซิเตอร์ (C) ฯลฯ
- รูปแบบของวงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล วงจรขยายสัญญาณ วงจรที่เกี่ยวกับการควบคุมเวลา และวงจรตัดทอนสัญญาณรบกวน ฯลฯ
- การวิเคราะห์ระบบและวิธีการ เพื่อเลือกหนทางปฏิบัติ

4.1.2 การเตรียมการ ได้เตรียมการเกี่ยวกับรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน เช่น เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เครื่องมือปรับ/ตั้งความถี่ เครื่องมือบัดกรี(ใช้เชื่อมต่อวงจร) เครื่องมือวัดระยะ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 220 โวลท์ เพื่อใช้งานในสนาม อะแดปเตอร์แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลท์ กระแสสลับ เป็น 12 โวลท์ กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

- อาวุธและกระสุนปืนที่ใช้ในการทดสอบในสนาม ได้แก่ ปืนใหญ่เครื่องยิงลูกระเบิด ปืนกลเบา ปืนพก และปืนเล็กยาว เป็นต้น

- สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินงาน

- ห้อง Lab ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ใช้ในการ ค้นคว้า/ทดลอง และทดสอบระบบ/วิธีการวัดความเร็ว ในเบื้องต้น

- สนามยิงปืนใหญ่ เขาพุโลน ศูนย์การทหารปืนใหญ่ ค่าย-พหลโยธิน ลพบุรี ใช้ในการดำเนินงานทดสอบเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่และลูกระเบิดยิง (ที่วิจัยเสร็จแล้ว)

- สนามยิงปืนเล็ก ของโรงงานผลิตกระสุนปืนใหญ่และลูก-ระเบิดยิง ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก ลพบุรี ใช้ในการดำเนินงานทดสอบเครื่องมือวัดความเร็วต้น ของกระสุนปืนเล็ก เช่น ปืนกลเบา เอ็ม 60 ขนาด 7.62 มม. ปืนพก 86 ขนาด .45 นิ้ว และปืนเล็กยาว แบบ 11 หรือเอ็ม 16 ขนาด 5.56 มม.

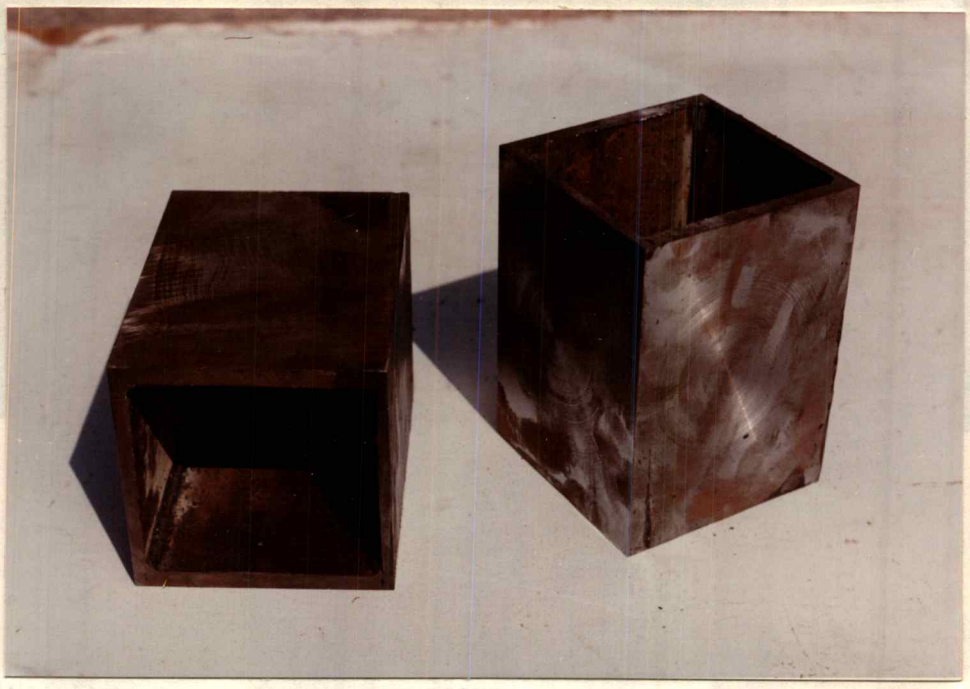
- งานทางด้านธุรการ เช่นการขอใช้สนามยิงปืน การขอรับการสนับสนุนอาวุธและกระสุนปืนที่ใช้ในการทดสอบ และการขอรับการสนุนยานพาหนะ ตามความจำเป็น

## 4.2 การจัดสร้างระบบอุปกรณ์

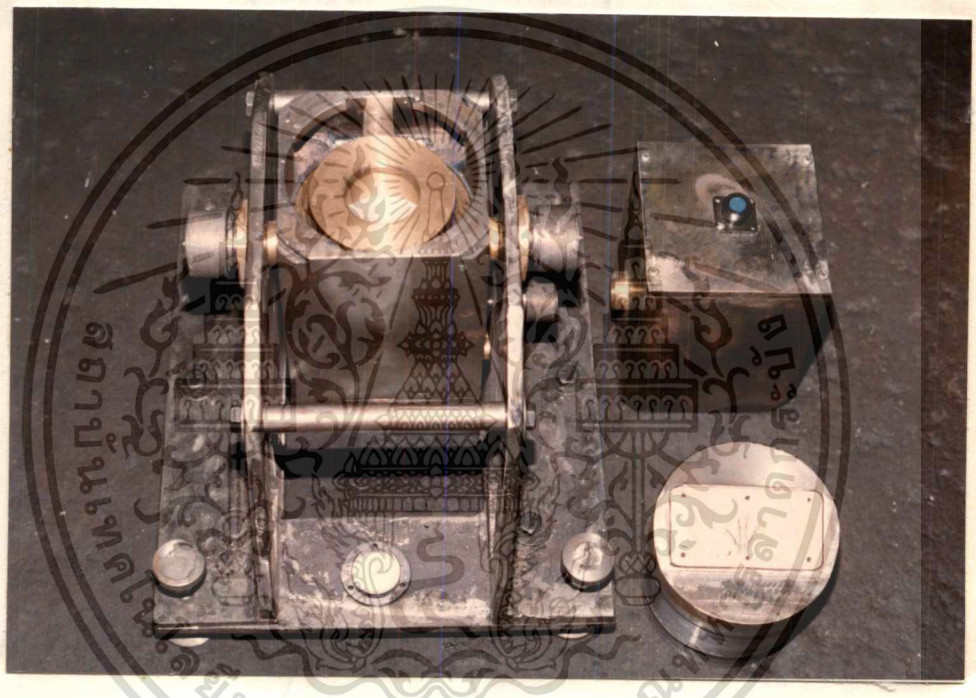
การดำเนินงานจัดสร้างระบบอุปกรณ์ ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

4.2.1 หัววัด โครงสร้างภายนอกเป็นเหล็ก ใช้วิธีการตัด เชื่อม และใสขึ้นรูป แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ด้านบนสุดของหัววัด จะมีช่องว่างปิดด้วยกระจกใส (เพื่อป้องกันน้ำและฝุ่นเข้า) ช่องว่างดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด กว้าง/ยาว ประมาณ 2 X 10 ซม. เพื่อให้แสงสว่างภายนอก สามารถส่องผ่าน

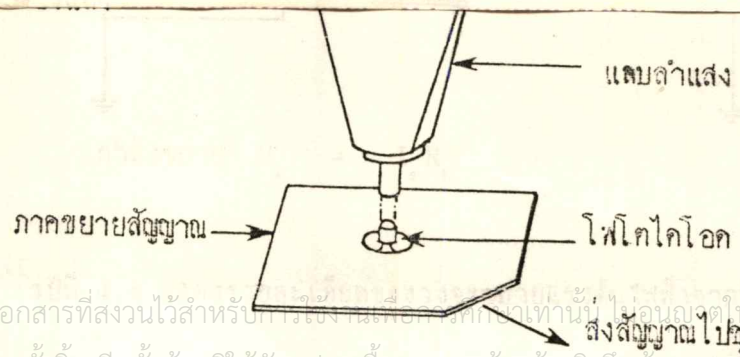
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของห้ววัดที่ทำจากโลหะโดยการ ตัด เจาะ เชื่อม กลึงและใสขึ้นรูป



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของชุดหัววัดที่สร้างเสร็จแล้ว




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบภายในของหัววัด

การทำงานของหัววัด เมื่อมีกระสุนปืนวิ่งผ่านตัดด้านบนโดยตรง (Vertical axes) จากหัววัดตัวที่ 1 ไปยังหัววัดตัวที่ 2 จะเกิดเงามืดขณะที่กระสุน

วิ่งผ่านไป ทำให้แสงสว่างที่ส่องลงไปตกกระทบบนโฟโตไดโอด มีปริมาณน้อยลง และเป็นผลทำให้ แรงดันไฟฟ้า ของหัววัดตัวที่ 1 และ หัววัดตัวที่ 2 ลดน้อยลงไปด้วย แต่เวลาแตกต่างกัน นั่นคือ หัววัดตัวที่ 1 ตั้งอยู่ใกล้ปากลำกล้องปืนมากกว่า หัววัดตัวที่ 2 การเกิดเงามืดเมื่อลูกกระสุนปืนวิ่งผ่านตัดด้านบนไป ก็ต้องเกิดที่หัววัดตัวที่ 1 ก่อนเสมอ ดังนั้นจึงกำหนดให้ หัววัดตัวที่ 1 เป็นเวลาเริ่มต้น (Start time) และให้หัววัดตัวที่ 2 เป็นเวลาสุดท้าย (Stop time) เราก็จะได้ค่าเวลาที่แตกต่างกันอันหนึ่ง เมื่อนำค่าเวลาไปเปรียบเทียบกับระยะทางจากหัววัดตัวที่ 1 ถึง หัววัดตัวที่ 2 ที่ทราบค่าแล้ว (ปกติจะใช้ระยะทางคงที่ = 2 เมตร) ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูล ก็จะได้ค่าความเร็วของกระสุนปืน ตามต้องการ สูตรที่ใช้ในการคำนวณ มีดังนี้

ความเร็ว = ระยะทาง / เวลา

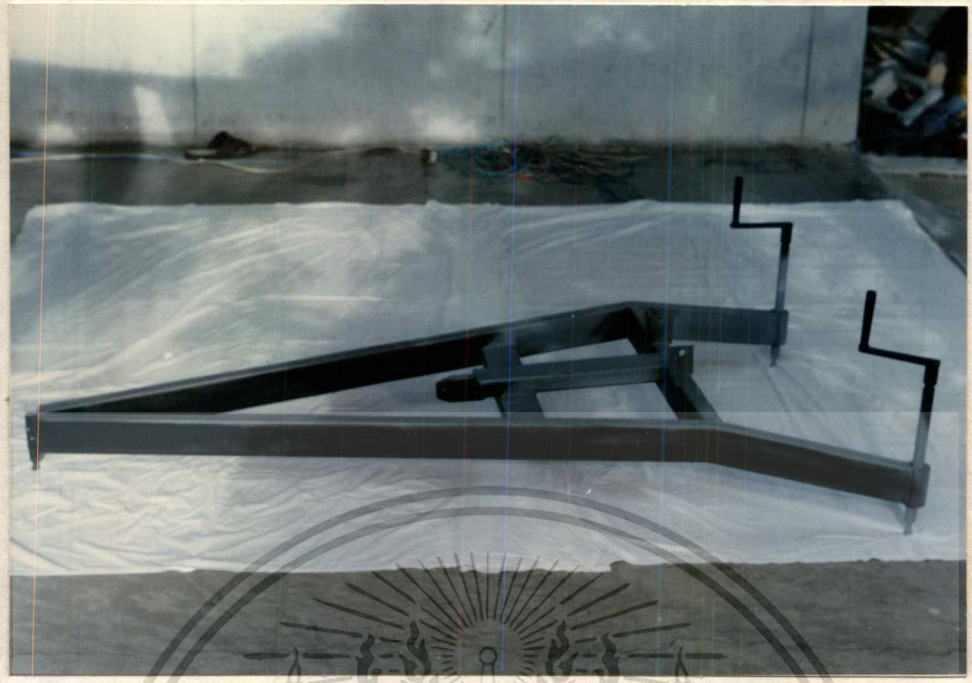
คุณลักษณะเฉพาะของหัววัด

| | | |
|---|---|---|
| - ขนาดเลนส์ | 50 | มม. |
| - ความเร็วสูงสุดที่สามารถวัดได้ | 2,000 | เมตร/วินาที |
| - ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด | 12 | โวลท์ |
| - น้ำหนัก (โดยประมาณ) | 14 | กก. |

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสร้างหัววัดแสดงในภาคผนวก ก.

4.2.2 **ขาตั้งหัววัด** เป็นโครงเหล็กรูปสามเหลี่ยม ตั้งอยู่บนขาเหล็กจำนวน 3 ขา ปรับระดับสูง - ต่ำได้ ใช้สำหรับติดตั้งหัววัด ซึ่งวางอยู่ในช่องจับหัววัดที่มีแกนเหล็กยาวเป็นตัวเชื่อมต่อ เพื่อให้หัววัดทั้งสองขนานกัน และอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง 2 เมตร คงที่ สามารถปรับระดับของหัววัด ให้ตั้งสูงขึ้น - ต่ำลง หรือตรงกับทิศทางยิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

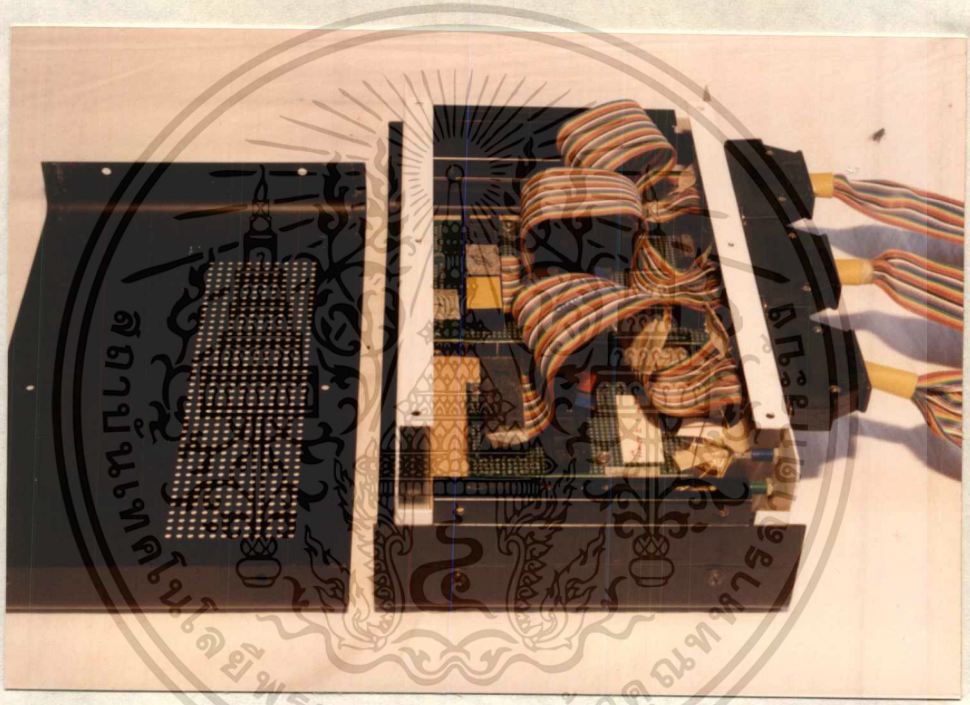


รูปที่ 4.5 การสร้างส่วนประกอบของขาตั้งหัววัด

รูปที่ 4.6 การนำขาตั้งหัววัดไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

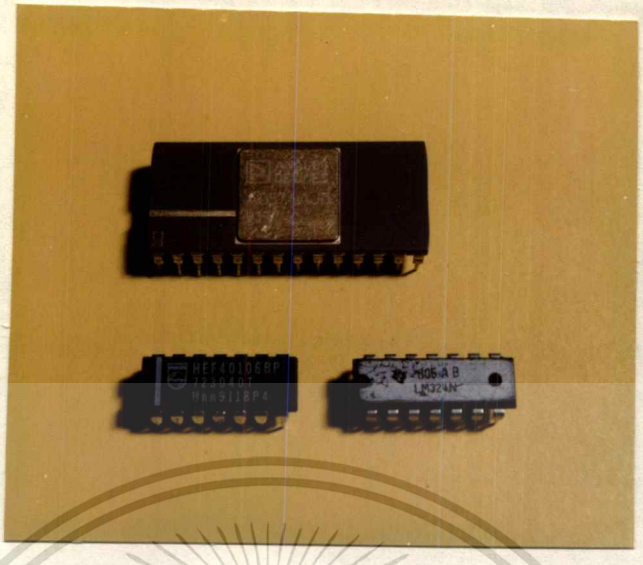
และขนานกับวิถีกระสุนได้ ซึ่งปกติแล้ว จะใช้ขาตั้งหัววัด ในกรณีที่หน่วยมีความต้องการใช้สำหรับภารกิจ การวัดความเร็วต้นของกระสุนวิถีโค้ง (ทั้งปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด) เท่านั้น เพราะสามารถปรับหัววัดให้ตั้งมุมได้ขนานกับวิถีกระสุน (มุมยิง)ได้ง่าย และการใช้ขาตั้งหัววัดอย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้ผลการทดสอบวัดความเร็วต้น ได้ค่าที่ถูกต้องมากด้วย สำหรับการวัดความเร็วต้นของกระสุนวิถีราบ เช่น ปืนใหญ่กระสุนวิถีราบ ปืนกล และปืนเล็กยาว ไม่ต้องใช้ขาตั้งหัววัดก็ได้ การสร้างขาตั้งหัววัด และการนำขาตั้งหัววัดไปใช้งานนั้น แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แสดงส่วนประกอบของชุดเชื่อมต่อ

4.2.3 วงจรเชื่อมต่อ (Interfacing) เป็นวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณจากอนาลอกไปเป็นดิจิตอล และมีวงจรกำเนิด/กำหนดเวลา เพื่อหาเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่กระสุนปืนใหญ่แล่นผ่านเหนือหัววัดทั้งสอง ข้อมูลขาออกจะส่งไปที่ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณหาค่าความเร็วต้นได้ โดยการเปรียบเทียบระหว่าง ระยะทางระหว่างหัววัดที่คงที่ กับห้วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.7 - 4.11 ตามลำดับ

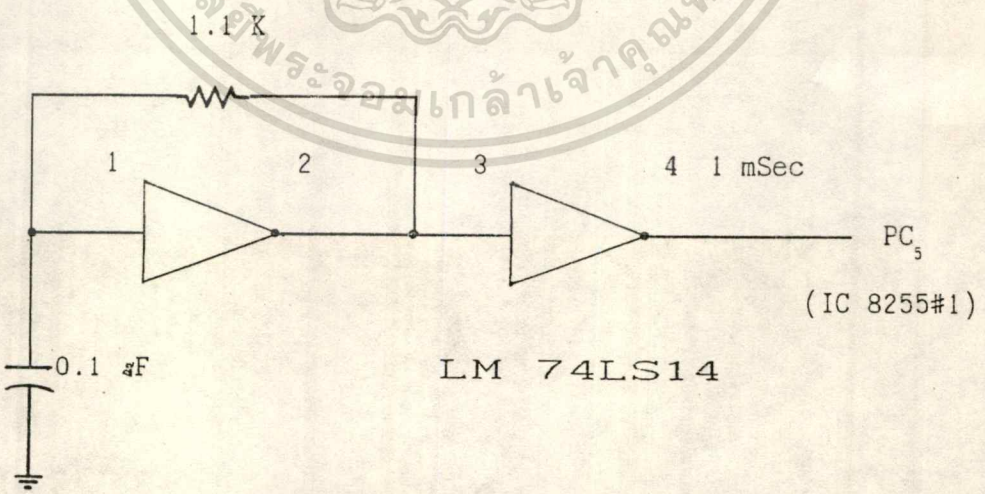
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.8 รูปแบบ ไอซี. ที่ใช้ในวงจรเชื่อมต่อ

