การพัฒนาระบบเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1

วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล[1] และ นันทิพัฒน์ แก้วพิกุล[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

[2]กองร้อยสนับสนุนการช่วยรบ กรมรบพิเศษที่ 2 กองพลรบพิเศษที่ 1 หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษ ค่ายสมเด็จพระนารายณ์มหาราช

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ที่สามารถจำลองการรับสัญญาณแสงแบบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ด้วยสวิตช์ 780 ตัว และสามารถรับค่าตำแหน่งที่กระสุนตกได้ 4 รูปแบบ รวมลักษณะกระสุนตกทั้งหมดได้ 5909 รูปแบบ โดยผ่านการเข้ารหัสด้วยไอซี 74LS148 เพื่อลดจำนวนอินพุตให้เหลือน้อยลงและส่งสัญญาณต่อไปยังตัวประมวลผล PIC18F8722 ซึ่งทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณที่เข้ามาว่ามาจากการยิงในตำแหน่งใดและทำการคำนวณค่าการตั้งศูนย์ปืน ทั้งศูนย์หน้าและศูนย์หลัง เพื่อทำการแสดงผลผ่านทางแอลอีดี และแอลอีดีเจ็ดส่วน ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

คำสำคัญ: เป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1, ไมโครคอนโทรลเลอร์

The Development of M16A1 Assault Rifle Feedback Targets System

Wadeenat Wannasawaskul[1] and Nantiphat Keawpikun[2]

[1]Department of Information and Communication Engineering, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

[2]Combat Service Support Company 2nd Special Forces Regiment, 1st Special Forces Division, Special Warfare Command, King Narai Military Camp

Abstract

This research proposes the development of M16A1 Assault Rifle Feedback Targets**.** This can simulate reception for light of phototransistor replaced with 780 switches that can get value from the position where the bullets fall in four forms, total 5909 positions of ammunition. Through encode with 74LS148 IC to reduce the number of inputs and send the signal to the PIC18F8722 processor. This serves to isolate the incoming signal that comes from firing in any position and calculate the value of the gun center for adjust the front sight post and adjust the rear sight post. To display via LED and 7-segment in the position that accurate and precisely.

Keywords: M16A1 Assault Rifle Feedback Targets**,** Microcontroller

1. บทนำ

การฝึกทหารให้มีความเชี่ยวชาญในด้านการรบนั้นทหารทุกนายจะต้องได้รับการฝึกฝนเรียนรู้ในหลักสูตรต่างๆ เพื่อให้ตนเองมีความพรั่งพร้อมก่อนการปฏิบัติหน้าที่สามารถเอาเองตัวรอดจากสถานการณ์การรบในรูปแบบต่างๆ ได้ และปฏิบัติภารกิจสำเร็จตามที่ได้รับมอบหมาย หลักสูตรในการฝึกทหารมีหลากหลายแต่การฝึกที่เป็นหัวใจสำคัญในการปฏิบัติงานนั้นคือ การฝึกการยิงปืน โดยเฉพาะปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นอาวุธประจำกาย ทหารทุกนายจะต้องเข้าใจระบบการทำงานของอาวุธปืน เพื่อให้สามารถ แก้ไขเหตุติดขัดในระหว่างการยิงได้ ในส่วนของขั้นตอนการฝึกยิงปืน ทหารทุกนายจะต้องทำการฝึกปรับศูนย์รบปืนสำหรับปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 โดยทำการยิงไปยังเป้ากระดาษตารางที่มีรูปหุ่นแบบย่อส่วนอยู่ตรงกึ่งกลางภายในเป้าด้วยกระสุนจริงในระยะ 25 เมตร ซึ่งพลยิงจะต้องอ่านค่าในตำแหน่งที่กระสุนตกบนเป้ากระดาษ พร้อมทั้งคำนวณค่าการปรับศูนย์รบปืนตามกฎทางสูงและทางทิศ เพื่อทำการปรับย้ายตำบลกระสุนให้ตกที่จุดกึ่งกลางของเป้าตาราง แต่เนื่องจากสถานการณ์หรือความไม่พร้อมในสถานที่ฝึก อีกทั้งห้วงการฝึกมีเวลาที่จำกัด ทำให้ทหารบางนายยังไม่มีความเข้าใจในการปรับศูนย์รบปืน ประกอบกับจำนวนกระสุน ดังรูปที่ 2 มีจำกัดทำให้ไม่สามารถฝึกซ้อมนอกรอบได้

จากปัญหาที่กล่าวมาจึงเกิดเป็นแนวคิดในการพัฒนาเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับลูกกระสุนปืนแบบเลเซอร์ ดังรูปที่ 3 ขึ้นมา โดยจะนำเสนอเฉพาะในส่วนของแนวคิดในการออกแบบระบบการแสดงผลค่าการตั้งศูนย์ปืนของเป้าปรับศูนย์รบ ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 พร้อมผลการทดลองผ่านทางโปรแกรมจำลองเพื่อสนับสนุนแนวความคิดที่ได้ทำการออกแบบขึ้นมา

รูปที่ 1 ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1

รูปที่ 2 กระสุน 223 REM

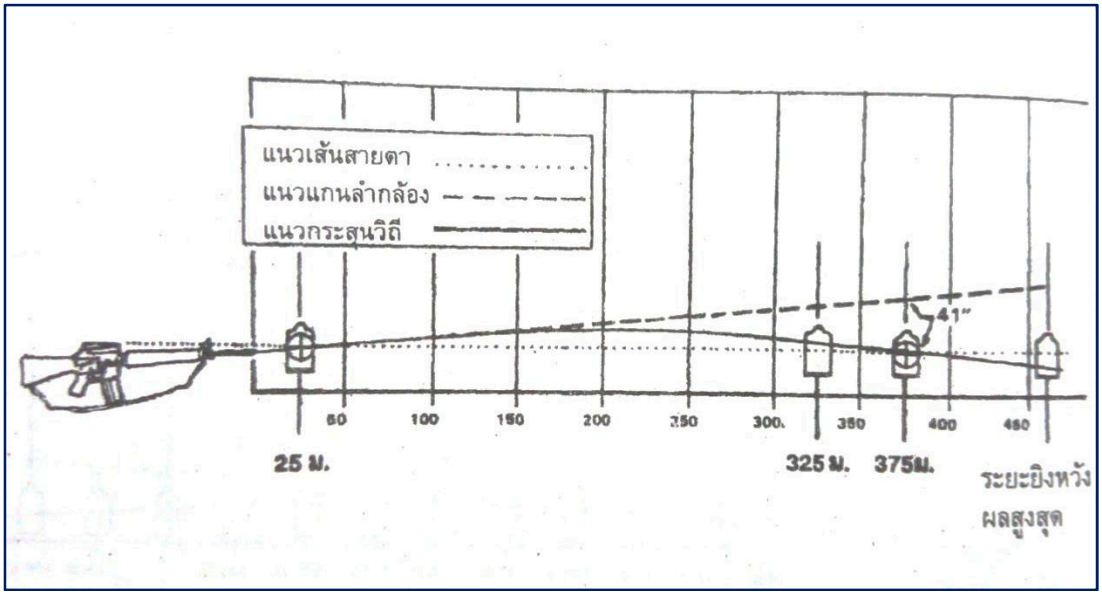
รูปที่ 3 กระสุน 223 REM Laser Red Dot
ที่มา: www.pinterest.com

2. ทฤษฎีและหลักการ

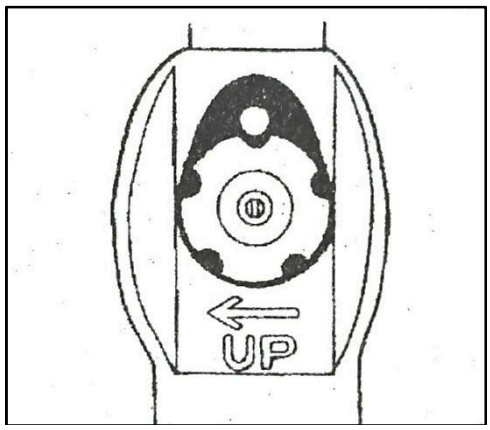
2.1 ระบบตัวเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1

การยิงปรับศูนย์ส่วนใหญ่กระทำกันในสนามยิงปืนที่ระยะ 25 เมตร โดยการปรับศูนย์หลังให้พลิกไปข้างหน้า เพื่อให้เครื่องหมาย L (ศูนย์ระยะไกล) ปรากฏขึ้นมา ในการยิงนั้นกระสุนจะวิ่งขึ้นตัดแนวเส้นสายตาที่ระยะ 25 เมตร และวิ่งสูงขึ้นจนถึงยอดกระสุนวิถี ซึ่งสูงกว่าเส้นสายตาประมาณ 11 นิ้ว ในระยะ 225 เมตร และวิ่งตัดลงกับแนวเส้นสายอีกครั้งในระยะ 375 เมตร เมื่อพลิกศูนย์หลังกลับมาเป็นศูนย์ระยะใกล้ ทำการเล็งที่กึ่งกลางเป้าในระยะ 42 เมตร กระสุนก็จะวิ่งขึ้นตัดกับแนวเส้นสายตาในระยะ 42 เมตร จากนั้นก็จะวิ่งขึ้นสู่ยอดกระสุนวิถี แล้ววิ่งลงตัดกับ

