ระบบบันทึกข้อมูลยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์

LASER IDENTIFICATION FOR SHOOTING PRACTICE SYSTEM

ธิปไตย แก้วชัย

ศราวุธ ขุนประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์

Laser Identification for Shooting Practice System

ธิปไตย พนัสชัย

ศราวุธ ขุนประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์

Laser Identification for Shooting Practice System

ผู้จัดทำ

1. นายธิปไตย	พนัสชัย	รหัสนักศึกษา	53010742
2. นายศราวุธ	ขุนประเสริฐ	รหัสนักศึกษา	53011540

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ปกรณ์ วัฒนจตุรพร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์

นายธิปไตย	พนัสชัย	53010742
นายศราวุธ	ขุนประเสริฐ	53011540
ดร.ปกรณ์	วัฒนจตุพร	อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.เจริญ	วงษ์ชุ่มเย็น	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ประเทศไทยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการทหารไปอย่างต่อเนื่องเพื่อการป้องกันตนเองจากภัยคุกคามทั้งภายในและภายนอกประเทศ ส่วนใหญ่เทคโนโลยีที่ใช้เพื่อการทหารมักนำเข้าจากประเทศมหาอำนาจซึ่งมีราคาแพง ด้วยงบประมาณที่จำกัดของประเทศจึงทำให้เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการฝึกซ้อมของเจ้าหน้าที่มีจำนวนน้อยและไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร บางหน่วยงานที่ไม่มีงบประมาณสนับสนุนก็ไม่สามารถจัดทำการฝึกได้จึงทำให้เมื่อเจ้าหน้าที่ประสบกับเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ในการปฏิบัติภาร จะทำให้โอกาสที่จะเกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

คณะผู้วิจัยจึงได้คิดค้นและจัดทำระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์ เพื่อควบคุม ตรวจสอบ รายงานผลการทำงานของระบบฝึกซ้อมยิงปืนแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดประโยชน์กับเจ้าหน้าที่ ทำให้มีทักษะและความคุ้นชินกับสถานการณ์ อาวุธ สภาพทางภูมิศาสตร์ ช่วยลดโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laser Identification for Shooting Practice System

Mr. Tippatai	Panuschai	53010742
Mr. Sarawoot	Khunprasert	53011540
Dr. Pakorn	Watanachaturaporn	Advisor
Asst.Prof. Charoen	Vongchumyen	Advisor

Academic Year 2013

ABSTRACT

Present in our country, there is continuous development in military field. The reason for self-preservative from interior and exterior intimidate. Most of soldierly technology was imported from powerful nation with high-priced. By limitedly government statement of expenditure provide amount of training needs has to decending. Few state agency have no enough required budget cause officer be in danger when they are in the hazardous time.

Laser Identification for Shooting Practice System project aim to control, verify and generate resulting report of Realtime shooting training system. Moreover, be the cause of advantage of military officer, lead them to get more skill and familiarity in arms and geographic information, also reducing risk of injury or any harmful happening.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่นนี้ไม่อาจเกิดขึ้นได้หากไม่ได้รับคำแนะนำ ข้อชี้แนะ ข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.ปกรณ์ วัฒนจตุรพร และ ผศ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น รวมไปถึงท่านอาจารย์คนอื่นๆในสาขาวิชาที่ไม่ได้กล่าวถึง ซึ่งได้คอยให้การสนับสนุนและการช่วยเหลือในด้านต่างๆอย่างมากมาย จนทำให้โครงงานและรายงานมีความคืบหน้าไปอย่างมาก จึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความสำคัญสำหรับความพร้อมทางด้านอุปกรณ์ สถานที่ บุคลากร ที่เอื้ออำนวยต่อการทำโครงงาน

ขอบคุณเพื่อนๆและสมาชิกห้องปฏิบัติการณ์วิจัยฮาร์ดแวร์ที่ได้คอยช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษาจนการทำโครงงานเป็นไปอย่างราบรื่น รวมไปถึงบิดา มารดาและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจในการทำงาน เลี้ยงดู อบรมพร้อมกับให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่

นาย ธิปไตย พนัสชัย

นาย ศราวุธ ขุนประเสริฐ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง IX

สารบัญรูป X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินการ 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) 5

2.2 FPGA (Field Programmable Gate Arrays) 7

2.3 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) 9

2.3.1 รูปแบบของการสื่อสาร 9

2.3.2 ลักษณะของการส่งข้อมูล 9

2.4 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 11

2.5 ระบบเครือข่ายไร้สาย 13

2.6 Xbee 16

2.6.1 คุณสมบัติของ Xbee 17

2.6.2 โหมดการทำงานของ Xbee 18

2.6.3 Xbee Topology 19

2.7 เลเซอร์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 ชนิดของเลเซอร์ 21
2.7.2 การประยุกต์ใช้งานเลเซอร์ 21
2.7.3 ระดับความอันตรายของเลเซอร์ 22
2.8 ยุทธวิธีการรบด้วยวิธีรุก 23
2.8.1 วัตถุประสงค์หลักในการรบด้วยวิธีรุก 24
2.8.2 ลักษณะการรบด้วยวิธีรุก 24
2.8.3 โครงร่างการรบด้วยวิธีรุก 24
2.8.3.1 การปฏิบัติการทางลึก (เพื่อขัดขวางกำลังข้าศึกที่ยังไม่ได้เข้าสู่การรบ) 24
2.8.3.2 การปฏิบัติระยะใกล้ แบ่งเป็น 24
2.8.4 ชนิดของการรบด้วยวิธีรุก 25
2.8.5 การเคลื่อนที่เข้าปะทะ 25
2.8.6 การเข้าตี 25
2.8.6.1 การเข้าตีเร่งด่วน 25
2.8.6.2 การเข้าตีประณีต 26
2.8.7 การขยายผล 26
2.8.8 การไล่ติดตาม 26
2.8.9 รูปแบบของการดำเนินกลยุทธ 26
2.8.10 การตีโอบ 27
2.8.11 การตีตลบ 27
2.8.12 การตีเจาะ 27
2.8.13 การแทรกซึม 27
2.8.14 การเข้าตีตรงหน้า 27
2.8.15 การข่าวกรอง 28
2.8.16 การดำเนินกลยุทธ์ 28
2.8.17 การยิงสนับสนุน 28
2.8.18 การสนับสนุนการรบ 28
2.8.19 การควบคุมบังคับบัญชา 28
2.8.20 การบังคับบัญชา 28
2.8.21 รูปขบวนเข้าตีของ พล.ร. 28
2.8.22 การปฏิบัติการรบด้วยวิธีรุกที่มีความมุ่งหมายพิเศษ 29
2.8.23 การตีโฉบฉวย 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.24 การซุ่มโจมตี 29
2.8.25 การเข้าตีทำลายการเข้าตี 29
2.8.26 การตีโต้ตอบ 30
2.8.27 การเข้าตีลวง 30
2.8.28 การแสดงลวง 30
2.9 ปืนเล็กสั้น คาร์ไบน์ เอ็ม4, เอ็ม4 เอ1 ขนาด 5.56 มม. (5.56 MM M4,M4A1, CARBINE) 30
2.10 จุดอันตรายที่สำคัญในร่างกายของคนเรา 31
2.10.1 ด้านหน้า 31
2.10.2 ด้านหลัง 32
2.10.3 จุดอันตรายที่สำคัญอื่นๆ 32
2.11 รังสีอินฟราเรด(Infrared) 34
2.11.1 ความหมายของรังสีอินฟาเรด 34

บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน 36
3.1 ภาพรวมของระบบ 36
3.2 การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ 37
3.2.1 อาวุธปืน 37
3.2.2 Laser 38
3.2.3 ชุดเกราะ 39
3.2.4 Laser senser 40
3.2.5 FPGA 41
3.2.6 คอมพิวเตอร์ 43
3.3 การออกแบบส่วนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 43
3.3.1 ภาพรวมการทำงาน 43
3.3.2 ส่วนการสื่อสารสำหรับ UART (UART CORE) 43
3.3.2.1 ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล (TX CORE) 44
3.3.2.2 ส่วนที่ใช้ในการรับข้อมูล (RX CORE) 44
3.3.3 ส่วนควบคุมการแสดงผลด้วย LCD Module 45
3.3.4 ส่วนประมวลผล (Processing Core) 46
3.3.5 รูปแบบของแพ็กเกจที่ใช้ในการสื่อสารผ่าน Xbee 46
3.3.5.1 Frame Data ของการส่งข้อมูล 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.2 Frame Data ของการรับข้อมูล 47
3.3.5.3 รูปแบบของข้อมูลที่จะส่งในส่วนของ Data Payload 47
3.3.6 การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อม 48
3.3.6.1 การสอบถามสถานะของอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมว่าทำงานอยู่หรือไม่ (SYN) 48
3.3.6.2 การอัพเดทโหมดการเล่น 48
3.3.6.3 การอัพเดทข้อมูลปืนบนอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อม 48
3.3.6.4 การอัพเดทข้อมูลสำหรับผู้เล่นเพื่อใช้ในการประมวลผล 48
3.3.6.5 การส่งข้อมูลเพื่อการเริ่มการฝึกซ้อม 49
3.3.7 การส่งข้อมูลจากส่วนควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมไปยังคอมพิวเตอร์ 49
3.3.7.1 การส่งสถานะของอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมว่าทำงานอยู่หรือไม่ (SYN-ACK) 49
3.3.7.2 การส่งข้อมูล Health Point เมื่อผู้เล่นถูกยิง 49
3.3.7.3 การส่งข้อมูลจำนวนกระสุนปืนเมื่อผู้เล่นมีกระสุนลดลงตามระยะที่กำหนด 49
3.3.7.4 การส่งข้อมูลปืนของผู้เล่นเมื่อมีการอัพเดทค่า 50
3.4 การออกแบบวงจรบน FPGA 50
3.4.1 วงจร D – Flip flop with reset 50
3.4.2 วงจร D – Filp Flop with set and reset 51
3.4.3 วงจร Counter to N 52
3.4.4 วงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count 53
3.4.5 วงจรนาฬิกา 54
3.4.6 วงจร Shift Register 8bit 55
3.4.7 วงจร TX UART 56
3.4.8 วงจรจัดการการส่งข้อมูลไปยัง Xbee 57
3.4.9 วงจร RX UART 58
3.4.10 วงจร Counter 4 bit 59
3.4.11 วงจร Shift Register 8 bit 60
3.4.12 วงจรหน่วยความจำขนาด 8 บิต x 16 61
3.4.13 วงจร Data Execute 62
3.4.14 วงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ 63
3.4.15 วงจรจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.16 วงจรสั่งการและควบคุมเลเซอร์ 65
3.4.17 วงจรหารความถี่ 66
3.4.18 วงจรประมวลผลและจัดการระบบ 67
3.3 การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์ติดต่อกับผู้ใช้ 68

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 71
4.1 การทดลองการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ FPGA 71
4.2 การทดลองสร้างวงจร Laser driver 73
4.2.1 วงจร Laser driver สร้างจาก Transistor 73
4.2.2 วงจร Laser driver สร้างจาก Darlington Transistor Array IC 73
4.3 การทดลองวงจร Laser Senser 74
4.3.1 วงจร Photodiode amplifier 74
4.3.2 วงจร Voltage reference 75
4.3.3 วงจร Comparator 76
4.3.4 Laser senser prototype 77
4.4 การทดลองหาความแม่นยำที่ระยะต่างๆ 78

บทที่ 5 สรุปผล 79
5.1 สรุปผลการทำงาน 79
5.1.1 สรุปผลการทำงานของ Hardware 79
5.1.2 สรุปผลการทำงานของ Software 79
5.2 ปัญหาและวิธีแก้ไข 79
5.2.1 ปัญหาท้างด้าน Hardware และวิธีแก้ไข 79
5.2.1 ปัญหาท้างด้าน Software และวิธีแก้ไข 80
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต 80