วงจรที่ใช้ภายในชุดเชื่อมต่อ มีจำนวน 3 วงจร ดังนี้

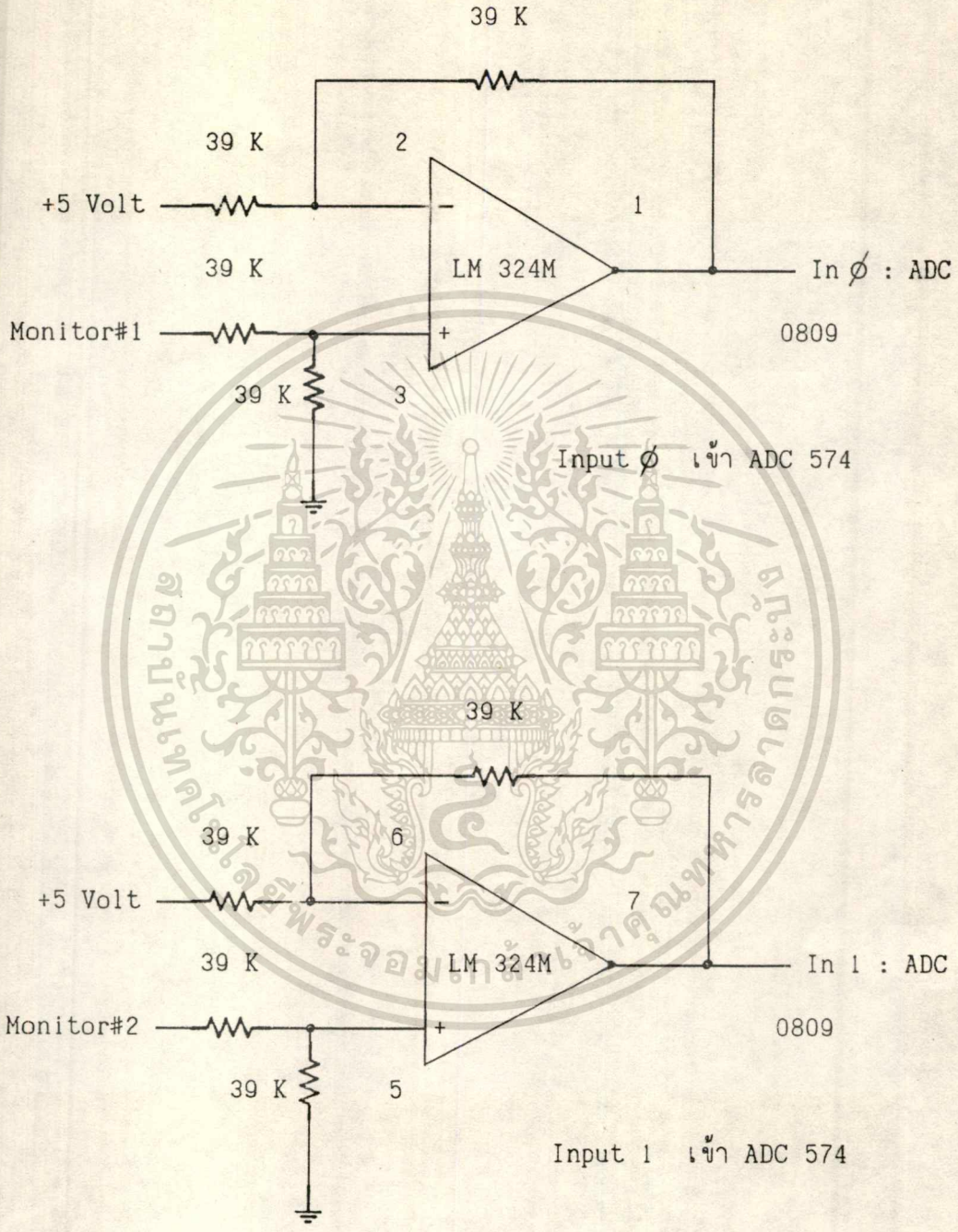
ก. วงจร Time base 1 mSec (Variable) แสดงดังรูปที่ 4.9




รูปที่ 4.9 แสดงวงจร Time base 1 mSec (Variable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

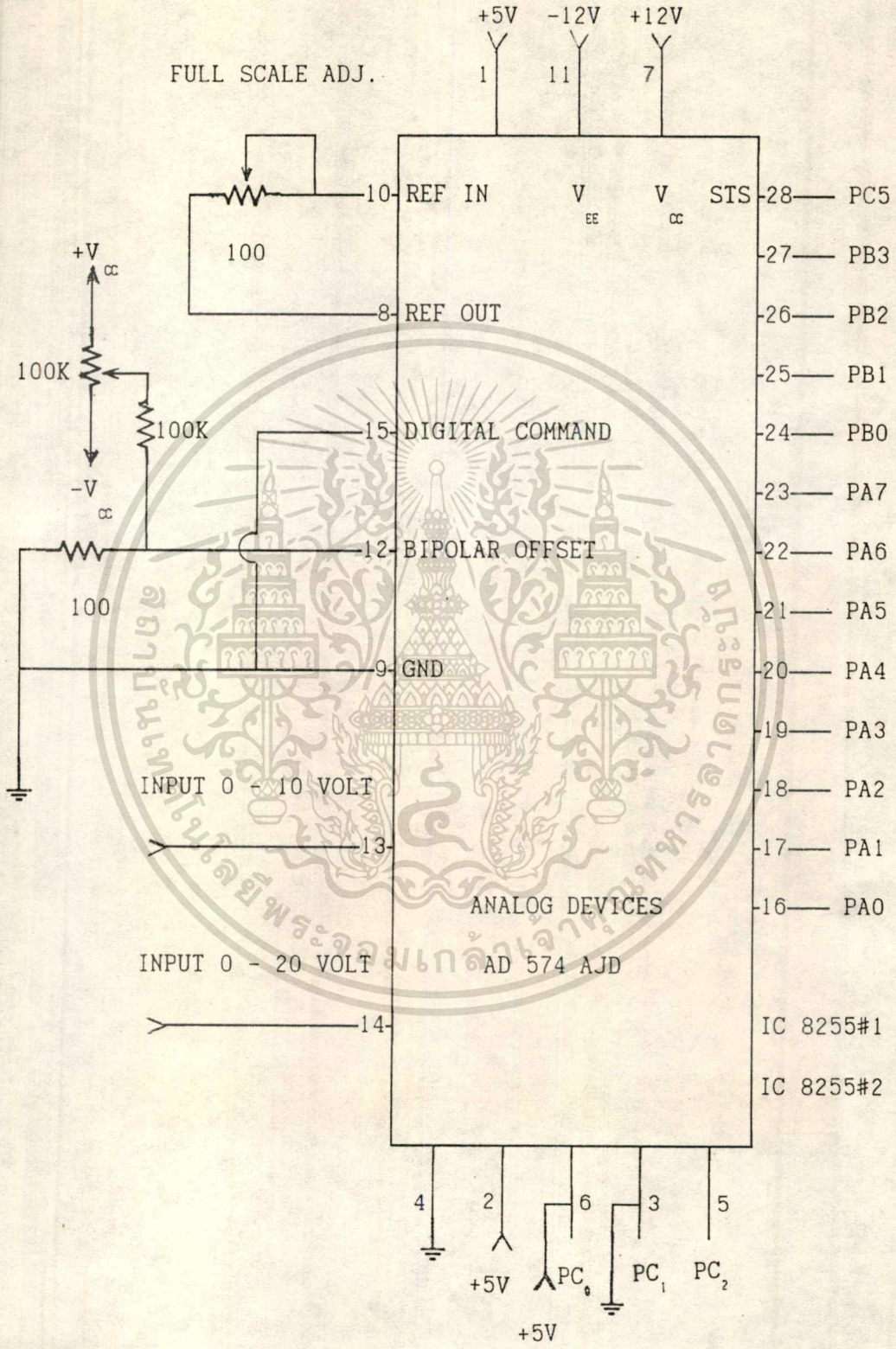
ข. วงจร Buffer แสดงดังรูปที่ 4.10




รูปที่ 4.10 แสดงวงจร Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แสดงดังรูปที่ 4.11

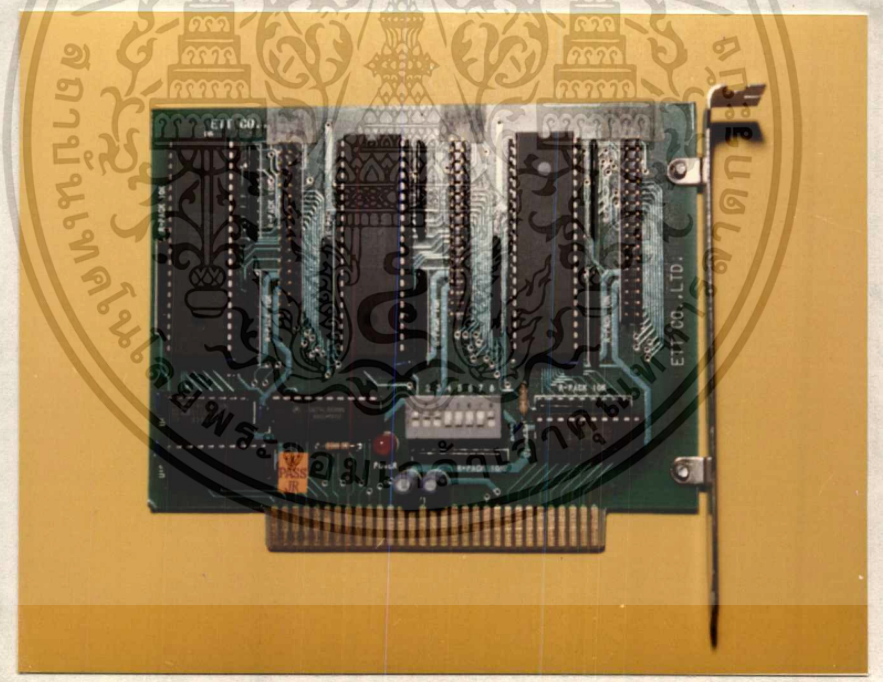



รูปที่ 4.11 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

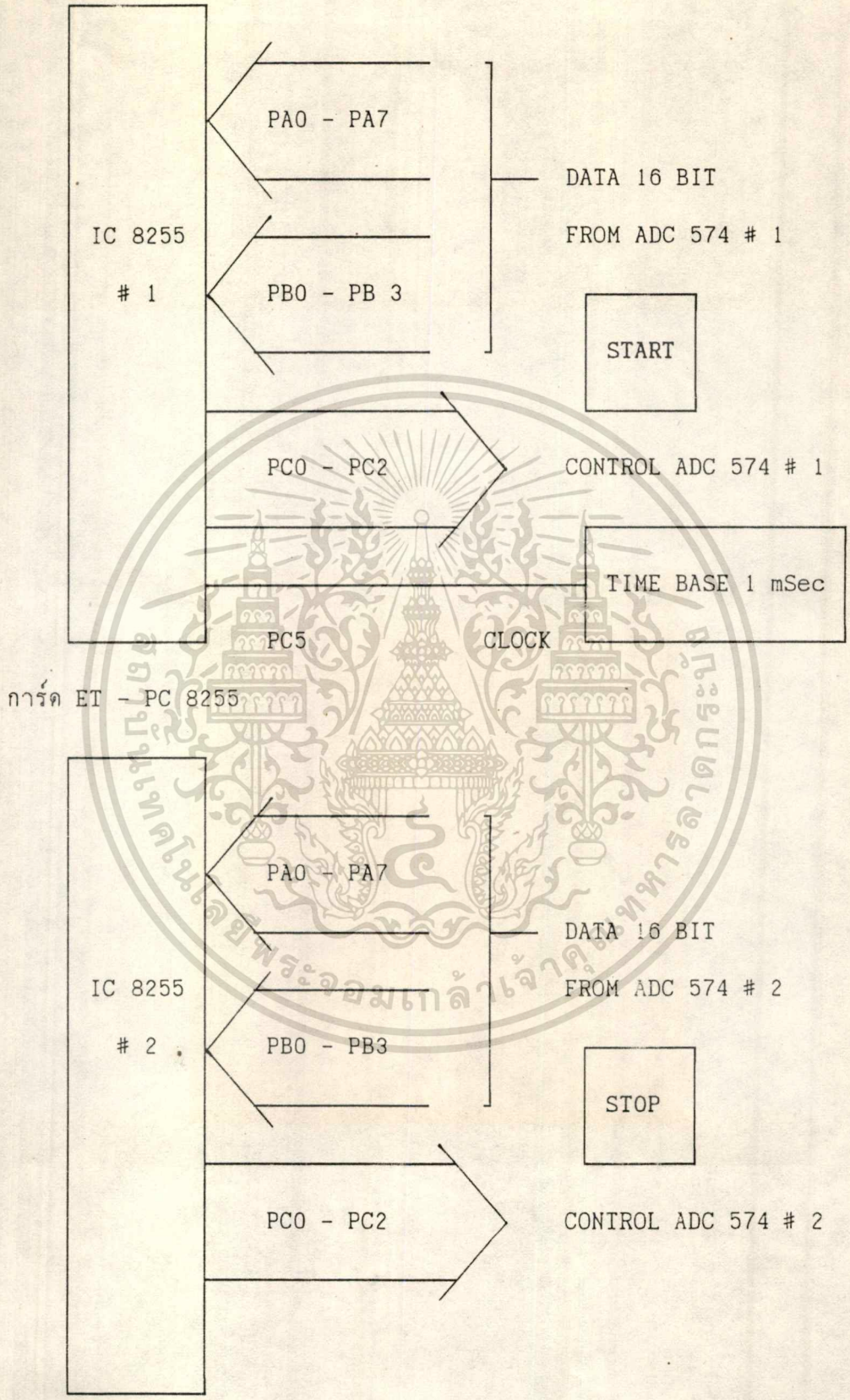
**การนำชุดเชื่อมต่อไปใช้ร่วมกับการ์ดต่อขยายระบบเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์**

การ์ดต่อขยายระบบเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่นำมาใช้ร่วมกับชุดเชื่อมต่อสำหรับงานวิจัยนี้ ใช้ ET - PC 8255 แสดงดังรูปที่ 4.12 ซึ่งทำให้มีส่วนของ Input output port ใช้งานได้มากขึ้น โดยจะมี Port ใช้งาน เป็น Input หรือ Output จำนวน 9 Port หรือ 72 บิท I/O การ์ด ET - PC 8255 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ก็คือ ส่วน IC 8255 ทำหน้าที่เป็น Input output port และส่วนของวงจร IC Decode (เลือกตำแหน่งของ Port 8255) สำหรับการใช้การ์ดต่อขยายระบบร่วมกับชุดเชื่อมต่อนั้น แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะของการ์ด ET - PT 8255

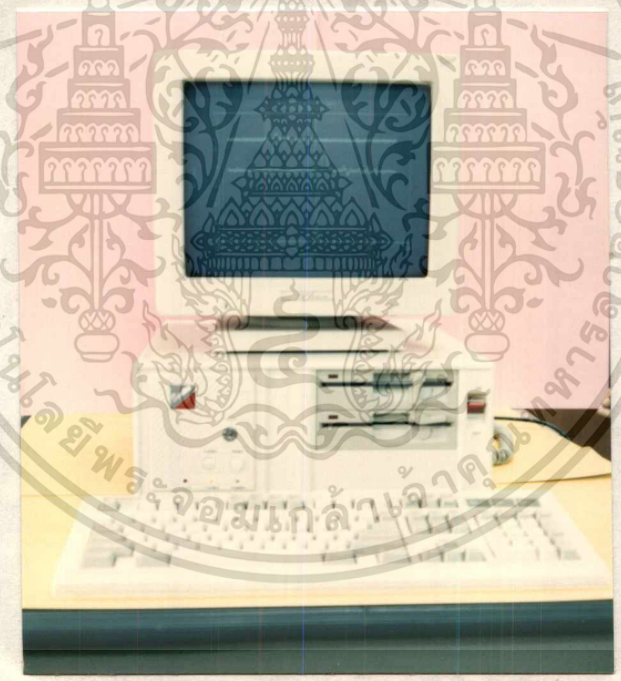
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.13 แสดงวิธีการต่อเชื่อมการ์ด ET - PC 8255 ร่วมกับชุดเชื่อมต่อ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ (Micorcomputer system) เป็นศูนย์ควบคุมการปฏิบัติงานทั้งระบบ และเป็นหน่วยประเมินผลข้อมูล เพื่อคำนวณหาค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้อง สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิท CPU # 8088 XT ในการดำเนินงานตลอดโครงการ ซึ่งเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพแล้ว ก็พอใช้งานได้ แต่ถ้ามีความต้องการที่จะให้ผลการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น ก็สามารถดำเนินการได้ โดยการเปลี่ยนไมโครคอมพิวเตอร์ ให้มีความรวดเร็วในการคำนวณมากขึ้น และให้มีหน่วยความจำเพิ่มมากขึ้น (เพิ่มขนาดบิทให้สูงขึ้น และเปลี่ยน CPU ให้ทันสมัยมากขึ้น เป็นต้น) แสดงรายละเอียดของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ CPU # 8088 XT ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่

มีจำนวน 7 โปรแกรม ดังนี้

ก. โปรแกรม ADSEC1

เขียนด้วยภาษา แอสเซมบลี ใช้โปรแกรมนี้ เพื่อการนำเอาข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอมพิวเตอร์ การใช้งาน ก็ต้องเริ่มต้นด้วยการ เรียกโปรแกรม ADSEC1 ขึ้นมา ครั้นเมื่อเครื่องมีความพร้อมที่จะวัดความเร็วต้นได้แล้ว บนหน้าจอภาพจะปรากฏข้อความ ดังนี้

```
A>adsec1
BALLISTIC MEASUREMENT By Applied Physics-KMITL:Please press any key
```

การปฏิบัติในขั้นต่อไปก็คือ จะต้องกด Enter ก่อนทำการยิงปืนใหญ่ออกไปเสมอ หรืออย่างน้อยที่สุด ก็กด Enter พร้อม ๆ กับการยิงปืนใหญ่เลย ก็ได้ การกำหนดให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เริ่มต้นการรับสัญญาณจากหัววัดเข้ามา ในห้วงเวลาที่จำกัดนั้น ก็เพื่อตัดสัญญาณรบกวนอื่น ๆ อันอาจจะเกิดขึ้น ในระหว่างห้วงเวลา ก่อน - หลัง การยิงปืนใหญ่ออกไป โปรแกรมนี้จะเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากหัววัดไว้ประมาณ 36 กิโลไบต์ ข้อมูลดังกล่าวจะอยู่ในหน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลที่เก็บไว้แล้วนั้น จะถูกเรียกออกมาเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล หาความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ต่อไป โดยการใช้โปรแกรมภาษาเบสิก ที่จะได้กล่าวถึงในลำดับต่อไป

โปรแกรม ADSEC1 นี้ มีความสำคัญมาก ๆ เพราะจะต้องนำไปใช้ทุก ๆ ครั้ง ที่มีการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่เสมอ รายละเอียดของโปรแกรม ADSEC1 แสดงในภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. โปรแกรม ADMS1

เขียนด้วยภาษาเบสิก ใช้โปรแกรมนี้เพื่อดู - ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเวลาและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จากหัววัดที่ 1 (Start) และหัววัดที่ 2 (Stop) โดยเอาข้อมูลดังกล่าวมาจากหน่วยความจำ ซึ่งโปรแกรม ADSEC1 ได้ทำการเก็บเอาไว้ (ตามข้อ ก.) และเครื่องพิมพ์ จะดำเนินการพิมพ์ข้อมูลทั้งหมดออกมาตามลำดับ โดยอัตโนมัติ ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมนี้ สามารถนำไปวิเคราะห์ระบบการทำงาน ของเครื่องมือวัดความเร็วต้น-ของกระสุนปืนใหญ่ได้ รายละเอียดของโปรแกรม ADMS1 แสดงในภาคผนวก ข.

ค. โปรแกรม ADMS2

เขียนด้วยภาษาเบสิก เราใช้โปรแกรมนี้ เพื่อเอาข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ADSEC1 (ข้อ ก.) มาวิเคราะห์ผล ลักษณะการทำงานและผลที่ได้รับก็คล้ายกับโปรแกรม ADMS1 (ข้อ ข.) มีแตกต่างกันก็ตรงที่ว่า ถ้าการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ไม่ได้ผล (กระสุนปืนใหญ่ยิงออกไปแล้ว ไม่อยู่ในห้วงเวลาที่กำหนด) เครื่องไมโครคอม-พิวเตอร์จะบอกให้เราทราบที่จอแสดงผลดังนี้ "Device timeout in 1695" เป็นต้น รายละเอียดของโปรแกรม ADMS2 แสดงในภาคผนวก ข.

ง. โปรแกรม ADMS3

เขียนด้วยภาษาเบสิก ใช้โปรแกรมนี้เพื่อการนำเอาข้อมูลที่ได้ ไปเก็บไว้ในแผ่นดิสค์สำรอง (ไดร์ฟ B) และการเก็บข้อมูลในแผ่นดิสค์สำรองทุกครั้ง จะต้องใส่นามสกุลให้กับชื่อไฟล์ใหม่เป็น *.PRN เสมอ ทั้งนี้ก็เพื่อประโยชน์ในการนำเอาข้อมูลที่เก็บไว้นั้น ไปเขียนกราฟ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ผล นอกจากนี้แล้ว โปรแกรม ADMS3 ยังสามารถแสดงข้อมูลทั้งหมดบนจอแสดงผลได้ หรือเลือกไม่ให้แสดงผลออกมาก็ได้ รายละเอียดของโปรแกรม ADMS3 แสดงในภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. โปรแกรม ADMS4

เขียนด้วยภาษาเบสิก ใช้โปรแกรมนี้ ก็เพื่อให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณหาค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ออกมาให้เลย (หลังจากที่การแสดงผลข้อมูลส่วนใหญ่บนจอภาพจบลง) การทำงานก็คล้ายกับโปรแกรม ADMS3 (ข้อ ง.) คือต้องใส่ชื่อไฟล์และนามสกุลเป็น *.PRN เสมอ และข้อมูลที่เก็บไว้ สามารถนำไปเขียนเป็นกราฟได้ด้วย รายละเอียดของโปรแกรม ADMS4 แสดงในภาคผนวก ข.

ฉ. โปรแกรม ADMS5

เขียนด้วยภาษาเบสิก ประโยชน์และการใช้งาน เหมือนโปรแกม ADMS4 (ข้อ จ.) แต่โปรแกรม ADMS5 การทำงาน (คำนวณ) จะเร็วมากกว่า เพราะผลการวัด จะแสดงออกมาเป็นค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ให้เลย รายละเอียดของโปรแกรม ADMS5 แสดงในภาคผนวก ข.