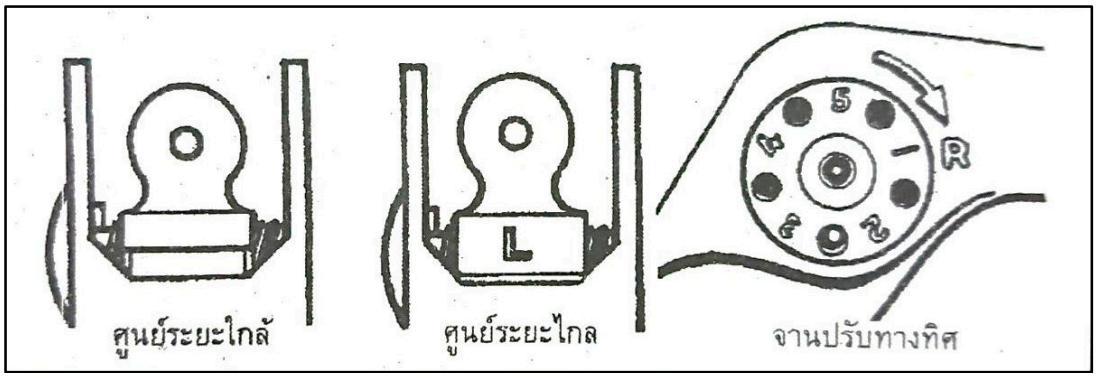
แนวเส้นสายตาอีกครั้งในระยะ 250 เมตร แสดงดังรูปที่ 4 ศูนย์ปืนสามารถปรับได้ทั้งทางสูงและทางทิศ ในการปรับทางทิศนั้นใช้การปรับที่ศูนย์หลัง โดยการหมุนจานไปทิศทางที่ต้องการดังรูปที่ 5 ส่วนการปรับทางระยะสูงหรือต่ำใช้การปรับที่ศูนย์หน้าดังรูปที่ 6 เมื่อปรับศูนย์รบปืนเรียบร้อยแล้ว แนวของศูนย์รบปืน เส้นเล็งและตำบลกระสุนที่กระทบเป้าหมายจะเป็นตำบลเดียวกับที่พลยิงทำการเล็งปืนในระยะบางระยะที่กำหนด โดยมีโอกาสยิงถูกเป้าหมายในระยะยิงหวังผลที่ระยะ 460 เมตร ลงมาได้แม่นยำมากที่สุด การปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ในสนามยิงปืนระยะ 25 เมตร จะใช้เป้าปรับศูนย์รบแสดงดังรูปที่ 4-6



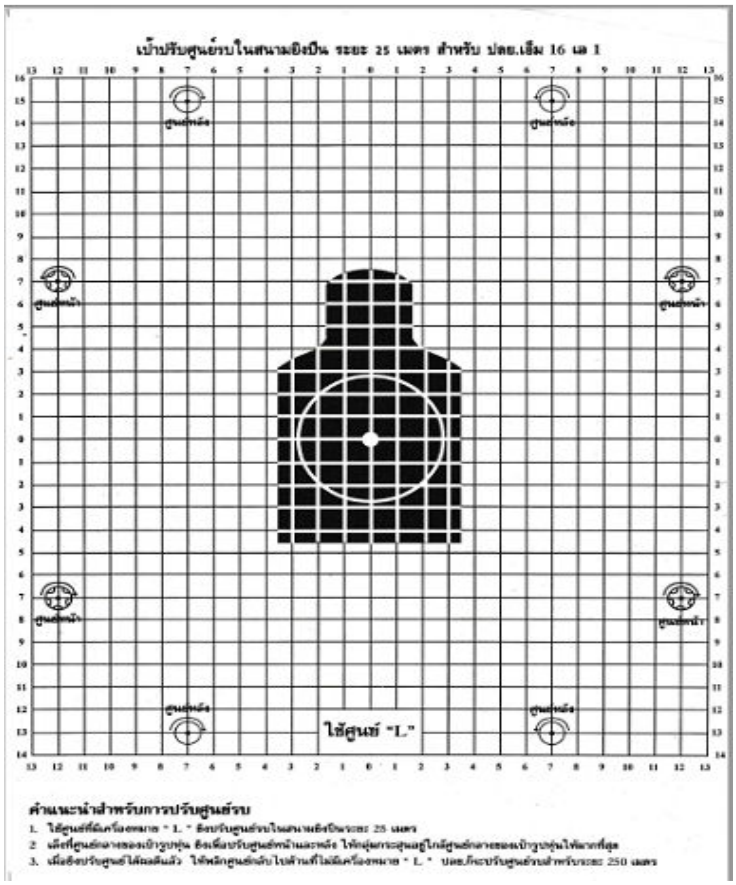
รูปที่ 4 แนวกระสุนวิถีปืนเล็กยาว เอ็ม16 เอ 1
ที่มา: หนังสือราชการสนาม (รส.23-9)



รูปที่ 5 ศูนย์หน้า ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1
ที่มา: หนังสือราชการสนาม (รส.23-9)



รูปที่ 6 ศูนย์หลัง ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1
ที่มา: หนังสือราชการสนาม (รส.23-9)

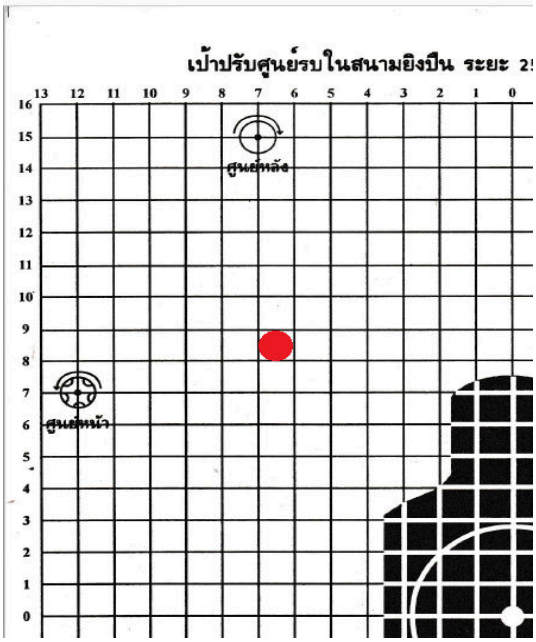


รูปที่ 7 เป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ในสนามยิงปืนระยะ 25 เมตร

จากรูปที่ 7 แสดงถึงลักษณะของเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 ที่ใช้ในสนามยิงปืนระยะ 25 เมตร มีลักษณะเป็นเป้ากระดาษ ภายในประกอบไปด้วยตารางที่ตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสด้านละ 7 มิลลิเมตร และระยะห่างจากจุดกึ่งกลางช่องถึงช่องในแนวนอนและแนวตั้งมีขนาด 7 มิลลิเมตรเช่นเดียวกัน โดยจำนวนช่องจากจุดกึ่งกลางของเป้ารูปหุ่นแบบย่อส่วนไปทางซ้าย 13 ช่อง ไปทางขวา 13 ช่อง ขึ้นด้านบน 16 ช่อง และลงด้านล่าง 14 ช่อง ซึ่งจำนวนช่องที่กล่าวมาอ้างอิงจากหนังสือราชการสนาม (รส.23-9) [1], [2]

ก่อนที่พลยิงจะทำการยิงปรับปืนด้วยกระสุนจริงดังรูปที่ 2 นั้น จะต้องทำการฝึกอ่านค่าของตำแหน่งที่กระสุนตกใน

ช่องตารางของเป้าปรับศูนย์รบปืน เพื่อนำค่าที่อ่านได้มาปรับศูนย์รบที่ตัวปืน โดยทำการเล็งปืนแบบการจัดศูนย์พอดี มองผ่านศูนย์หลังไปยังยอดศูนย์หน้า ให้ยอดของศูนย์หน้าอยู่กึ่งกลางของศูนย์หลัง เมื่อจัดศูนย์พอดีได้แล้วให้เล็งปืนไปยังจุดกึ่งกลางของเป้าปรับศูนย์รบปืน และทำการลั่นไกยิง เมื่อทำการยิงเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้ยิงหรือพลยิง ตรวจเป้าดูตำแหน่งที่กระสุนตกบนเป้าปรับรบศูนย์ แสดงดังรูปที่ 8



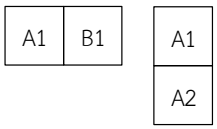
รูปที่ 8 ตำแหน่งของกระสุนตกบนเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1

จากรูปที่ 8 แสดงตำแหน่งการตกของกระสุนปืนบนเป้าปรับศูนย์รบ ในคอลัมน์ที่ 7 แถวที่ 8 สามารถปรับศูนย์รบปืนให้ตำบลกระสุนมาตกที่จุดกึ่งกลางของเป้าหุ่นแบบย่อส่วนได้ โดยการปรับระยะสูงต่ำที่ศูนย์หน้าหมุนทวนเข็มนาฬิกา จำนวน 6 คลิก และปรับทางทิศซ้ายขวาโดยหมุนจานปรับที่ศูนย์หลังไปทางขวาตามลูกศร R จำนวน 14 คลิก การฝึกปรับศูนย์รบปืนในสนามยิงปืนระยะ 25 เมตรนั้นจะใช้กระสุนจริงในการฝึกยิงแต่เนื่องจากความไม่พร้อมบางประการของสถานที่ฝึกสภาพ ภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และเครื่องกระสุนปืนที่มีจำนวนจำกัด อีกทั้งพลยิงบางนายยังขาดความเข้าใจในหลักของการปรับศูนย์รบปืน