บรรณานุกรม 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่สำคัญ 16
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลทางเทคนิคของปืนเล็กสั้นเอ็ม4 เอ1..... 31
ตารางที่ 3.1 รูปแบบของข้อมูลที่ส่ง 37
ตารางที่ 3.2 รูปแบบของแพ็กเกจที่ใช้ในการสื่อสารผ่าน Xbee 46
ตารางที่ 3.3 Frame Data ของการส่งข้อมูล..... 46
ตารางที่ 3.4 Frame Data ของการส่งข้อมูล..... 47
ตารางที่ 3.5 รูปแบบของข้อมูลที่จะส่งในของ Data Payload 47
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาความแม่นยำ..... 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวกับสิ่งของในชีวิตประจำวัน 5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ FPGA 7
รูปที่ 2.4 xilinx FPGA Spartan-6 8
รูปที่ 2.5 การสื่อสารแบบต่างๆ 9
รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส 9
รูปที่ 2.7 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 10
รูปที่ 2.8 การคำนวณเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล 11
รูปที่ 2.9 แผนภาพการทำงานของ UART 11
รูปที่ 2.10 ระบบเครือข่ายไร้สาย 13
รูปที่ 2.11 โมดูล Xbee ประเภทต่างๆ 17
รูปที่ 2.12 โครงสร้างของโมดูล Xbee และ Xbee - Pro 18
รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อแบบ Star ของโมดูล Xbee 19
รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อแบบ Cluster Tree ของโมดูล Xbee 19
รูปที่ 2.15 การเชื่อมต่อแบบ Mesh ของโมดูล Xbee 20
รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อแบบผสมของโมดูล Xbee 20
รูปที่ 2.17 ลำแสงสีเขียวของก๊าซอาร์กอนอิออนเลเซอร์ 21
รูปที่ 2.18 แสดงแถบสเปคตรัม (Spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ เรียงตามขนาดความยาวคลื่น 35
รูปที่ 3.1 รูปแบบโครงสร้างการทำงานโดยรวมในส่วนของผู้ฝึกซ้อม 36
รูปที่ 3.2 รูปแบบโครงสร้างการทำงานโดยรวมในส่วนของผู้ดูแลระบบ 37
รูปที่ 3.3 Block diagram ของส่วนการส่งข้อมูลด้วยแสงเลเซอร์ 38
รูปที่ 3.4 วงจร Laser driver 38
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการจัดวางเซนเซอร์บนร่างกายมนุษย์ 39
รูปที่ 3.6 วงจรของ Laser senser 40
รูปที่ 3.7 PCB ด้าน Top layer ของ Laser senser 41
รูปที่ 3.8 การจัดสรร Input และ Output ของ FPGA 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 การจัดสรร Input และ Output สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ 42
รูปที่ 3.10 PCB ด้าน Top layer ของ FPGA Board 42
รูปที่ 3.11 ภาพรวมการทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผล 43
รูปที่ 3.12 ส่วนการสื่อสารสำหรับ UART 44
รูปที่ 3.13 ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล (TX CORE) 44
รูปที่ 3.14 ส่วนที่ใช้ในการรับข้อมูล (RX CORE) 45
รูปที่ 3.15 ส่วนควบคุมการแสดงผลด้วย LCD Module 45
รูปที่ 3.16 State Diagram 45
รูปที่ 3.17 สัญลักษณ์ของวงจร D – Flip flop with reset 50
รูปที่ 3.18 ภาพรวมของวงจร D – Flip flop with reset 50
รูปที่ 3.19 สัญลักษณ์ของวงจร D – Filp Flop with set and reset 51
รูปที่ 3.20 ภาพรวมของวงจร D – Filp Flop with set and reset 51
รูปที่ 3.21 สัญลักษณ์ของวงจร Counter to N 52
รูปที่ 3.22 ภาพรวมของวงจร Counter to N 52
รูปที่ 3.23 สัญลักษณ์ของวงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count 53
รูปที่ 3.24 ภาพรวมของวงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count 53
รูปที่ 3.25 สัญลักษณ์ของวงจรนาฬิกา 54
รูปที่ 3.26 ภาพรวมของวงจรนาฬิกา 54
รูปที่ 3.27 สัญลักษณ์ของวงจร Shift Register 8bit 55
รูปที่ 3.28 ภาพรวมของวงจร Shift Register 8bit 55
รูปที่ 3.29 สัญลักษณ์ของวงจร TX UART 56
รูปที่ 3.30 ภาพรวมของวงจร TX UART 56
รูปที่ 3.31 สัญลักษณ์ของวงจรจัดการการส่งข้อมูลไปยัง Xbee 57
รูปที่ 3.32 ภาพรวมของวงจรจัดการการส่งข้อมูลไปยัง Xbee 57
รูปที่ 3.33 สัญลักษณ์ของวงจร RX UART 58
รูปที่ 3.34 ภาพรวมของวงจร RX UART 58
รูปที่ 3.35 สัญลักษณ์ของวงจร Counter 4 bit 59
รูปที่ 3.36 ภาพรวมของวงจร Counter 4 bit 59
รูปที่ 3.37 สัญลักษณ์ของวงจร Shift Register 8 bit 60
รูปที่ 3.38 ภาพรวมของวงจร Shift Register 8 bit 60
รูปที่ 3.39 สัญลักษณ์ของวงจรหน่วยความจำขนาด 8 บิต x 16 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.40 ภาพรวมของวงจรหน่วยความจำขนาด 8 บิต x 16 61
รูปที่ 3.41 สัญลักษณ์ของวงจร Data Execute 62
รูปที่ 3.42 ภาพรวมของวงจร Data Execute 62
รูปที่ 3.43 สัญลักษณ์ของวงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ 63
รูปที่ 3.44 ภาพรวมของวงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ 63
รูปที่ 3.45 สัญลักษณ์ของวงจรจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ 64
รูปที่ 3.46 ภาพรวมของวงจรจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ 64
รูปที่ 3.47 สัญลักษณ์ของวงจรสั่งการและควบคุมเลเซอร์ 65
รูปที่ 3.48 ภาพรวมของวงจรสั่งการและควบคุมเลเซอร์ 65
รูปที่ 3.49 สัญลักษณ์ของวงจรหารความถี่ 66
รูปที่ 3.50 ภาพรวมของวงจรหารความถี่ 66
รูปที่ 3.51 สัญลักษณ์ของวงจรประมวลผลและจัดการระบบ 67
รูปที่ 3.52 ภาพรวมของวงจรประมวลผลและจัดการระบบ 67
รูปที่ 3.53 ส่วนติดต่อผู้ใช้ 68
รูปที่ 3.54 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ส่วนประกอบ) 68
รูปที่ 3.55 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (เชื่อมต่อ Xbee) 69
รูปที่ 3.56 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ตรวจสอบสถานะ) 69
รูปที่ 3.57 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ตั้งค่า) 70
รูปที่ 3.58 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (เริ่มเกมส์) 70
รูปที่ 3.59 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (รายงานผล) 70
รูปที่ 3.60 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (แสดงผล) 70
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ FPGA สำหรับการทดลอง 71
รูปที่ 4.2 ตั้งค่าข้อมูลที่จะส่งจาก FPGA 71
รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์รับได้ 72
รูปที่ 4.4 ข้อมูลที่จะส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยัง FPGA 72
รูปที่ 4.5 ไฟ LED แสดงข้อมูลที่ FPGA ได้รับ 72
รูปที่ 4.6 วงจรTransistor laser driver และสัญญาณที่วัดได้ 73
รูปที่ 4.7 วงจรULN2003 laser driver และสัญญาณที่วัดได้ 73
รูปที่ 4.6 วงจรULN2003 laser driver ตัวต้นแบบ 74
รูปที่ 4.7 วงจร Photodiode Amplifier และ วงจรที่ต่อลงบน Protoboard 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 วงจร Photodiode Amplifier บน Protoboard ที่ติดตั้ง Fresnel lens และการทดลองยิงเลเซอร์ไปยังPhotodiode 74
รูปที่ 4.9 สัญญาณที่วัดได้จากOp-Amp 75
รูปที่ 4.10 วงจร Voltage reference และวงจรที่ต่อลงบน Protoboard 75
รูปที่ 4.11 สัญญาณเปรียบเทียบจากPhotodiode amplifier กับ Voltage reference 75
รูปที่ 4.12 การทดลองเพิ่มแสงสว่างจากภายนอก 76
รูปที่ 4.13 วงจร Comparator และ วงจรที่ต่อลงบน Protoboard 76
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ออกมาจากComparator 76
รูปที่ 4.15 Laser senser prototype ก่อนและหลังติดตั้งFresnel lens 77
รูปที่ 4.16 ทดสอบรับสัญญาณUART 77
รูปที่ 4.17 บรรยากาศการทดลองหาความแม่นยำ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการทหารไปอย่างต่อเนื่องเพื่อการป้องกันตนเองจากภัยคุกคามทั้งภายในและภายนอกประเทศ ส่วนใหญ่เทคโนโลยีที่ใช้เพื่อการทหารมักนำเข้าจากประเทศมหาอำนาจซึ่งมีราคาแพงรวมไปถึงค่าซ่อมบำรุงที่มีราคาสูงด้วยงบประมาณที่จำกัดของประเทศจึงทำให้เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการฝึกซ้อมของเจ้าหน้าที่มีจำนวนน้อยและไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร บางหน่วยงานที่ไม่มีงบประมาณสนับสนุนหรือมีน้อยก็ไม่สามารถจัดทำการฝึกได้ ทำให้ขาดทักษะและความคุ้นชินกับสถานการณ์ อาวุธ สภาพทางภูมิศาสตร์เพราะไม่ได้มีการฝึกซ้อมบ่อยเท่าที่ควร อีกทั้งเมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจและทหารประสบกับเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ในการปฏิบัติภารจะทำให้โอกาสที่จะเกิดการสูญเสียทั้งชีวิตละทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดค้นและจัดทำระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์ (Laser Identification for Shooting Practice System) โดยนำเอาความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มาประยุกต์ใช้ควบคู่กับความรู้ทางด้านการใช้งานแหล่งกำเนิดแสงจากอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำและซอฟแวร์เพื่อควบคุม สั่งการ ตรวจสอบรายงานผลการทำงานของระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์ (Laser Identification for Shooting Practice System)

ดังนั้นแล้วในการพัฒนาระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์ (Laser Identification for Shooting Practice System) จะส่งผลให้เกิดประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปใช้ฝึกซ้อมให้กับเจ้าหน้าที่ได้ เมื่อเจ้าหน้าที่ออกปฏิบัติงานจะทำให้มีทักษะและความคุ้นชินกับสถานการณ์ อาวุธ สภาพทางภูมิศาสตร์ ช่วยลดโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อจัดทำระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยการใช้แสงเลเซอร์ระบุตัวตนผู้ฝึกซ้อม มีเป้าหมายสำหรับการฝึกซ้อมของเจ้าหน้าที่เช่น ตำรวจ ทหาร หน่วยรักษาความสงบ เป็นต้น
2) เพื่อจัดทำระบบฝึกซ้อมยิงปืนที่ช่วยลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศและช่วยลดค่าใช้จ่ายในการฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เพื่อฝึกฝนทักษะการยิงปืนของผู้ฝึกซ้อมให้พร้อมต่อการปฏิบัติหน้าที่
4) เพื่อพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) โดยการใช้ FPGA (Field Programmable Gate Array)
5) เพื่อประยุกต์ใช้งาน Xbee ในการจัดทำระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Network)
6) เพื่อพัฒนาการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ FPGA (Field Programmable Gate Array) ด้วย UART (Universal Asynchronous Receiver transmitter)
7) เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งานการระบุตัวตนด้วยแสงเลเซอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เพื่อออกแบบและสร้างระบบสำหรับฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์ โดยจะมีการส่งลำแสงเลเซอร์ไปกระทบยังเป้าหมายที่มีอุปกรณ์ตรวจจับแสงติดตั้งอยู่แทนการใช้กระสุนลมหรือกระสุนซ้อมแบบอื่นๆ ซึ่งมีความแม่นยำและความรวดเร็วในการวัดผลที่น้อย อีกทั้งยังสิ้นเปลืองงบประมาณไปกับกระสุนในรูปของวัสดุสิ้นเปลืองและอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้เข้ารับการฝึกซ้อมด้วย

ระบบฝึกซ้อมยิงปืนนี้จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ ปืน ชุดเกราะรับสัญญาณ และส่วนประมวลผลกลาง ซึ่งตัวปืนนั้นจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการส่งแสงเลเซอร์ออกไปยังป้าหมายแทนกระสุนปืน แสงเลเซอร์จะถูกส่งออกไปในรูปแบบของชุดข้อมูลที่เป็นรหัสของผู้เล่น ควบคุมการทำงานด้วยระบบสมองกลฝังตัวบนชุดเกราะรับสัญญาณ ในส่วนของชุดเกราะจะมีอุปกรณ์ตรวจจับแสงเลเซอร์ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งสำคัญต่างๆ เมื่อมีแสงเลเซอร์มากระทบกับอุปกรณ์ตรวจจับดังกล่าวจะทำให้มีการส่งข้อมูลไปยังระบบสมองกลฝังตัวเพื่อทำการประมวลผลเบื้องต้น จากนั้นจึงส่งผลไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนกลางผ่านระบบการสื่อสารไร้สายเพื่อนำข้อมูลไปตัดสินต่อไป โดยข้อมูลของผู้เล่นคนนั้นๆจะแสดงผลบนจอ LCD ขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่บนแขนของผู้เล่น สำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่อยู่บนชุดเกราะจะต้องรองรับการทำงานแบบขนาน เพื่อรองรับการติดต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนชุดเกราะเป็นจำนวนมาก จึงได้เลือกใช้ FPGA (Field-Programmable Grid Array) มาทำหน้าที่ดังกล่าว ส่วนสุดท้าย คือคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง มีหน้าที่ในการประสานการทำงานของอุปกรณ์ที่อยู่กับตัวผู้เล่นทุกๆคนเข้าด้วยกัน มีการเก็บข้อมูลของผู้เล่นและข้อมูลของปืนเอาไว้ ในขณะแข่งขันจะมีการประมวลผลข้อมูลที่มีการรับส่งทั้งหมดแบบวินาทีต่อวินาที เพื่อการตัดสินที่เด็ดขาดและรวดเร็วผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สายที่มีการติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณไว้อย่างครอบคลุมพื้นที่สนามทั้งหมด อีกทั้งยังสามารถรายงานผลการแข่งขันอย่างละเอียดให้กับผู้ชมหรือกรรมการได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการ

1) ออกแบบภาพรวมและกำหนดขอบเขตของระบบ
2) ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม
3) ศึกษาหลักการทำงานของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
4) พัฒนาการรับส่งข้อมูลสำหรับการระบุตัวตันโดยใช้แสงเลเซอร์
5) พัฒนาการส่วนที่ใช้ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อม
6) ออกแบบโพรโตคอลและออกแบบการสื่อสารระหว่างส่วนที่ใช้ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมกับคอมพิวเตอร์
7) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสื่อสารระหว่างส่วนที่ใช้ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมกับคอมพิวเตอร์
8) ติดตั้งอุปกรณ์ลงบนตัวปืน และชุดเกราะ เพื่อทดลองการรับส่งข้อมูลแสงในสภาพแวดล้อมจริง
9) พัฒนาและติดตั้งอุปกรณ์ส่งข้อมูลไร้สายระหว่างชุดเกราะกับคอมพิวเตอร์
10) ทดสอบการทำงานโดยรวมของระบบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถพัฒนาระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยการใช้แสงเลเซอร์ในการระบุตัวตนได้
2) สามารถนำระบบที่พัฒนาขึ้นมาฝึกฝนทักษะการยิงปืนของผู้ฝึกซ้อมให้พร้อมต่อการปฏิบัติหน้าที่
3) สามารถลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศและลดค่าใช้จ่ายในการฝึกซ้อม
4) ได้รับความรู้ในการใช้งาน Xbee ในการจัดทำระบบเครือข่ายไร้สาย
5) ได้รับความรู้ในการนำ FPGA มาพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)
6) ได้รับความรู้ในการส่งข้อมูลไร้สายโดยมีแสงเป็นตัวนำ
7) ได้รับความรู้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ FPGA
8) ได้รับความรู้เกี่ยวกับการซ้อมยิงปืนและความเข้าในเกี่ยวกับอาวุธปืน

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

1) บทที่ 1 บทนำกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของโครงงานวัตถุประสงค์ของโครงงานขอบเขตของโครงงานวิธีการดำเนินการประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงานประกอบด้วยอะไรบ้างให้บรรยายทฤษฎีทั้งหมดโดยละเอียด
3) บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนากล่าวถึงรายละเอียดของโครงงานนี้ส่วนที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นการทำงานของระบบหรือชิ้นงานบรรยายโดยละเอียด
4) บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองกล่าวถึงการเตรียมการทดลองทั้งการจัดเตรียมฮาร์ดแวร์ซอฟต์แวร์สภาวะแวดล้อมในการทำการทดลองข้อมูลทดสอบการทำงานหรือการจำลองการทำงานของระบบผลการทดลองค่าสมรรถนะของระบบการวัดประสิทธิภาพของระบบการวิเคราะห์ผลการทดลองหรือผลการทำงานทั้งหมด
5) บทที่ 5 บทสรุปกล่าวถึงบทสรุปของโครงงานวิจารณ์สิ่งที่ได้รับจากโครงงานข้อจำกัดรวมถึงปัญหาอุปสรรคต่างๆ ของโครงงานและข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)คือระบบประมวลผลที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเพื่อเพิ่มความฉลาดความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเนตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจากการที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวกับสิ่งของในชีวิตประจำวัน

ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัดเช่น โทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆแตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ เราสามารถแบ่งประเภทของ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)ได้ 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แบบไมโครโพรเซสเซอร์เดี่ยว

เป็นระบบซึ่งใช้อยู่ในอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่นอุปกรณ์ไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า เครื่องตรวจจับต่างๆ

2) แบบไมโครโพรเซสเซอร์หลายตัวรวมกันในวงจร

ซึ่งเป็นระบบซึ่งใช้อยู่ในอุปกรณ์ควบคุมที่ซับซ้อน เช่น อุปกรณ์ควบคุมการไหลของแก๊ส ของเหลว กระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ขยายสัญญาณต่าง ๆ อุปกรณ์ปิดวาล์ว เครื่องควบคุมเครื่องจักรในโรงงาน ซึ่งจะมีทั้งที่ไม่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเวลาและทำหน้าที่เกี่ยวกับเวลา

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) สามาถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของระบบและอุปกรณ์ควบคุมหรือเครื่องจักรต่างๆ เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงในรถยนต์หรือแม้แต่ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตของโรงงานซึ่งในทางอุตสาหกรรมนั้นมีตั้งแต่ระบบขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ที่มีความสลับซับซ้อน ระบบสมองกลฝังตัวที่พบได้บ่อยในโรงงานได้แก่

1) Management Information System / Production Management System

เป็นระบบที่ใช้ สำหรับการวางแผนและประสานงานการผลิต เช่น ระบบ MRP ซึ่งในอดีตทำได้เพียง Resource Planning การจัดการวัตถุดิบ แต่ปัจจุบันระบบซอฟต์แวร์เหล่านี้สามารถพัฒนาไปได้ถึงขั้นที่เป็น ERP (Enterprise Resource Planning) โดยมีเรื่องของวันที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น สั่งของวันที่เท่าไร ของจะเข้ามาวันที่เท่าไร จะสามารถทำการผลิตสินค้าได้วันไหน มีวัตถุดิบเหลืออยู่ในสต็อกเท่าไร เป็นต้น

2) Central Control System / Distributed Control System

เป็นระบบควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม มีทั้งระบบควบคุมจากส่วนกลางที่มีขนาดใหญ่หรือระบบ DCS ที่มีระบบย่อยกระจายออกไป

3) SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

เป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการดูแลและควบคุมสั่งงานรวมทั้งเก็บข้อมูล ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมการสำรวจ เพราะบางครั้งจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมจากระยะไกล และการเฝ้าตรวจดูอย่างใกล้ชิด

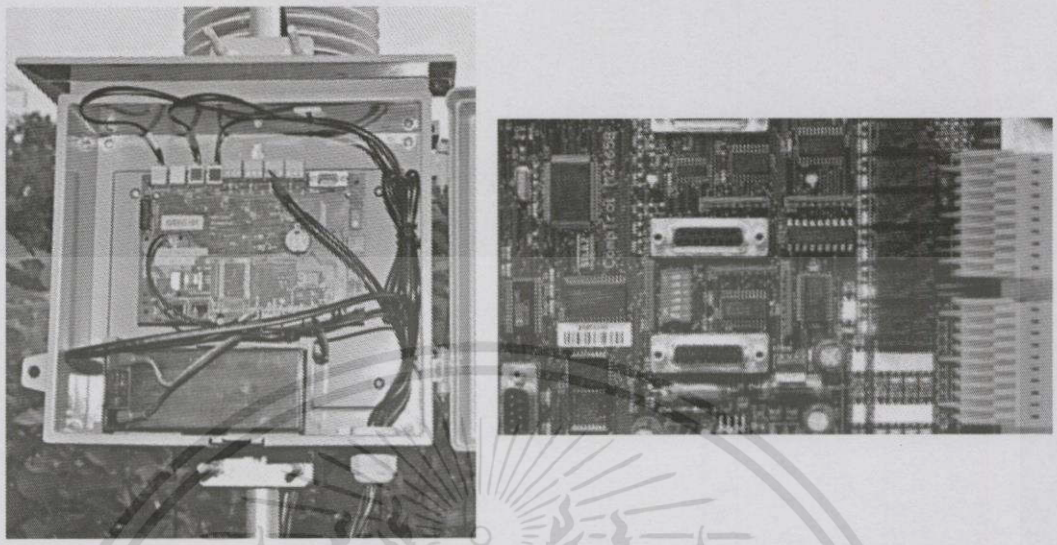
4) Instrument

เช่น อุปกรณ์จำพวก ทรานสมิตเตอร์, Intelligent Panel Meter หรืออุปกรณ์จำพวกสมาร์ตทรานสมิตเตอร์ ที่อาจจะมีเรื่องของวันที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

5) PLC (Programmable Logic Controller)

ใช้สำหรับการควบคุมเครื่องจักรในสายการผลิต นอกจากนี้ยังมีเครื่องจักร CNC, Robotic รวมทั้งระบบควบคุมอัตโนมัติต่าง ๆ

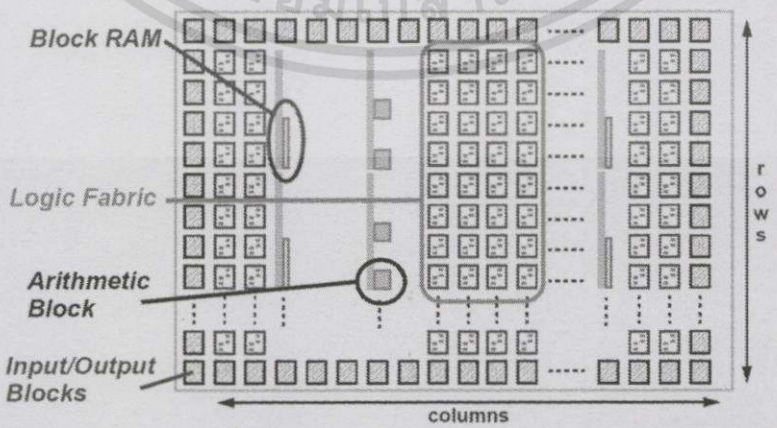
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ที่มีการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว

2.2 FPGA (Field Programmable Gate Arrays)

FPGA จัดเป็น อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดโปรแกรมได้ที่มีโครงข่ายการเชื่อมต่อภายในแบบเมตริกซ์ โครงสร้างภายในของ FPGA นั้นสามารถโปรแกรมให้มีหน้าที่การทำงานเหมือนลอจิกเกตพื้นฐาน เช่น AND, OR, XOR, NOT หรือรวมกันหลายๆ ชนิด (combinational logic) เพื่อให้ทำหน้าที่ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น เช่น decoders หรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ใน FPGAs ทั่วไป นอกจากจะประกอบด้วยส่วนของวงจรลอจิกแบบโปรแกรมได้แล้ว จะยังมีบล็อกของหน่วยความจำซึ่งอาจจะสร้างด้วยฟลิปฟลอป อย่างง่าย หรือใช้พื้นที่ของสารกึ่งตัวนำสร้างเป็นหน่วยความจำจริงๆ อยู่ภายในก็ได้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ FPGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ที่มีFPGA อยู่บนแผงวงจรด้วยนั้นจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถลดขนาดของแผงวงจรรวมทั้งสามารถออกแบบได้รวดเร็วไม่ต้องทดสอบรายละเอียดภายในให้เสร็จสมบูรณ์ 100% ก็สามารถออกแบบแผงวงจรได้ เมื่อได้รับแผงวงจรและประกอบอุปกรณ์ต่างๆเสร็จแล้วจึงค่อยกำหนดหน้าที่การทำงานของ FPGA ได้ในภายหลัง ต่างจากการออกแบบด้วยลอจิกเกตขนาดเล็กที่ต้องออกแบบทางเดินของลายทองแดงให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนและไม่สามารถแก้ไขได้ในภายหลัง นอกจากนี้การใช้งาน FPGA สามารถโปรแกรมการทำงานได้ในทุกขณะแม้แต่ขณะที่ส่งมอบงานแล้วก็ยังสามารถเข้าไปแก้ไขวงจรได้โดยง่ายดาย จึงเป็นที่มาของคำว่า "field programmable" ซึ่งก็หมายถึงโปรแกรมได้ในภาคสนามหรือที่หน้างานนั่นเอง อย่างไรก็ตามข้อกำหนด (Configuration) ของ FPGA จะหายไปหลังจากปิดไฟเลี้ยง ดังนั้นจะต้องมีหน่วยความจำภายนอก (Flash) มาคอยรักษาข้อกำหนดของ FPGA ไว้ ซึ่งจะมีกระบวนการอ่านข้อกำหนดนั้นโดยอัตโนมัติหลังจากได้รับไฟเลี้ยง

รูปที่ 2.4 xilinx FPGA Spartan-6

การทำงานของ FPGAs จะยังมีความเร็วที่ด้อยกว่า Application-Specific Integrated Circuit (ASIC) และเมื่อเปรียบเทียบขนาดทางกายภาพพบว่าจะมีความหนาแน่นของวงจรที่น้อยกว่ารวมทั้งใช้กำลังงานมากกว่า ASIC อย่างไรก็ตาม FPGA มีข้อได้เปรียบตรงที่ใช้เวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (time to market) ที่น้อยกว่า สามารถแก้ไขวงจรได้หลังจากที่ใช้งานจริงในภาคสนามและมีค่าแรงในการดำเนินการที่ต่ำกว่า (non-recurring engineering) . นอกจากนี้ยังมี FPGA ชนิดที่โปรแกรมได้ครั้งเดียว (OTP) ซึ่งมีราคาที่ต่ำกว่า โดย FPGA ชนิดนี้เมื่อโปรแกรมแล้วจะคล้ายกับ ASIC นอกจากนี้ยังมีการรวมหน่วยความจำเข้าไว้ในอุปกรณ์ FPGA ซึ่งจะยังคงอยู่แม้ปิดไฟเลี้ยง เรียกว่า Complex programmable logic devices (CPLD)

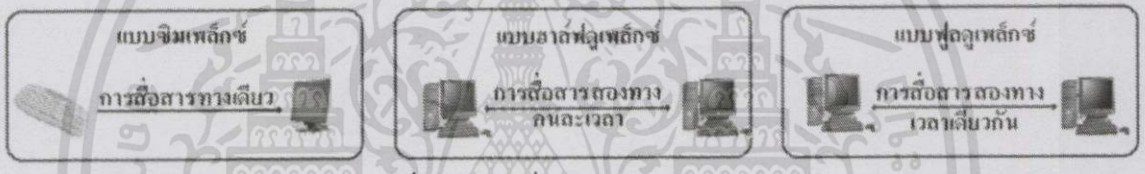
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เป็นการรับส่งข้อมูลทีละบิตแทนที่จะทำการรับส่งข้อมูลพร้อมกันทุกบิตในเวลาเดียวกัน ข้อดีของการสื่อสารแบบนี้คือใช้จำนวนสายในการสื่อสารน้อย สามารถรับส่งได้ในระยะทางที่ไกลๆ แต่ก็มีข้อเสียในด้านเวลาเพราะต้องใช้เวลาในการสื่อสารมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารแบบขนานอีกทั้งโอกาสเกิดการผิดพลาดของข้อมูลก็สูงกว่าแบบขนาน

2.3.1 รูปแบบของการสื่อสาร

1) แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) เป็นการสื่อสารทางเดียว
2) แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half-duplex) เป็นการสื่อสารได้ทั้งสองทาง แต่จะต้องผลัดกันรับ-ส่ง
3) แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full-duplex) เป็นการสื่อสารได้ทั้งสองทางและทำได้ในเวลาเดียวกัน

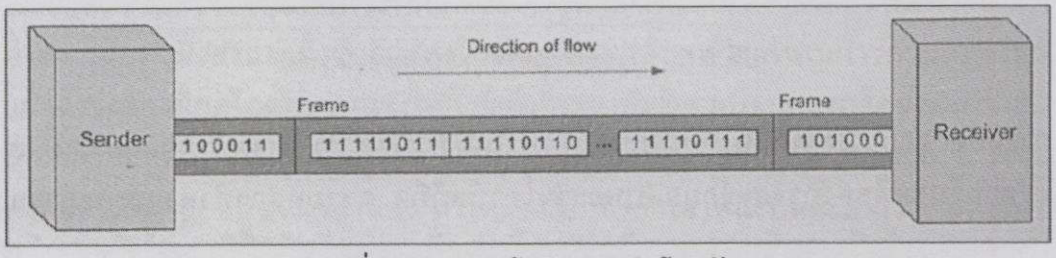


รูปที่ 2.5 การสื่อสารแบบต่างๆ

2.3.2 ลักษณะของการส่งข้อมูล

1) การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

เป็นการส่งข้อมูลเป็นบล็อกครั้งละหลายๆไบต์ สัญญาณนาฬิกาที่ช่วยให้การทำงานของตัวส่งและตัวรับสอดคล้องกัน อาจจะถูกเข้ารหัสอยู่ในชุดของข้อมูลนั้นหรือแยกอิสระออกเป็นสายต่างหากก็ได้ ในด้านอัตราความเร็วการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสจะมีความเร็วสูงกว่าแบบอะซิงโครนัส เนื่องจากข้อมูลมีการส่งอย่างต่อเนื่องและไม่มีการเพิ่มบิตพิเศษต่างๆเข้าไปในข้อมูลทำให้ฝั่งรับไม่ต้องเสียเวลาในการนำบิตพิเศษเหล่านั้นออก ดังนั้นการสื่อสารด้วยวิธีนี้จึงมีความเร็วสูงเหมาะกับอุปกรณ์สื่อสารด้วยความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลไปมาระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

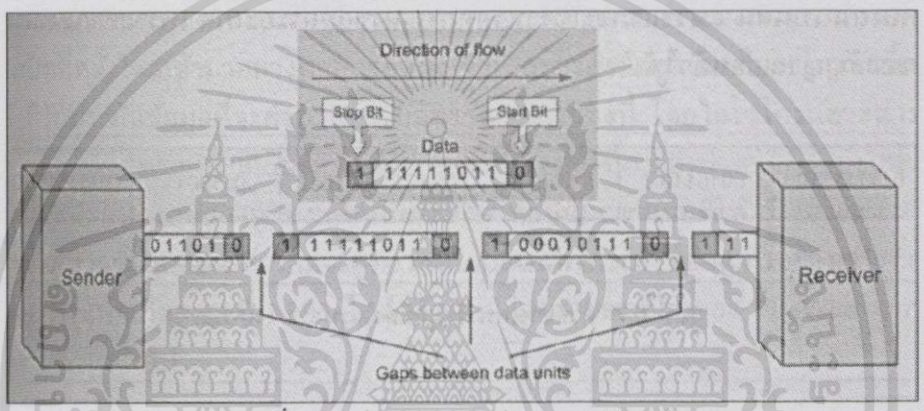


รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การสื่อสารแบบนี้ใช้มากในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์พีซีรูปแบบการสื่อสารจะเป็นการรับและส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์เป็นวิธีการเลี่ยงปัญหาด้านเวลาที่ฝั่งด้านการรับข้อมูลที่ส่งมาจากฝั่งส่งข้อมูล ฝั่งส่งและฝั่งรับไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกันในการควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลมีความคล่องตัวสูง สามารถส่งข้อมูลได้ทันทีโดยไม่ต้องรอการเข้าจังหวะสัญญาณนาฬิกาของทั้งสองฝั่ง มีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูงสำหรับการสื่อสารกับอุปกรณ์ความเร็วต่ำ แต่จะมีโอเวอร์เฮดสูงเนื่องจากต้องมีบิตพิเศษต่างๆพ่วงเข้าไปกับข้อมูลและฝั่งรับก็ต้องเสียเวลาในการถอดบิตพิเศษออก



รูปที่ 2.7 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

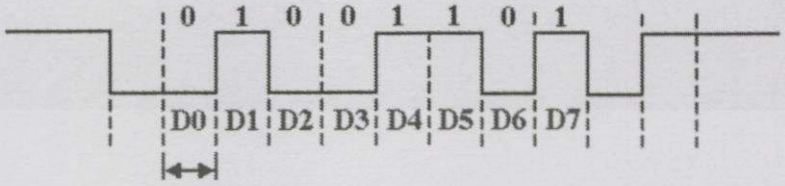
3) การส่งข้อมูลแบบไอโซโครนัส (Isochronous Transmission)

มาจากรากศัพท์ในภาษากรีก 2 คำคือคำว่า iso หมายถึง “เท่ากัน” และคำว่า chronous ที่หมายถึง “เวลา” เมื่อนำมารวมกันจึงหมายความว่า “เวลาที่เท่ากัน” สำหรับคุณสมบัติที่สำคัญของการส่งข้อมูลแบบไอโซโครนัส คือ การส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็วสูงใน อัตราคงที่ และรับประกันเวลาในการส่ง เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น ระบบออดิโอและวิดีโอจำเป็นต้องส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง ซึ่งการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (มีการหน่วงเวลาเกิดขึ้นจากช่องว่างระหว่างเฟรม) และซิงโครนัสก็ยังไม่สามารถรองรับได้ จึงเกิดการส่งข้อมูลแบบไอโซโครนัสขึ้นมาเพื่อใช้งานเรียลไทม์ที่รับประกันข้อมูลที่จะส่งมาถึงด้วยอัตราเร็วคงที่ โดยจะนำการส่งข้อมูลแบบไอโซโครนัสมาใช้เพื่อส่งผ่านข้อมูลบนบัส 1394 หรือเรียกว่า ไฟร์ไวร์ (FireWire) การส่งผ่านข้อมูลของไอโซโครนัสจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของแพ็กเก็ต โดยขนาดของแพ็กเก็ตจะส่งผ่านอยู่บนแชนเนลที่ให้ไว้และสามารถแปรผันจากเฟรมไปยังเฟรมได้ ส่วนขนาดของแพ็กเก็ตจะถูกจำกัดโดยแบนด์วิดธ์เท่าที่มีอยู่

ความเร็วในการสื่อสาร หมายถึงจำนวนบิตที่ใช้รับส่งข้อมูลต่อวินาทีโดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 110 150 300 1200 2400 4800 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที อัตราความเร็วนี้บางครั้งก็เรียกว่าอัตราบอด (Baud rate) ทั้งตัวส่งและตัวรับต้องกำหนดให้มีความเร็วในการสื่อสารเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้อมูลส่งด้วยความเร็ว 2400 บิตต่อวินาทีดังนั้นแต่ละบิตใช้เวลาส่งเท่ากับ 1/2400 = 416.67 ไมโครวินาที