ช. โปรแกรม GUNT

เขียนด้วยภาษาเบสิก โดยการพัฒนามาจากโปรแกรม ADMS5 (ข้อ ฉ.) ดังนั้นประโยชน์และการใช้งานจึงเหมือนโปรแกรม ADMS5 คือ ผลการวัดจะออกมาเป็นค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ให้เลย แต่ที่แตกต่างไปจากโปรแกรม ADMS5 ก็คือการจะเก็บข้อมูลส่วนใหญ่ไว้ในหน่วยความจำหรือจะเอาข้อมูลทั้งหมดออกมาวิเคราะห์ดูใหม่ผู้ใช้สามารถเลือกหนทางปฏิบัติได้ รายละเอียดของโปรแกรม ADMS5 แสดงในภาคผนวก ข.

## การแสดงผลโดยใช้โลตัส 1-2-3

ข้อมูลที่เก็บไว้ในแผ่นดิสค์ ฯ สกุล *.PRN นั้น สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โลตัส 1-2-3 เพื่อโหลดหรือเรียกข้อมูลดังกล่าวออกมา แล้วนำไปพิจารณา/วิเคราะห์กราฟ และเขียนกราฟได้ ตามลำดับ รายละเอียดของกราฟแสดงในภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 หน่วยแสดงผลข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย

ก. แสดงผลบนจอภาพ

- เป็นระบบตัวเลข ในรูปของข้อมูล และค่าความเร็วต้น
- เป็นกราฟ โดยนำข้อมูลที่เก็บใน *.PRN มาเขียนกราฟ

ข. แสดงผลออกมาทางเครื่องพิมพ์ในรูปของกราฟ

ค. แสดงผลออกมาทางเครื่องเขียนในรูปของกราฟ

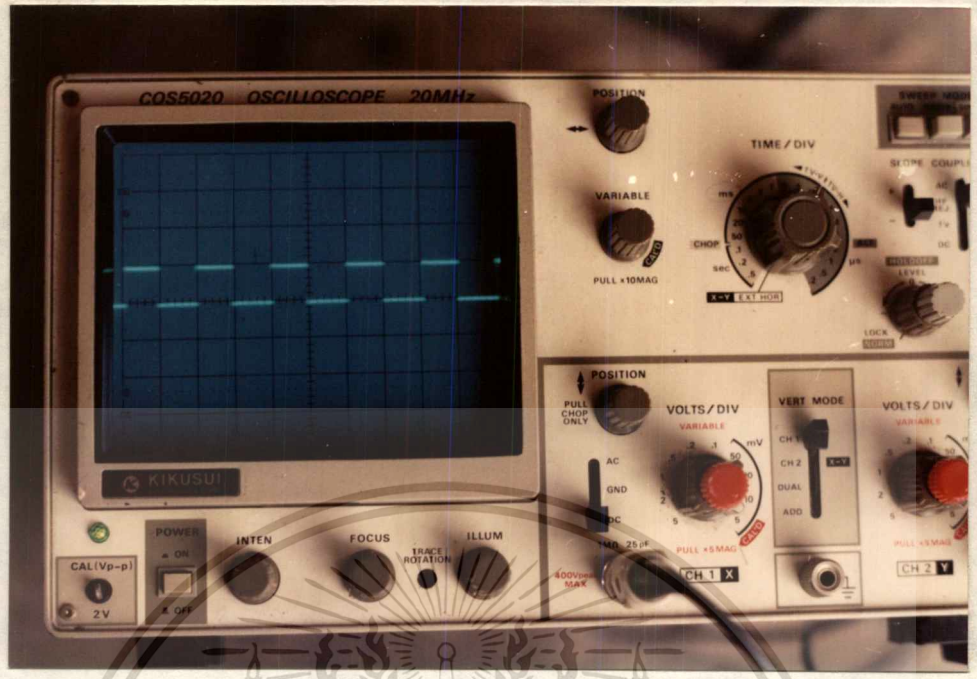
## 4.3 การทดสอบระบบอุปกรณ์

การทดสอบเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์นั้น สามารถแบ่งรายละเอียดออกได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 การทดสอบภายในห้องทดลอง สำหรับขั้นตอนนี้ได้ทำการทดสอบระบบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น ภายในห้องทดลองของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยดำเนินการ ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ก. การเตรียมการ อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบไปด้วย หัววัด จำนวน 2 หัว สายไฟเชื่อมต่อระหว่างหัววัดกับระบบควบคุม จำนวน 1 ชุด ชุดเชื่อมต่อ จำนวน 1 ชุด ไมโครคอมพิวเตอร์ CPU # 8088 XT ขนาด 16 บิท จำนวน 1 ชุด ชุดแปลงกระแสไฟฟ้า 220 โวลท์ กระแสสลับ เป็น 12 โวลท์ กระแสตรง จำนวน 1 ชุด และออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) จำนวน 1 ชุด ส่วนแสงสว่างที่ใช้ส่องเข้าไปภายในหัววัดนั้น ใช้หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาทั่ว ๆ ไป ที่ติดตั้งประจำอยู่ภายในห้องทดลองและในบางครั้ง ได้นำเอาอุปกรณ์ทั้งระบบ ออกไปทดสอบนอกห้องทดลอง โดยนำไปทดสอบที่สนามหญ้า ซึ่งมีแสงสว่างของดวงอาทิตย์ส่องถึง เพื่อเป็นการทดลองใช้แสงสว่างจากธรรมชาติจริง ๆ ด้วย และวัสดุที่ใช้แทนกระสุนปืนใหญ่ ได้แก่ มือ ไม้บรรทัด กล่องกระดาษ เศษไม้ ก้อนหิน และลูกบอลขนาดเล็ก เป็นต้น ลักษณะของสัญญาณที่ได้รับจากหัววัด จะปรากฏที่จอภาพของออสซิลโลสโคป เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม แสดงดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.15 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากหัววัด

ข. การทดสอบ โดยใช้หลักการวัดด้วยวิธีการโยนลูกบอลขนาดเล็ก ให้แล่นตัดกับลำแสงที่ส่องมาจากเพดานห้องทดลอง ผ่านหัววัดตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ตามลำดับ สัญญาณการตรวจจับของหัววัดจะเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลข้อมูลออกมา เป็นระบบตัวเลข ต่อไป

| TIME (ms) | START (V) | STOP (V) |
|---|---|---|
| 50 | 8.742046 | 7.547724 |
| 50.25 | 8.727362 | 7.503671 |
| 50.5 | 8.749389 | 7.488987 |
| 50.75 | 8.737151 | 7.488987 |
| 51 | 8.72002 | 7.488987 |
| 51.25 | 8.697993 | 7.528145 |
| 51.5 | 8.734704 | 7.523251 |
| 51.75 | 8.732257 | 7.535487 |
| 52 | 8.768968 | 7.535487 |
| 52.25 | 8.790994 | 7.518356 |
| 52.5 | 8.759178 | 7.572198 |
| 52.75 | 8.737151 | 7.559962 |

รูปที่ 4.16 ลักษณะข้อมูลที่เก็บไว้ใน *.PRN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| TIME (ms) | START (V) | STOP (V) |
|---|---|---|
| 53 | 8.700441 | 7.518356 |
| 53.25 | 8.697993 | 7.503671 |
| 53.5 | 8.717572 | 7.488987 |
| 53.75 | 8.715125 | 7.488987 |
| 54 | 8.693099 | 7.43025 |
| 54.25 | 8.678414 | 7.454724 |
| 54.5 | 8.737151 | 7.471855 |
| 54.75 | 8.668625 | 7.53304 |
| 55 | 8.71023 | 7.550172 |
| 55.25 | 8.717572 | 7.567303 |
| 55.5 | 8.739599 | 7.53304 |
| 55.75 | 8.737151 | 7.454724 |
| 56 | 8.734704 | 7.425355 |
| 56.25 | 8.729809 | 7.413119 |
| 56.5 | 8.768968 | 7.393539 |
| 56.75 | 8.734704 | 7.427803 |
| 57 | 8.771415 | 7.488987 |
| 57.25 | 8.793442 | 7.537935 |
| 57.5 | 8.898679 | 7.584435 |
| 57.75 | 8.786099 | 7.594225 |
| 58 | 8.680861 | 7.564856 |
| 58.25 | 8.582967 | 7.557514 |
| 58.5 | 8.575624 | 7.511014 |
| 58.75 | 8.514439 | 7.511014 |
| 59 | 8.472834 | 7.518356 |
| 59.25 | 8.438571 | 7.552619 |
| 59.5 | 8.499756 | 7.577093 |
| 59.75 | 8.463045 | 7.601567 |
| 60 | 8.50465 | 7.611357 |
| 60.25 | 8.357807 | 7.555066 |
| 60.5 | 8.289281 | 7.48654 |
| 60.75 | 8.223202 | 7.42046 |
| 61 | 8.230543 | 7.32746 |
| 61.25 | 8.274596 | 7.263828 |
| 61.5 | 8.482624 | 7.278512 |
| 61.75 | 8.717572 | 7.254039 |
| 62 | 9.361234 | 7.393539 |
| 62.25 | 9.985316 | 7.474303 |
| 62.5 | 9.985316 | 7.518356 |
| 62.75 | 9.985316 | 7.63583 |
| 63 | 9.985316 | 7.709252 |
| 63.25 | 9.985316 | 7.758199 |
| 63.5 | 9.985316 | 7.797357 |
| 63.75 | 9.985316 | 7.772884 |
| 64 | 9.985316 | 7.716594 |
| 64.25 | 9.985316 | 7.723936 |
| 64.5 | 9.985316 | 7.58933 |
| 64.75 | 9.985316 | 7.488987 |

รูปที่ 4.16 (ต่อ) ลักษณะข้อมูลที่เก็บไว้ใน ★.PRN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ผลการทดสอบ สำหรับการทดสอบภายในห้องทดลองนั้น จะหวังผลเพียงว่า เมื่อลูกบอล (แทนกระสุนปืนใหญ่) แล่นผ่านห้ววัดทั้งสองแล้ว ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลข้อมูลออกมาในรูปของระบบตัวเลข แสดงดังรูปที่ 4.15 และจะแสดงผล เป็นค่าความเร็วต้น ในระบบตัวเลขได้เลยทันทีด้วย ซึ่งเป็นการทดสอบซอฟต์แวร์ และทดสอบระบบการทำงานโดยทั่ว ๆ ไปเท่านั้น ส่วนค่าความเร็วต้นที่ปรากฏอาจจะถูกต้องหรือไม่ ก็ได้ แต่จากข้อมูลที่ได้นั้น จะมีการคำนวณเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องคำนวณขนาดเล็กด้วยเสมอ ๆ ทั้งนี้ก็เพื่อจะได้พัฒนา/ปรับปรุงซอฟต์แวร์ และระบบต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เพื่อให้ค่าความเร็วต้นที่ได้ ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

4.3.2 การทดสอบในสนาม ในที่นี้หมายถึง การนำเอาเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งระบบ ไปดำเนินการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืน หรือขีปนวิถีจากอาวุธ/กระสุนจริง ในพื้นที่ที่ใช้เป็นสนามยิงทดสอบอาวุธ/กระสุนโดยเฉพาะ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้พื้นที่ในการทดสอบสองสนาม คือ ที่สนามฝึกยิงปืนทราบระยะของโรงงานผลิตกระสุนปืนใหญ่และลูกระเบิดยิง ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก ลพบุรี และสนามยิงปืนใหญ่ เขาพุโลน ศูนย์การทหารปืนใหญ่ ลพบุรี เช่นกัน โดยดำเนินการวัดความเร็วต้นของอาวุธ/กระสุนปืนแบบ/ขนาดต่าง ๆ ตามรายละเอียดในภาคผนวก ค. ซึ่งการดำเนินงานทดสอบมีขั้นตอน/รายละเอียด ดังต่อไปนี้

ก. การเตรียมการ เตรียมการเหมือนกับการทดสอบภายในห้องทดลอง แต่จะต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ประกอบเพิ่มเติมมากขึ้น ได้แก่

- พื้นที่ตั้งยิง หมายถึงพื้นที่ ที่จะเอาปืนไปตั้งยิงนั่นเอง ควรต้องมีสภาพพื้นดินแข็ง รถลากปืนสามารถวิ่งเข้าไปถึงพื้นที่ตั้งยิงได้ มีบริเวณกว้างขวางเพียงพอที่จะวางสิ่งอำนวยความสะดวกได้อย่างครบถ้วน ไม่มีสิ่งกีดขวางทิศทางยิง และทิศทางยิงจะต้องมีความปลอดภัยสูง (เมื่อยิงปืนออกไปแล้วกระสุนจะต้องไม่ไปตกลงในพื้นที่ที่ทำให้ผู้อื่นได้รับความเสียหาย หรือ บาดเจ็บล้มตาย)

- พื้นที่ตั้งห้ววัด ควรจะราบเรียบ ไม่ลาด ไม่ชัน ไม่เอียง และควรมีพื้นที่กว้างขวางเพียงพอ ที่จะสามารถเลื่อน หรือปรับระยะการติดตั้งชุดอุปกรณ์ได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นที่ตั้งของชุดควบคุมและหน่วยประเมิลผลข้อมูล ควรเป็นพื้นที่ที่อยู่ด้านหลังของปืน ในบริเวณที่ไม่ไกลมากเกินไป สามารถมองเห็นปืนและอุปกรณ์ได้ทั้งหมด

- แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับชุดอุปกรณ์ทั้งหมด เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 220 โวลท์ และควรมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสำรองด้วย เพราะถ้าแหล่งจ่ายไฟหลัก (ชุดแรก) เสียหรือใช้การไม่ได้ ก็สามารถใช้งานทดแทนกันได้เลยทันที

- ปืนและกระสุน ต้องพร้อมที่จะปฏิบัติภารกิจ และขณะดำเนินการทดสอบ ปืนจะต้องอยู่ในลักษณะที่ปลอดภัยมากที่สุด เช่น ไม่บรรจุกระสุนปืนให้อยู่ภายในลำกล้องปืนนานเกินควร และจะต้อง ห้ามไก (Safe) ปืนตลอดเวลา จนกว่าจะมีคำสั่ง "ยิง" จึงทำการปลด ห้ามไก และ ลั่นไก ยิงทันที

ข. การทดลอง นำหัววัดทั้งสองหัวไปวางไว้หน้าปืนที่จะทำการยิงทดสอบ โดยวางอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง 2 เมตรคงที่ แต่ถ้าอาวุธที่จะทำการยิงทดสอบเป็นปืนใหญ่ ก็จะต้องนำขาตั้งหัววัดมาประกอบเข้ากับหัววัดเสมอ เพื่อให้ง่ายต่อการปรับหัววัดให้อยู่ในทิศทางยิง และขนานกับวิถีกระสุนปืนใหญ่ด้วย การจัด/ปรับเลนส์เพื่อให้แสงสว่างส่องเข้าไปภายในหัววัดได้อย่างพอดี/เหมาะสม เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ๆ อาวุธและกระสุนปืนที่ใช้ในการยิงทดสอบเป็นของจริงทั้งหมด ส่วนการต่อสายไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ก็เหมือนกับการทดสอบภายในห้องทดลองที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ส่วนการปฏิบัติ สำหรับการทดลอง แบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นแรก จะเป็นการตรวจสอบ การทำงานของระบบโดยทั่ว ๆไป เช่น ตรวจดูการทำงานของ หัววัด ชุดเชื่อมต่อ ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ และการทำงานของซอฟต์แวร์ โดยการใช้ มือ ไม้ หรือก้อนหิน ปัดและขว้างผ่านหัววัด เหมือนกับการทดสอบภายในห้องทดลอง

- ขั้นที่สอง เป็นการทดสอบ โดยการยิงปืนด้วยกระสุนจริง กระสุนปืนจะแล่นผ่านหัววัดทั้งสอง ที่วางอยู่ในทิศทางยิงเดียวกัน สัญญาณจากหัววัดจะส่งไปให้ไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูลออกมา เป็นระบบตัวเลข ได้ค่าความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ออกมาทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ผลการทดสอบ การทดสอบในสนาม จะได้ผลดี และถูกต้องเสมอ ๆ เมื่อมีการเตรียมการที่ดี และการดำเนินงานทดสอบเป็นไปตามขั้นตอนที่เหมาะสม เช่น การปรับโฟกัสของเลนส์ถูกต้อง การเปิดหน้าเลนส์พอดี และการวางหัววัดให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เป็นต้น ส่วนข้อมูลผลการทดลองในสนาม เท่าที่ได้ทดสอบมา มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 - 1 แสดงผลการทดสอบวัดความเร็วต้นของอาวุธและกระสุนชนิดต่าง ๆ

| ลำดับ | ประเภท/ชนิดของ อาวุธและกระสุน ที่ทำการยิงทดสอบ | ค่าความเร็วต้นที่วัดได้เฉลี่ย (เมตร/วินาที) |
|---|---|---|
| 1 | ปืนเล็กยาว แบบ 11 ขนาด 5.56 มม. | 953.5 |
| 2 | ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ขนาด 5.56 มม. | 983.8 |
| 3 | ปืนกลเบา เอ็ม 60 ขนาด 7.62 มม. | 844.2 |
| 4 | ปืนพก 86 ขนาด .45 นิ้ว | 257.8 |
| 5 | เครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 270.2 |
| 6 | เครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 9 | 318.8 |
| | ส่วนบรรจุ 6 | 267.3 |
| 7 | ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้งขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 469.8 |
| | ส่วนบรรจุ 5 | 309.7 |

<u>หมายเหตุ</u> ลำดับ 5-7 ใช้อาวุธและกระสุนที่ผลิตโดยศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก

รายละเอียดของผลการดำเนินงานทดสอบในสนาม ได้แสดงเพิ่มเติมในภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

## 5.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดความเร็วต้น ด้วยการยิงทดสอบกับอาวุธ ปืนใหญ่เบา-กระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. (105 mm Howitzer) แสดงดังรูปที่ 5.1 และใช้กระสุนระเบิด เอ็ม 1 ขนาด 105 มม. ที่สร้างและผลิตโดย ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ-กองทัพบก (ทั้งสองรายการ) ดำเนินการยิงทดสอบด้วย ส่วนบรรจุที่ 7 จำนวน 20 นัด สามารถวัดความเร็วต้นได้ รวม จำนวน 17 นัด (เปอร์เซ็นต์ที่สามารถวัดความเร็วต้นได้ = 85.0 %) และวัดความเร็วต้นได้ เฉลี่ย = 469.8 เมตร/วินาที รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5 - 1 และรูปที่ 5.2

- ระยะยิงไกลสุด ส่วนบรรจุ 7 11,270 เมตร
- ความเร็วต้น มาตรฐาน ส่วนบรรจุ 7 472.4 เมตร/วินาที
- ความดันภายในรังเพลิงสูงสุด ส่วนบรรจุ 7 1,156 $Kp/Cm^3$

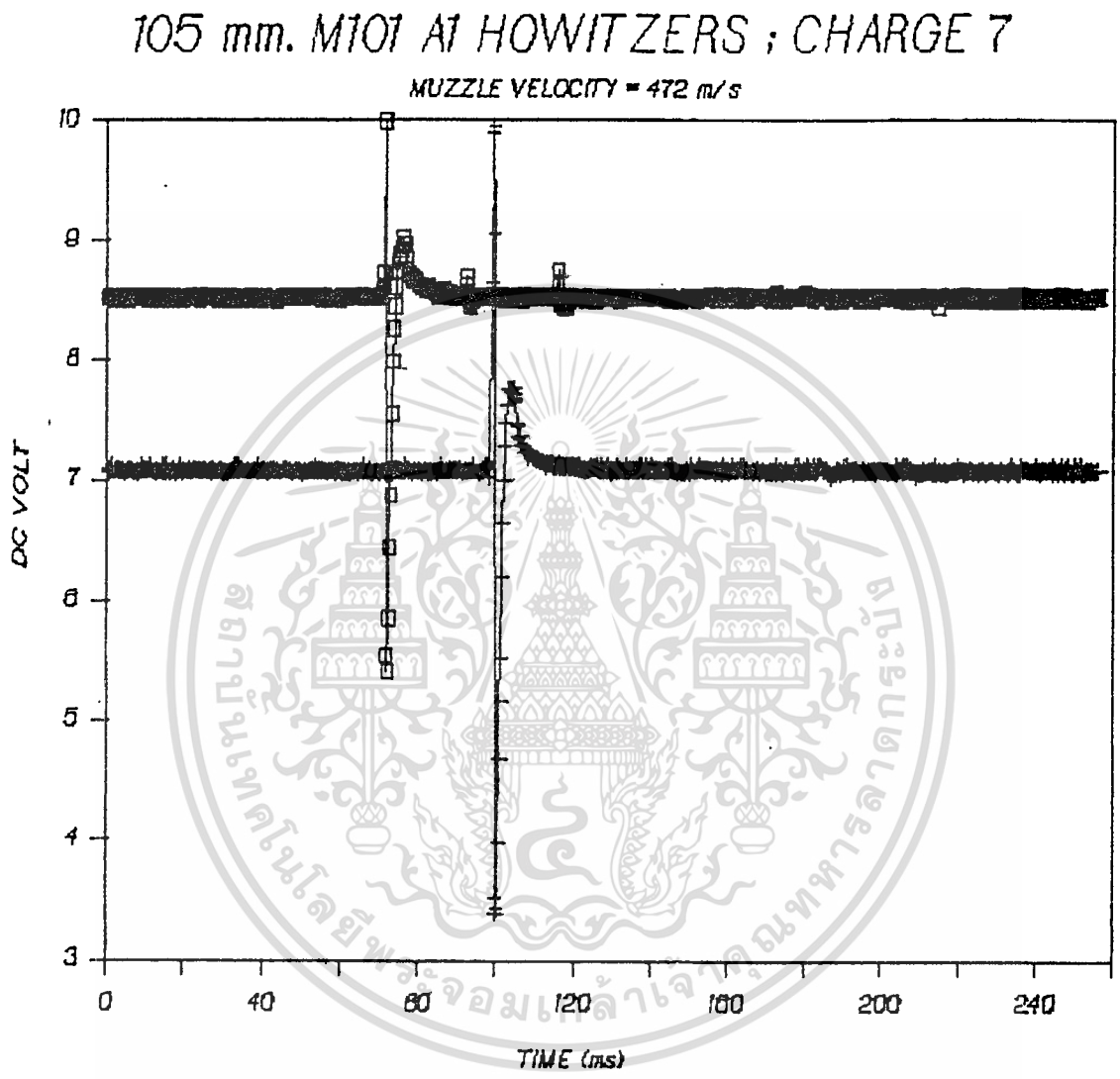
รูปที่ 5.1 แสดงการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 - 1 แสดงผลการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้งขนาด 105 มม. บจ.7