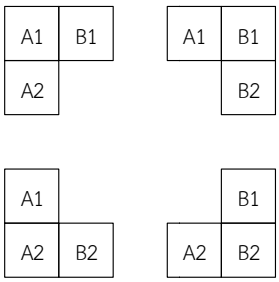
2.2 โอกาสในการยิงถูกเป้า

จากที่กล่าวมาข้างต้นขนาดของช่องตารางบนเป้าปรับปืนมีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 7 มิลลิเมตร ส่วนกระสุนปืนเลเซอร์ที่ใช้กับปืนเล็กยาวเอ็ม 16 เอ 1 นั้น ใช้กระสุน 223 REM 5.56 [3], [4] ซึ่งมีความยาวคลื่น 625-660 นาโนเมตร ที่ระยะการเล็ง 10-80 หลา หรือ 9.144-73.152 เมตร ลำแสงเลเซอร์สีแดงความเข้มแสงไม่เกิน 5 มิลลิวัตต์ ขนาดลำแสง 3.81 มิลลิเมตร ดังนั้นโอกาสในการยิงถูกเป้า จึงเกิดได้ 4 กรณี ดังรูปที่ 9-12

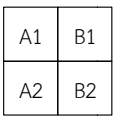
รูปที่ 9 กรณียิงถูกช่องเดียว เกิดได้ 1 แบบ



รูปที่ 10 กรณียิงถูก 2 ช่อง เกิดได้ 2 แบบ



รูปที่ 11 กรณียิงถูก 3 ช่อง เกิดได้ 4 แบบ



รูปที่ 12 กรณียิงถูก 4 ช่อง เกิดได้ 1 แบบ

จากรูปที่ 9 การยิงถูก 1 ตำแหน่ง สามารถรับค่าสัญญาณการยิงตกได้ทั้งหมด 780 ค่า จากรูปที่ 10 การยิงถูก 2 ตำแหน่งพร้อมกัน เกิดได้ 2 ลักษณะ คือแบบแนวนอนและแนวตั้ง สามารถรับค่าได้ทั้งหมด 1504 ค่า จากรูปที่ 11 การยิงถูก 3 ตำแหน่งพร้อมกัน เกิดได้ 4 ลักษณะ สามารถรับค่าได้ทั้งหมด 2900 ค่า และจากรูปที่

12 การยิงถูก 4 ตำแหน่งพร้อมกัน สามารถรับค่าได้ทั้งหมด 725 ค่า รวมลักษณะการรับค่าการยิงถูกได้ 5909 ค่า เพื่อให้ง่ายต่อการระบุตำแหน่ง จึงกำหนดชื่อคอลัมน์เป็น A-Z และกำหนดแถว 1-30 ดังรูปที่ 13

A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1	K1	L1	M1	N1	O1	P1	Q1	R1	S1	T1	U1	V1	W1	X1	Y1	Z1
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2	J2	K2	L2	M2	N2	O2	P2	Q2	R2	S2	T2	U2	V2	W2	X2	Y2	Z2
A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3	J3	K3	L3	M3	N3	O3	P3	Q3	R3	S3	T3	U3	V3	W3	X3	Y3	Z3
A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	I4	J4	K4	L4	M4	N4	O4	P4	Q4	R4	S4	T4	U4	V4	W4	X4	Y4	Z4
A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5	I5	J5	K5	L5	M5	N5	O5	P5	Q5	R5	S5	T5	U5	V5	W5	X5	Y5	Z5
A6	B6	C6	D6	E6	F6	G6	H6	I6	J6	K6	L6	M6	N6	O6	P6	Q6	R6	S6	T6	U6	V6	W6	X6	Y6	Z6
A7	B7	C7	D7	E7	F7	G7	H7	I7	J7	K7	L7	M7	N7	O7	P7	Q7	R7	S7	T7	U7	V7	W7	X7	Y7	Z7
A8	B8	C8	D8	E8	F8	G8	H8	I8	J8	K8	L8	M8	N8	O8	P8	Q8	R8	S8	T8	U8	V8	W8	X8	Y8	Z8
A9	B9	C9	D9	E9	F9	G9	H9	I9	J9	K9	L9	M9	N9	O9	P9	Q9	R9	S9	T9	U9	V9	W9	X9	Y9	Z9
A10	B10	C10	D10	E10	F10	G10	H10	I10	J10	K10	L10	M10	N10	O10	P10	Q10	R10	S10	T10	U10	V10	W10	X10	Y10	Z10
A11	B11	C11	D11	E11	F11	G11	H11	I11	J11	K11	L11	M11	N11	O11	P11	Q11	R11	S11	T11	U11	V11	W11	X11	Y11	Z11
A12	B12	C12	D12	E12	F12	G12	H12	I12	J12	K12	L12	M12	N12	O12	P12	Q12	R12	S12	T12	U12	V12	W12	X12	Y12	Z12
A13	B13	C13	D13	E13	F13	G13	H13	I13	J13	K13	L13	M13	N13	O13	P13	Q13	R13	S13	T13	U13	V13	W13	X13	Y13	Z13
A14	B14	C14	D14	E14	F14	G14	H14	I14	J14	K14	L14	M14	N14	O14	P14	Q14	R14	S14	T14	U14	V14	W14	X14	Y14	Z14
A15	B15	C15	D15	E15	F15	G15	H15	I15	J15	K15	L15	M15	N15	O15	P15	Q15	R15	S15	T15	U15	V15	W15	X15	Y15	Z15
A16	B16	C16	D16	E16	F16	G16	H16	I16	J16	K16	L16	M16	N16	O16	P16	Q16	R16	S16	T16	U16	V16	W16	X16	Y16	Z16
A17	B17	C17	D17	E17	F17	G17	H17	I17	J17	K17	L17	M17	N17	O17	P17	Q17	R17	S17	T17	U17	V17	W17	X17	Y17	Z17
A18	B18	C18	D18	E18	F18	G18	H18	I18	J18	K18	L18	M18	N18	O18	P18	Q18	R18	S18	T18	U18	V18	W18	X18	Y18	Z18
A19	B19	C19	D19	E19	F19	G19	H19	I19	J19	K19	L19	M19	N19	O19	P19	Q19	R19	S19	T19	U19	V19	W19	X19	Y19	Z19
A20	B20	C20	D20	E20	F20	G20	H20	I20	J20	K20	L20	M20	N20	O20	P20	Q20	R20	S20	T20	U20	V20	W20	X20	Y20	Z20
A21	B21	C21	D21	E21	F21	G21	H21	I21	J21	K21	L21	M21	N21	O21	P21	Q21	R21	S21	T21	U21	V21	W21	X21	Y21	Z21
A22	B22	C22	D22	E22	F22	G22	H22	I22	J22	K22	L22	M22	N22	O22	P22	Q22	R22	S22	T22	U22	V22	W22	X22	Y22	Z22
A23	B23	C23	D23	E23	F23	G23	H23	I23	J23	K23	L23	M23	N23	O23	P23	Q23	R23	S23	T23	U23	V23	W23	X23	Y23	Z23
A24	B24	C24	D24	E24	F24	G24	H24	I24	J24	K24	L24	M24	N24	O24	P24	Q24	R24	S24	T24	U24	V24	W24	X24	Y24	Z24
A25	B25	C25	D25	E25	F25	G25	H25	I25	J25	K25	L25	M25	N25	O25	P25	Q25	R25	S25	T25	U25	V25	W25	X25	Y25	Z25
A26	B26	C26	D26	E26	F26	G26	H26	I26	J26	K26	L26	M26	N26	O26	P26	Q26	R26	S26	T26	U26	V26	W26	X26	Y26	Z26
A27	B27	C27	D27	E27	F27	G27	H27	I27	J27	K27	L27	M27	N27	O27	P27	Q27	R27	S27	T27	U27	V27	W27	X27	Y27	Z27
A28	B28	C28	D28	E28	F28	G28	H28	I28	J28	K28	L28	M28	N28	O28	P28	Q28	R28	S28	T28	U28	V28	W28	X28	Y28	Z28
A29	B29	C29	D29	E29	F29	G29	H29	I29	J29	K29	L29	M29	N29	O29	P29	Q29	R29	S29	T29	U29	V29	W29	X29	Y29	Z29
A30	B30	C30	D30	E30	F30	G30	H30	I30	J30	K30	L30	M30	N30	O30	P30	Q30	R30	S30	T30	U30	V30	W30	X30	Y30	Z30

รูปที่ 13 ชื่อตำแหน่งสัญญาณออกของชุดรับแสง

2.3 คำนวณตำแหน่งของกระสุนที่ตกบนเป้าปรับศูนย์รบ

จากที่ได้อธิบายในรูปที่ 8 ไปแล้วนั้นทำให้เกิดเป็นแนวคิดในการแสดงผลในรูปแบบแอลอีดีเจ็ดส่วน สองชุดสำหรับการแสดงผลการปรับศูนย์รบปืน โดยชุดที่ 1 แสดงผลการปรับศูนย์รบระยะทางสูงต่ำ (ศูนย์หน้า) และส่วนชุดที่ 2 แสดงผลการปรับระยะทางทิศซ้ายขวา (ศูนย์หลัง)