Baudrate = 2400 bit/Sec จะได้ T = 1/2400 = 416.67 uS

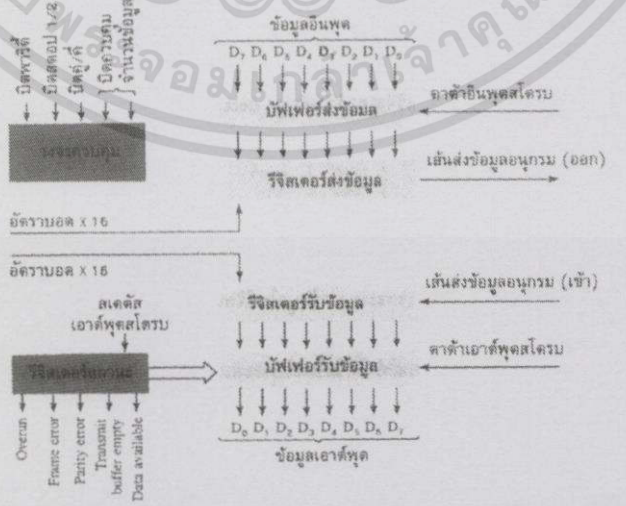
ดังนั้นการส่งข้อมูล 1 ไบต์จะใช้เวลา 416.67x10 = 4.167mS

รูปที่ 2.8 การคำนวณเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล

2.4 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

UART (universal Asynchronous Receiver Transmitter) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลอะซิงโครนัส เป็นวงจรแบบ LSI ที่รวมตัวควบคุมและหน่วยฟังก์ชันตรวจสอบการทำงานเข้าไปด้วย

การส่งข้อมูลของ UART เป็นอะซิงโครนัส คือ การส่งข้อมูลของ UART จะไม่ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์ โดย UART และไมโครโปรเซสเซอร์จะมีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาของมันเอง แต่ถ้าเราพบว่า UART และไมโครโปรเซสเซอร์ใช้สัญญาณนาฬิกาจากวงจรเดียวกันก็ไม่ได้หมายความว่า UART และไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานร่วมกันแบบเข้าจังหวะ แต่การทำเช่นนี้ก็เพื่อเป็นการลดวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณนาฬิกา เวลาระหว่างเวิร์ดข้อมูลแต่ละตัวที่รับเข้ามาจะไม่แน่นอน



รูปที่ 2.9 แผนภาพการทำงานของ UART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดง Block diagram ของ UART สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน

1. ส่วนที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลของ UART แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ transmitted – data output buffer กับ transmit register โดยรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลจะมีหน้าที่เลื่อนข้อมูลส่งออกไปยังเส้นส่งข้อมูลอนุกรม โดยเริ่มจาก Start bit ตามด้วย D0-D7 และ Stop bit ถ้าสัญญาณ data input strobe เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ข้อมูลขนาด 8 บิตที่จะส่ง จะถูกนำไปเก็บใน transmitted-data output buffer และถ้าสัญญาณ data input strobe เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 การส่งข้อมูลจะเริ่มขึ้น
2. ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลของ UART จะเหมือนเป็นภาพสะท้อนของส่วนที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล เมื่อมี Start bit เข้ามา ข้อมูลที่เข้ามาทางเส้นรับข้อมูลจะถูกเลื่อนเข้าไปเก็บในรีจิสเตอร์รับข้อมูล (receive register) จนครบ เมื่อมีสัญญาณ data output strobe ข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้จะถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์รับข้อมูล (received-data output buffer) ทั้งรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและรีจิสเตอร์รับข้อมูลจะได้รับสัญญาณนาฬิกาขนาด 16 หรือ 64 เท่าของ baud rate
3. ส่วนที่กำหนดสถานะ

   รีจิสเตอร์สถานะของ UART จะมีบิตบอกสถานะดังต่อไปนี้

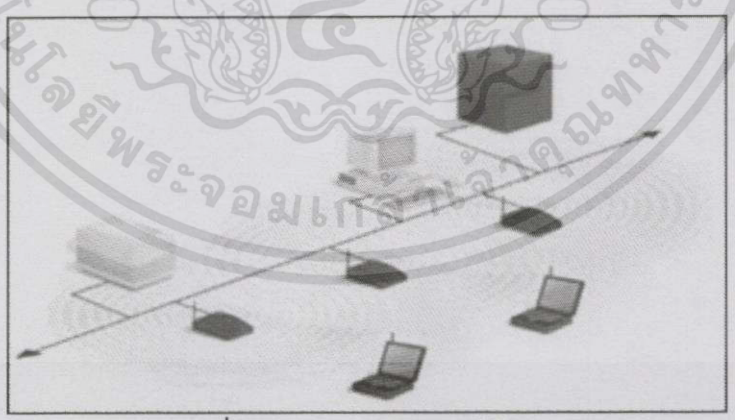
   - OR (Over Run) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1เมื่อข้อมูลใหม่เข้ามาทับข้อมูลเก่าโดยที่ข้อมูลเก่ายังไม่ได้ถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์รับข้อมูล
   - FE (Framing Error) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 ถ้า UART ไม่พบ Stop bit ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า UART ไม่ได้อ่าน Start bit ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
   - PE (Parity Error) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART พบว่าข้อมูลที่ได้รับมีพาริตี้ไม่ถูกต้อง
   - TBE (Transmit Buffer Empty) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ได้ทำการส่งข้อมูลออกไปแล้วซึ่งทำให้เราสามารถนำข้อมูลชิ้นต่อไปที่จะเก็บลงในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลได้
   - DA (Data Available) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ได้รับข้อมูลใหม่เข้ามาและไมโครโปรเซสเซอร์สามารถทำการอ่านข้อมูลนี้ได้ โดยส่งสัญญาณ data output strobe
4. ส่วนที่เป็นวงจรควบคุม

   รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของ UART ทำให้เราสามารถกำหนดโหมดในการทำงานของ UART ได้ บิตควบคุมจำนวนข้อมูลทั้งสองบิต จะช่วยให้เราสามารถเลือกจำนวนของข้อมูลจริงที่รับมาว่าเป็น 5 บิต 6 บิต 7 บิต หรือ 8 บิต โดยเราจะใช้ข้อมูลจริงขนาด 5 บิตในการส่งข้อมูลของเครื่องโทรพิมพ์ ข้อมูลขนาด 6 บิตใช้ในการส่งข้อมูลที่มีการย่อขนาด ข้อมูลขนาด 7 บิตใช้ในการส่งข้อมูลรหัสแอสกี ข้อมูลขนาด 8 บิตใช้เมื่อไม่มีการบิตพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบเครือข่ายไร้สาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้เกิดการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สื่อสารหรือระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องหรือระหว่างกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถสื่อสารกันได้รวมถึงกาติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยโดยปราศจากการใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ แต่จะใช้คลื่นวิทยุเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารแทน ซึ่งในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันจะผ่านทางอากาศทำให้ไม่ต้องมีการเดินสายสัญญาณและช่วยให้ติดตั้งใช้งานได้สะดวกขึ้น ระบบเครือข่ายไร้สายใช้แม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศเพื่อรับ–ส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์และระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้อาจเป็นคลื่นวิทยุ (radio) หรือ อินฟาเรด (Infrared) ก็ได้ ระบบเครือข่ายไร้สาย(Wireless LANs) เกิดขึ้นครั้งแรกในปีค.ศ.1971 บนเกาะฮาวาย โดยโครงการของนักศึกษามหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า“ALOHNET” โดยขณะนั้นลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบ Bi-directional คือส่งไป-กลับง่ายๆผ่านคลื่นวิทยุสื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ 7 เครื่องซึ่งตั้งอยู่บนเกาะ 4 เกาะโดยรอบ และมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะๆหนึ่งที่ชื่อว่า Oahu เทคโนโลยีการเข้าถึงข้อมูลความเร็วสูงหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าการเข้าถึงบรอดแบนด์(Broadband Access) มีได้หลายประเภท ทั้งบรอดแบนด์ผ่านสาย(สายทองแดง สายเคเบิล และสายใยแก้วนำแสง) และบรอดแบนด์ไร้สายผ่านทางคลื่นวิทยุ ซึ่งปัจจุบันสามารถส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็วสูงยิ่งขึ้นเนื่องจากมีรูปแบบของการมอดูเลชั่นที่ใช้คลื่นวิทยุได้คุ้มค่ามากขึ้น



รูปที่ 2.10 ระบบเครือข่ายไร้สาย

เทคโนโลยีการเข้าถึงข้อมูลเฉพาะในส่วนที่เป็นการเข้าถึงไร้สาย (Broadband Wireless Access : BWA) นั้นสามารถแยกกลุ่มออกได้ตามลักษณะของการเข้าถึงได้ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Personal Area Network (PAN) คือ เทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายในพื้นที่เฉพาะส่วนบุคคล โดยมีระยะทางไม่เกิน 10 เมตรและมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลความเร็วสูงมาก(สูงถึง 480 Mbps) ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลายมีหลายเทคโนโลยี ดังเช่น
    - Ultra Wide Band (UWB) ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.3a
    - CDMA 2000 ที่พัฒนาต่อเนื่องจากจากเทคโนโลยี CDMAOne (IS-95)
    - Bluetooth ตามมาตรฐานIEEE 802.15.1
    - Zigbee ตามมาตรฐานIEEE 802.15.4

    เทคโนโลยีเหล่านี้ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง(peripherals) ให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลถึงกันได้และยังใช้สำหรับการรับ-ส่งสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียดภาพสูง (high definition video signal) ได้ด้วย
2) Local Area Network (LAN) คือ เทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายในพื้นที่เฉพาะซึ่งมักมีระยะทางไม่เกิน 100 เมตรและมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลความเร็วที่สูงถึงระดับ 100 Mbps และติดตั้งสถานีฐานที่เรียกว่า Access Point เพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง (Terminal Equipment) ในลักษณะที่เป็นเซลล์ขนาด Pico cells ที่ไม่แตกต่างจากเซลล์ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มากนัก ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่
    1) WiFi ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 และมาตรฐานที่พัฒนาจากมาตรฐานดังกล่าว
    2) ETSI HIPERLAN ตามมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป

    ข้อจำกัดสำหรับการใช้งานเทคโนโลยีนี้ คือ จำนวนของผู้ใช้งานในขณะใดขณะหนึ่งพร้อมกัน ระยะห่างระหว่าง access point กับterminal equipment และความพอเพียงของคลื่นความถี่ เนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นการใช้งานในลักษณะได้รับการยกเว้นใบอนุญาต (unlicensed) จึงต้องใช้คลื่นความถี่ร่วมกันกับผู้ประกอบการ
3) Metropolitan Area Network (MAN) คือ เทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายในพื้นที่เขตเมืองหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งมีระยะทางตั้งแต่ 10 ถึง 50 กม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคลื่นความถี่ที่ใช้งานและมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงในระดับ 15 – 50 Mbps ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าเป็น non-line-of-sight (NLOS) หรือ line-of-sight (LOS) โดยเทคโนโลยีที่เป็นที่กล่าวถึงในปัจจุบัน ได้แก่
    1) WiMAX ตามมาตรฐาน IEEE 802.16 และมาตรฐานที่พัฒนาจากมาตรฐานดังกล่าว
    2) WiBro เป็นมาตรฐานที่พัฒนาโดยประเทศเกาหลีใต้ก่อนที่จะได้พัฒนาต่อเนื่องจนถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน IEEE 802.16
    3) ETSI HIPERMAN ซึ่งเป็นมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป โดยมีการพัฒนาให้ทำงานร่วมกันได้กับมาตรฐาน IEEE 802.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เดิมนั้นเทคโนโลยีการเข้าถึงดังกล่าวมุ่งเน้นที่การใช้งานแบบประจำที่ (Fixed) ซึ่งอุปกรณ์ของผู้ใช้บริการจะติดตั้งอยู่กับที่ในลักษณะภายนอกอาคาร (outdoor) เป็นหลัก ก่อนที่จะมีการพัฒนาไปเป็นการใช้งานภายในอาคาร (indoor) แล้วจึงพัฒนาออกแบบให้สามารถใช้งานแบบเคลื่อนที่ (Mobile) ได้ด้วย อย่างไรก็ตายังมีเทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายในลักษณะดังกล่าวที่ไม่ได้อ้างอิงมาตรฐานหลักที่กล่าวไว้ข้างต้นและมีใช้งานอยู่ก่อนหน้าที่มาตรฐานทางเทคนิคดังกล่าวจะเป็นที่ยอมรับในวงกว้าง โดยเป็นมาตรฐานเฉพาะของผู้ผลิตแต่ละราย (proprietary) ที่อาจมีข้อจำกัดในการใช้งานร่วมกันกับระบบของผู้ผลิตรายอื่น อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะนี้มักเรียกกันโดยทั่วไปว่า Pre-WiMAX

4) Wide Area Network (WAN) คือ เทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายบริเวณกว้าง ซึ่งอาจครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศหรือเขตภูมิภาค แต่จะมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่มีความเร็วได้ไม่เกิน 1.5 Mbps เนื่องจากเน้นการใช้งานแบบเคลื่อนที่ ทั้งนี้เทคโนโลยีการเข้าถึงที่เป็นเทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายบริเวณกว้าง ได้แก่

1) เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 (3G) ซึ่งพัฒนาต่อเนื่องมาจากเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 2 โดยมี 2 มาตรฐานหลัก คือ
   - Wideband CDMA (W-CDMA) ที่พัฒนาต่อเนื่องจากเทคโนโลยี GSM
   - CDMA2000 ที่พัฒนาต่อเนื่องจากจากเทคโนโลยี CDMAOne (IS-95)
2) MBWA (Mobile Broadband Wireless Access) ตามมาตรฐาน IEEE 802.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เทียบได้กับ IEEE 802.16e (Mobile WiMAX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่สำคัญ

Technology	Standard	Application	Coverage (m)	Frequency (GHz)
UWB	802.15.3a	Wireless PAN	10	Flexible
Bluetooth	802.15.1	Wireless PAN	10	2.4
Zigbee	802.15.4	Wireless PAN	10	Not identified
WiFi	802.11a	Wireless LAN	100	5
	802.11b	Wireless LAN	100	2.4
	802.11g,n	Wireless LAN	100	2.4
WiMAX	802.16d	Wireless MAN	6400 - 9600	11
	802.16e	Mobile Wireless MAN	1600 – 4800	2 – 6
WCDMA	IMT-2000(3G)	Wireless WAN	1600 - 8000	1.8, 1.9, 2.1
cdma2000	IMT-2000 (3G)	Wireless WAN	1600 - 8000	0.4, 0.8, 0.9, 1.7, 1.8, 1.9, 2.1
MBWA	802.2	Mobile Wireless WAN	4000 - 12000	3.5

2.6 Xbee

Xbee เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RFIC อยู่ภายในทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ transceiver (อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ) แบบ Half Duplex ย่านความถี่ 2.4 Ghz มีการจัดการโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มีส่วนที่ใช้รับและส่งข้อมูลกับ Xbee เป็น UART (TTL) ซึ่งสำหรับการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนำขาที่ใช้ติดต่อสื่อสาร UART ของXbee ต่อเข้ากับ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย

Xbee สามารถใช้งานตามมาตรฐาน Zigbee ได้โดยที่ไม่ต้องเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่าย Zigbee เพราะผู้ผลิตได้จัดทำ firmware ที่จะโหลดเข้าไปในตัว Xbee ให้สามารถตั้งค่า parameter ผ่าน software interface (X-CTU) หรือ At command โดยใช้ Hyper terminal รวมไปถึงการตั้งค่าผ่านทางการรับส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยเมื่อตั้งค่า Xbee ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ใน Zigbee แล้วจะเรียก Xbee แต่ละตัวว่าเป็น Node ทั้งนี้ Xbee แต่ละรุ่นจะสามารถตั้งค่าการทำงานได้มากมาย ทำให้ Firmware ที่จะต้องโหลดเข้าไปนั้นมีหลายแบบจึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 โมดูล Xbee ประเภทต่างๆ