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 468.6 |
| 2 | 469.5 |
| 3 | 471.2 |
| 4 | 469.0 |
| 5 | 468.6 |
| 6 | 469.4 |
| 7 | 470.8 |
| 8 | 472.0 |
| 9 | 468.7 |
| 10 | 470.2 |
| 11 | 469.8 |
| 12 | 469.5 |
| 13 | 467.8 |
| 14 | 472.2 |
| 15 | 469.8 |
| 16 | 468.5 |
| 17 | 470.4 |
| 18 | 470.8 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 469.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 - 2 แสดงจำนวนกระสุนปืน ซึ่งเครื่องมือที่วิจัย ฯ สามารถวัดความเร็วต้นได้

| ลำดับ | ประเภท/ชนิดอาวุธ ที่ใช้ในการยิงทดสอบ | จำนวนกระสุนปืนที่ใช้ยิงทดสอบ(นัด) | จำนวนกระสุนที่วัดได้ (นัด) | เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้(%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ปืนเล็กยาว แบบ 11เอชเค 33 | | | |
| | ขนาด 5.56 มม. | 450 | 296 | 65.8 |
| 2 | ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 | | | |
| | ขนาด 5.56 มม. | 150 | 90 | 60.0 |
| 3 | ปืนกลเบา เอ็ม 60 | | | |
| | ขนาด 7.62 มม. | 60 | 42 | 70.0 |
| 4 | ปืนพก 86 | | | |
| | ขนาด .45 นิ้ว | 100 | 78 | 78.0 |
| 5 | เครื่องยิงลูกระเบิด | | | |
| | ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 30 | 24 | 80.0 |
| 6 | เครื่องยิงลูกระเบิด | | | |
| | ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 9 | 20 | 18 | 90.0 |
| | ส่วนบรรจุ 6 | 20 | 19 | 95.0 |
| 7 | ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง | | | |
| | ขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 20 | 17 | 85.0 |
| | ส่วนบรรจุ 5 | 20 | 19 | 95.0 |
| รวม | | 870 | 603 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 - 3 แสดงค่าเปรียบเทียบ ค่าความเร็วต้นที่วัดได้กับผลการวัดด้วยระบบอื่น ๆ

| ลำดับ | อาวุธที่ใช้ในการยิงทดสอบ | ความเร็วต้น (เมตร/วินาที) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ค่ามาตรฐานจากตารางยิง | ค่า(เฉลี่ย)ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือที่วิจัย | ค่า(เฉลี่ย)ที่วัดด้วยเรดาร์ |
| 1 | ปืนเล็กยาว แบบ 11 | | | |
| | ขนาด 5.56 มม. | 960.1 | 953.5 | ทดสอบไม่ได้ |
| 2 | ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 | | | |
| | ขนาด 5.56 มม. | 990.6 | 983.8 | ทดสอบไม่ได้ |
| 3 | ปืนกลเบา เอ็ม 60 | | | |
| | ขนาด 7.62 มม. | 853.0 | 844.2 | ทดสอบไม่ได้ |
| 4 | ปืนพก 86 | | | |
| | ขนาด .45 นิ้ว | 262.1 | 257.8 | ทดสอบไม่ได้ |
| 5 | เครื่องยิงลูกระเบิด | | | |
| | ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 273 $\pm$ 3 | 270.2 | 271.4 |
| 6 | เครื่องยิงลูกระเบิด | | | |
| | ขนาด 120 มม.ส่วนบรรจุ 9 | 322 $\pm$ 4 | 318.8 | 320.0 |
| | ส่วนบรรจุ 6 | 269 $\pm$ 3 | 267.3 | 268.8 |
| 7 | ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง | | | |
| | ขนาด 105 มม.ส่วนบรรจุ 7 | 472.4 | 469.8 | 471.2 |
| | ส่วนบรรจุ 5 | 310.9 | 309.7 | 310.5 |

ได้มีการทดลองวัดความเร็วต้น ด้วยการยิงทดสอบกับอาวุธ และกระสุนปืนอีกหลายประเภท และหลาย ๆ ชนิด ซึ่งรายละเอียด ได้แสดงเพิ่มเติมอยู่ในภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาดูว่า ข้อมูลที่ได้มานั้น จะมีความถูกต้อง หรือสมเหตุสมผล มาก - น้อยแค่ไหน / เพียงไร เป็นการวัดประสิทธิภาพ หรือขีดความสามารถของเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ ที่ดำเนินการวิจัย ว่าได้ผลหรือไม่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบภายในห้องทดลอง

ภายในห้องทดลองนั้น จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับระบบฮาร์ดแวร์ และการทดสอบซอฟต์แวร์ ทุกโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินงาน ซึ่งในขณะเดียวกัน ก็จะใช้ข้อมูลที่แสดงออกบนจอแสดงผล มาทำการวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของระบบฮาร์ดแวร์ และพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สมบูรณ์ดีที่สุด ดังนั้นข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่ จะเป็นเพียงข้อบ่งชี้หรือหลักฐานเบื้องต้น เพื่อให้ทราบว่า ระบบทำงานได้สมบูรณ์ ถูกต้องหรือไม่ และอย่างไร เท่านั้น

5.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบในสนาม

จากการทดสอบยิงปืนด้วยกระสุนจริงในสนามโดยการใช้อาวุธปืน จำนวน 7 ชนิด ตามตารางที่ 5 - 2 และ 5 - 3 เป็นปืนที่ใช้กระสุนขนาดเล็ก จำนวน 4 ชนิด (ลำดับ 1 - 4) และเป็นปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด จำนวน 3 ชนิด (ลำดับ 5 - 7) รวมจำนวนกระสุนปืน ที่ใช้ในการยิงทดสอบ ทั้งหมด 870 นัด สามารถใช้เครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ที่วิจัยนี้วัดได้ รวมจำนวนทั้งสิ้น 603 นัด เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ที่เครื่องมือ ฯ สามารถวัดได้ จะได้ดังนี้

ปืนเล็ก (ลำดับ 1 - 4 ) = 506 X 100 / 760 = 66.6 %

ปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด = 97 X 100 / 110 = 88.2 %

5.2.3 การหาความแตกต่าง

ในการทดลอง หรือทดสอบใด ๆ ย่อมมีความแตกต่าง เกิดขึ้นเสมอ ๆ การหาค่าความแตกต่างนั้น สามารถหาได้ โดยการนำค่าที่ทดสอบได้ จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ค่า ไปเปรียบเทียบกัน หรืออาจจะนำค่าที่ทดลองได้ จำนวน 1 ค่า ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับ และ/หรือเปรียบเทียบกับค่าที่แสดงไว้ในตาราง ตามที่กำหนดไว้ก็ได้ ซึ่งผู้ที่ทำการทดลอง จำเป็นจะต้องรู้ที่มา และสามารถคาดเดาได้ว่า การทดลองแต่ละครั้ง ๆ นั้น เกิดความแตกต่าง ไปมากหรือน้อยเท่าไร ปกติจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ความแตกต่างอาจจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุความผิดพลาดต่าง ๆ ดังเช่น สายตาของมนุษย์ (จากการอ่าน) ความถูกต้องของเครื่องมือ อุณหภูมิ ความชื้นของห้องทดลอง (สนามทดสอบ) ฯลฯ เหล่านี้ ล้วนแต่เป็นแหล่งที่มาของความผิดพลาด ที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของผลลัพธ์ในการทดลอง ได้ทั้งสิ้น

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Percentage of difference)

การหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ของผลการทดลองนั้น เป็นการเปรียบเทียบค่าที่ได้รับจากผลการทดลอง หรือผลการทดสอบ จำนวนสองค่า ได้แก่ ค่า $X_1$ และ $X_2$ โดยนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้จาก วิธีการดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง} = 2\,\frac{|X_1 - X_2|}{|X_1 + X_2|} \times 100 \quad \%$$

จากผลการทดลอง ด้วยการยิงอาวุธ และกระสุนปืนจริง หลาย ๆ ชนิด แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ตามหลักการข้างต้น จะได้ผล ตามรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5 - 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 - 4 แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอาวุธและกระสุนปืนชนิดต่าง ๆ

| ลำดับ | อาวุธที่ใช้ในการยิงทดสอบ | ความเร็วต้น (เมตร/วินาที) | | เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%) |
|---|---|---|---|---|
| | | ค่ามาตรฐาน | ค่า(เฉลี่ย)ทดสอบ | |
| 1 | ปืนเล็กยาว แบบ 11เอชเค 33 | | | |
| | ขนาด 5.56 มม. | 960.1 | 953.5 ± 1.9 | 0.7 |
| 2 | ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 | | | |
| | ขนาด 5.56 มม. | 990.6 | 983.8 ± 4.4 | 0.7 |
| 3 | ปืนกลเบา เอ็ม 60 | | | |
| | ขนาด 7.62 มม. | 853.0 | 844.2 ± 2.0 | 1.0 |
| 4 | ปืนพก 86 | | | |
| | ขนาด .45 นิ้ว | 262.1 | 257.8 ± 2.2 | 1.6 |
| 5 | เครื่องยิงลูกระเบิด | | | |
| | ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 273 ± 3 | 270.2 ± 2.4 | 0 |
| 6 | เครื่องยิงลูกระเบิด | | | |
| | ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 9 | 322 ± 4 | 318.8 ± 1.6 | 0 |
| | ส่วนบรรจุ 6 | 269 ± 3 | 267.3 ± 1.9 | 0 |
| 7 | ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง | | | |
| | ขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 7 | 472.4 | 469.8 ± 2.4 | 0.6 |
| | ส่วนบรรจุ 5 | 310.9 | 309.7 ± 3.3 | 0.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6

## 6.1 สรุปผลการใช้เครื่องมือวัดความเร็วต้น

จากผลการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ที่วิจัยขึ้นมานี้ สามารถวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ได้ และค่าความเร็วที่วัดได้มา ก็ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองในบทที่ 5 จะเห็นว่า ในจำนวนกระสุนปืนใหญ่และลูกระเบิดยิงที่นำมายิงทดสอบเพื่อวัดความเร็วต้นทั้งหมดนั้น เครื่องมือ ฯ สามารถวัดความเร็วต้นได้จำนวน 88.2 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนกระสุนทั้งหมด และเมื่อเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์-ความแตกต่าง ก็จะได้ค่าอยู่ในห้วงระหว่าง 0 - 0.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนับว่า เป็นค่าที่ต่ำมาก ๆ แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอม-พิวเตอร์นี้ มีประสิทธิภาพสูง สามารถวัดความเร็วได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำดีมาก

ข้อพิจารณาประการหนึ่ง สำหรับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่คำนวณได้ในบทที่ 5 นั้น ก็คือ ค่ามาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง ไม่ได้อยู่ในพื้นฐานอันเดียวกัน เพราะค่ามาตรฐานดังกล่าว เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบของอาวุธปืน ที่เป็นคนละกระบอกกัน เวลาแตกต่างกัน พื้นที่ทดสอบแตกต่างกัน อุณหภูมิและความกดดันของอากาศแตกต่างกัน ผู้สร้างหรือผลิตก็คนละหน่วยงานกัน และที่สำคัญมากก็คือ กระสุนปืนที่ใช้ในการทดสอบก็คนละงวดงานกัน (ลักษณะ/รูปร่างของตัวกระสุนปืนควรเหมือนกัน/น้ำหนักเท่ากัน ชนวนหัว ดินส่งกระสุน และดินส่วนบรรจุก็ควรเป็นชนิดหรืองวดงานเดียวกัน) ดังนั้น การเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างในบทที่ 5 จึงเป็นเพียงตัวอย่าง หรือวิธีการดำเนินการ หาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ของผลการทดสอบเพื่อการศึกษา และวิจัยในระดับหนึ่งเท่านั้น และถ้าหากการดำเนินการทดสอบอาวุธและกระสุนปืน อยู่ในสภาพพื้นฐานอันเดียวกันแล้ว ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างดังกล่าว ก็จะมีค่าน้อยมาก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นแล้ว เครื่องมือ ฯ ที่วิจัยนี้ ยังสามารถวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนเล็กได้ จำนวน 66.6 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนกระสุนปืนเล็กที่ใช้ในการยิงทดสอบทั้งหมดอีกด้วย ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างดังกล่าว จะมีค่าอยู่ในห้วงที่สามารถยอมรับได้ คือระหว่าง 0.7 - 1.6 เปอร์เซ็นต์ (เป็นค่าที่ต่ำมาก)

**6.2 การปรับมาตรฐาน ของเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์**

จากความแตกต่างของผลการทดสอบข้างต้น สามารถดำเนินการปรับมาตรฐานของเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ทำการวิจัยขึ้นมานี้ ให้มีมาตรฐานและมีความถูกต้องมากที่สุดได้ ดังต่อไปนี้

6.2.1 แก้ไขฮาร์ดแวร์ โดยการจัด/ปรับหรือเปลี่ยนค่าความต้านทาน (R) ในวงจร Time base 1 mSec (Variable) ตามรูปที่ 4.8 ใหม่ โดยใช้ฟรีเควนซี่ เคาน์เตอร์ (Frequency counter) และออสซิลโลสโคป ในการดำเนินงานการวัดและปรับเปลี่ยน ให้เหมาะสม

6.2.2 แก้ไขซอฟต์แวร์ โดยการแก้ไขที่โปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งได้แสดงรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข.

**6.3 การปรับวิธีการทดสอบ เพื่อให้ผลการวัดความเร็วต้น ฯ มีประสิทธิภาพ**

เป็นการจัด/ปรับ เพื่อให้ผลการทดสอบ เกิดความแตกต่าง น้อยมากที่สุด โดยดำเนินการ ดังต่อไปนี้

6.3.1 ปรับและเปลี่ยนวิธีการติดตั้งหัววัด โดยการติดตั้งหัววัดให้มีความปราณีตมากยิ่งขึ้น

6.3.2 ปรับโฟกัสของเลนส์และเปิดหน้าเลนส์ให้เหมาะสมกับแสงสว่างที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3 การวางหัววัดให้ตรงทิศทางยิง และให้ขนานกับวิถีกระสุนปืน ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดด้วย

6.3.4 ลดอุณหภูมิดินส่งกระสุน โดยการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ดินส่งกระสุนมีอุณหภูมิเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

## 6.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดค่าความแตกต่าง ซึ่งไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้

การทดสอบในสนามนั้น มีสาเหตุของความแตกต่างที่เกิดขึ้น โดยไม่สามารถจะดำเนินการแก้ไขได้ในทันที ดังเช่น

6.4.1 ปริมาณของแสงในธรรมชาติมีไม่เพียงพอ

6.4.2 อุณหภูมิ ของอากาศ ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

6.4.3 ความชื้น ของอากาศ ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

6.4.4 ความเร็ว และทิศทางลม ผันแปร/ไม่แน่นอน

6.4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานอื่น ๆ

## 6.5 อุปสรรคที่เกิดขึ้นในสนามทดสอบ

อุปสรรค หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่จะทำให้การทดสอบวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ไม่ได้ผล ซึ่งได้แก่

6.5.1 สภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติ เช่น มีฝนตก และมีเมฆหรือหมอกปกคลุมกันอยู่อย่างหนาทึบ

6.5.2 สภาพภูมิประเทศไม่ดี เช่น มีฝุ่นหรือเศษวัสดุมาก ๆ เมื่อทำการยิงปืนใหญ่ แรงดันจากการยิงปืน จะทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นผลทำให้การทดลองวัดผลไม่ได้

6.5.3 วัสดุและสัตว์ในอากาศ เช่น เครื่องบิน นก และแมลง เป็นต้น ในพื้นที่ที่ทำการทดสอบ ถ้านกหรือแมลงบินผ่านแนวทิศทางยิง หรือผ่านแนวที่ตั้งของหัววัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะทำให้ผลการทดลองผิดพลาด และวัดผลไม่ได้

6.5.4 ควันและเขม่าของดินปืนที่เกิดจากการยิง สามารถทำให้การทดสอบ วัดผลไม่ได้ด้วย เช่นกัน

**6.6 การนำเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้งาน**

6.6.1 สามารถนำไปใช้วัดความเร็วต้นของอาวุธและกระสุนปืนเล็กได้

6.6.2 สามารถนำไปติดตั้ง เพื่อทดสอบอาวุธและกระสุน ภายในห้องทดลองได้ ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตั้งประจำที่ อยู่ภายในโรงงานสร้างหรือผลิตอาวุธและกระสุน ทำให้ประหยัดงบประมาณในการเคลื่อนย้าย และประหยัดเวลา

6.6.3 สามารถนำข้อมูลไปคำนวณหาความสูงของกระสุนวิถีได้

6.6.4 สามารถนำข้อมูลไปคำนวณหาระยะยิงไกลที่สุด ของอาวุธ และกระสุน แต่ละชนิด หรือแต่ละประเภท ได้

6.6.5 สามารถนำข้อมูลไปคำนวณหาเวลาแล่นของกระสุนวิถีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


1. จิติ หนูแก้ว. เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ หจก.เอช - เอน การพิมพ์ 2534

2. จิติ หนูแก้ว. ไมโครโปรเซสเซอร์ และการออกแบบเบื้องต้น หจก.เอช - เอน การพิมพ์ 2536

3. ยืน ภู่วรรณ และ พิชิต สุขเจริญพงษ์. แอดวานซ์ โลตัส หจก.เอช - เอน การพิมพ์ 2534

4. โรงเรียนทหารปืนใหญ่. แนวสอนวิชาอาวุธศึกษาปืนใหญ่สนาม โรงพิมพ์ศูนย์การทหารปืนใหญ่ ค่ายพหลโยธิน ลพบุรี 2529

5. กองเทคโนโลยี ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก.คู่มือทางเทคนิค TM9 - 1015 - AW - 200 - 12 เครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก ค่ายจิรวิชิตสงคราม ลพบุรี 2530

6. กองเทคโนโลยี ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก.คู่มือทางเทคนิค TM9 - 1015 - AW - 202 - 12 ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ลากจูง ขนาด 105 มม. เอ็ม 618 เอ 2 ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก ค่ายจิรวิชิตสงคราม ลพบุรี 2530

7. กองเทคโนโลยี ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก.คู่มือทางเทคนิค TM9 - 1015 - AW - 203 - 12 ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ลากจูง ขนาด 105 มม. เอ็ม 425 ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธกองทัพบก ค่ายจิรวิชิตสงคราม ลพบุรี 2530

8. พ.อ. เอี่ยม จันทรสนธิ. อาวุธทหาร โรงพิมพ์ศูนย์การทหารราบ ค่ายธนะรัชต์ ปราณบุรี 2523

9. กองทัพบก. คู่มือทางเทคนิค ว่าด้วย กระสุนปืนใหญ่ คท. 9 - 1300 - 203 เล่มที่ 1 และ 2 โรงพิมพ์ศูนย์การทหารปืนใหญ่ ค่ายพหลโยธิน ลพบุรี 2517


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Samuel L. Marateck, Basic 3rd Edition, Academic Press, Inc., The United States of America, 1986.

11. Steven L. Mandell, Complete Basic Programming;Second Edition, West Publishing Company, The United States of America, 1987.

12. Jarrell C.Grout,Programming With Basic,A Structured Approach, Wm.C.Brown Publishers, The United Stateds of America, 1985.

13. Steven Holzner and Peter Norton, Advanced Basic, Peter Norton Computing,Inc., Manufactured in The United States of America,1991.

14. Larry Joel Goldstein, Hands-On Turbo Basic, Simon & Schuster, Inc.,Gulf + Western Blaza New York, 1989.

15. Michael M. Cirovic, Basic Electronics; Second Edition, Reston Publishing Company, Inc., 1979.

16. David E. Goldberg, Jacqueline A. Jones and Pat H. Sterbenz, Theory and Problems of Programming With Assembly Language, McGRAW - Hill Book Company, 1989.

17. Richard H. Tropper, Programming in Assembly Language on The IBM PC, West Publishing Company, The Republic of Singapore, 1992.

18. Douglas V. Hall, Microprocessors and Interfacing Programming and Hardware, McGRAW - Hill International Editions, Singapore, 1992.