D15 R24	D15 R20	D15 R18	D15 R16	D15 R14	D15 R12	D15 R10	D15 R8	D15 R6	D15 R4	D15 R2	D15 R0	D15 L0	D15 L2	D15 L4	D15 L6	D15 L8	D15 L10	D15 L12	D15 L14	D15 L16	D15 L18	D15 L20	D15 L22	D15 L24	D15 L26
D14 R24	D14 R20	D14 R18	D14 R16	D14 R14	D14 R12	D14 R10	D14 R8	D14 R6	D14 R4	D14 R2	D14 R0	D14 L0	D14 L2	D14 L4	D14 L6	D14 L8	D14 L10	D14 L12	D14 L14	D14 L16	D14 L18	D14 L20	D14 L22	D14 L24	D14 L26
D13 R24	D13 R20	D13 R18	D13 R16	D13 R14	D13 R12	D13 R10	D13 R8	D13 R6	D13 R4	D13 R2	D13 R0	D13 L0	D13 L2	D13 L4	D13 L6	D13 L8	D13 L10	D13 L12	D13 L14	D13 L16	D13 L18	D13 L20	D13 L22	D13 L24	D13 L26
D12 R24	D12 R20	D12 R18	D12 R16	D12 R14	D12 R12	D12 R10	D12 R8	D12 R6	D12 R4	D12 R2	D12 R0	D12 L0	D12 L2	D12 L4	D12 L6	D12 L8	D12 L10	D12 L12	D12 L14	D12 L16	D12 L18	D12 L20	D12 L22	D12 L24	D12 L26
D11 R24	D11 R20	D11 R18	D11 R16	D11 R14	D11 R12	D11 R10	D11 R8	D11 R6	D11 R4	D11 R2	D11 R0	D11 L0	D11 L2	D11 L4	D11 L6	D11 L8	D11 L10	D11 L12	D11 L14	D11 L16	D11 L18	D11 L20	D11 L22	D11 L24	D11 L26
D10 R24	D10 R20	D10 R18	D10 R16	D10 R14	D10 R12	D10 R10	D10 R8	D10 R6	D10 R4	D10 R2	D10 R0	D10 L0	D10 L2	D10 L4	D10 L6	D10 L8	D10 L10	D10 L12	D10 L14	D10 L16	D10 L18	D10 L20	D10 L22	D10 L24	D10 L26
D9 R24	D9 R20	D9 R18	D9 R16	D9 R14	D9 R12	D9 R10	D9 R8	D9 R6	D9 R4	D9 R2	D9 R0	D9 L0	D9 L2	D9 L4	D9 L6	D9 L8	D9 L10	D9 L12	D9 L14	D9 L16	D9 L18	D9 L20	D9 L22	D9 L24	D9 L26
D8 R24	D8 R20	D8 R18	D8 R16	D8 R14	D8 R12	D8 R10	D8 R8	D8 R6	D8 R4	D8 R2	D8 R0	D8 L0	D8 L2	D8 L4	D8 L6	D8 L8	D8 L10	D8 L12	D8 L14	D8 L16	D8 L18	D8 L20	D8 L22	D8 L24	D8 L26
D7 R24	D7 R20	D7 R18	D7 R16	D7 R14	D7 R12	D7 R10	D7 R8	D7 R6	D7 R4	D7 R2	D7 R0	D7 L0	D7 L2	D7 L4	D7 L6	D7 L8	D7 L10	D7 L12	D7 L14	D7 L16	D7 L18	D7 L20	D7 L22	D7 L24	D7 L26
D6 R24	D6 R20	D6 R18	D6 R16	D6 R14	D6 R12	D6 R10	D6 R8	D6 R6	D6 R4	D6 R2	D6 R0	D6 L0	D6 L2	D6 L4	D6 L6	D6 L8	D6 L10	D6 L12	D6 L14	D6 L16	D6 L18	D6 L20	D6 L22	D6 L24	D6 L26
D5 R24	D5 R20	D5 R18	D5 R16	D5 R14	D5 R12	D5 R10	D5 R8	D5 R6	D5 R4	D5 R2	D5 R0	D5 L0	D5 L2	D5 L4	D5 L6	D5 L8	D5 L10	D5 L12	D5 L14	D5 L16	D5 L18	D5 L20	D5 L22	D5 L24	D5 L26
D4 R24	D4 R20	D4 R18	D4 R16	D4 R14	D4 R12	D4 R10	D4 R8	D4 R6	D4 R4	D4 R2	D4 R0	D4 L0	D4 L2	D4 L4	D4 L6	D4 L8	D4 L10	D4 L12	D4 L14	D4 L16	D4 L18	D4 L20	D4 L22	D4 L24	D4 L26
D3 R24	D3 R20	D3 R18	D3 R16	D3 R14	D3 R12	D3 R10	D3 R8	D3 R6	D3 R4	D3 R2	D3 R0	D3 L0	D3 L2	D3 L4	D3 L6	D3 L8	D3 L10	D3 L12	D3 L14	D3 L16	D3 L18	D3 L20	D3 L22	D3 L24	D3 L26
D2 R24	D2 R20	D2 R18	D2 R16	D2 R14	D2 R12	D2 R10	D2 R8	D2 R6	D2 R4	D2 R2	D2 R0	D2 L0	D2 L2	D2 L4	D2 L6	D2 L8	D2 L10	D2 L12	D2 L14	D2 L16	D2 L18	D2 L20	D2 L22	D2 L24	D2 L26
D1 R24	D1 R20	D1 R18	D1 R16	D1 R14	D1 R12	D1 R10	D1 R8	D1 R6	D1 R4	D1 R2	R0	L0	D1 L2	D1 L4	D1 L6	D1 L8	D1 L10	D1 L12	D1 L14	D1 L16	D1 L18	D1 L20	D1 L22	D1 L24	D1 L26
D0 R24	D0 R20	D0 R18	D0 R16	D0 R14	D0 R12	D0 R10	D0 R8	D0 R6	D0 R4	D0 R2	D0 R0	D0 L0	D0 L2	D0 L4	D0 L6	D0 L8	D0 L10	D0 L12	D0 L14	D0 L16	D0 L18	D0 L20	D0 L22	D0 L24	D0 L26
U0 R24	U0 R20	U0 R18	U0 R16	U0 R14	U0 R12	U0 R10	U0 R8	U0 R6	U0 R4	U0 R2	U0 R0	U0 L0	U0 L2	U0 L4	U0 L6	U0 L8	U0 L10	U0 L12	U0 L14	U0 L16	U0 L18	U0 L20	U0 L22	U0 L24	U0 L26
U1 R24	U1 R20	U1 R18	U1 R16	U1 R14	U1 R12	U1 R10	U1 R8	U1 R6	U1 R4	U1 R2	U1 R0	U1 L0	U1 L2	U1 L4	U1 L6	U1 L8	U1 L10	U1 L12	U1 L14	U1 L16	U1 L18	U1 L20	U1 L22	U1 L24	U1 L26
U2 R24	U2 R20	U2 R18	U2 R16	U2 R14	U2 R12	U2 R10	U2 R8	U2 R6	U2 R4	U2 R2	U2 R0	U2 L0	U2 L2	U2 L4	U2 L6	U2 L8	U2 L10	U2 L12	U2 L14	U2 L16	U2 L18	U2 L20	U2 L22	U2 L24	U2 L26
U3 R24	U3 R20	U3 R18	U3 R16	U3 R14	U3 R12	U3 R10	U3 R8	U3 R6	U3 R4	U3 R2	U3 R0	U3 L0	U3 L2	U3 L4	U3 L6	U3 L8	U3 L10	U3 L12	U3 L14	U3 L16	U3 L18	U3 L20	U3 L22	U3 L24	U3 L26
U4 R24	U4 R20	U4 R18	U4 R16	U4 R14	U4 R12	U4 R10	U4 R8	U4 R6	U4 R4	U4 R2	U4 R0	U4 L0	U4 L2	U4 L4	U4 L6	U4 L8	U4 L10	U4 L12	U4 L14	U4 L16	U4 L18	U4 L20	U4 L22	U4 L24	U4 L26
U5 R24	U5 R20	U5 R18	U5 R16	U5 R14	U5 R12	U5 R10	U5 R8	U5 R6	U5 R4	U5 R2	U5 R0	U5 L0	U5 L2	U5 L4	U5 L6	U5 L8	U5 L10	U5 L12	U5 L14	U5 L16	U5 L18	U5 L20	U5 L22	U5 L24	U5 L26
U6 R24	U6 R20	U6 R18	U6 R16	U6 R14	U6 R12	U6 R10	U6 R8	U6 R6	U6 R4	U6 R2	U6 R0	U6 L0	U6 L2	U6 L4	U6 L6	U6 L8	U6 L10	U6 L12	U6 L14	U6 L16	U6 L18	U6 L20	U6 L22	U6 L24	U6 L26
U7 R24	U7 R20	U7 R18	U7 R16	U7 R14	U7 R12	U7 R10	U7 R8	U7 R6	U7 R4	U7 R2	U7 R0	U7 L0	U7 L2	U7 L4	U7 L6	U7 L8	U7 L10	U7 L12	U7 L14	U7 L16	U7 L18	U7 L20	U7 L22	U7 L24	U7 L26
U8 R24	U8 R20	U8 R18	U8 R16	U8 R14	U8 R12	U8 R10	U8 R8	U8 R6	U8 R4	U8 R2	U8 R0	U8 L0	U8 L2	U8 L4	U8 L6	U8 L8	U8 L10	U8 L12	U8 L14	U8 L16	U8 L18	U8 L20	U8 L22	U8 L24	U8 L26
U9 R24	U9 R20	U9 R18	U9 R16	U9 R14	U9 R12	U9 R10	U9 R8	U9 R6	U9 R4	U9 R2	U9 R0	U9 L0	U9 L2	U9 L4	U9 L6	U9 L8	U9 L10	U9 L12	U9 L14	U9 L16	U9 L18	U9 L20	U9 L22	U9 L24	U9 L26
U10 R24	U10 R20	U10 R18	U10 R16	U10 R14	U10 R12	U10 R10	U10 R8	U10 R6	U10 R4	U10 R2	U10 R0	U10 L0	U10 L2	U10 L4	U10 L6	U10 L8	U10 L10	U10 L12	U10 L14	U10 L16	U10 L18	U10 L20	U10 L22	U10 L24	U10 L26
U11 R24	U11 R20	U11 R18	U11 R16	U11 R14	U11 R12	U11 R10	U11 R8	U11 R6	U11 R4	U11 R2	U11 R0	U11 L0	U11 L2	U11 L4	U11 L6	U11 L8	U11 L10	U11 L12	U11 L14	U11 L16	U11 L18	U11 L20	U11 L22	U11 L24	U11 L26
U12 R24	U12 R20	U12 R18	U12 R16	U12 R14	U12 R12	U12 R10	U12 R8	U12 R6	U12 R4	U12 R2	U12 R0	U12 L0	U12 L2	U12 L4	U12 L6	U12 L8	U12 L10	U12 L12	U12 L14	U12 L16	U12 L18	U12 L20	U12 L22	U12 L24	U12 L26
U13 R24	U13 R20	U13 R18	U13 R16	U13 R14	U13 R12	U13 R10	U13 R8	U13 R6	U13 R4	U13 R2	U13 R0	U13 L0	U13 L2	U13 L4	U13 L6	U13 L8	U13 L10	U13 L12	U13 L14	U13 L16	U13 L18	U13 L20	U13 L22	U13 L24	U13 L26