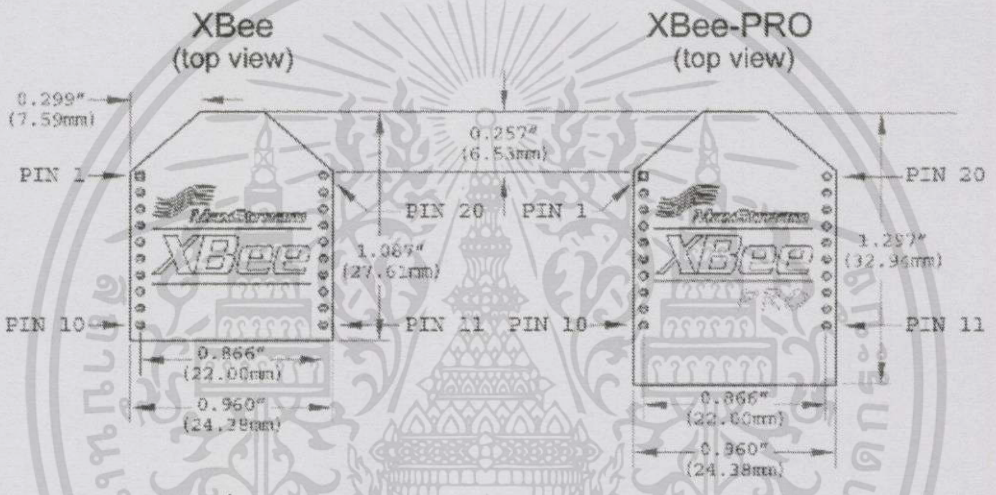
2.6.1 คุณสมบัติของ Xbee

1) Operating Frequency ISM Band 2.4 Ghz (ISM Band หมายถึง ย่านความถี่ใช้งานเพื่อการวิจัย ซึ่งจะอนุญาตให้ใช้กับอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และทางการแพทย์
2) มีสายอากาศให้เลือกใช้หลายแบบ คือ แบบ Chip Ant , Whip Ant , UFL con. , RPSMA con. โดย 2 แบบหลังต้องไปหาเสาอากาศย่าน 2.4 Ghz เป็น connector แบบ UFL หรือ SMA
3) Supply Voltage อยู่ที่ 2.8-3.4 V
4) Power Down Current < 10uA
5) มี RF data rate อยู่ที่ 250 Kbps (เป็นส่วนของสัญญาณที่ส่งผ่านอากาศ)
6) มี Serial interface data rate อยู่ระหว่าง 1200 – 115200 Bps (เป็นส่วนที่ติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรเลอร์)
7) เป็น Spread Spectrum ชนิด DSSS (Direst Sequence Spread Spectrum)
8) การกำหนด addressing มีลำดับลักษณะคือกำหนด PAN ID สำหรับเครือข่าย กำหนด Channel และ กำหนด addressของแต่ละตัว

Xbee จะมีอยู่ 2 รุ่นคือ รุ่น series 1 และ รุ่น series 2 (ZB) และยังมีขนาด power ให้เลือกอีก 2 แบบ คือ แบบธรรมดา (1 mw – 2 mw) และ แบบ PRO (50mw- 60 mw) ซึ่งจะมีผลเรื่องระยะทางการรับส่งข้อมูล โดยแต่ละ series นั้นสามารถสร้างเครือข่ายได้หลายแบบ แต่จะมีเพียง series 2 เท่านั้นที่จะทำเครือข่ายแบบ mesh ได้ ใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ Bluetooth หรือ Wireless Lan จึงเกิดการกวนสัญญาณกันทำให้การรับส่งสัญญาณขาดหายไป บ้างบางครั้งก็ครบถ้วนอาจเป็นเพราะกำลังส่งของ Xbee และระยะทางของ node ที่ทดสอบใกล้กันมากช่องสัญญาณย่านความถี่ 2.4 Ghz นี้เรียกว่าเป็นย่านไมโครเวฟ หลักสำคัญของย่านไมโครเวฟอย่างหนึ่งคือ การวางตำแหน่งตัวรับส่งสัญญาณต้องตั้งแบบ line of sight (ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ) ถึงจะได้กำลังส่งสูงสุด สำหรับXbee ในรุ่น Pro สามารถส่งสัญญาณได้ไกลถึง 1.5 km. แต่ก็ต้องเป็นลักษณะของ line of sight หากไม่ใช่จะได้ระยะการรับส่งสัญญาณที่ลดลง นอกจากนี้ยังมีเรื่องสัญญาณรบกวนต่างๆ



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของโมดูล Xbee และ Xbee - Pro

2.6.2 โหมดการทำงานของ Xbee

1) Idle Mode โหมดนี้จะเป็นโหมดที่ไม่ได้รับส่งข้อมูล Xbee เตรียมที่จะทำงานในโหมดอื่นๆต่อไป
2) Transmit Mode คือช่วงที่ Xbee มีการส่งข้อมูล โดยจะแบ่งลักษณะการทำงานย่อยออกเป็น Direct กับแบบ Indirect, การกำหนด Address ต้นทางและปลายทาง, Clear Channel Assessment และการตอบรับ Acknowledgement
3) Receive Mode คือช่วงที่ Xbee มีการรับข้อมูล มีการทำงานคล้ายกับ Transmit Mode
4) Sleep Mode คือ ช่วงที่ Xbee อยู่ในสถานการณ์ทำงานพลังงานต่ำที่สุด เมื่อไม่มีการใช้งาน
5) Command Mode คือ เป็นส่วนการปรับ parameter ของ Xbee ซึ่งจะมีการกำหนด 2 แบบคือ แบบ AT command กับแบบ API Command

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 Xbee Topology

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของ Xbee นั้น จะต้องประกอบด้วยโหนดจำนวนอย่างน้อย 2 ชนิดคือ Coordinator node และ node ลูกข่ายชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal area network) ได้ โดยสามารถแบ่งรูปแบบ เครือข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

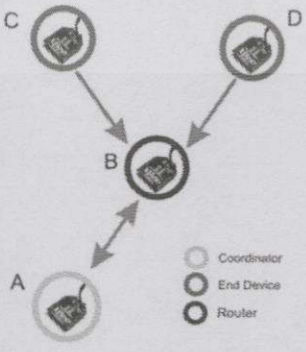
1) Star (Broadcast)

การเชื่อมต่อแบบ Star หรือแบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบไม่ระบุจุดหมายปลายทาง หรือ XBee ทุกตัวในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถรับข้อมูลทุกข้อมูลได้ทุกตัว

รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อแบบ Star ของโมดูล Xbee

2) Cluster Tree

เป็นการรับส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน เช่น A ต้องการติดต่อกับ C แต่ C อยู่ไกลจาก A จน A ไม่สามารถติดต่อกับ C ได้ แต่พอดีมี B ที่อยู่ระหว่าง A กับ C ดังนั้น Cluster Tree จะใช้ B เป็นเหมือน ตัวกลาง เชื่อมการติดต่อ (Repeater) ระหว่าง A กับ C

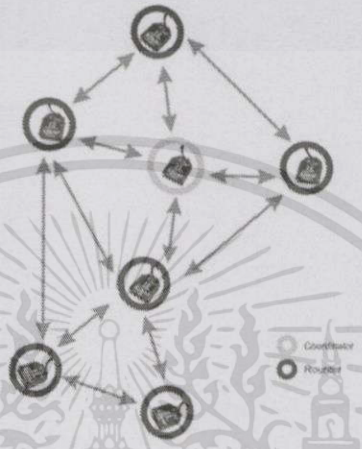


รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อแบบ Cluster Tree ของโมดูล Xbee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Mesh

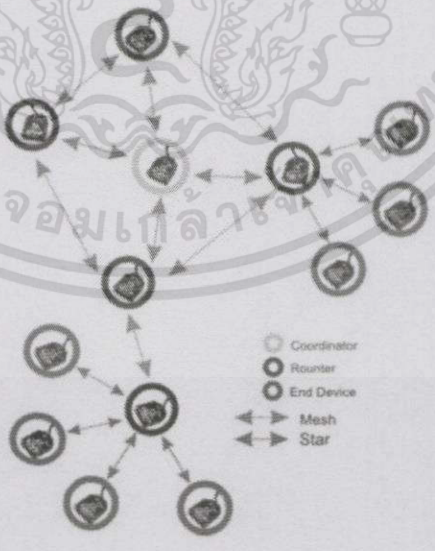
การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ระบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตามจึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมอย่างมาก



รูปที่ 2.15 การเชื่อมต่อแบบ Mesh ของโมดูล Xbee

4) โครงข่ายแบบผสม

เป็นการนำเอาข้อดีของโครงข่ายแต่ละแบบมารวมกันเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน



รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อแบบผสมของโมดูล Xbee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เลเซอร์

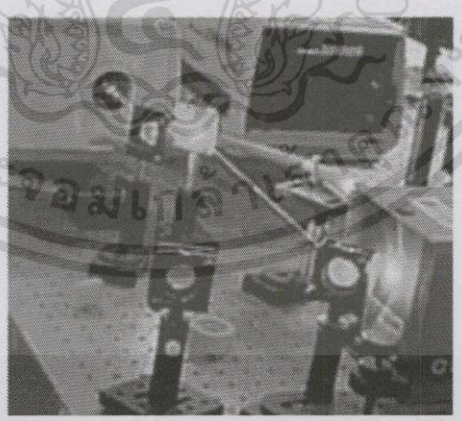
คำว่า Laser ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีสมบัติพิเศษแตกต่างจากแสงทั่วๆไป สมบัติดังกล่าวประกอบด้วย

1) เป็นแสงสีเดียว (monochromaticity)
2) มีความพร้อมเพรียง (coherence)
3) มีทิศทางที่แน่นอน (directionality) และ
4) มีความเข้ม (Intensity หรือ Brightness) สูงมาก

ด้วยสมบัติพิเศษเหล่านี้ทำให้แสงเลเซอร์ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ทางด้านการสื่อสาร การทหาร บันเทิง อุตสาหกรรม และการแพทย์

2.7.1 ชนิดของเลเซอร์

1) Gas Laser : สารตัวกลางเลเซอร์มีลักษณะเป็นก๊าซ เช่น CO2 Laser, Argon Laser, Xenon Laser, He-Ne Laser
2) Solid State Laser : ใช้สารตัวกลางเลเซอร์ที่เป็นแท่งผลึกแข็ง เช่น Ruby Laser
3) Dye Laser : สารตัวกลางมีลักษณะเป็นของเหลว เช่น Rhodamin 6G Laser
4) Semiconductor Laser : เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารตัวกลางเลเซอร์เป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น Diode Laser ชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 2.17 ลำแสงสีเขียวของก๊าซอาร์กอนอิออนเลเซอร์

2.7.2 การประยุกต์ใช้งานเลเซอร์

สามารถนำเลเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) งานอุตสาหกรรม : Marking and Cutting คือการนำแสงเลเซอร์ไปทำให้เกิดเป็นรอยหรือตัดวัสดุ โดยการควบคุมให้ลำแสงเลเซอร์ไปตกยังชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วจะมีระบบเลเซอร์ marking and cutting แบ่งออกเป็น 2 แบบหลัก คือ
   - แบบให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถทำการ mark หรือตัดวัสดุที่มีความละเอียดสูงได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่นการ mark บนตัวไอซี เป็นต้น
   - แบบระบบลำแสงเคลื่อนที่ (flying optics) ซึ่งจะนิยมใช้ในระบบที่มีพื้นที่การทำงานขนาดใหญ่และเลเซอร์กำลังสูง
2) งานด้านการแพทย์ เช่น การผ่าตัวผิวหนัง การผ่าตัดแก้ไขสายตา และการกำจัดมะเร็งที่ผิวหนัง
3) งานด้านการทหาร เช่น ระบบการนำวิถีของจรวด
4) งานด้านการค้นคว้าวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

2.7.3 ระดับความอันตรายของเลเซอร์

เนื่องจากเลเซอร์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีหลายแบบ กำลังความเข้มก็แตกต่างกัน อันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้ก็แตกต่างกันไปมากบ้างน้อยบ้าง หรือบางอันอาจจะไม่เกิดอันตรายเลย แม้จะจ้องลำแสงสัก 5 นาที แต่บางชนิดเพียงแค่แสงสะท้อนจากขอบแผ่นพลาสติกก็อาจทำให้ตาบอดได้ ดังนั้นระดับของความระมัดระวัง การป้องกัน ก็จะแตกต่างกันไป ไม่ใช่ว่าเลเซอร์ชนิดใดก็มีมาตรการป้องกันเข้มงวดที่สุดเหมือนกันหมด เช่น ถ้าใช้ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ ขนาด 1 ไมโครวัตต์ ก็ไม่ต้องสร้างห้องพิเศษ ไม่ต้องใส่แว่นตาป้องกัน ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งระดับความอันตรายของเลเซอร์ดังนี้

1) ระดับที่ 1 : เป็นเลเซอร์ที่กำลังน้อยมากจนถือได้ว่าปลอดภัย โดยเลเซอร์ระดับนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อ ตา ผิวหนัง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ซึ่งในการใช้งานเลเซอร์ระดับชั้นนี้ไม่ต้องมีการควบคุม หรือมีเครื่องหมายเตือน นอกจากป้ายติดไว้ที่เลเซอร์ว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างเช่น ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ขนาด 1 ไมโครวัตต์ เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย
2) ระดับที่ 2 : เลเซอร์ในระดับนี้จะเป็นเลเซอร์ที่กำลังต่ำและมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่สามารถเห็นได้ (ความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร) โดยมีกำลังไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ และต้องเป็น ชนิดต่อเนื่องเท่านั้น เลเซอร์ในระดับชั้นนี้ไม่ได้จัดว่าปลอดภัยเหมือนเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีอันตรายไม่มากนักและถ้าแสงเลเซอร์ในระดับชั้นนี้เข้าตา การหลับตาทันทีที่รู้ว่าแสงเข้า ซึ่งปกติจะเร็วมาก (ประมาณ 0.25 วินาที) ก็จะเป็นการป้องกันอันตรายที่เพียงพอ เพราะช่วงเวลาที่รับเอาแสงจะสั้นมากจนไม่เป็นอันตราย ตัวอย่างของเลเซอร์ในระดับที่ 2 นี้ได้แก่ ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร (สีแดง) และมีกำลังไม่เกิน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิวัตต์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในห้องทดลองระดับชั้นมัธยมหรือการทดลองพื้นฐานในระดับมหาวิทยาลัย สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย แต่ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง

3) ระดับที่ 3R : ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น โดยย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร) ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 1 มิลลิวัตต์ ถึง 5 มิลลิวัตต์ และย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเลต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่ากำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่น้อยกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างของเลเซอร์ระดับที่ 3R คือ เลเซอร์อาร์กอน ที่ให้แสงสีเขียว มีความยาวคลื่น 514.5 นาโนเมตร ที่มีกำลัง 5 มิลลิวัตต์ ข้อแนะนำคืออย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์
4) ระดับที่ 3B : ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น โดยย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 5 มิลลิวัตต์ ถึง 500 มิลลิวัตต์ และย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเลต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่ต่ำกว่า 500 มิลลิวัตต์ ข้อแนะนำคืออย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์ เนื่องจากเลเซอร์ที่มีกำลังสูงอาจทำอันตรายต่อผิวหนังได้
5) ระดับที่ 4 : เลเซอร์ในระดับนี้ คือเลเซอร์ทั้งหลายที่ไม่สามารถจัดอยู่ในระดับอื่น ๆ ข้างต้นได้ แต่จะเป็นเลเซอร์ที่มีกำลังสูงมาก (มากกว่า 5 มิลลิวัตต์) ลำแสงเลเซอร์ระดับนี้ถือว่ามีอันตรายต่อ นัยน์ตาและผิวหนังอย่างยิ่ง แม้กระทั่งลำแสงที่สะท้อนแล้วก็ยังสามารถทำอันตรายได้ตัวอย่างเช่น เลเซอร์อาร์กอน ขนาด 2 วัตต์ หรือ นีโอดิเมียมแย็กเลเซอร์ชนิดพัลส์ 20 นาโนวินาที ที่มีความเข้ม 1 จูลต่อตารางเซนติเมตร โดยการใช้งานกับเลเซอร์เหล่านี้มีมาตรการโดยทั่วไปคล้ายกับระดับที่ 3 แต่จะรัดกุมยิ่งขึ้น เช่น ต้องใช้กุญแจในระบบควบคุมการเปิดปิดเลเซอร์ ข้อแนะนำคืออย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์