19. Partha P. Banerjee & Ting Chung Poon, Principles of Applied Optics, The United States of America, 1991.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

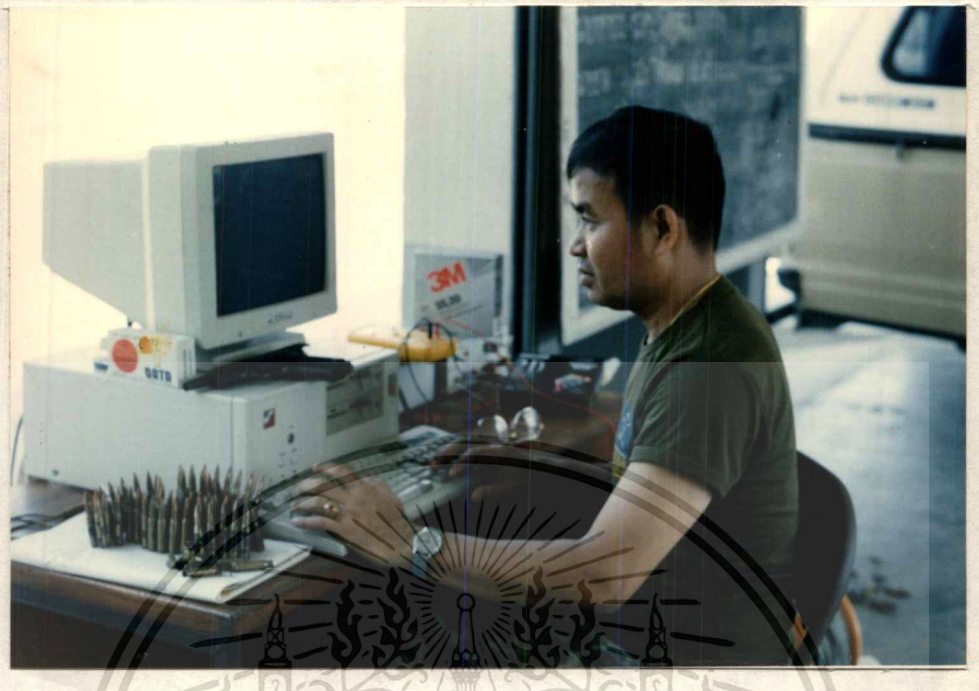
# ภาคผนวก ก.

## รายละเอียดเครื่องมือวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

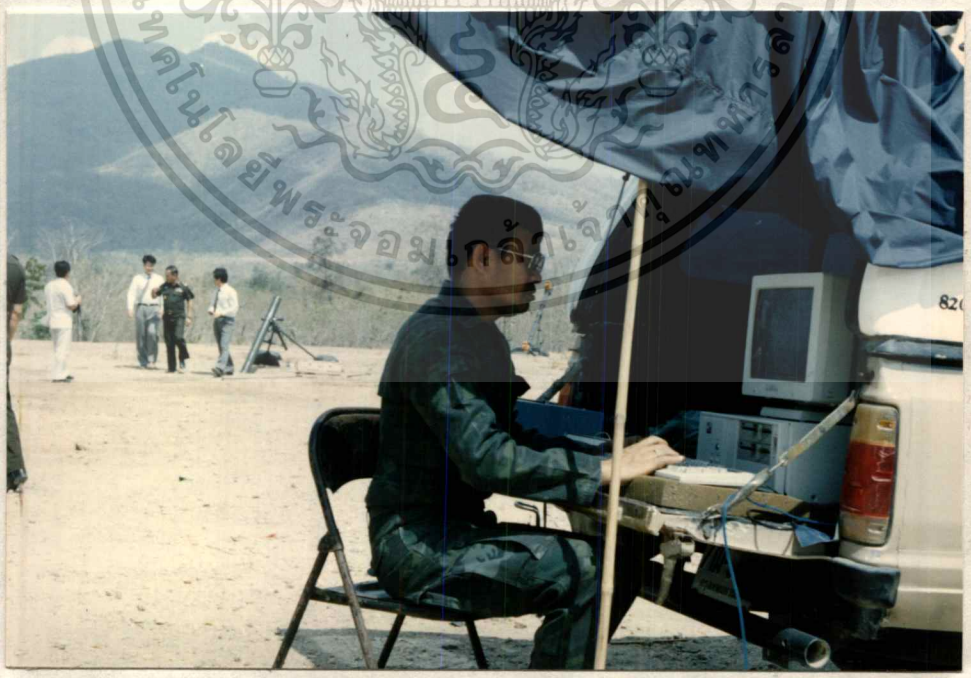
รูปที่ ก – 1 หัววัด

รูปที่ ก – 2 ชุดเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก – 3 ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล



รูปที่ ก – 4 การนำเครื่องมือวัดความเร็วต้น ฯ และอุปกรณ์ไปใช้งานในสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข.

## ซอฟต์แวร์สำหรับการประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ก. โปรแกรม ADSEC1.EXE

```
2FF6:0100  EB6F          JMP     0171
2FF6:0102  90            NOP
2FF6:0103  809A          MOV     AL,9A
2FF6:0105  EE            OUT     DX,AL
2FF6:0106  BA8707        MOV     DX,0787
2FF6:0109  EE            OUT     DX,AL
2FF6:010A  B81080        MOV     AX,8010
2FF6:0100  8ED8          MOV     DS,AX
2FF6:010F  BE0000        MOV     SI,0000
2FF6:0112  8B0C          MOV     CX,[SI]
2FF6:0114  B9FF0F        MOV     CX,0FFF
2FF6:0117  BA8307        MOV     DX,0783
2FF6:011A  4A            DEC     DX
2FF6:011B  EC            IN      AL,DX
2FF6:011C  2420          AND     AL,20
2FF6:011E  75FB          JNZ     011B
2FF6:0120  EC            IN      AL,DX
2FF6:0121  2420          AND     AL,20
2FF6:0123  74FB          JZ      0120
2FF6:0125  B005          MOV     AL,05
2FF6:0127  EE            OUT     DX,AL
2FF6:0128  B001          MOV     AL,01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2FF6:012A  EE            OUT    DX,AL
2FF6:0128  B005          MOV    AL,05
2FF6:012D  EE            OUT    DX,AL
2FF6:012E  EC            IN     AL,DX
2FF6:012F  2410          AND    AL,10
2FF6:0131  75FB          JNZ    012E
2FF6:0133  4A            DEC    DX
2FF6:0134  4A            DEC    DX
2FF6:0135  EC            IN     AL,DX
2FF6:0136  8804          MOV    [SI],AL
2FF6:0138  46            INC    SI
2FF6:0139  42            INC    DX
2FF6:013A  EC            IN     AL,DX
2FF6:013B  240F          AND    AL,OF
2FF6:013D  8804          MOV    [SI],AL
2FF6:013F  46            INC    SI
2FF6:0140  BA8607        MOV    DX,0786
2FF6:0143  B005          MOV    AL,05
2FF6:0145  EE            OUT    DX,AL
2FF6:0146  B001          MOV    AL,01
2FF6:0148  EE            OUT    DX,AL
2FF6:0149  B005          MOV    AL,05
2FF6:014B  EE            OUT    DX,AL
2FF6:014C  EC            IN     AL,DX
2FF6:014D  2420          AND    AL,20
2FF6:014F  75FB          JNZ    014C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2FF6:0151  4A              DEC   DX
2FF6:0152  4A              DEC   DX
2FF6:0153  EC              IN    AL,DX
2FF6:0154  8804            MOV   [SI],AL
2FF6:0156  46              INC   SI
2FF6:0157  42              INC   DX
2FF6:0158  EC              IN    AL,DX
2FF6:0159  240F            AND   AL,0F
2FF6:015B  8804            MOV   [SI],AL
2FF6:015D  46              INC   SI
2FF6:015E  E2B7            LOOP  0117
2FF6:0160  CD20            INT   20
2FF6:0162  5D              POP   BP
2FF6:0163  CB              RETF
2FF6:0164  CF              IRET
2FF6:0165  C6061E0700      MOV   BYTE PTR [071E],00
2FF6:016A  833E210700      CMP   WORD PTR [0721],+00
2FF6:016F  75E8            JNZ   0159
2FF6:0171  BA8101          MOV   DX,0181
2FF6:0174  B409            MOV   AH,09
2FF6:0176  CD21            INT   21
2FF6:0178  B401            MOV   AH,01
2FF6:017A  CD21            INT   21
2FF6:017C  BA8307          MOV   DX,0783
2FF6:017F  EB82            JMP   0103
```

รูปที่ ข.- 1 แสดงโปรแกรม ADSEC1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. โปรแกรม ADMS1

```
10 REM LOAD ROUTINES COMMUNICATIONS
30 REM ENTER NUMBER FOR XY COORDINATE
40 REM Y-COORDINATE
45 DIM D(&H1FFF)
50 CLS:KEY OFF
1600 REM CALL DATA
1610 LOCATE 1.75 : PRINT "wait"
1650 DEF SEG=&H8010
1660 FOR DT=0 TO &H1FFF
1670 D(DT)=PEEK(DT)
1680 NEXT DT
1690 LOCATE 1.75:PRINT "ready"
1698 TI=0
1700 FOR T=0 TO &H1FFF STEP 4
1710 TI=TI+.5
1730 DA1=D(T)+D(T+1)*255
1760 DA2=D(T+2)+D(T+3)*255
1780 PRINT"TIMES=":TI:"msec."
1800 PRINT DA1;"    ",DA2;"    "
1802 TD= (10/4086)
1807 PRINT "star v=";TD*DA1;"v.    ","stop v=";TD*DA2;"v.    "
1810 FOR I=1 TO 200:NEXT I
1820 NEXT T
```

รูปที่ ข.- 2 แสดงโปรแกรม ADMS1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. โปรแกรม ADMS2

```
10 REM LOAD ROUTINES COMMUNICATIONS
30 REM ENTER NUMBER FOR XY COORDINATE
40 REM Y-COORDINATE
45 DIM D(&H1FFF)
50 CLS:KEY OFF
1600 REM CALL DATA
1610 LOCATE 1.75 : PRINT "wait"
1650 DEF SEG=&H8010
1660 FOR DT=0 TO &H1FFF
1670 D(DT)=PEEK(DT)
1680 NEXT DT
1685 TI=0
1690 LOCATE 1.75:PRINT "ready"
1695 LPRINT "DATA OF BALLISTIC MEASUREMENT"
1696 LPRINT "============================="
1697 LPRINT "  By applied Physics-KMITL  "
1698 LPRINT "============================="
1700 FOR T=0 TO &H1FFF STEP 4
1710 TI=TI+.5
1730 DA1=D(T)+D(T+1)*255
1760 DA2=D(T+2)+D(T+3)*255
1780 PRINT"TIMES=":TI:"msec."
1785 LPRINT"TIMES=";TI;"msec."
1800 PRINT DA1;"   ",DA2;"   "
1801 LPRINT DA1;"   ",DA2;"   "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1802 TD= (10/4086)
1807 PRINT "star v=";TD*DA1;"v.    ","stop v=";TD*DA2;"v.    "
1808 LPRINT "star v=";TD*DA1;"v.    ","stop v=";TD*DA2;"v.    "
1810 FOR I=1 TO 400:NEXT I
1820 NEXT T
```

รูปที่ ข.- 3 แสดงโปรแกรม ADMS2

ง. โปรแกรม ADMS3

```
10 REM APPLIED PHYS
30 REM
42 DIM D(&HFFF)
45 DIM XX(&HFFF)
47 DIM XY(&HFFF)
48 DIM M(&H800)
50 CLS:KEY OFF
60 INPUT"Name of files (*.prn)":FILE$
70 GOTO 1600
100 OPEN FILE$ FOR OUTPUT AS#1
105 PRINT "Save data into FD/Plase wait..."
110 FOR GT=0 TO M
120 PRINT#1,M(GT),XX(GT),XY(GT)
130 NEXT GT
140 CLOSE #1
150 GOTO 2000
1600 REM CALL DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1610 LOCATE 1.75 : PRINT "wait"
1650 DEF SEG=&H8010
1660 FOR DT=0 TO &HFFF
1670 D(DT)=PEEK(DT)
1680 NEXT DT
1690 LOCATE 1.75 : PRINT "ready"
1694 TI=0
1696 M=0
1700 FOR T=0 TO &HFFF STEP 4
1710 TI=TI+.25
1730 DA1=D(T)+D(T+1)*255
1760 DA2=D(T+2)+D(T+3)*255
1802 TD= (10/4086)
1812 XX(M)=TD*DA1:XY(M)=TD*DA2:M(M)=TI
1814 M=M+1
1820 NEXT T
1900 GOTO 100
2000 INPUT "Display data (Y/N)":R$
2002 IF R$="y" THEN 2005
2003 IF R$="n" THEN 3000
2004 GOTO 2000
2005 TI=0
2010 FOR T=0 TO &HFFF STEP 4
2020 TI=TI+.5
2030 DA1=D(T)+D(T+1)*255
2040 DA2=D(T+2)+D(T+3)*255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2050 PRINT"TIMES=":TI:"msec."
2060 PRINT DA1:"    ",DA2;"    "
2070 TD=(10/4086)
2080 PRINT "star v=";TD*DA1;"v.   ","stop v=";TD*DA2;"v.   "
2090 FOR I=1 TO 400:NEXT I
2100 NEXT T
3000 END
```

รูปที่ ข.- 4 แสดงโปรแกรม ADMS3

**จ. โปรแกรม ADMS4**

```
10 REM APPLIED PHYS
30 REM
40 DIM D(&HFFF)
50 DIM XX(&HFFF)
60 DIM XY(&HFFF)
70 DIM M(&H800)
80 CLS:KEY OFF
90 INPUT"Name of files (*.prn)":FILE$
100 OPEN FILE$ FOR OUTPUT AS#1
105 PRINT "load data from FD/Plase wait..."
110 FOR  T=0 TO  1023
200 INPUT#1,D(T),XX(T),XY(T)
210 PRINT T,D(T),XX(T),XY(T)
220 FS=XX(0):FP=XY(0)
230 DST=ABS(XX(T)-FS):DSP=ABS(XY(T)-FP)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
240 IF DST>.9 THEN TST=D(T)
250 IF DSP>.9 THEN TSP=D(T)
260 IF DSP>.9 THEN 500
300 NEXT T
400 CLOSE #1
450 GOTO 600
500 TM=TSP-TST
510 PRINT "VELOCITY=":(2/TM)*1000:"m/sec."
600 PRINT "Not measurement....."
1000 END
```

รูปที่ ข.- 5 แสดงโปรแกรม ADMS4

ฉ. โปรแกรม ADMS5

```
10 REM APPLIED PHYS
30 REM
40 DIM D(&HFFF)
50 DIM XX(&HFFF)
60 DIM XY(&HFFF)
80 CLS:KEY OFF
90 INPUT"Name of files (*.prn)":FILE$
100 OPEN FILE$ FOR INPUT AS#1
105 PRINT "load data from FD/Plase wait..."
110 FOR  T=0 TO  1023
200 INPUT#1,D(T),XX(T),XY(T)
220 FS=XX(0):FP=XY(0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
230 DST=ABS(XX(T)-FS):DSP=ABS(XY(T)-FP)
240 IF DST>.9 THEN TST=D(T)
250 IF DSP>.9 THEN TSP=D(T)
260 IF DSP>.9 THEN 450
300 NEXT T
400 CLOSE #1
410 GOTO 600
450 CLOSE #1
500 TM=TSP-TST
510 PRINT "VELOCITY=":(2/TM)*1000:"m/sec."
520 GOTO 1000
600 PRINT "Not measurement....."
1000 END
```

รูปที่ ข.- 6 แสดงโปรแกรม ADMS5

ช. โปรแกรม GUNT

```
10 REM APPLIED PHYS
30 REM
42 DIM D(&HFFF)
45 DIM XX(&HFFF)
47 DIM XY(&HFFF)
48 DIM M(&H800)
50 CLS:KEY OFF
60 INPUT"Name of files (*.prn)":FILE$
70 GOTO 1600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
100 OPEN FILE$ FOR OUTPUT AS#1
105 PRINT "Save data into FD/Plase wait..."
110 FOR GT=0 TO M
120 PRINT#1,M(GT),XX(GT),XY(GT)
130 NEXT GT
140 CLOSE #1
150 GOTO 3000
1600 REM CALL DATA
1610 LOCATE 1.75 : PRINT "wait"
1650 DEF SEG=&H8010
1660 FOR DT=0 TO &HFFF
1670 D(DT)=PEEK(DT)
1680 NEXT DT
1690 LOCATE 1.75 : PRINT "ready"
1694 TI=0
1696 M=0
1700 FOR T=0 TO &HFFF STEP 4
1710 TI=TI+.25
1730 DA1=D(T)+D(T+1)*255
1760 DA2=D(T+2)+D(T+3)*255
1802 TD= (10/4086)
1812 XX(M)=TD*DA1:XY(M)=TD*DA2:M(M)=TI
1814 M=M+1
1820 NEXT T
1900 GOTO 4000
2000 INPUT "Save data into FD.(Y/N)":R$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2002 IF R$="y" THEN 100
2003 IF R$="n" THEN 3000
2004 GOTO 2000
2005 TI=0
2010 FOR T=0 TO &HFFF STEP 4
2020 TI=TI+.25
2030 DA1=D(T)+D(T+1)*255
2040 DA2=D(T+2)+D(T+3)*255
2050 PRINT"TIMES=":TI:"msec."
2060 PRINT DA1:"    ",DA2;"    "
2070 TD=(10/4086)
2080 PRINT "star v=";TD*DA1;"v.   ","stop v=";TD*DA2;"v.    "
2090 FOR I=1 TO 100:NEXT I
2100 NEXT T
2200 GOTO 6000
3000 INPUT "Display data (Y/N)":W$
3010 IF W$="y" THEN 2005
3020 IF W$="n" THEN 6000
3030 GOTO 3000
4000 FOR CT=0 TO M
4010 FS=XX(0):FP=XY(0)
4020 DST=ABS (XX(CT)-FS):DSP=ABS(XY(CT)-FP)
4030 IF DST>1 THEN TST=M(CT)
4040 IF DSP>1 THEN TSP=M(CT)
4050 IF DSP>1 THEN 5000
4060 NEXT CT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5000 TMM=TSP-TST
5010 PRINT "VELOCITY=":(2/TMM)*1000:"m/sec."
5020 GOTO 2000
5050 PRINT "Not measurement......"
6000 END
```

รูปที่ ข.- 7 แสดงโปรแกรม GUNT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค.

## ข้อมูลผลการทดสอบอาวุธ - กระสุน

1. ปืนเล็กยาว แบบ 11 เอชเค 33 (Rifle HK 33)

1.1 ค่ามาตรฐาน มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | 5.56 | มม. |
| - กระสุน 1 นัด หนัก | 1.70 | กรัม |
| - ระยะยิงไกลสุด | 2,600 | เมตร |
| - ระยะยิงหวังผลไกลสุด | 400 | เมตร |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | 960.1 | เมตร/วินาที |

1.2 ดำเนินการยิงทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 450 นัด

สามารถวัดความเร็วต้นได้ จำนวน 296 นัด

เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ 65.78 %

รูปที่ ค.- 1 แสดงการยิงทดสอบปืนเล็กยาว แบบ 11 เอชเค 33 ขนาด 5.56 มม.

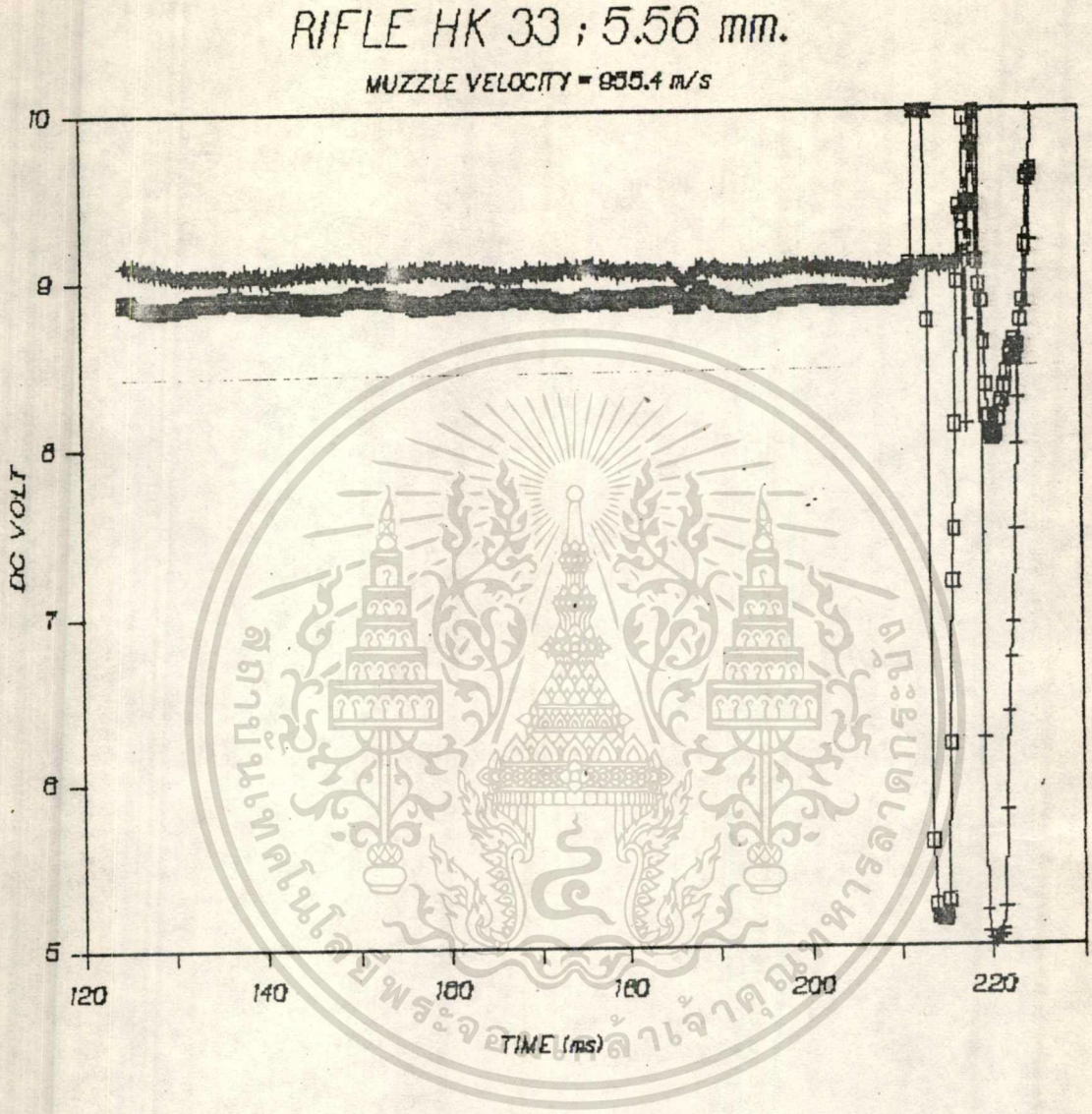
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 1 แสดงผลการยิงทดสอบปืนเล็กยาว แบบ 11 ขนาด 5.56 มม.