รูปที่ 14 ค่าตำแหน่งของกระสุนที่ตกบนเป้าปรับศูนย์รบ

จากรูปที่ 14 แสดงผลการคำนวณค่าตำแหน่งของกระสุนที่ตกบนเป้าปรับศูนย์รบ แบบอิเล็กทรอนิกส์ ทุกช่องตารางจะมีค่าการคำนวณโดยอ้างอิงจากกฎทางสูงและทางทิศ ซึ่งการปรับทางทิศ (ปรับซ้ายขวา) 1 คลิ๊ก เท่ากับการขยับทีละ 0.33 เซนติเมตร และการปรับทางสูง (ปรับขึ้นลง) 1 คลิ๊ก เท่ากับการขยับทีละ 0.83 เซนติเมตร (อ้างอิงจากกฎทางสูงและทางทิศ) โดยตัวอักษรที่แสดงในรูปที่ 14 นั้นมีความหมายดังนี้

U ย่อมาจาก UP หมายถึง การปรับศูนย์หน้า เพื่อให้ลำกล้องปืนสูงขึ้น

D ย่อมาจาก DOWN หมายถึง การปรับศูนย์หน้า เพื่อให้ลำกล้องปืนต่ำลง

R ย่อมาจาก RIGHT หมายถึง การปรับศูนย์หลัง เพื่อให้ลำกล้องขยับไปทางขวา

L ย่อมาจาก LEFT หมายถึง การปรับศูนย์หลัง เพื่อให้ลำกล้องขยับไปทางซ้าย

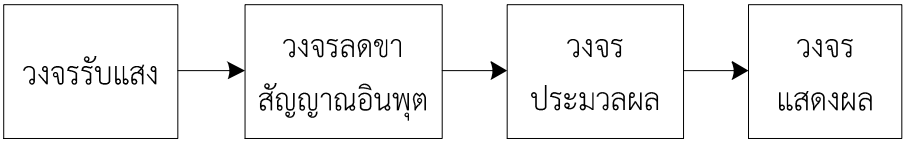
ในส่วนของตัวเลขที่แสดงในรูปที่ 14 นั้น คือการแสดงค่าเพื่อให้พลยิงปรับจำนวนคลิ๊ก โดยจะเห็นได้ว่า ตัวเลขในแนวตั้งหรือในแนวการปรับทางสูงมีการปรับเพิ่มลดทีละ 1 คลิ๊ก โดยเริ่มจากแถวบนสุดแสดงตัวเลข 15 หรือการให้ปรับ 15 คลิ๊ก แถวต่ำลงมาค่าตัวเลขที่แสดงจะลดลงทีละ 1 จนถึงแถวจุดกึ่งกลางของเป้า ซึ่งแสดงเลข 0 นั่นหมายความว่าไม่ต้องปรับทางสูง ในส่วนกึ่งกลางของเป้ามีทั้งหมด 2 แถว ดังนั้นจะเห็นได้ว่า จะแสดงเลข 0 ถึง 2 แถว หลังจากนั้นค่าจะเริ่มเพิ่มขึ้นทีละ 1 ไปจนถึงตัวเลข 13 รวมทั้งหมด 30 แถว

สำหรับตัวเลขในแนวนอนหรือในแนวการปรับทางทิศนั้นจะมีการปรับเพิ่มลดทีละ 2 คลิ๊ก โดยเริ่มจากทางซ้ายสุดแสดงตัวเลข 24 หรือการให้ปรับ 24 คลิ๊ก ขยับไปทางขวา 1 ช่อง เท่ากับการปรับ 2 คลิ๊ก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าจะลดทีละ 2 คลิ๊ก ไปจนถึงจุดกึ่งกลางเป้า ซึ่งแสดงเลข 0 นั่นหมายความว่าไม่ต้องปรับทางทิศ และเช่นเดียวกันจุดกึ่งกลางครอบคลุม 2 แถว ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีการแสดงเลข 0 ถึง 2 คอลัมน์ จากนั้นค่าจะเริ่มเพิ่มขึ้นทีละ 2 ไปจนถึงตัวเลข 26 รวมทั้งหมด 26 คอลัมน์

3. การออกแบบ

วิธีการฝึกยิงปืนบนเป้าปรับศูนย์รบ พลยิงแต่ละนายจะได้กระสุน 9 นัด โดยแบ่งยิงครั้งละ 3 นัด ตรวจสอบตำบลกระสุนตก และทำการคำนวณตามกฎทางสูงและทางทิศทำซ้ำจนกระสุนหมด ซึ่งตำบลกระสุนตกสามารถเป็นได้ทุกรูปแบบ ดังนั้นพลยิงจะต้องใช้วิจารณญาณ การคาดคะเนในการตัดสินใจปรับปืนด้วยตนเอง ซึ่งโอกาสในการปรับปืนมีเพียง 3 ครั้งเท่านั้น

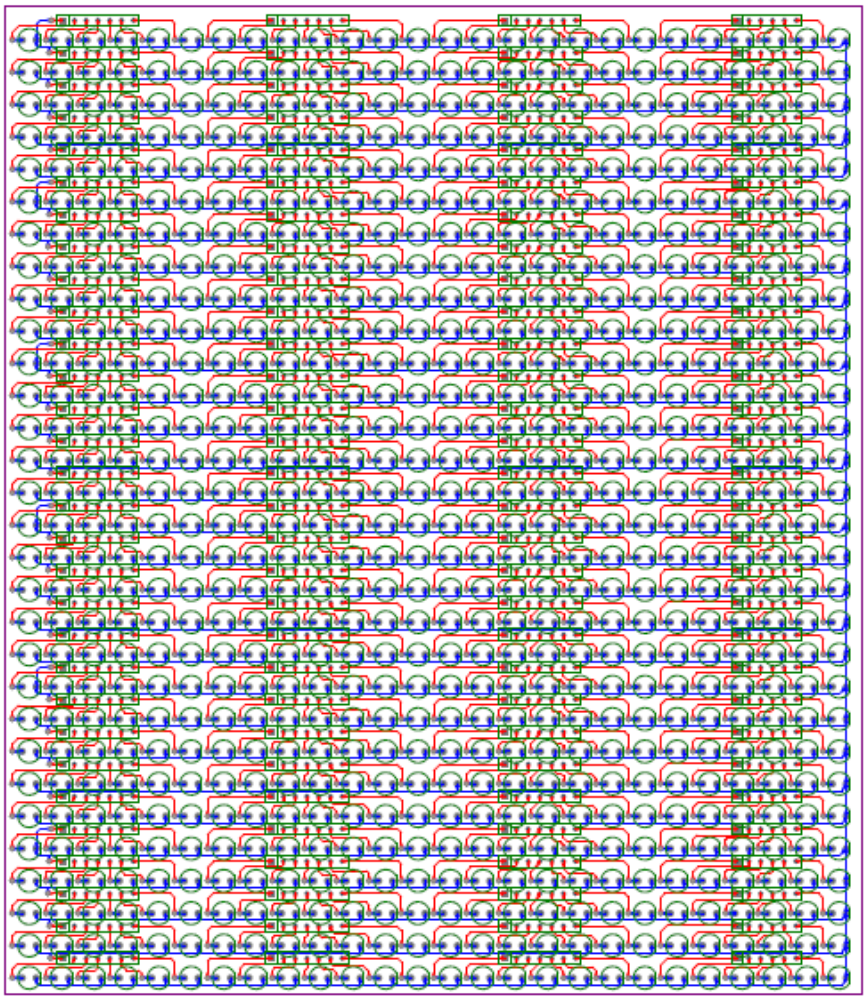
จากขั้นตอนการฝึกที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าพลยิง 1 นายมีโอกาสในการปรับปืนเพียงแค่ 3 งานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอรูปแบบการแสดงผลผ่านทางแอลอีดีเจ็ดส่วน สำหรับการแสดงค่าประมาณค่าการตั้งศูนย์ปืนของเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาวเอ็ม 16 เอ 1 แบบอิเล็กทรอนิกส์ แต่เนื่องจากจำนวนช่องบนเป้าปรับปืนที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นใช้นั้นสามารถระบุได้ว่าระบบมีอินพุตทั้งหมด 780 ชุด และมีโอกาสในการยิงถูกเป้ามากถึง 5909 รูปแบบ ดังนั้นหัวใจหลักของการออกแบบระบบจึงอยู่ตรงที่การลดจำนวนอินพุตให้ได้มากที่สุดแต่ยังคงรูปแบบการถูกยิงเท่าเดิมก่อนการประมาณค่าการตั้งศูนย์ปืนและการแสดงผล ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 บล็อกไดอะแกรมของการทำงาน