2.8 ยุทธวิธีการรบด้วยวิธีรุก

เป็นวิธีเดียวในการบรรลุชัยชนะแตกหักของสงคราม และยังเป็นการรบขั้นแตกหักของสงคราม รวมถึงเป็นวิธีการสุดท้ายของผู้บังคับบัญชา ในการบังคับให้ข้าศึกปฏิบัติตามเจตนารมณ์ของตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 วัตถุประสงค์หลักในการรบด้วยวิธีรุก

วัตถุประสงค์ในการรบด้วยวิธีรุก ได้แก่

1) การทำลาย หรือเอาชนะกำลังฝ่ายข้าศึก
2) ควบคุมภูมิประเทศสำคัญ และภูมิประเทศสำคัญยิ่ง
3) ให้ได้มาซึ่งทรัพยากรสนับสนุนการสงคราม
4) ขัดขวางมิให้ข้าศึกใช้ทรัพยากร
5) ให้ได้มาซึ่งข่าวสาร
6) ลวง และหันเหข้าศึก
7) ตรึงข้าศึกให้อยู่ในที่มั่น
8) ขัดขวางการเข้าตีของข้าศึก

2.8.2 ลักษณะการรบด้วยวิธีรุก

ลักษณะการรบด้วยวิธีรุก มีดังนี้

1) การจู่โจม
2) การรวมกำลัง
3) ความรวดเร็ว
4) ความอ่อนตัว
5) ความห้าวหาญ

2.8.3 โครงร่างการรบด้วยวิธีรุก

สามารถแบ่งโครงร่างการรบด้วยวิธีการรุกออกเป็น 2 ชนิด อันได้แก่

2.8.3.1 การปฏิบัติการทางลึก (เพื่อขัดขวางกำลังข้าศึกที่ยังไม่ได้เข้าสู่การรบ)

2.8.3.2 การปฏิบัติระยะใกล้ แบ่งเป็น

1) ส่วนปฏิบัติหลัก (ส่วนติดตาม และรับมอบภารกิจเคลื่อนที่ตาม)
2) ส่วนปฏิบัติการสนับสนุน (ส่วนติดตามสนับสนุนเคลื่อนที่ตาม) อันได้แก่
   - การลาดตระเวนและการระวังป้องกัน
   - การลาดตระเวน...กระทำเพื่อให้ได้ข่าวสาร
   - การระวังป้องกัน เพื่อขัดขวางการรบกวนไม่คาดคิดที่ข้าศึกจะกระทำต่อขบวนการเข้าตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระดับการระวังป้องกัน 3 ระดับ
- ฉากกำบัง (Screen) เบาบาง
- ส่วนคุ้มกัน หรือ กองกระหนาบ (Guard) กลาง
- ส่วนกำบัง (Cover) เข้ม
- การปฏิบัติของกองหนุน ภารกิจหลัก คือขยายผลแห่งความมีชัย
- การปฏิบัติในพื้นที่ส่วนหลัง มีพันธกิจหลัก 4 ประการ
- การจัดพื้นที่ - การระวังป้องกัน - การเคลื่อนย้าย - การดำรงสภาพ

2.8.4 ชนิดของการรบด้วยวิธีรุก

ชนิดของการรบด้วยวิธีรุกแบ่งได้เป็น 4 ชนิด อันได้แก่

1) การเคลื่อนที่เข้าปะทะ
2) การเข้าตี
3) การขยายผล
4) การไล่ติดตาม

2.8.5 การเคลื่อนที่เข้าปะทะ

การเคลื่อนที่เข้าปะทะ มีวัตถุประสงค์เพื่อคลี่คลายสถานการณ์ โดยจะทำการจัดแบ่งกำลังออกเป็น 5 ส่วน อันได้แก่

1) ส่วนกำบัง
2) กำลังส่วนใหญ่
3) กองระวังหน้า
4) กองกระหนาบ
5) กองระวังหลัง

โดยจะสิ้นสุดเมื่อทำการเข้ายึดที่หมาย โดยปราศจากการปะทะกับข้าศึก หรือเมื่อเกิดการปะทะโดยการรบปะทะหรือเข้าตีเร่งด่วน

2.8.6 การเข้าตี

การเข้าตี แบ่งออกเป็น 2 ชนิด อันได้แก่

2.8.6.1 การเข้าตีเร่งด่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้าตีเร่งด่วนมีจุดประสงค์เพื่อชิงความได้เปรียบหรือทำลายข้าศึกก่อนข้าศึกจะจัดการตั้งรับอย่างมีระเบียบ โดยมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน อันได้แก่

1) การรุกคืบหน้าของส่วนลาดตระเวนและระวังป้องกัน
2) การใช้ส่วนระวังป้องกันเข้าโจมตี
3) การโจมตีด้วยกำลังส่วนใหญ่

2.8.6.2 การเข้าตีประณีต

เป็นการเข้าตีที่วางแผนอย่างละเอียด โดยใช้กำลังพลและอาวุธขนาดใหญ่ ซึ่งลักษณะการปฏิบัติ จะมีการวางแผนที่ละเอียด รวมกำลังอย่างรวดเร็ว ขยายผลต่อจุดอ่อนข้าศึก และการปฏิบัติที่รุนแรง

2.8.7 การขยายผล

เพื่อทำให้ข้าศึกแตกกระจายจนถึงจุดที่ไม่มีทางเลือกนอกจากยอมจำนน หรือสลายไป โดยจุดประสงค์ของการขยายผล ได้แก่

1) เป็นการขยายผลต่อจากการเข้าตีเร่งด่วนหรือการเข้าตีประณีต
2) เพื่อทำลายขีดความสามารถของข้าศึกในการสถาปนาการตั้งรับขึ้นมาใหม่
3) สถานการณ์ที่เกื้อกูลต่อการขยายผล
4) จับเชลยศึกได้เพิ่มขึ้น
5) ข้าศึกละทิ้งยุทโธปกรณ์มากขึ้น
6) เข้าบดขยี้ที่ตั้งปืนใหญ่ ที่บัญชาการ ที่ตั้งทางการสื่อสาร และแหล่งส่งกำลังบำรุงได้แล้ว

2.8.8 การไล่ติดตาม

มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายกำลังฝ่ายตรงข้ามลงอย่างสิ้นเชิง โดยมีที่หมายของการไล่ติดตาม คือ กำลังข้าศึก ซึ่งต่างจากการขยายผล คือ ไม่สามารถเตรียมการไว้ก่อนล่วงหน้าได้

2.8.9 รูปแบบของการดำเนินกลยุทธ

สามารถแบ่งรูปแบบของการดำเนินกลยุทธออกเป็น 5 แบบ อันได้แก่

1) การตีโอบ
2) การตีตลบ
3) การแทรกซึม
4) การตีเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การตีตรงหน้า

2.8.10 การตีโอบ

การตีโอบ จะใช้ความแข็งแกร่งเข้าต่อสู้กับจุดอ่อน หลีกเลี่ยงข้าศึกที่อยู่ด้านหน้า แล้วเข้าตีหลักทางปีก หรือทางหลังข้าศึก

2.8.11 การตีตลบ

เป็นการแปรรูปของการตีโอบ โดยพยายามหลีกเลี่ยงการตั้งรับของข้าศึกอย่างสิ้นเชิง เข้าควบคุมภูมิประเทศสำคัญลึกไปข้างหลัง เป็นผลให้ข้าศึกต้องหันกลับจากที่มั่นตั้งรับ และถูกบังคับให้เข้าตีมาทางด้านหลังด้วยความเสียเปรียบ แต่มีความแตกต่างจากการตีโอบคือ ไม่มุ่งทำลายล้างข้าศึกในที่มั่น แต่จะเข้าไปยึดภูมิประเทศสำคัญลึกลงไปในส่วนหลัง

2.8.12 การตีเจาะ

จะใช้เมื่อปีกข้าศึกไม่เปิด หรือปัจจัยเวลาไม่อำนวย โดยจะใช้ในการดำเนินกลยุทธแบบอื่นหรือพยายามเจาะช่องตั้งรับของข้าศึกด้วยกว้างด้านหน้าแคบ ทำให้ปีกทั้งสองของช่องเจาะเปิดเพื่อให้การปฏิบัติหลักพุ่งเข้าสู่ส่วนหลังของข้าศึกได้

2.8.13 การแทรกซึม

เป็นวิธีการเข้าสู่ส่วนหลังข้าศึกโดยหลีกเลี่ยงการตั้งรับข้าศึกที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยการเคลื่อนที่ปกปิดกำลังบางส่วนหรือทั้งหมด โดยจะหลีกเลี่ยงการถูกตรวจพบและการปะทะให้มากที่สุดเพื่อให้บรรลุ 2 ภารกิจ ได้แก่

1) การคุกคามต่อระบบสนับสนุน
2) การเข้าตีทางลึก

2.8.14 การเข้าตีตรงหน้า

เป็นการโจมตีข้าศึกตลอดกว้างด้านหน้าด้วยแนวทางที่ตรงที่สุด ซึ่งเป็นการดำเนินการยุทธที่อันตรายที่สุด เพราะจะเปิดเผยกำลังของฝ่ายเข้าตี ทำให้ล่อแหลมต่อการถูกระดมยิงและจำกัดประสิทธิภาพการยิงของฝ่ายเข้าตี ซึ่งเป็นแบบการดำเนินการยุทธที่ง่ายที่สุด จึงเหมาะนำมาใช้บดขยี้การตั้งรับที่เบาบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.15 การข่าวกรอง

จะใช้ IPB ในการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ, ลมฟ้าอากาศ และหนทางปฏิบัติของข้าศึก โดยจะ ใช้เครื่องมือทุกอย่างที่มีเพื่อที่จะหาข่าวเกี่ยวข้องกับภูมิประเทศ, ที่ตั้ง, กำลัง, เจตนารมณ์, ยืนยัน/ปฏิเสธ และยังให้ความสำคัญกับหนทางปฏิบัติของข้าศึก โดยเน้นที่ ตำแหน่งที่ข้าศึกตั้งรับ หรือข้าศึกมีกำลังมากน้อยเพียงใด

2.8.16 การดำเนินกลยุทธ์

การเคลื่อนย้ายกำลังฝ่ายเราไป ณ ตำบลที่ได้เปรียบข้าศึก

2.8.17 การยิงสนับสนุน

ครองความเหนือกว่าในการยิงสนับสนุนตลอดการรบด้วยวิธีรุก โดยใช้ทรัพยากรทุกอย่างที่มีเพื่อรบกวน, ทำลาย, รั้งหน่วงความต่อเนื่องในการตั้งรับข้าศึก

2.8.18 การสนับสนุนการรบ

การส่ง กบ.ในการรบด้วยวิธีรุกเน้นเรื่องจะเน้นในเรื่องของ การรักษาความต่อเนื่อง

2.8.19 การควบคุมบังคับบัญชา

จะแปลงภารกิจหน่วยเหนือเป็น พื้นที่ปฏิบัติการที่หมายแก่ หน่วยรอง ใช้เจตนารมณ์จัดสรรทรัพยากร - การดำเนินกลยุทธ์แก่หน่วยรอง ผบ.อยู่ ณ ที่สามารถรับรู้สถานการณ์, ตัดสินใจ, มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติของหน่วยรองได้มากที่สุด

2.8.20 การบังคับบัญชา

มีเจตนาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และความอยู่รอด โดยแย่งออกเป็น 4 ชนิด อันได้แก่

1) ทก.ยุทธวิธี
2) ทก.หลัก
3) ทก.หลัง
4) ทก.สำรอง

2.8.21 รูปขบวนเข้าตีของ พล.ร.

แบ่งได้เป็น 3 แบบ

1) รูปขบวนกรมเคลื่อนที่ตามกัน (แถวตอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รูปขบวนกรมเคียงกัน (หน้ากระดาน)

3) รูปขบวนขั้นบันได

2.8.22 การปฏิบัติการรบด้วยวิธีรุกที่มีความมุ่งหมายพิเศษ

ประกอบด้วย

1) การลาดตระเวนด้วยกำลัง

2) การตีโฉบฉวย

3) การซุ่มโจมตี

4) การเข้าตีทำลายการเข้าตี

5) การตีโต้ตอบ

6) การเข้าตีลวง

7) การแสดงลวง

2.8.23 การตีโฉบฉวย

เป็นการกระทำที่มีจุดประสงค์เพื่อ

1) เพื่อให้ได้ข่าวสาร

2) ทำให้ข้าศึกสับสน

3) ทำลายสถานที่ตั้ง

4) ไม่ต้องการยึดพื้นที่

5) สิ้นสุดเมื่อถอนตัวหรือภารกิจสำเร็จแล้ว

2.8.24 การซุ่มโจมตี

จะทำการโจมตีข้าศึกที่กำลังเคลื่อนที่, หยุดชั่วขณะ หรือ ไม่ต้องการยึดพื้นที่ โดยแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) การซุ่มโจมตีเป็นตำบล

2) การซุ่มโจมตีเป็นพื้นที่

2.8.25 การเข้าตีทำลายการเข้าตี

1) ทำให้ข้าศึกเสียจังหวะในการเตรียมการรุก

2) ทำลายทรัพยากรสำคัญ, ระบบอาวุธยิงสนับสนุน, สป.3, ที่กองกระสุน, ยุทโธปกรณ์ในการสร้างสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ให้ได้เวลาเพิ่มในการเตรียมที่มั่นตั้งรับ

4) ลดความได้เปรียบของข้าศึกเกี่ยวกับความประสานสอดคล้อง

2.8.26 การตีโต้ตอบ

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เอาชนะหรือทำลายกำลังข้าศึก

2) แย่งชิงที่มั่นกลับคืน

3) ยับยั้งการเจาะแนวตั้งรับ

และสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ ได้แก่

1) การตีโต้ตอบหลัก

2) การตีโต้ตอบเฉพาะตำบล

2.8.27 การเข้าตีลวง

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เพื่อหันเหความสนใจของข้าศึกจากการเข้าตีหลัก

2) เข้าตียึดที่หมายจำกัดตื้นๆ

2.8.28 การแสดงลวง

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เพื่อลวงหรือหันเหความสนใจของข้าศึก

2) แสดงกำลังในพื้นที่ที่มิได้มุ่งปฏิบัติแตกหัก

3) แตกต่างจากการเข้าตีลวง คือไม่มุ่งปะทะกับข้าศึก

2.9 ปืนเล็กสั้น คาร์ไบน์ เอ็ม4, เอ็ม4 เอ1 ขนาด 5.56 มม. (5.56 MM M4,M4A1, CARBINE)

หากกล่าวทั่วไปแล้ว ปืนเล็กสั้น M4 และ M4A1เป็นรุ่นที่ทำออกมาให้มีขนาดกะทัดรัดกว่า ปลย.M16A2 และปลย.M16A4 รุ่นมาตรฐาน โดยมีข้อแตกต่างภายนอกดังนี้

1) ลดความยาวของลำกล้องปืนมาตรฐานของ ปลย. M16A2 และ M16A4 จาก 20 นิ้วลงเหลือเพียง 14.5 นิ้ว