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 953.2 |
| 2 | 952.4 |
| 3 | 954.4 |
| 4 | 955.2 |
| 5 | 953.5 |
| 6 | 952.8 |
| 7 | 953.5 |
| 8 | 953.6 |
| 9 | 955.4 |
| 10 | 954.8 |
| 11 | 952.9 |
| 12 | 953.2 |
| 13 | 951.6 |
| 14 | 953.5 |
| 15 | 952.4 |
| 16 | 954.0 |
| 17 | 953.6 |
| 18 | 953.8 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 953.5 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ ค.- 2 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนเล็กยาว แบบ 11 เอชเค 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 เอ 1 (Rifle M16 A1)

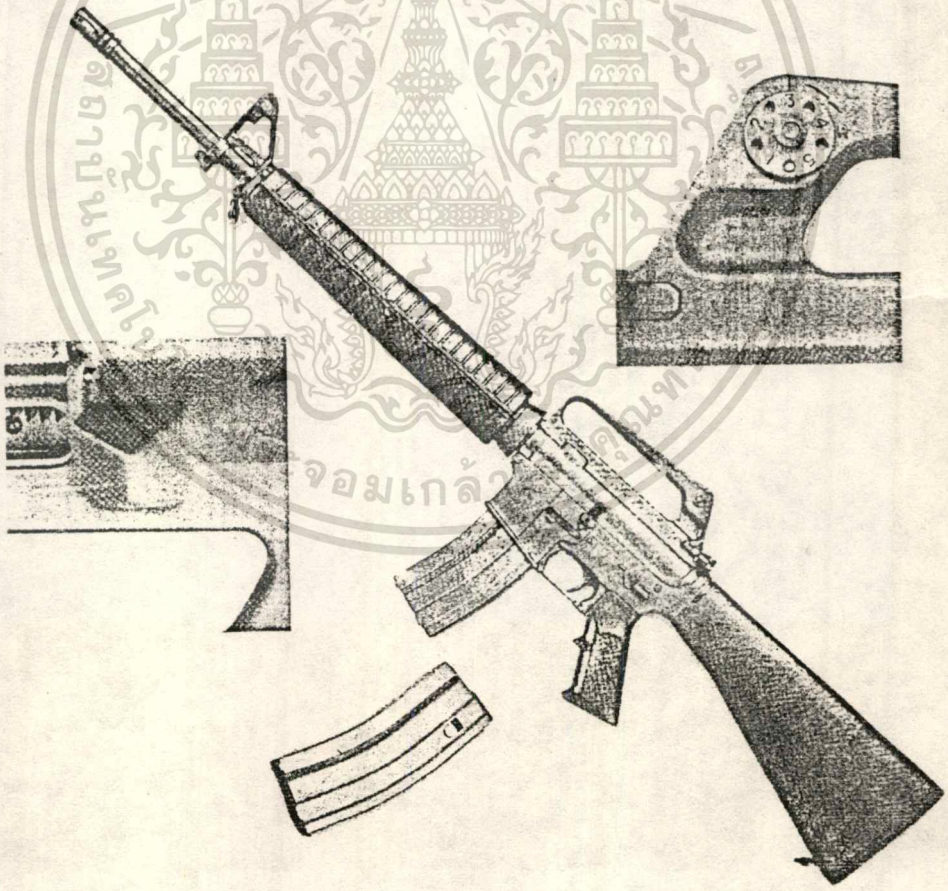
2.1 ค่ามาตรฐาน มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | 5.56 | มม. |
| - กระสุน 1 นัด หนัก | 1.70 | กรัม |
| - ระยะยิงไกลสุด | 2,653 | เมตร |
| - ระยะยิงหวังผลไกลสุด | 460 | เมตร |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | 990.6 | เมตร/วินาที |

2.2 คำเนินการยิงทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 150 นัด

สามารถวัดความเร็วต้นได้ จำนวน 90 นัด

เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ 60.00 %



รูปที่ ค.- 3 ปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 เอ 1

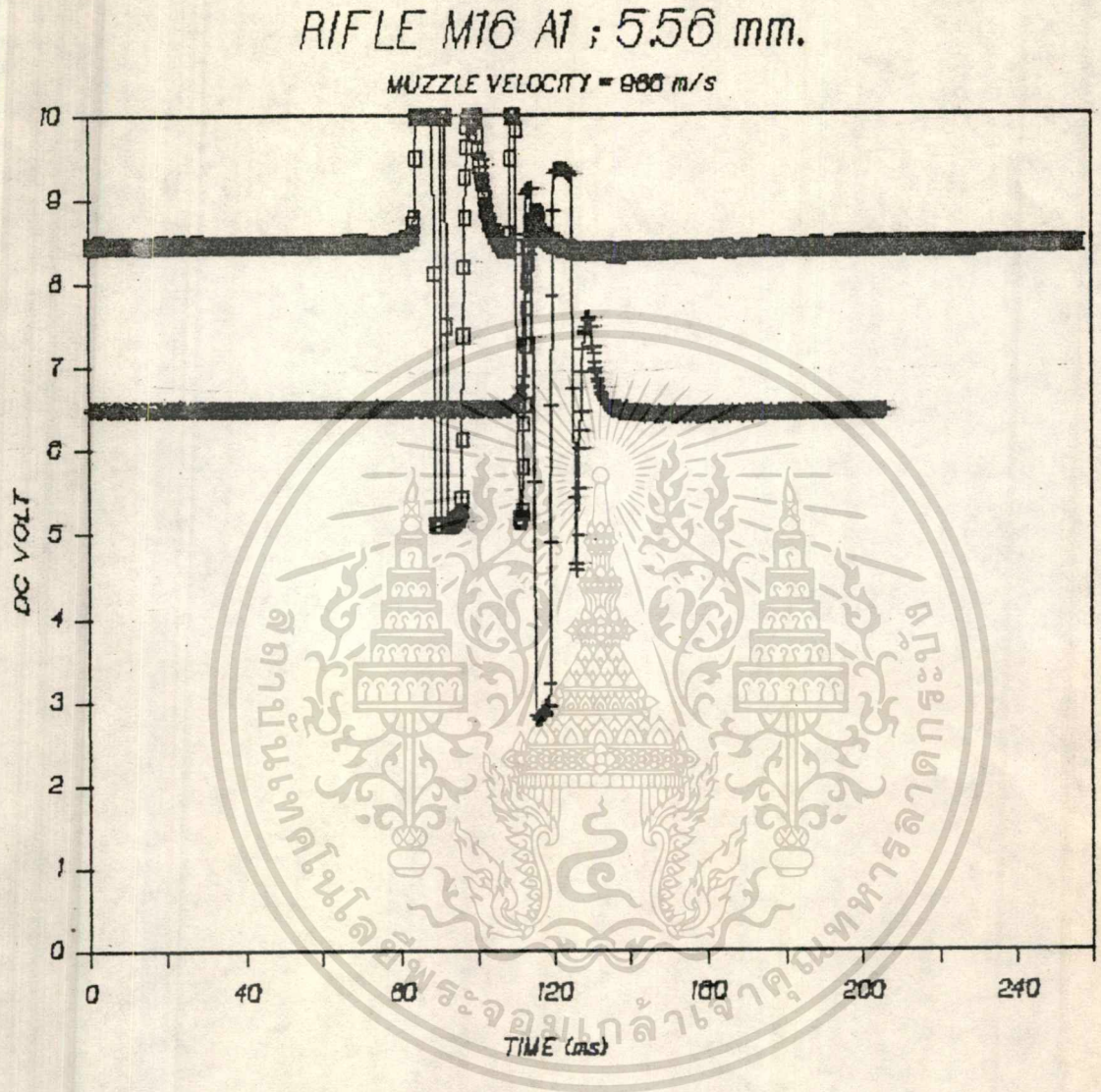
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 2 แสดงผลการยิงทดสอบปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 ขนาด 5.56 มม.

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 980.8 |
| 2 | 982.5 |
| 3 | 981.4 |
| 4 | 983.2 |
| 5 | 985.5 |
| 6 | 984.8 |
| 7 | 981.6 |
| 8 | 986.2 |
| 9 | 983.5 |
| 10 | 986.0 |
| 11 | 982.7 |
| 12 | 983.2 |
| 13 | 984.2 |
| 14 | 988.2 |
| 15 | 984.6 |
| 16 | 983.6 |
| 17 | 982.8 |
| 18 | 983.8 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 983.8 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ ค.- 4 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนเล็กยาว แบบ เอ็ม 16 เอ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปืนกลเบา เอ็ม 60 (Machine gun M60)

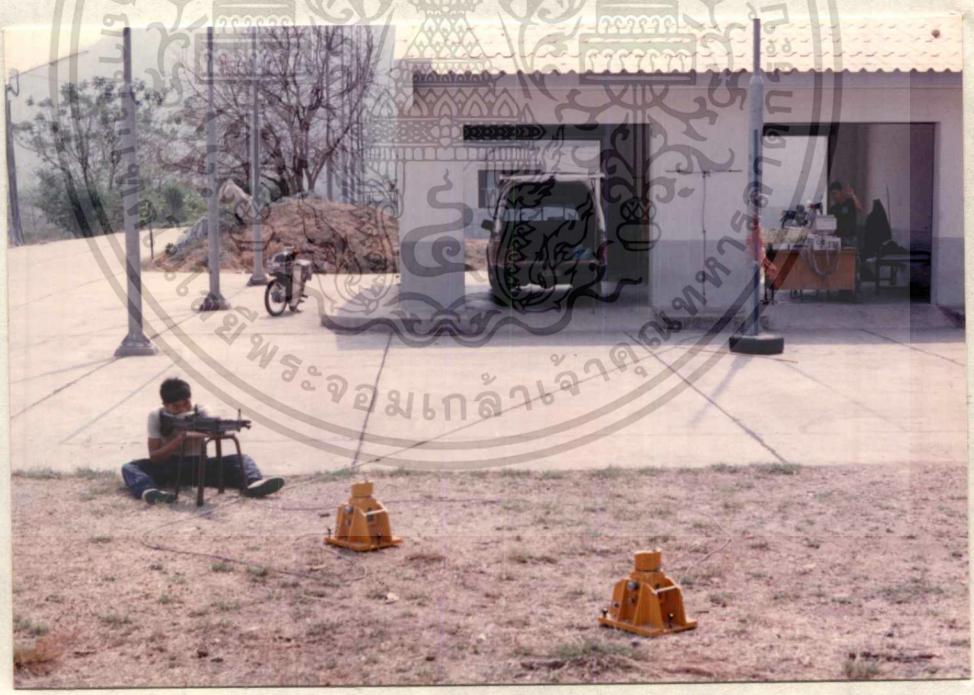
3.1 ค่ามาตรฐาน มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | 7.62 | มม. |
| - ระยะยิงไกลสุด | 3,725 | เมตร |
| - ระยะยิงหวังผลไกลสุด | 1,100 | เมตร |
| - ระยะย่านกระสุนกวาดสูงสุด | 600 | เมตร |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | 853 | เมตร/วินาที |

3.2 ดำเนินการยิงทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 60 นัด

สามารถวัดความเร็วต้นได้ จำนวน 42 นัด

เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ 70.00 %



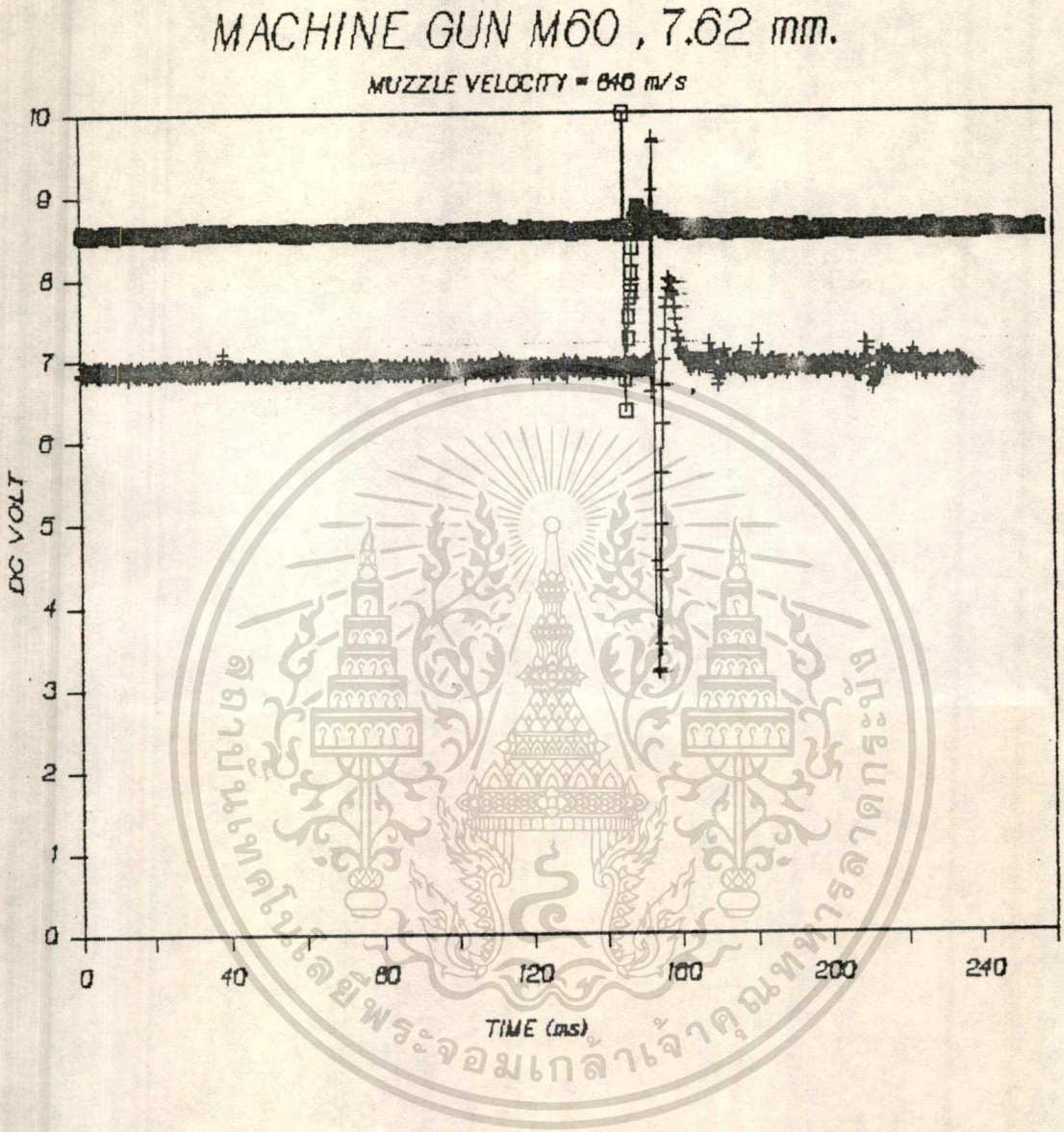
รูปที่ ค.- 5 แสดงการยิงทดสอบ ปืนกลเบา เอ็ม 60 ขนาด 7.62 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 3 แสดงผลการยิงทดสอบปืนกลเบา เอ็ม 60 ขนาด 7.62 มม.

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 845.3 |
| 2 | 843.6 |
| 3 | 844.4 |
| 4 | 846.2 |
| 5 | 842.8 |
| 6 | 842.4 |
| 7 | 843.6 |
| 8 | 845.6 |
| 9 | 846.0 |
| 10 | 845.2 |
| 11 | 843.7 |
| 12 | 843.2 |
| 13 | 842.8 |
| 14 | 845.4 |
| 15 | 844.6 |
| 16 | 843.2 |
| 17 | 844.8 |
| 18 | 843.5 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 844.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ ค.- 6 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนกลเบา เอ็ม 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1 (Pistol automatic M1911 A1)

4.1 ค่ามาตรฐาน มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | .45 | นิ้ว (11 มม.) |
| - ระยะยิงไกลสุด | 1,500 | เมตร |
| - ระยะยิงหวังผลไกลสุด | 50 | เมตร |
| - ความดันภายในรังเพลิงสูงสุด | 17,000 | ปอนด์/ตารางนิ้ว |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | 262.1 | เมตร/วินาที |

4.2 ดำเนินการยิงทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น 100 นัด

สามารถวัดความเร็วต้นได้ จำนวน 78 นัด

เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ 78.00 %

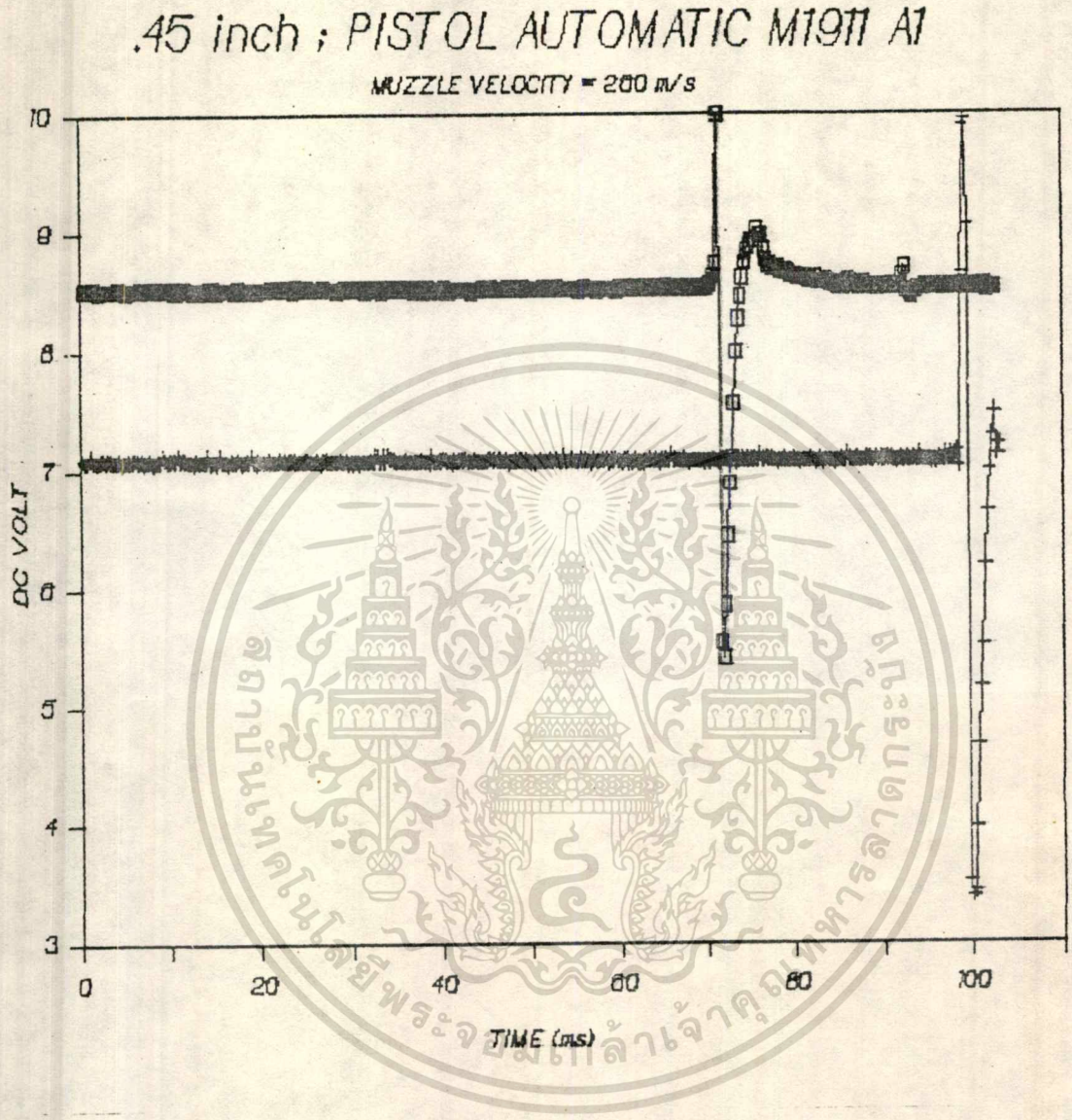
รูปที่ ค.- 7 แสดงการยิงทดสอบปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 4 แสดงผลการยิงทดสอบปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 258.2 |
| 2 | 256.6 |
| 3 | 258.5 |
| 4 | 259.2 |
| 5 | 256.9 |
| 6 | 259.4 |
| 7 | 258.6 |
| 8 | 257.8 |
| 9 | 260.0 |
| 10 | 257.2 |
| 11 | 258.8 |
| 12 | 255.8 |
| 13 | 256.8 |
| 14 | 257.4 |
| 15 | 256.8 |
| 16 | 259.2 |
| 17 | 256.4 |
| 18 | 257.5 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 257.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