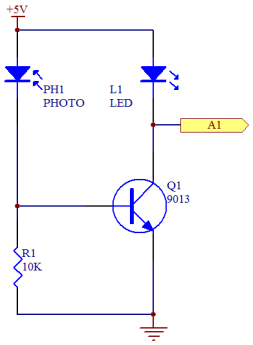
3.1 วงจรรับแสง

การออกแบบระบบเป้าปรับศูนย์รบปืนแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยตัวเป้านั้นมีขนาดช่องตาราง 7x7 มิลลิเมตร จำนวน 780 ช่อง ตามขนาดและจำนวนเป้าปรับศูนย์รบจริง ในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ตัวจับแสงโฟโต้ทรานซิสเตอร์ขนาด 5 มิลลิเมตร วางกึ่งกลางในทุกช่องของตาราง แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 เป้าปรับศูนย์รบ ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 แบบอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 16 แสดงตำแหน่งการวางโฟโต้ทรานซิสเตอร์ พร้อมเดินลายทองแดงเพื่อเชื่อมค่ากราวด์เข้าด้วยกัน และขาสัญญาณต่อเข้าที่จุดรวมพร้อมนำไปเข้าวงจรรับแสง ดังรูปที่ 17 [5], [6]

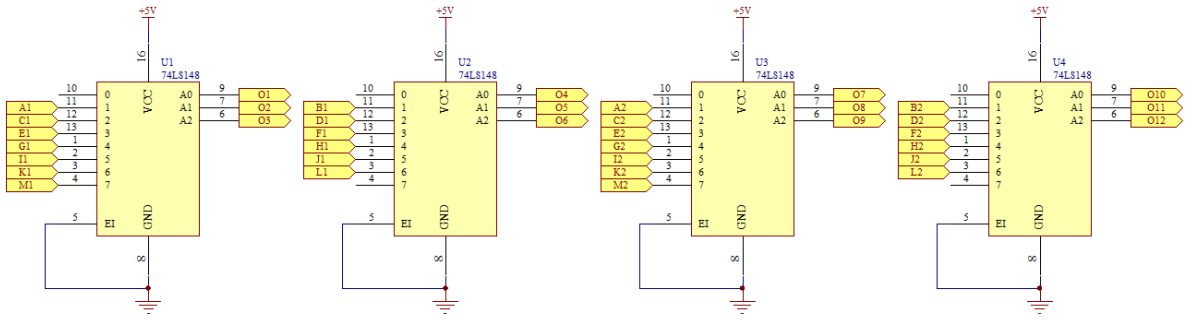


รูปที่ 17 วงจรรับแสงแบบโฟโต้ทรานซิสเตอร์

3.2 วงจรลดขาสัญญาณอินพุต

ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการลดขาสัญญาณอินพุตด้วยวงจรเข้ารหัสโดยเลือกไอซีเบอร์ 74LS148 [7] ที่ประกอบด้วยขาอินพุต 0-7 และเอาท์พุต A0-A2 แต่จากตารางความจริง พบว่าไม่ว่าขาอินพุต 0 จะได้รับสัญญาณ H หรือ L ก็ไม่ทำให้เอาท์พุตมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นอินพุตที่สามารถใช้งานได้จึงมีเพียง 7 อินพุตเท่านั้น

แต่วิธีการเลือกสัญญาณอินพุตต้องพิจารณาตามกรณีเกิดโอกาสด้วย จากรูปที่ 9-12 จะเห็นได้ว่าสัญญาณจากตำแหน่งที่ยกตัวอย่างมานั้นประกอบด้วยสัญญาณจากตำแหน่ง A1 B1 A2 และ B2 ซึ่งตำแหน่งทั้ง 4 นี้มีความสัมพันธ์กัน ทำให้ไม่สามารถเข้าวงจรเข้ารหัสตัวเดียวกันได้ ดังนั้นสัญญาณจากตำแหน่งทั้ง 4 จะต้องเข้าวงจรเข้ารหัส 4 ตัว ดังรูปที่ 18

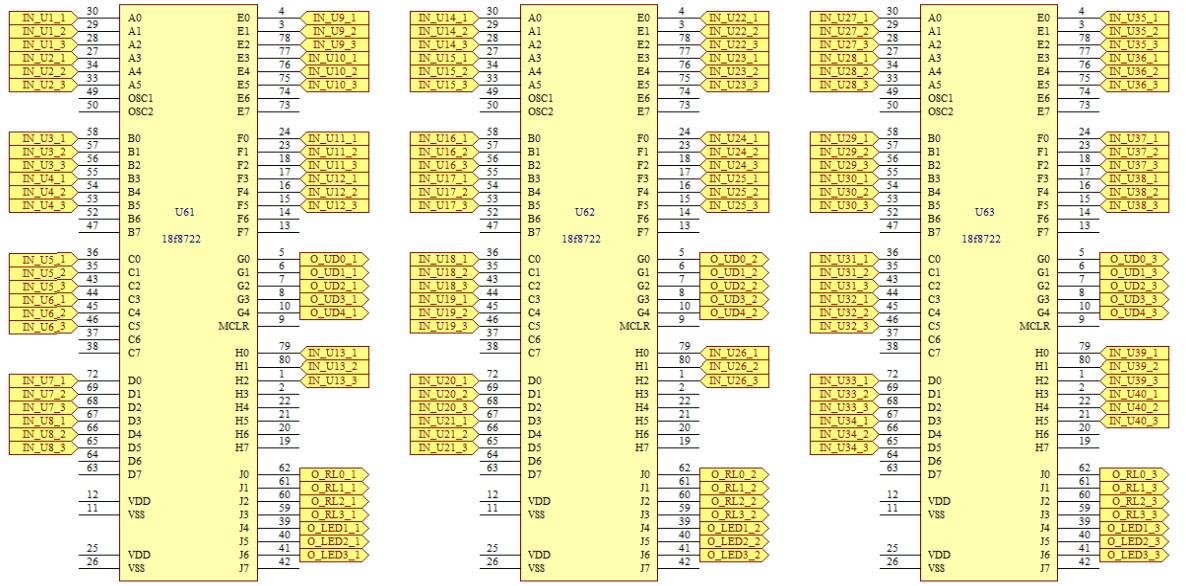


รูปที่ 18 การนำสัญญาณเข้าวงจรเข้ารหัส

จากรูปที่ 18 เป็นการนำสัญญาณจากคอลัมน์ A-M และแถว 1-2 ในส่วนของคอลัมน์ N-Z และแถว 3-30 ใช้หลักการเดียวกัน ดังนั้นอินพุต 780 ค่า สามารถลดได้เหลือ 360 ค่า ด้วยวงจรเข้ารหัส 120 ตัว และอินพุตที่ผ่านวงจรเข้ารหัสดังที่กล่าวมายังคงสามารถแยกโอกาสการยิงถูกเป้าได้ 5909 ดังเดิม

3.3 วงจรประมวลผล

อินพุตที่ผ่านวงจรเข้ารหัสทั้ง 360 ค่า ถูกนำมาต่อเข้ากับตัวประมวลผล โดยในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ตัวประมวลผล PIC18F8722 ซึ่งมีขาอินพุตเอาท์พุต 67 ขา ในส่วนของตัวประมวลผลนี้จะทำการแปลงค่าอินพุตที่เข้ามาให้เป็นตำแหน่งบนเป้าปรับปืนและทำการคำนวณค่าการปรับศูนย์ปืนรบ จากนั้นส่งค่าออกไปยังชุดแสดงผล ดังรูปที่ 19