2) ใช้พานท้ายแบบเลื่อนจัดปรับความยาวได้ 4 ตำแหน่ง ให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้งานที่มีขนาดช่วงแขนไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) โครงปืนส่วนบนใช้โครงปืนแบบแบนเรียบ ไม่มีด้ามหิ้วแต่มีฐานกล้องอเนกประสงค์ (Picatinny rail)
สามารถติดตั้งกล้องเล็งและอุปกรณ์ช่วยเล็งได้หลายแบบ รวมทั้งมีศูนย์หลังสำรอง (Backup iron Sight) ไว้ใช้งานในกรณีที่ไม่ใช้กล้องเล็ง

4) ใช้ประกับรองมือชนิดพิเศษสามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มต่าง ๆ เข้าไปได้เช่น ชุดเลเซอร์เป้า ชุดด้ามปืนหน้า

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลทางเทคนิคของปืนเล็กสั้นเอ็ม4 เอ1

หัวข้อ	รายละเอียด
ขนาดกว้างปากลำกล้อง	5.56 มิลลิเมตร
ความยาวของลำกล้อง (ไม่รวมปลอกลดแสง)	370 มิลลิเมตร
ความยาวของปืนทั้งกระบอก (เลื่อนพานท้ายเข้า)	760 มิลลิเมตร
ความยาวของปืนทั้งกระบอก (ยืดพานท้ายออก)	840 มิลลิเมตร
น้ำหนักปืนทั้งกระบอก (รวมซองกระสุนบรรจุ 20 นัด)	2.68 กิโลกรัม
เกลียวลำกล้อง	6 เกลียวเวียนขวา ครบรอบที่ระยะ 178 มิลลิเมตร
แบบการทำงาน	ด้วยแก๊ส
ความเร็วต้น	884 เมตร/วินาที
อัตราเร็วในการยิง	700 – 900 นัด/นาที
ระยะยิงไกลสุดประมาณ	- เมตร
ระยะยิงหวังผลประมาณ	500 เมตร
เครื่องป้อนกระสุน ซองบรรจุกระสุน	20, 30 นัด
กระสุนขนาด (M855, SS109)	5.56 x 45 มิลลิเมตร
ประเทศผู้ผลิต	อเมริกา

2.10 จุดอันตรายที่สำคัญในร่างกายของคนเรา

สามารถแบ่งแยกได้ดังนี้

2.10.1 ด้านหน้า

1) หน้าผาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จมูก
3) ริมฝีปาก
4) ขากรรไกร
5) ขมับ
6) ลูกคาง
7) ลูกกระเดือก
8) เส้นโลหิตใหญ่ที่คอ
9) ลิ้นปี่
10) หัวไหล่ กระดูกไหปลาร้า
11) ข้อศอก
12) ข้อมือ
13) นิ้วมือ
14) ซี่โครง โดยเฉลี่ยซี่ที่12
15) หน้าท้อง
16) หัวเหน่า
17) อัณฑะ
18) หัวเข่า
19) ข้อเท้า
20) นิ้วเท้า

2.10.2 ด้านหลัง

1) ท้ายทอย
2) กระดูกคอ
3) กระดูกสันหลัง
4) กระดูกสะบ้า
5) กระดูกเชิงกราน

2.10.3 จุดอันตรายที่สำคัญอื่นๆ

1) กระหม่อม ตั้งอยู่กลางศีรษะ เป็นศูนย์กลางของมันสมอง ถ้าหากถูกทุบทำให้สมองกระเทือน อาจถึงตายทันที เป็นจุดอันตรายแห่งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โคนดั้งจมูก ถูกชกต่อยเบาๆทำให้เลือดกำเดาไหลออกมา ถ้าขนาดหนักถึงกับสลบไม่ได้สติเป็นจุดอันตรายแห่งหนึ่ง
3) ขมับ ขมับทั้งสองข้างทั้งซ้ายและขวา เป็นแห่งที่มีเส้นปราสาทแผ่กระจายหนาแน่น ถ้าหากถูกชกต่อย มันสมองมีปฏิกิริยารุนแรงเส้นประสาททั้งหลายสับสน สิ้นสติล้มลงเป็นแห่งที่ถูกชกต่อยโดยไม่ตั้งใจได้ง่าย
4) กลางริมฝีปากบน ถ้าถูกชกต้องแห่งนี้เส้นประสาทโลหิตแดงของใบหน้า โพรงจมูกบนและเส้นประสาทสามง่ามล้วนแต่สับสน ทำให้การหายใจอึดอัดลำบาก คือแห่งสำคัญแห่งหนึ่ง
5) มุมขากรรไกรล่าง 2 ข้าง ซ้าย/ขวา มีเส้นประสาทหนาแน่น ถ้าถูกจี้ทำให้สลบเหมือดทันทีเป็นจุดเส้นแห่งหนึ่ง
6) ปลายกระโดงคาง ถ้าถูกชกเจ็บปวดสุดจะทนทาน ขนาดหนักทำให้กระดูกคางแตกหัก หรือขากรรไกรล่างหลุดจากเบ้า เป็นบริเวณที่อ่อนแอที่สุด และถูกชกต่อยได้ง่ายที่สุดของส่วนศีรษะ
7) ลูกกระเดือก คือทางผ่านของอากาศที่หายใจ ถ้าถูกคว้าจับหรือชกต่อย ทำให้รู้สึกหายใจลำบาก หรือหายใจไม่ออกถึงตายได้
8) หลอดลม ตั้งอยู่ต่ำกว่าลูกกระเดือกลงมาถ้าถูกบีบหรือชกต่อยทำให้หายใจไม่ออก เป็นบริเวณที่สำคัญ
9) กระดูกไหปลาร้า อยู่ภายในแอ่งบนบ่า มีเส้นประสาทหนาแน่นหากถูกชกต่อยทำให้กระดูกไหปลาร้าหักขาดง่าย ถ้าถูกคว้าจับทำให้ร่างกายเหมือนถูกไฟฟ้าดูดอ่อนเปียกหมดกำลังลงทันทียืนงงแข็งที่อเหมือนไก่ตาแตก แม้ว่าจิตใจยังมีสติแต่เรี่ยวแรงไม่เหมือนใจปรารถนาเสียแล้ว
10) ขั้วหัวใจ อยู่ที่ปลายกระดูกสันซี่โครงข้างซ้ายเป็นทางผ่านของโลหิตดำ ถ้าถูกจี้หรือชกต่อยทำให้หัวใจสั่นสะเทือนหายใจไม่ออก ถึงกับจุกแน่นสลบลง
11) สีข้างหรือชายกระดูกซี่โครง ทั้งสองข้างซ้าย/ขวา ถ้าถูกชกเส้นประสาทสั่นสะเทือนโลหิตแล่นเปลี่ยนย้อนกลับ ทำให้จุกหายใจไม่ออกล้มลง
12) ท้อง คือบริเวณใกล้เคียงรูสะดือเป็นศูนย์กลาง ข้างบนเป็นไส้ขวาง ข้างล่างเป็นกระเพาะปัสสาวะกับไส้อ่อน สองข้างซ้ายเป็นตับกับม้าม กระเพาะอาหาร เหล่านี้ล้วนเป็นแต่อวัยวะสำคัญ ถ้าถูกชกอวัยวะภายในเป็นอันตรายมีโลหิตไหลตกภายในขนาดหนัก ทำให้ถึงตายเป็นจุดเส้นสำคัญแห่งหนึ่ง
13) ฝีเย็บ คือบริเวณที่อยู่ระหว่างกลางโคนขาทั้งสองข้าง บริเวณใกล้เคียงกับอวัยวะเพศของชาย/หญิง เป็นที่ตั้งของระบบเส้นประสาทกลางลำตัว ที่ถือว่าเป็นแห่งสำคัญร้ายแรงของลำตัวท่อนล่างเป็นบริเวณที่ต้องป้องกันไม่ให้โดนชก ต่อยหรือเตะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14) สันหน้าแข้ง ถ้าถูกชกหรือเตะเจ็บปวดสุดที่จะทนทานได้ เนื่องจากแห่งนี้มีหนังหุ้มอยู่บางและอ่อนแอยิ่งนัก

15) กระดูกตาตุ่ม บริเวณที่เป็นข้อเท้า ถ้าถูกเตะชกต่อยทำให้เคลื่อนไหวเดินไม่สะดวกและเจ็บปวดยิ่งนัก

16) ท้ายทอย เป็นจุดเส้นสำคัญแห่งหนึ่ง ถ้าถูกชกตามธรรมดาทำให้สมองสั่นสะเทือนยากที่จะรักษาให้หายขนาดเบาทำให้มือเท้าเป็นอัมพาตทำให้พิการกลายเป็นใบ้ได้เป็นบริเวณที่สำคัญมากที่สุด

17) หนอกกระดูกหลัง ตั้งอยู่กลางหลังตรงที่นูน คือระหว่างกระดูกบ่าไหล่ทั้งสองข้างถ้าถูกชกทำให้มันสมองกับปอดอักเสบ อาจเป็นอันตรายถึงตาย

18) ชายกระเบนเหน็บ กลางเอวด้านหลังคือระบบเส้นประสาทกลางลำตัวเป็นแห่งที่อ่อนแอถึงกระดูกสันหลังเพียงแต่จี้ถูกอาจจะทำให้ถึงตายได้ทันที

19) ไต เป็นอวัยวะสำคัญที่กลั่นกรองปัสสาวะถ้าถูกทำร้ายจะอ่อนเปียกหมดเรี่ยวแรงตลอดทั้งร่าง

20) กระดูกก้นกบ คือปลายสุดของกระดูกสันหลังตอบล่างเป็นระบบเส้นประสาทตอนปลายของลำตัวส่วนกลางอยู่เหนือทวารหนัก ถ้าหากถูกทำร้ายมีผลสะท้อนทำให้สมองกระทบกระเทือนถึงกันสลบลง ดังเช่นทำให้ลำไส้ใหญ่ ลำไส้อ่อนเป็นอันตราย น้ำปัสสาวะไหลเรี่ยราดออกมา ยากยิ่งที่จะเยียวยารักษาไว้ได้

21) ขาพับ อยู่ข้างหลังหัวเข่าเป็นแหล่งสำคัญที่รักษารางกายให้ตั้งยืนตรงหากถูกเตะหรือถีบการเคลื่อนไหวย่อมลำบากทันทีถ้าขาพับในหรือข้างหลังกระดูกหัวเข่าถูกเตะหรือถีบจะรู้สึกเหมือนถูกไฟฟ้าดูดตลอกร่าง ที่ขนาดหนักถึงกับสลบ

22) ท้องน่อง คือกล้ามเนื้อที่อยู่ข้างหลังขาถ้าถูกเตะทำให่อ่อนเปียกหมดเรี่ยวแรงลงตลอดร่างและเจ็บปวดสุดที่จะทนทาน

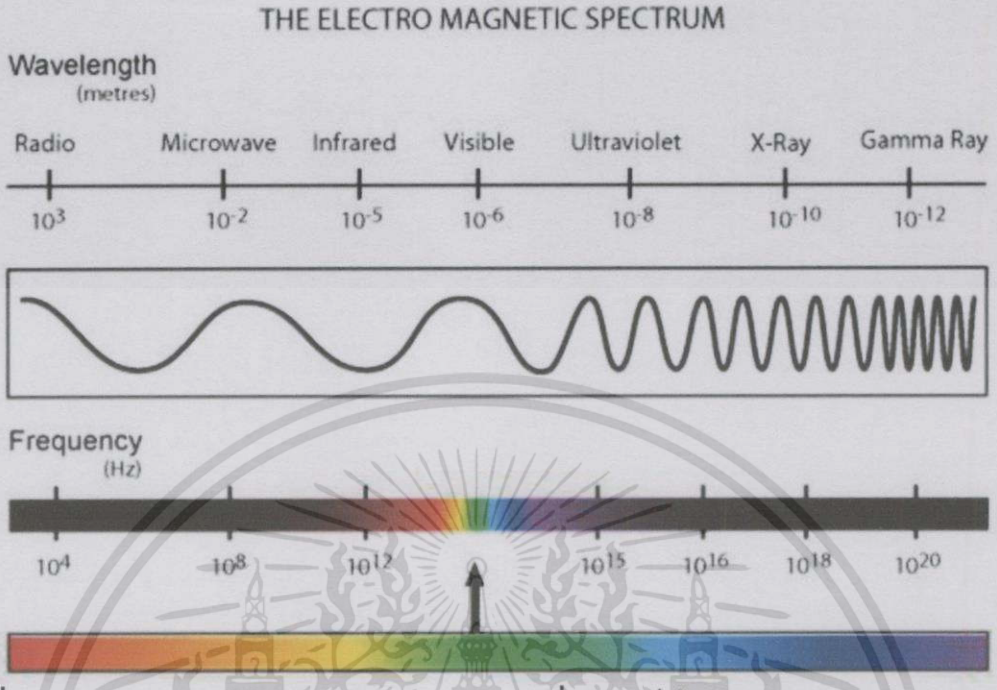
23) เส้นเท้า แห่งนี้คือแห่งที่เรียกว่าเอ็นร้อยหวาย ถ้าถูกเตะต่อยทำให้คนอ่อนเปียกมึนชาตลอดร่างได้เหมือนกัน

2.11 รังสีอินฟราเรด(Infrared)

2.11.1 ความหมายของรังสีอินฟาเรด

รังสีอินฟราเรด หรือ รังสีใต้แดงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความถี่อยู่ระหว่าง 1011 - 1014 Hz และมีความยาวคลื่นระหว่าง 0.75 ไมโครเมตรถึง 1000 ไมโครเมตร สสารที่มีอุณหภูมิมากกว่า 0 องศาเคลวิน จะปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมากจากตัวมันเองเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงแถบสเปคตรัม (Spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ เรียงตามขนาดความยาวคลื่น

จากรูปแสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ จะเห็นได้ว่ารังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นที่มากกว่าแสงที่ตามองเห็นที่ยาวที่สุด ซึ่งก็คือสีแดงด้วยเหตุนี้เองจึงเรียกรังสีชนิดนี้ว่า รังสีอินฟราเรดหรือ รังสีใต้แดง

รังสีอินฟราเรดสามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นได้เป็น 3 ช่วงคือ

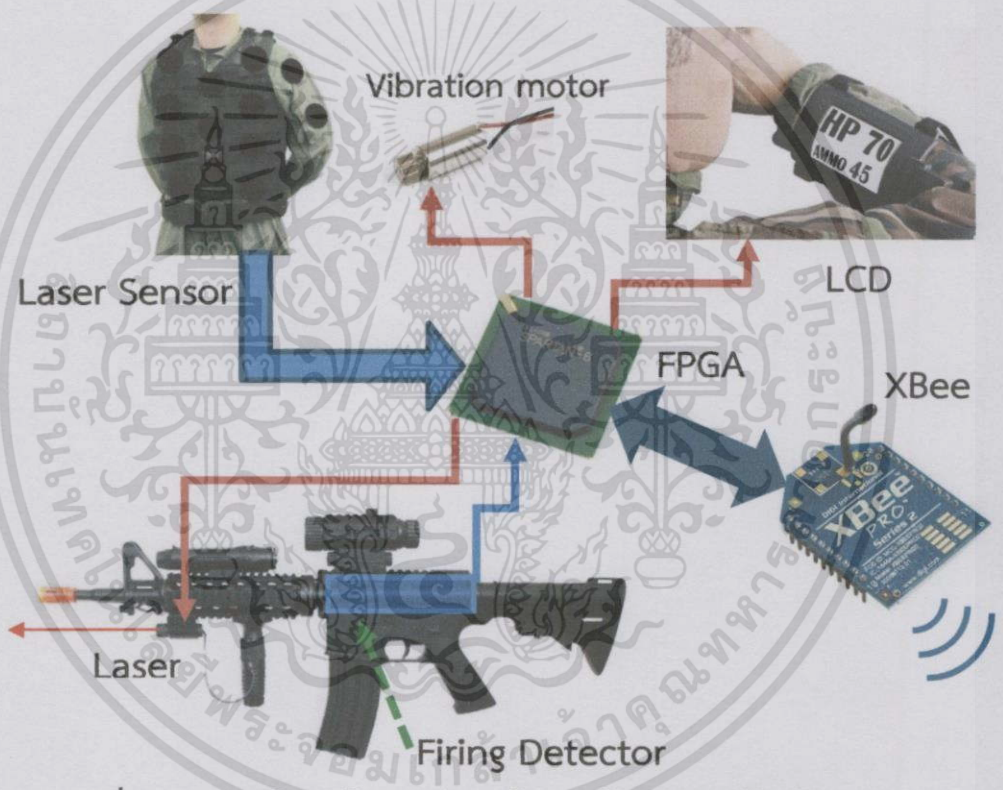
1) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (NIR) ช่วงคลื่นสั้นของรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมโครเมตรจนถึง 1.5 ไมโครเมตร รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่น สั้นมักจะประยุกต์ใช้ในงานถ่ายภาพความร้อน
2) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นกลาง(MIR) ช่วงคลื่นกลางของรังสี อินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 1.5ไมโครเมตรจนถึง 5.6 ไมโครเมตร อินฟราเรดระยะกลางมักประยุกต์ใช้กับระบบนำวิถีของจรวด Missile
3) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นยาว(FIR) ช่วงคลื่นยาวของรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 5.6 ไมโครเมตรขึ้นไป รังสีประเภทนี้เป็นช่วงคลื่นยาวจึงมีพลังงานความร้อน ไม่มากนักจึงนิยมใช้ในการบำบัดผู้ป่วย เช่น อาการปวดเมื่อยเรื้อรัง และผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิต รวมถึงการควบคุมน้ำหนัก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ภาพรวมของระบบ