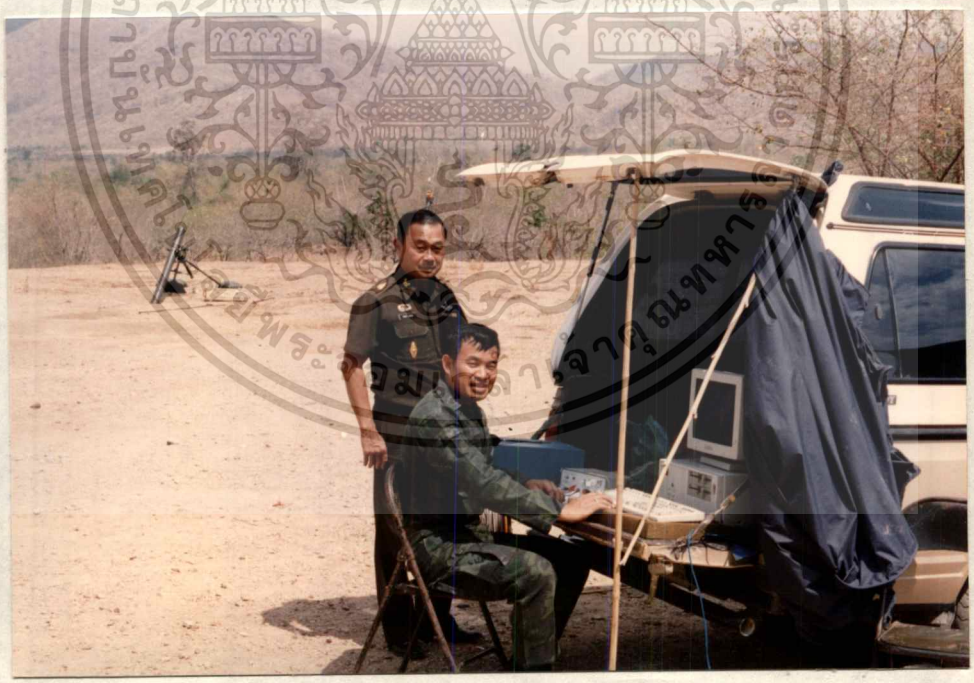

รูปที่ ค.- 8 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของปืนพก 86 แบบ เอ็ม 1911 เอ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม. (Mortar:81 mm)

5.1 ค่ามาตรฐาน มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | | 81 มม. |
| - ระยะยิงไกลสุด (กระสุนระเบิด เอ็ม 262) ส่วนบรรจุ 7 | | 4,450 เมตร |
| - ระยะยิงใกล้สุด ส่วนบรรจุ 0 | | 150 เมตร |
| - ความดันภายในรังเพลิงสูงสุด | 665 | $Kp/Cm^3$ |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | 273 $\pm$ 3 | เมตร/วินาที |
| 5.2 ดำเนินการยิงทดสอบ จำนวนทั้งสิ้น | 30 | นัด |
| สามารถวัดความเร็วต้นได้ จำนวน | 24 | นัด |
| เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ | 80.00 | % |



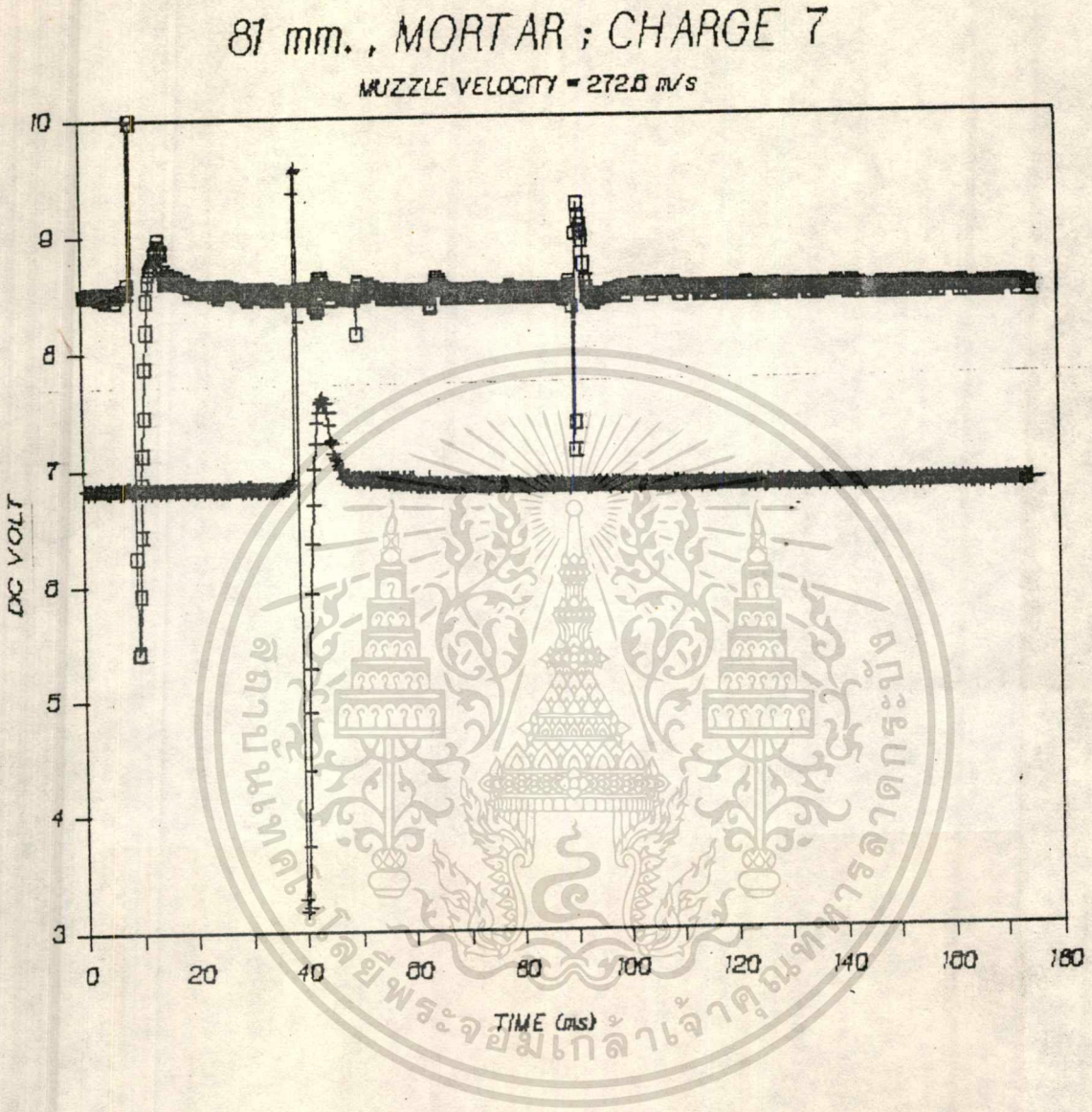
รูปที่ ค.- 9 แสดงการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 5 แสดงผลการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม.ส่วนบรรจุ 7

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 268.8 |
| 2 | 269.5 |
| 3 | 270.2 |
| 4 | 269.8 |
| 5 | 271.9 |
| 6 | 268.8 |
| 7 | 272.6 |
| 8 | 269.8 |
| 9 | 269.9 |
| 10 | 272.2 |
| 11 | 269.8 |
| 12 | 270.8 |
| 13 | 269.4 |
| 14 | 268.4 |
| 15 | 269.8 |
| 16 | 271.2 |
| 17 | 270.6 |
| 18 | 269.5 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 270.2 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ ค.- 10 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม. ส่วนบรรจุ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. (Motar :120 mm)

6.1 ค่ามาตรฐาน (เมื่อยิงด้วยกระสุนระเบิด เอ็ม 293) มีดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | | 120 | มม |
| - ระยะยิงใกล้สุด ส่วนบรรจุ 0 | | 400 | เมตร |
| - ระยะยิงไกลสุด | ส่วนบรรจุ 9 | 6,500 | เมตร |
| - ระยะยิงไกลสุด | ส่วนบรรจุ 6 | 5,100 | เมตร |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | ส่วนบรรจุ 9 | 322 ± 4 | เมตร/วินาที |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | ส่วนบรรจุ 6 | 269 ± 4 | เมตร/วินาที |
| - ความดันภายในรังเพลิงสูงสุด | ส่วนบรรจุ 9 | 1,156 | $Kp/Cm^3$ |
| 6.2 ดำเนินการยิงทดสอบ | ส่วนบรรจุ 9 | 20 | นัด |
| | ส่วนบรรจุ 6 | 20 | นัด |
| สามารถวัดความเร็วต้นได้ | รวมจำนวน | 37 | นัด |
| เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ | | 92.5 | % |

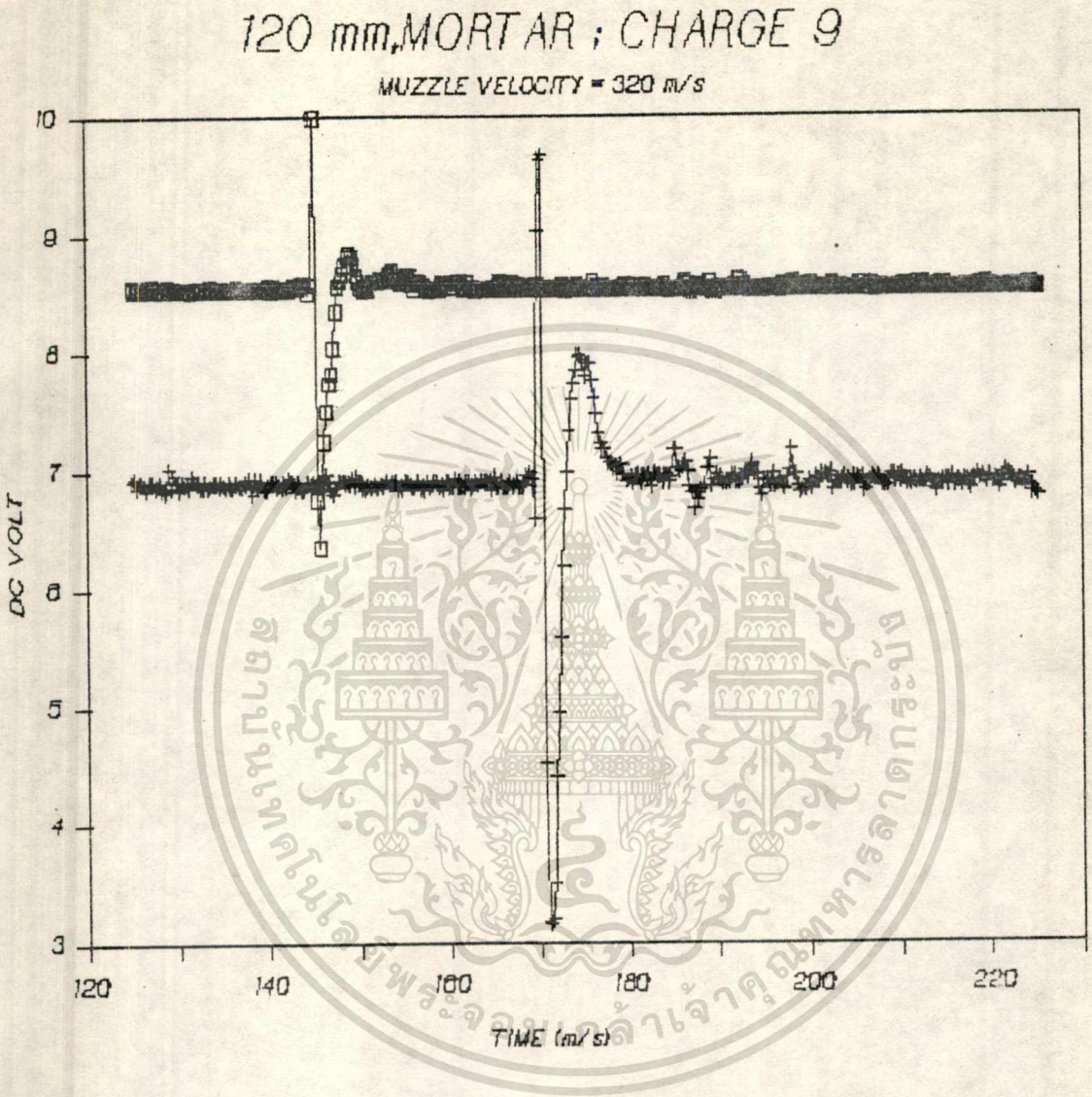
รูปที่ ค.- 11 แสดงการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 6 แสดงผลการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม.ส่วนบรรจุ 9

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 318.2 |
| 2 | 317.5 |
| 3 | 318.6 |
| 4 | 319.4 |
| 5 | 318.6 |
| 6 | 319.4 |
| 7 | 319.6 |
| 8 | 320.0 |
| 9 | 318.8 |
| 10 | 318.2 |
| 11 | 319.8 |
| 12 | 317.8 |
| 13 | 319.4 |
| 14 | 317.2 |
| 15 | 319.8 |
| 16 | 318.5 |
| 17 | 318.4 |
| 18 | 319.8 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 318.8 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



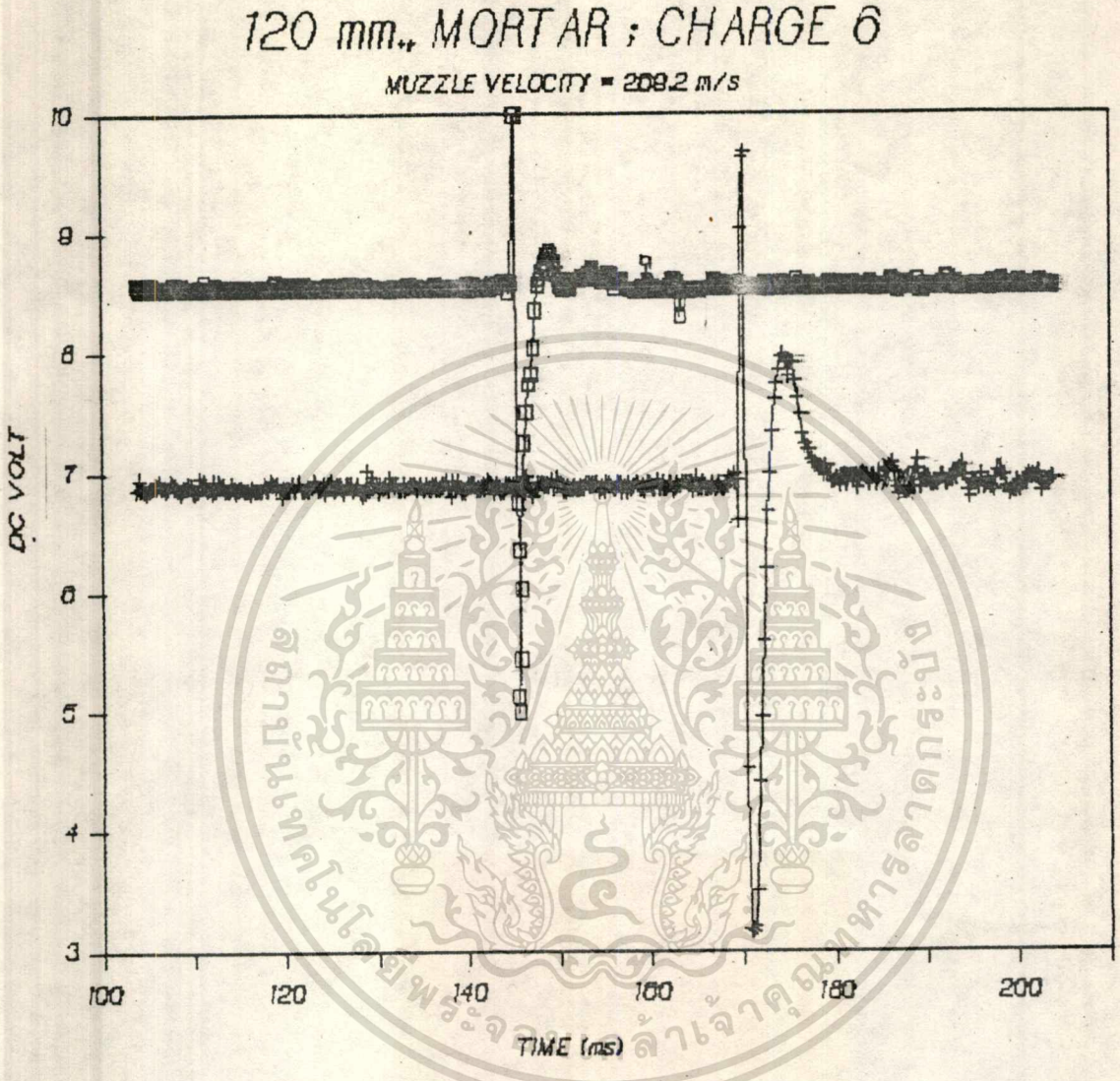

รูปที่ ค.- 12 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 7 แสดงผลการยิงทดสอบเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม.ส่วนบรรจุ 6

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 267.4 |
| 2 | 265.9 |
| 3 | 267.2 |
| 4 | 268.5 |
| 5 | 266.9 |
| 6 | 266.4 |
| 7 | 268.0 |
| 8 | 267.2 |
| 9 | 269.2 |
| 10 | 267.6 |
| 11 | 266.8 |
| 12 | 267.8 |
| 13 | 266.4 |
| 14 | 267.4 |
| 15 | 265.8 |
| 16 | 268.2 |
| 17 | 267.5 |
| 18 | 268.0 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 267.3 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ ค.- 13 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม. ส่วนบรรจุ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. (105 mm Howitzer)

7.1 ค่ามาตรฐาน (เมื่อยิงด้วยกระสุนระเบิด เอ็ม 1) มีดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ขนาดกระสุน | | 105 | มม |
| - ระยะยิงใกล้สุด | | 100 | เมตร |
| - ระยะยิงไกลสุด | ส่วนบรรจุ 7 | 11,270 | เมตร |
| - ระยะยิงไกลสุด | ส่วนบรรจุ 5 | 8,370 | เมตร |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | ส่วนบรรจุ 7 | 472.4 | เมตร/วินาที |
| - ความเร็วต้น ณ ปากลำกล้อง | ส่วนบรรจุ 5 | 310.9 | เมตร/วินาที |
| - ความดันภายในรังเพลิงสูงสุด | ส่วนบรรจุ 7 | 1,156 | $Kp/Cm^3$ |
| 7.2 ดำเนินการยิงทดสอบในสนาม | ส่วนบรรจุ 7 | 20 | นัด |
| | ส่วนบรรจุ 5 | 20 | นัด |
| สามารถวัดความเร็วต้นได้ | รวมจำนวน | 36 | นัด |
| เปอร์เซ็นต์ที่วัดได้ | | 90.0 | % |

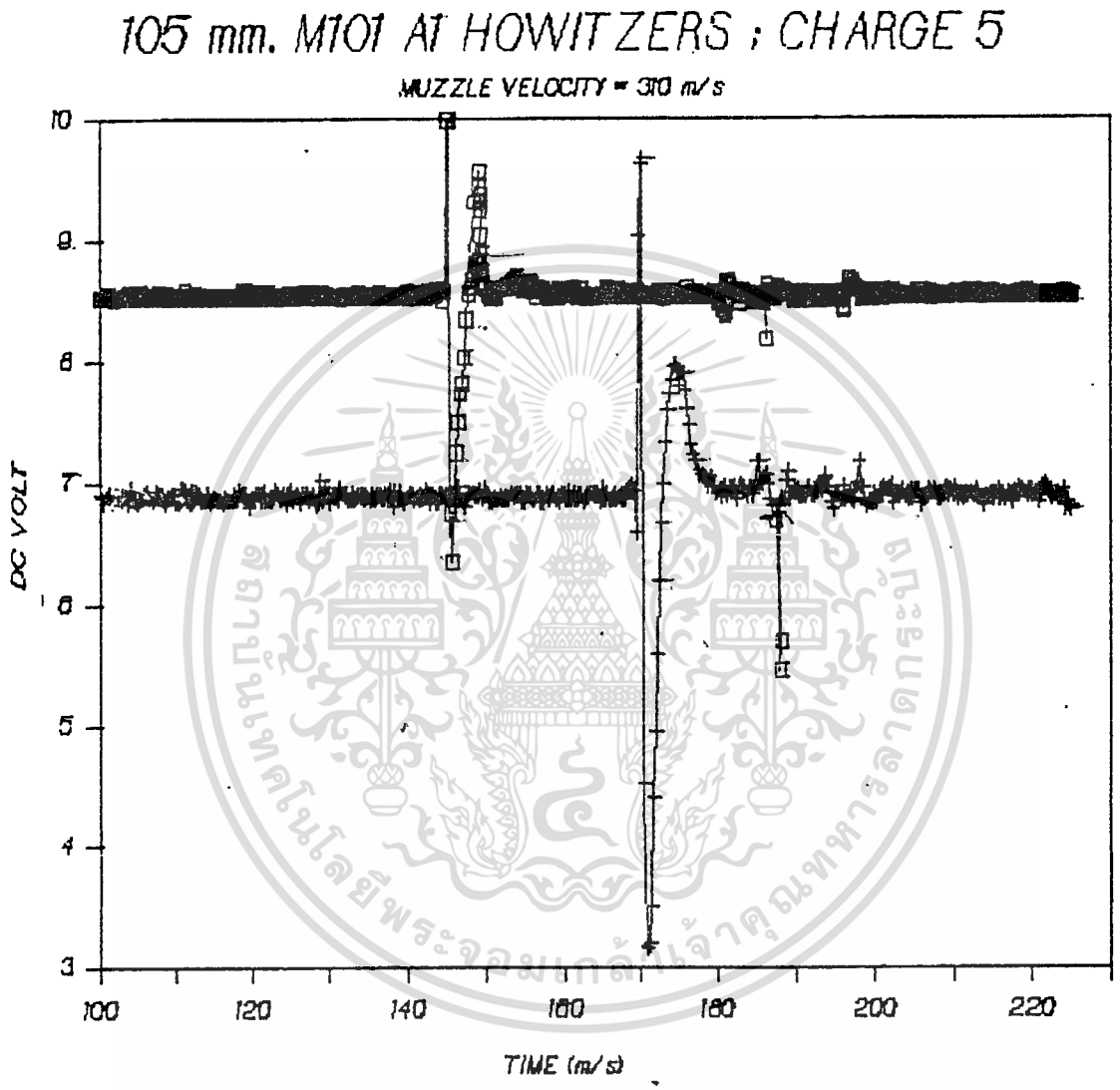
รูปที่ ค.- 14 แสดงการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.- 8 แสดงผลการยิงทดสอบปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. บจ.5

| นัดที่ | ค่าความเร็วต้นที่สามารถวัดได้ด้วยระบบเครื่องมือ ฯ ที่วิจัย (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 310.2 |
| 2 | 309.8 |
| 3 | 309 5 |
| 4 | 308.8 |
| 5 | 309.9 |
| 6 | 308.4 |
| 7 | 308.8 |
| 8 | 310.2 |
| 9 | 309.2 |
| 10 | 309.6 |
| 11 | 310.8 |
| 12 | 313.0 |
| 13 | 309.4 |
| 14 | 309.5 |
| 15 | 310.8 |
| 16 | 307.6 |
| 17 | 309.5 |
| 18 | 310.0 |
| ความเร็วต้นเฉลี่ย | 309.7 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ ค.- 15 กราฟแสดงผลการวัดความเร็วต้นของกระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. ส่วนบรรจุ 5