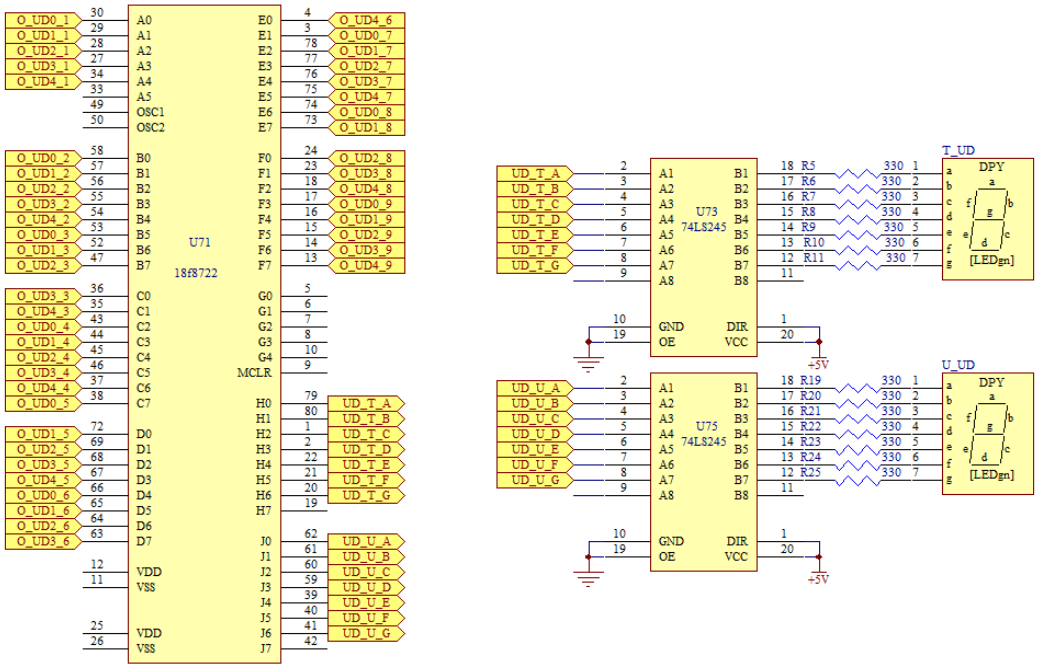


รูปที่ 19 วงจรประมวลผล

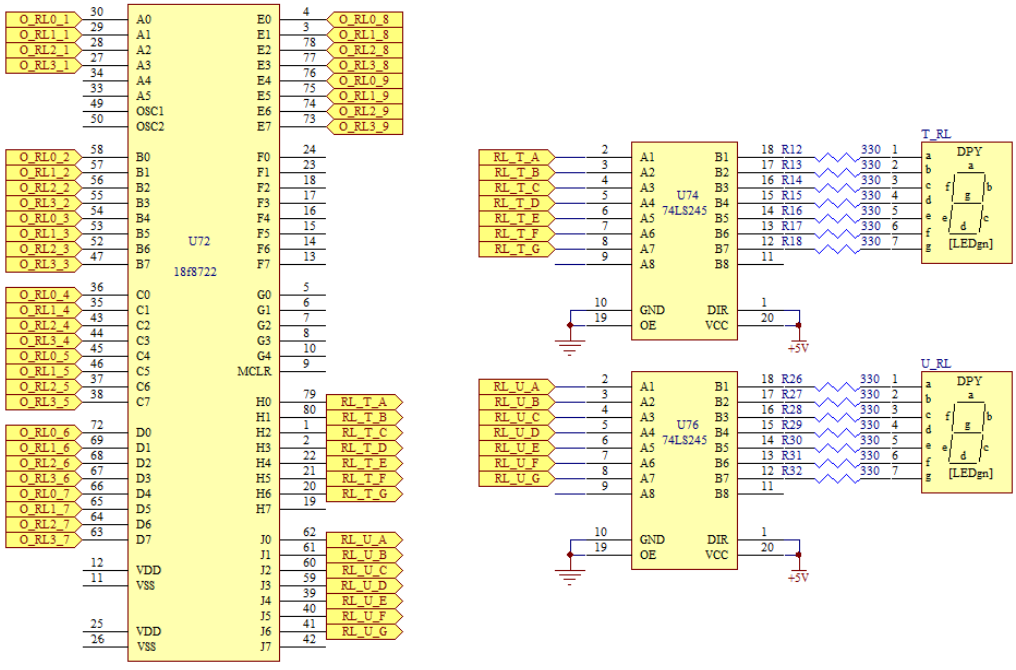
จากรูปที่ 19 แสดงวงจรประมวล โดยในส่วนของเอาท์พุตแบ่งออกเป็น 3 ชุด กำหนดให้ชุดแรกควบคุมการส่งค่าการคำนวณค่าการปรับปืนของศูนย์หน้า ชุดที่สองควบคุมการส่งค่าการคำนวณค่าการปรับปืนของศูนย์หลัง และชุดที่สามควบคุมการส่งค่าการคำนวณตำแหน่งการปรับปืนของศูนย์หน้าและศูนย์หลัง ในรูปแบบการแสดงสัญญาณไฟที่ติดสว่างจากแอลอีดี 4 ดวง ซึ่งแต่ละดวงแสดงค่าการปรับขึ้น U การปรับลง D จากปรับไปทางขวา R และการปรับไปทางซ้าย L

3.4 วงจรแสดงผล

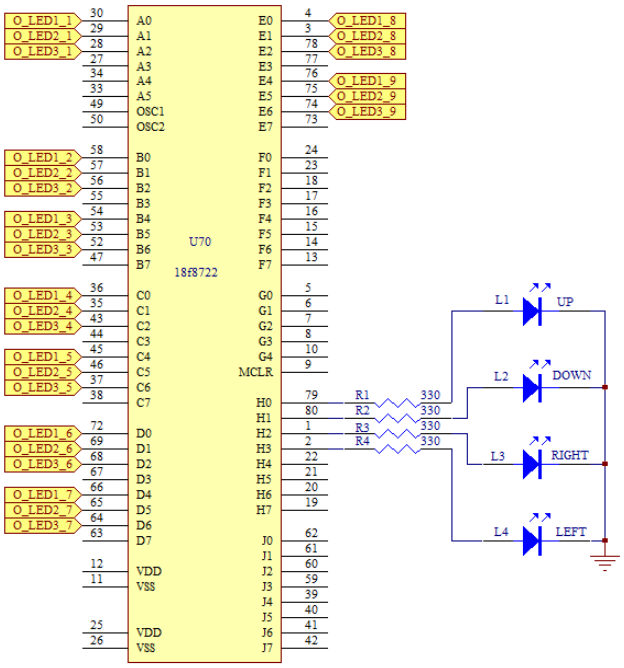
ในส่วนของการแสดงผล แยกออกเป็น 3 ชุด คือ ชุดแสดงค่าการปรับปืนของศูนย์หน้า ดังรูปที่ 20 ชุดแสดงค่าการปรับปืนของศูนย์หลัง ดังรูปที่ 21 และชุดตำแหน่งการปรับปืนของศูนย์หน้าและศูนย์หลัง ในรูปแบบการแสดงสัญญาณไฟที่ติดสว่างจากแอลอีดี ดังรูปที่ 22



รูปที่ 20 วงจรแสดงค่าการปรับปืนของศูนย์หน้า



รูปที่ 21 วงจรแสดงค่าการปรับปืนของศูนย์หลัง

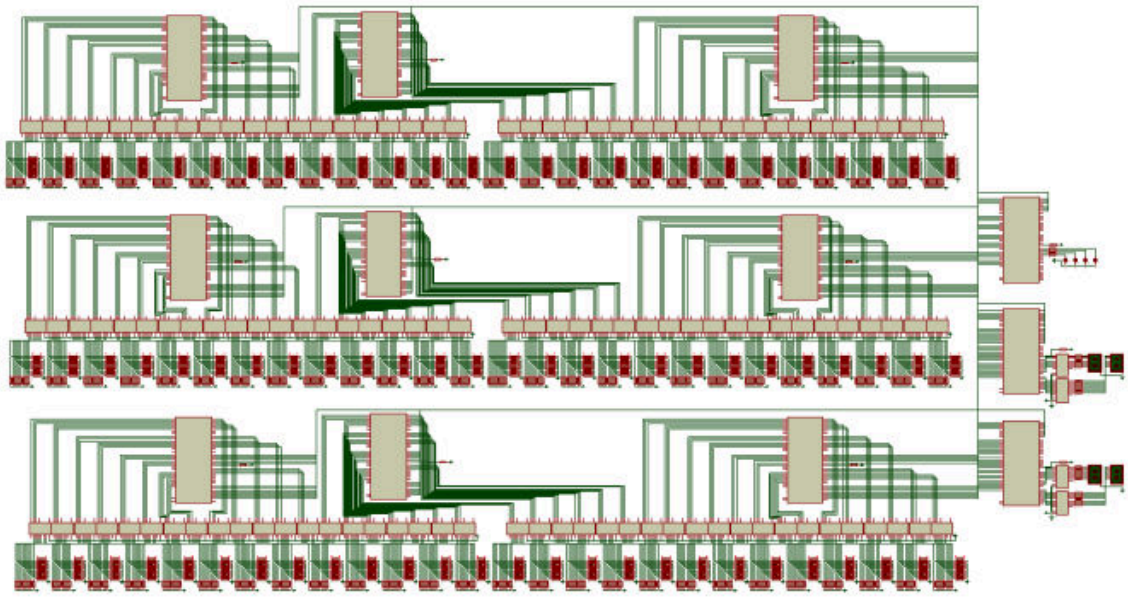


รูปที่ 22 วงจรแสดงตำแหน่งการปรับปืนของศูนย์หน้า และศูนย์หลัง

จากรูปที่ 20 และ 21 จะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาท์พุตจะผ่านไอซี 74LS245 เพื่อรักษาระดับแรงดันที่จ่ายให้แอลอีดีเจ็ดส่วนสม่ำเสมอเท่ากัน