## ภาคผนวก ง.

## อาวุธทหารปืนใหญ่สนามประเภทลำกล้อง

อาวุธประเภทนี้ จะใช้ลำกล้องเป็นเครื่องให้ระยะ ทิศทาง และการทรงตัวของกระสุนที่ใช้ ให้ไปสู่เป้าหมาย ได้แก่ ปืนใหญ่แบบต่าง ๆ ที่ใช้ยิงเพื่อการทำลาย ตัดรวมกำลัง หรือข่มข้าศึกด้วยการยิงเล็งจำลอง

การแบ่งประเภทของปืนใหญ่สนามระบบลำกล้อง แบ่งออกเป็น

1. แบ่งตามแบบ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1.1 ปืนใหญ่กระสุนวิถีราบ มีลักษณะดังนี้

1.1.1 มีลำกล้องค่อนข้างยาว คือยาวกว่า 30 เท่าของกว้างปากลำกล้อง

1.1.2 ทำการยิงด้วยมุมยิงเล็ก

1.1.3 มีความเร็ว ณ ปากลำกล้องสูง

1.2 ปืนใหญ่กระสุนวิถีโค้ง มีลักษณะดังนี้

1.2.1 มีลำกล้องยาวปานกลาง คือ ระหว่าง 20 - 30 เท่าของกว้างปากลำกล้อง

1.2.2 ทำการยิงด้วยมุมยิงค่อนข้างใหญ่

1.2.3 มีความเร็วต้น ณ ปากลำกล้องปานกลาง

**หมายเหตุ** ถ้าต้องการทราบว่า ลำกล้องมีความยาวกี่เท่าของกว้างปากลำกล้อง ให้เอาความยาวของลำกล้อง หารด้วย ความกว้างปากลำกล้อง

**ตัวอย่าง** อาวุธปืนใหญ่ ชนิดหนึ่ง มีลำกล้องยาว 4.95 ม. มีความกว้างปากลำกล้อง 165 มม. อาวุธชนิดดังกล่าว จะเป็นปืนใหญ่กระสุนวิถีราบ หรือเป็นปืนใหญ่กระสุนวิถีโค้ง

**วิธีคำนวณ** ก็คือ 4,950 / 165 = 30 เท่าของกว้างปากลำกล้อง

ดังนั้น จึงเป็นปืนใหญ่กระสุนวิถีโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบ่งตามขนาดกว้างปากลำกล้อง แบ่งออกเป็น

2.1 ปืนใหญ่เบา มีขนาดกว้างปากลำกล้อง 120 มม. ลงมา (120 มม. หรือต่ำกว่า)

2.2 ปืนใหญ่กลาง มีขนาดกว้างปากลำกล้อง 121 มม. ถึง 160 มม.

2.3 ปืนใหญ่หนัก มีขนาดกว้างปากลำกล้องตั้งแต่ 161 มม.ถึง 210 มม.

2.4 ปืนใหญ่หนักมาก มีขนาดกว้างปากลำกล้องใหญ่กว่า 210 มม.ขึ้นไป

3. แบ่งตามวิธีการขนส่ง ได้ 2 ประเภท

3.1 ประเภทลากจูง

3.2 ประเภทอัตราจร

อาวุธปืนใหญ่สนาม (Artillery cannon)

อาวุธปืนใหญ่สนามที่กองทัพไทยมีใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง 80 ขนาด 105 มม.
2. ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง 95 ขนาด 105 มม. เอ็ม 101 เอ 1
3. ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. เอ็ม 425
4. ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม. เอ็ม 618 เอ 2
5. ปืนใหญ่กลางกระสุนวิถีโค้ง 03 ขนาด 155 มม. เอ็ม 114 เอ 1
6. ปืนใหญ่กลางกระสุนวิถีโค้ง 25 ขนาด 155 มม. เอ็ม 198
7. ปืนใหญ่หนักกระสุนวิถีราบ 20 ขนาด 155 มม. เอ็ม 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

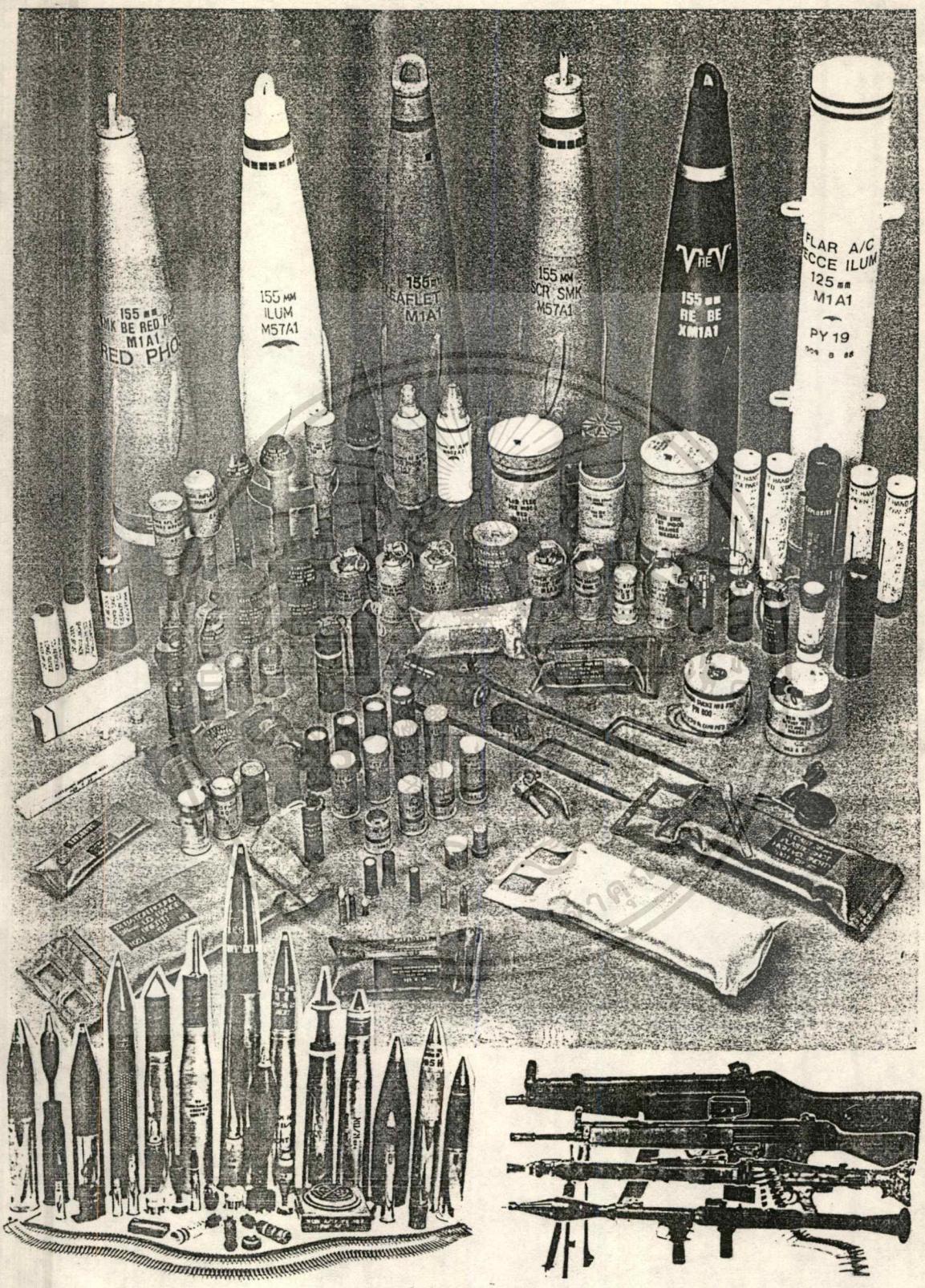
## ภาคผนวก จ.

## ตารางชนิดและประเภทของอาวุธที่เครื่องมือ ฯ สามารถทดสอบวัดความเร็วต้นได้

ตารางที่ จ.- 1 ชนิดและประเภทของอาวุธที่เครื่องมือ ฯ สามารถดำเนินการทดสอบวัดความเร็วต้นได้

| ลำดับ | อาวุธ/กระสุน | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ปืนพก | ขนาด | .32 | นิ้ว |
| 2 | ปืนพก | ขนาด | .357 | นิ้ว |
| 3 | ปืนพก | ขนาด | .38 | นิ้ว |
| 4 | ปืนพก | ขนาด | .45 | นิ้ว |
| 5 | ปืนเล็กยาว แบบ 11 เอชเค.33 | ขนาด | 5.56 | มม. |
| 6 | ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 | ขนาด | 5.56 | มม. |
| 7 | ปืนกลเบา เอ็ม 60 | ขนาด | 7.62 | มม. |
| 8 | ปืนกล แบบ 93 | ขนาด | .50 | นิ้ว |
| 9 | ปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน | ขนาด | 12.7 | มม. |
| 10 | ปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน | ขนาด | 40 | มม. |
| 11 | ปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง | ขนาด | 105 | มม. ธรรมดา/ต่อระยะ |
| 12 | ปืนใหญ่กลางกระสุนวิถีโค้ง | ขนาด | 155 | มม. ธรรมดา/ต่อระยะ |
| 13 | ปืนกล,ปืนใหญ่และขีปนาวุธ ติดตั้งบนเรือรบ | | | ทุกขนาด/ทุกประเภท |
| 14 | ปืนกล,ปืนใหญ่และขีปนาวุธ ติดตั้งบนยานยนต์หุ้มเกราะ | | | ทุกขนาด/ทุกประเภท |
| 15 | ปืนกล,ปืนใหญ่และขีปนาวุธ ติดตั้งบนอากาศยานรบ | | | ทุกขนาด/ทุกประเภท |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ จ.- 1 แสดงอาวุธ และกระสุนแบบธรรมดา และกระสุนพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ฉ.

## ค่าความเร็วต้นมาตรฐานของอาวุธและกระสุนแต่ละประเภท

### 1. กระสุนปืนเล็ก

| ลำดับ | ชนิดอาวุธ | ขนาด | ค่าความเร็วต้นมาตรฐาน (เมตร/วินาที) |
|---|---|---|---|
| 1 | ปืนเล็กยาว แบบ 11 | 5.56 มม. | 960.1 |
| 2 | ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 | 5.56 มม. | 990.6 |
| 3 | ปืนกลเบา เอ็ม 60 | 7.62 มม. | 853 |
| 4 | ปืนพก 86 | .45 นิ้ว | 262.1 |

### 2. ลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 60 มม.

| ส่วนบรรจุ | ค่าความเร็วต้นมาตรฐาน (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 0 | 66 ± 2 |
| 1 | 112 ± 2 |
| 2 | 147 ± 2 |
| 3 | 176 ± 2 |
| 4 | 199 ± 3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 81 มม.

| ส่วนบรรจุ | ค่าความเร็วต้นมาตรฐาน (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 0 | 66 ± 2 |
| 1 | 92 ± 2 |
| 2 | 118 ± 2 |
| 3 | 159 ± 2 |
| 4 | 191 ± 2 |
| 5 | 220 ± 2 |
| 6 | 246 ± 2 |
| 7 | 273 ± 3 |

4. ลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด ขนาด 120 มม.

| ส่วนบรรจุ | ค่าความเร็วต้นมาตรฐาน (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 0 | 112 ± 3 |
| 2 | 177 ± 3 |
| 4 | 227 ± 3 |
| 6 | 269 ± 3 |
| 8 | 307 ± 3 |
| 9 | 322 ± 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กระสุนปืนใหญ่เบากระสุนวิถีโค้ง ขนาด 105 มม.

| ส่วนบรรจุ | ค่าความเร็วต้นมาตรฐาน (เมตร/วินาที) |
|---|---|
| 1 | 198.1 |
| 2 | 216.4 |
| 3 | 237.7 |
| 4 | 266.7 |
| 5 | 310.9 |
| 6 | 376.4 |
| 7 | 472.4 |

6. กระสุนปืนใหญ่หนักกระสุนวิถีราบ 20 ขนาด 155 มม. เอ็ม 71

| แบบดินส่งกระสุน | ส่วนบรรจุ | ค่าความเร็วต้นมาตรฐาน (เมตร/วินาที) |
|---|---|---|
| เอ็ม 1 เอ 2 | 3 | 290 |
| เอ็ม 1 เอ 2 | 4 | 334 |
| เอ็ม 1 เอ 2 | 5 | 390 |
| เอ็ม 9 เอ 2 | 6 | 472 |
| เอ็ม 9 เอ 2 | 7 | 562 |
| เอ็ม 9 เอ 2 | 8 | 644 |
| เอ็ม 9 เอ 2 | 9 | 713 |
| พิเศษ | 10 | 826 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

1. ยศ ชื่อ พ.ท.เจนยุทธ จอมพุทธางกูร หมายเลขประจำตัว 1162100844
2. ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกแผนแบบ กวอ.ศอว.ทบ.
3. เหล่า ทหารปืนใหญ่
4. วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2492 อายุ 45 ปี
5. สถานที่เกิด จังหวัดนครราชสีมา
6. คุณวุฒิการศึกษา
   - 6.1 ปริญญาการศึกษาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์)
     วิทยาลัยวิชาการศึกษา พิษณุโลก พ.ศ. 2516
   - 6.2 ประกาศนียบัตรชั้นสูง สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
     คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2523
7. อัตราเงินเดือน ระดับ น. 3 ชั้น 7 เงิน 13,340._ บาท
8. กำเนิด (ราชการทหาร) นนร.(พ.) รุ่นที่ 8
9. การรับราชการ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9.1 ผู้ตรวจการณ์หน้า ป.พัน.3 ป.3 | ชกท.1189 | พ.ศ.2518 |
| 9.2 ผู้บังคับหมวดสื่อสาร ฯ ป.พัน.3 ป.3 | ชกท.0200 | พ.ศ.2521 |
| 9.3 นายทหารฝ่ายการสื่อสาร ป.พัน.3 ป.3 | ชกท.0200 | พ.ศ.2522 |
| 9.4 ประจำแผนกแผน กองยุทธการและการข่าว ศป. | ชกท.1193 | พ.ศ.2524 |
| 9.5 ประจำแผนกแผน กองยุทธการและการข่าว ศป. | ชกท.2162 | พ.ศ.2525 |
| 9.6 ประจำแผนกแผนและโครงการ รง.กสย. ศอว.ทบ. | ชกท.2162 | พ.ศ.2527 |
| 9.7 ประจำแผนกแผนและโครงการ รง.กสย. ศอว.ทบ. | ชกท.7421 | พ.ศ.2528 |
| 9.8 ประจำแผนกวิจัยและพัฒนา กวอ.ศอว.ทบ. | ชกท.2167 | พ.ศ.2533 |
| 9.9 ประจำ ยศ.ทบ. | ชกท.0006 | พ.ศ.2534 |
| 9.10 หัวหน้าแผนกแผนแบบ กวอ.ศอว.ทบ. | ชกท.2167 | พ.ศ.2536 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การปฏิบัติงานราชการพิเศษ

10.1 ผู้ตรวจการณ์หน้า ป.พัน.3 ร้อย.3 หนองแคน อ.นาแก สกลนคร พ.ศ.2518

10.2 ผู้ตรวจการณ์หน้า ป.พัน.3 ร้อย.1 ภูพานน้อย อ.นาแก สกลนคร พ.ศ.2519

10.3 นายทหารลาดตระเวนแผนที่ ป.พัน.3 ร้อย.3 อ.กาบเชิง สุรินทร์ พ.ศ.2521

10.4 ผบ.ร้อย.ป. ป.พัน.102 ป.2 หนองกุง อ.วัฒนานคร ปราจีนบุรี พ.ศ.2525

10.5 ผช.ผอ.3 ป.พัน.102 ป.2 หนองกุง อ.วัฒนานคร ปราจีนบุรี พ.ศ.2525

11. การศึกษาในสถาบันทหาร

| | | |
|---|---|---|
| 11.1 นักเรียนนายร้อยพิเศษ รุ่นที่ 8 | รร.จปร. | 1 ก.พ. 17 |
| 11.2 ผู้บังคับหมวดทหารปืนใหญ่ | รร.ป.ศป. | 19 ก.ย. 17 |
| 11.3 จู่โจม รุ่นที่ 42 | รร.สงครามพิเศษ ศสพ. | 1 ธ.ค. 17 |
| 11.4 โดดร่ม รุ่นที่ 91 | รร.สงครามพิเศษ ศสพ. | 7 ม.ค. 18 |
| 11.5 นายทหารสื่อสาร ป. รุ่นที่ 8 | รร.ป.ศป. | 15 ส.ค. 18 |
| 11.6 ชั้นนายร้อย ป.รุ่นที่ 15 | รร.ป.ศป. | 19 ก.ย. 21 |
| 11.7 การเมือง (เร่งรัด) รุ่นที่ 69 | บก.ทภ.2 สน. | 9 พ.ย. 21 |
| 11.8 ชั้นนายพัน ป.รุ่นที่ 25 | รร.ป.ศป. | 14 ก.ย. 25 |

12. การฝึก/ศึกษา ต่างประเทศ

12.1 ฝึก/อบรม การใช้อุปกรณ์ตรวจจับขีปนวิถีของกระสุนปืนใหญ่ และลูกระเบิดยิงด้วย ไลท์เกจ ณ บริษัท เอ.วี.แอล. กร๊าซ ประเทศออสเตรีย พ.ศ. 2526

12.2 ฝึก/อบรม การใช้อุปกรณ์ตรวจจับขีปนวิถีของกระสุนปืนใหญ่ และลูกระเบิดยิงด้วย ดอปเปลอร์เรดาร์ ณ บริษัท เทอร์ม่าอิเล็คทรอนิกส์ ประเทศเดนมาร์ค พ.ศ. 2526

13. เหรียญตราพิเศษ

| | |
|---|---|
| 13.1 เหรียญพิทักษ์เสรีชน ชั้นที่ 2 ประเภทที่ 2 | 20 มี.ค. 21 |
| 13.2 เหรียญเบญจมาภรณ์ช้างเผือก | 5 ธ.ค. 23 |
| 13.3 เหรียญตริตาภรณ์มงกุฎไทย | 5 ธ.ค. 29 |
| 13.4 เหรียญจักรมาลา | 5 ธ.ค. 33 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**14. ความสามารถพิเศษ**

14.1 ผู้กำกับลูกเสือสำรอง ชั้น วูดแบดจ์ พ.ศ. 2511

14.2 ผู้กำกับลูกเสือสามัญรุ่นใหญ่ ชั้น วูดแบดจ์ พ.ศ. 2514

14.3 ผู้ควบคุมทีม กีฬาฟุตบอล ป.พัน.3 ป.3 พ.ศ. 2520 - 2523

14.4 ผู้ควบคุมทีม กีฬาวอลเลย์บอล ป.3 (ชนะเลิศกีฬาภายใน ทภ.2) พ.ศ. 2523

14.5 ผู้ควบคุมทีม กีฬาจักรยาน กลุ่มพหลโยธิน (แข่งขันกีฬา ทบ.) พ.ศ. 2529

14.6 ฝึกอบรม Fibre optic technology จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง & City university school of engineering England. พ.ศ. 2535

14.7 ฝึกอบรม Autocad ชั้นกลาง จากสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2537