4. ผลการทดสอบการทำงาน

ในการทดสอบการทำงานทั้งระบบ จะทำการทดสอบโดยการกดสวิตช์ที่ทำหน้าที่แทนตำแหน่งการยิงทั้ง 4 รูปแบบ และแสดงการแสดงผลในรูปแบบแอลอีดี และแอลอีดีเจ็ดส่วน โดยวงจรทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 23



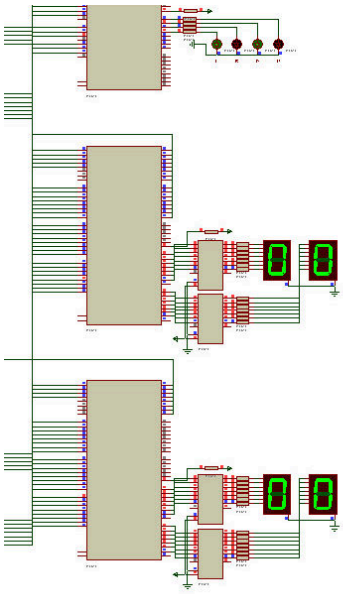
รูปที่ 23 วงจรทั้งระบบ

จากรูปที่ 23 แสดงวงจรการทำงานทั้งระบบบนโปรแกรมจำลอง โดยในการทดสอบเลือกใช้สวิตซ์แทนตัวรับแสง ซึ่งในภาพประกอบไปด้วยสวิตซ์แทนตัวรับแสง 780 ตัว ไอซีเบอร์ 74LS148 สำหรับลดจำนวนอินพุต 120 ตัว ตัวประมวลผล PIC18F8722 สำหรับคำนวณค่าการปรับปืน 9 ตัว ส่วนของการแสดงผลใช้ PIC18F8722 อีก 3 ตัว และไอซี 74LS245 เพื่อรักษาระดับแรงดันให้กับแอลอีดีเจ็ดส่วน

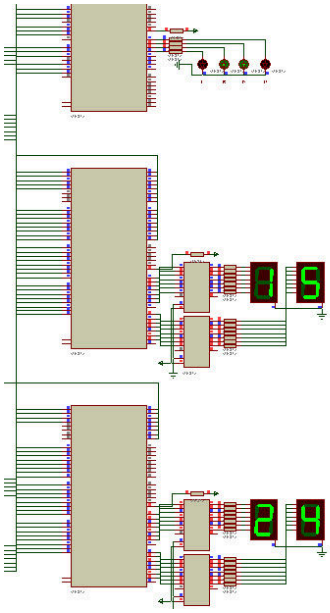
ตารางที่ 1 ทดสอบการทำงานทั้งระบบ

ครั้งที่	ตำแหน่งการยิง	การแสดงผล				
		LED	Seg_TUD	Seg_UD	Seg_TRL	Seg_RL
1	N16	DL	0	0	0	0
2	A1	DR	1	5	2	4
3	S18	UL	0	0	1	0
4	J12	DR	0	4	0	6
5	P26	UL	0	9	0	4
6	H14	DR	0	2	1	0
7	E16	DR	0	0	1	6
8	L18	UR	0	1	0	2
9	K27	UR	1	0	0	4

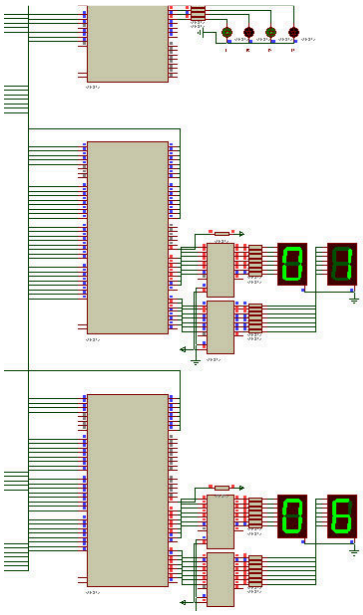
จากตารางที่ 1 แสดงการทดสอบการทำงานของระบบ โดยยกตัวอย่างมา 9 ครั้ง เท่ากับจำนวนการฝึกยิงในหนึ่งนาย ยกตัวอย่างวิธีการอ่านค่าจากตารางครั้งที่ 2 ยิงไปยังตำแหน่ง A1 จะต้องปรับปืนลงและขยับไปทางขวา ปรับศูนย์หน้า 15 คลิ๊ก และปรับศูนย์หลัง 24 คลิ๊ก แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 24-26



รูปที่ 24 การทดสอบการยิงตำแหน่ง N16



รูปที่ 25 การทดสอบการยิงตำแหน่ง A1



รูปที่ 26 การทดสอบการยิงตำแหน่ง S18

5. สรุปผล

จากการศึกษาหลักการทำงานและความสัมพันธ์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัว เพื่อออกแบบระบบปฏิบัติการแล้วนั้น พบว่าจำนวนอินพุตของระบบที่ใช้มีทั้งหมด 780 สัญญาณ แต่สามารถแยกตามลักษณะตามตำแหน่งที่กระสุนตกบนเป้าได้ถึง 5909 รูปแบบ ซึ่งทำให้การออกแบบด้วยการใช้ไอซีเข้ารหัสต้องคำนึงถึงผลกระทบในแต่ละส่วนด้วย และในการออกแบบระบบทดสอบการแสดงผลค่าการตั้งศูนย์ปืนของเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 นั้นระบบสามารถแสดงผลและค่าการปรับศูนย์ปืนตามตำแหน่งที่กระสุนตกบนเป้าได้ทั้งหมด 5909 รูปแบบ ตามสัญญาณที่เข้าอย่างถูกต้อง

การออกแบบแนวคิดในการพัฒนาระบบเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 จากเดิมที่เป็นเพียงเป้ากระดาษสำหรับกระสุนจริง ไปเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับกระสุนเลเซอร์นั้น สามารถสร้างและใช้งานได้จริง

แม้ว่าราคาต้นทุนในการผลิต 1 ชุด ไม่รวมกระสุนเลเซอร์อยู่ที่ประมาณ 21,595.20 บาท ดังตารางที่ 2 ถึงแม้ต้นทุนจะสูงแต่การใช้กระสุนเลเซอร์กับเป้าปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 1 แบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้กระสุนจริงและพลยิงสามารถฝึกซ้อมยิงเป้าได้จำนวนครั้งมากขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 2 สรุปงบประมาณที่ได้ใช้ในการสร้างระบบ 1 ชุด

รายการ	จำนวน	ราคา/หน่วย (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
โฟโต้ทรานซิสเตอร์	780	3.30	2574
ทรานซิสเตอร์	780	0.88	686.40
แอลอีดี	784	0.90	705.60
ไอซี 74LS148	120	25.97	3116.40
Socket สำหรับไอซี 74LS148	120	8.23	987.60
PIC18F8722	12	995	11940
ไอซี 74LS245N	2	17.35	34.70
Socket สำหรับไอซี 74LS245N	2	10.44	20.88
แอลอีดีเจ็ดส่วน	2	14.81	29.62
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ	1	500	500
บอร์ดการทำงาน	1	1000	1000
รวม	21595.20		

หมายเหตุ: ราคาอุปกรณ์อิเล็กนิกส์ได้มาจากเว็บบริษัทอิเลคทรอนิคส์ ชอร์ช จำกัด ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2560

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Headquarters Department of The Army, “Rifle Marksmanship M16A1, M16A2/3, M16A4, and M4 Carbine”, Field Manual, 2003.

[2] โรงเรียนทหารราบ ศูนย์การทหารราบ, “การปรับศูนย์รบปืนเล็กยาว M16A1”, หนังสือราชการสนาม รส.23-9, 2003.

[3] กระสุนเลเซอร์ เป้าซ้อมยิง Laser Target. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา http://www.gun.in.th/2012/index.php?topic=86136.0 [2560, ตุลาคม 22]

[4] SALTS: Small Arms Laser Training System. [ออนไลน์]. 2560. แหล่งที่มา http://www.amornmas.com/salts_th.htm [2560, ตุลาคม 22]

[5] เซนเซอร์แสง. [ออนไลน์]. 2557. แหล่งที่มา : http://www.elec-za.com/เซ็นเซอร์แสง-optical-sensor [2560, ตุลาคม 22]

[6] โฟโต้สวิตช์ โฟโต้เซ็นเซอร์. [ออนไลน์]. 2558. แหล่งที่มา http://www.โฟโต้สวิตช์.net/สาระน่ารู้-โฟโต้สวิตช์-โฟโต้เซ็นเซอร์.html [2560, ตุลาคม 22]

[7] วงจรเข้ารหัส. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา https://panjaphon.wordpress.com/2013/03/06/บทที่-4-การเข้ารหัสและถอด [2560, ตุลาคม