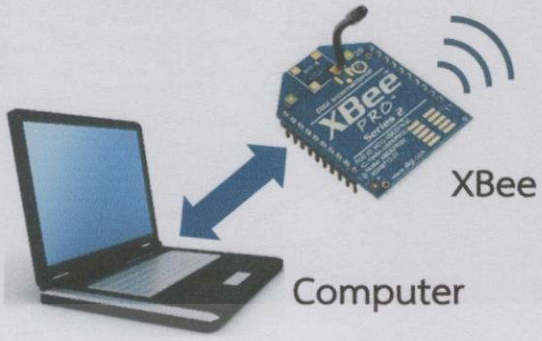
ระบบฝึกซ้อมยิงปืนโดยใช้การระบุตัวตนด้วยเลเซอร์จะประกอบไปด้วยระบบใหญ่ๆสองส่วน คือ ส่วนของผู้ฝึกซ้อม และส่วนของผู้ดูและระบบ



รูปที่ 3.1 รูปแบบโครงสร้างการทำงานโดยรวมในส่วนของผู้ฝึกซ้อม

ในส่วนของผู้ฝึกซ้อมนั้นจะประกอบไปด้วยตัวปืน ซึ่งมีโมดูลเลเซอร์ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณแสงไปกระทบเป้าหมายติดตั้งอยู่ อีกทั้งยังมีการติดตั้งกลไกที่ทำหน้าที่ตรวจจับการทำงานของปืนเมื่อมีการยิง เพื่อใช้ควบคุมจังหวะในการส่งสัญญาณของเลเซอร์ และในส่วนของผู้ฝึกซ้อมนี้ยังมีชุดเกราะที่ติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณแสงเลเซอร์จากผู้ฝึกซ้อมคนอื่น อีกทั้งยังมีอุปกรณ์แสดงผลที่เป็นจอ LCD ขนาดเล็ก ที่ติดตั้งอยู่ที่แขนของผู้ฝึกซ้อมเพื่อแสดงสถานะต่างๆ และ Vibration Motor สำหรับการเตือนผู้ฝึกซ้อมให้ทราบถึงบางสถานะ การทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด จะถูกควบคุมโดย FPGA ที่ฝังอยู่ในชุดเกราะ และติดต่อสื่อสารข้อมูลกับส่วนของผู้ดูแลระบบแบบไร้สายโดย X-BEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 รูปแบบโครงสร้างการทำงานโดยรวมในส่วนของผู้ดูแลระบบ

ในส่วนของผู้ดูแลระบบนั้น จะสามารถสร้างการฝึกซ้อม ตั้งค่า และควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการณ์ Windows และติดต่อกับผู้ฝึกซ้อมแบบไร้สายด้วย X-BEE

3.2 การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์

3.2.1 อาวุธปืน

ผู้ใช้งานทุกคนจำเป็นต้องมีอาวุธปืนประจำตัวเพื่อทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสงไปกระทบยังเป้าหมาย โดยในปืนแต่ละกระบอกจะถูกติดตั้งอุปกรณ์ไว้ดังนี้

1) Firing Detector ทำหน้าที่ตรวจจับกลไกการยิงภายในตัวปืน เพื่อเป็นสัญญาณควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณแสงเลเซอร์
2) Laser ทำหน้าที่ส่งสัญญาณแสงซึ่งประกอบด้วยหมายเลขประจำทีม(Team_ID) หมายเลขประจำตัวผู้ใช้(User_ID) และหมายเลขประจำปืน(Gun_ID) ไปยังเป้าหมายเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป รูปแบบของข้อมูลที่ส่งออกเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.1 รูปแบบของข้อมูลที่ส่ง

User_ID	Gun_ID

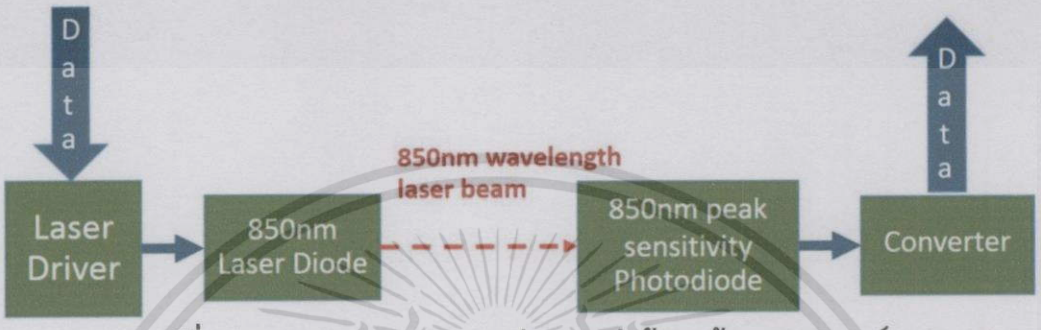
- User_ID คือหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้ มีขนาด 8 บิต
- Gun_ID คือหมายเลขประจำปืน มีขนาด 8 บิต

อุปกรณ์ทั้งหมดบนตัวปืนนั้นควบคุมการทำงานโดยFPGAที่อยู่บนชุดเกราะ ผ่านสายสัญญาณที่เชื่อมต่ออยู่ระหว่างปืนกับชุดเกราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Laser

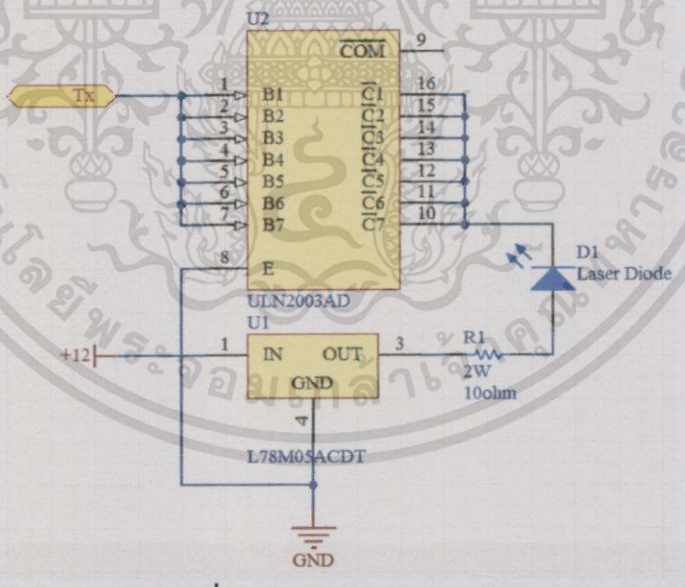
ส่วนของเลเซอร์นั้นจะประกอบไปด้วย Laser diode และ Laser driver โดยมีภาพรวมการทำงานดังภาพ



รูปที่ 3.3 Block diagram ของส่วนการส่งข้อมูลด้วยแสงเลเซอร์

1) Laser driver มีหน้าที่ควบคุมการปิดเปิดของLaser diodeเพื่อส่งข้อมูลออกไป โดยมีวงจรดังภาพ

2)



รูปที่ 3.4 วงจร Laser driver

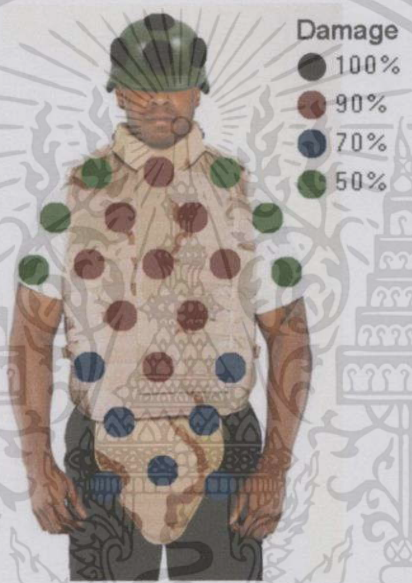
3) Laser diode เป็นเลเซอร์ย่านอินฟราเรดกำลังส่ง 1W มีเลนส์เพื่อทำให้เป็นลำแสงขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ชุดเกราะ

ชุดเกราะเป็นอุปกรณ์ติดตัวผู้ใช้ที่สำคัญอกชิ้นหนึ่ง เพราะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณแสงที่ส่งมา อีกทั้งยังเป็นศูนย์กลางในการประมวลผลและติดต่อสื่อสารประจำตัวผู้เล่นนั้นๆ และมีหน้าที่ป้องกันอันตราย โดยในชุดเกราะแต่ละตัวจะถูกติดตั้งอุปกรณ์ไว้ดังนี้

1) Laser sensor ทำหน้าที่ในการตรวจจับและรับข้อมูลจากแสงเลเซอร์ที่ถูกส่งมากระทบ เพื่อส่งเข้าไปประมวลผลยังFPGA โดยใน Zone mode หากโดนยิงในแต่ละจุดจะมีความรุนแรงไม่เท่ากันซึ่งจะถูกแบ่งไว้ดังภาพ



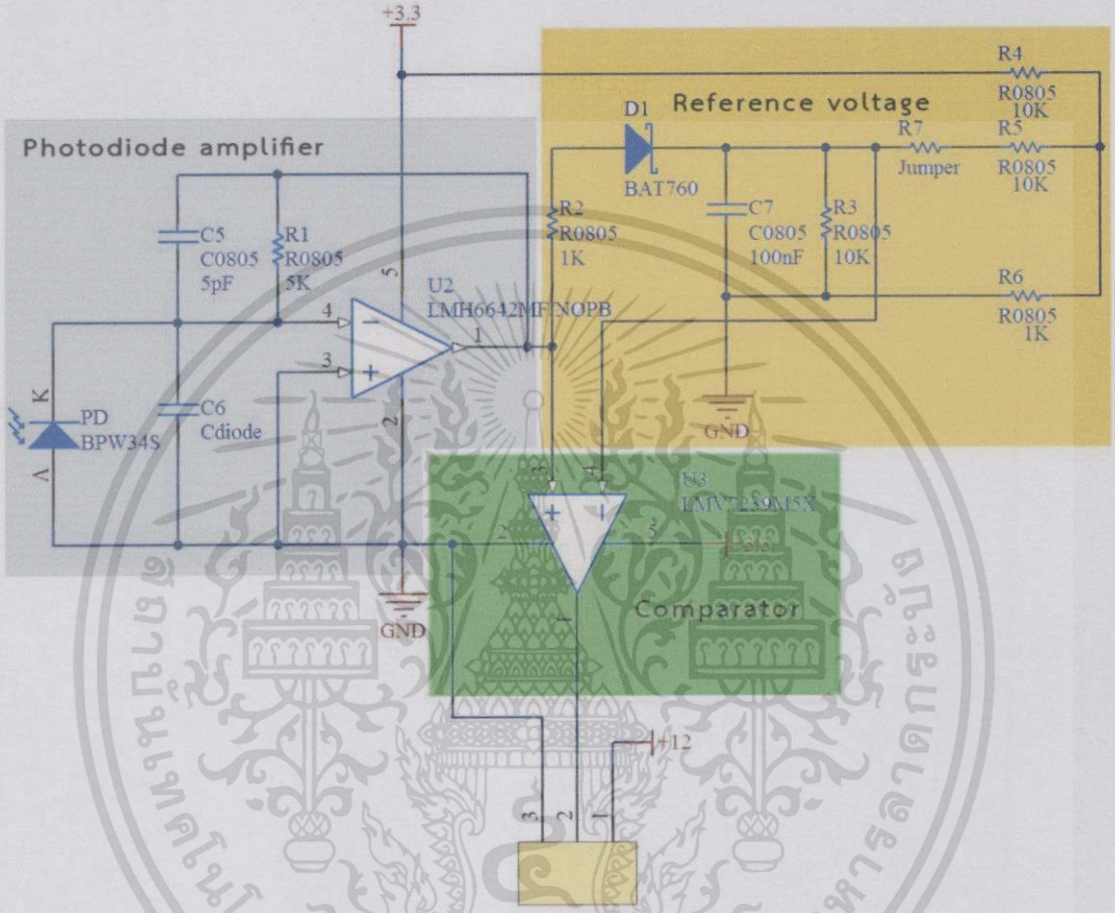
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการจัดวางเซนเซอร์บนร่างกายมนุษย์

2) LCD ทำหน้าที่แสดงผลค่าสถานะต่างๆของผู้ใช้ในขณะนั้น เช่น ค่าพลังชีวิต(HP) กระสุนปืน (Ammo) เป็นต้น
3) Vibration motor ทำหน้าที่แจ้งเตือนผู้เล่นถึงสภาวะต่างๆเช่น ถูกยิง หรือกระสุนหมด
4) XBee ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อระหว่างFPGAบนชุดเกราะกับคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย
5) FPGA ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลอุปกรณ์ทั้งหมดบนชุดเกราะ ติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางโมดูลXBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Laser senser

Laser senser เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบ ให้กลายเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยมีการออกแบบวงจรไว้ดังภาพ



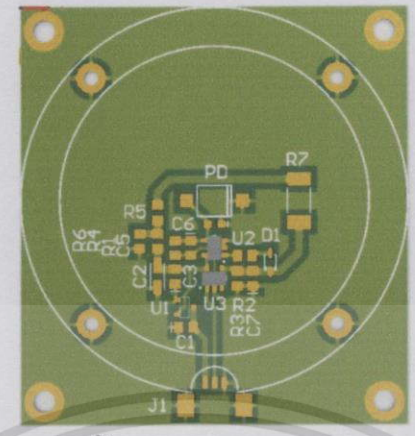
รูปที่ 3.6 วงจรของ Laser senser

วงจรของ Laser senser จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) Photodiode amplifier ที่หน้าที่แปลงกระแสที่ไหลผ่านPhotodiodeให้กลายเป็นแรงดันไฟฟ้า
2) Reference voltage ทำหน้าที่สร้างระดับแรงดันอ้างอิง โดยจะมีขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยของระดับแรงดันของสัญญาณจากPhotodiode amplifier
3) Comparator ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากPhotodiode amplifier และ Reference voltage ให้กลายเป็นระดับสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปใช้ประมวลผลต่อไป

วงจรLaser senserที่ออกแบบมานั้น จะถูกนำไปสร้างPCBแบบหน้าเดียวเพื่อนำไปติดกับชุดเกราะในบริเวณที่ต้องการ และต่อสายสัญญาณไปยังส่วนประมวลผล ซึ่งPCBที่ออกแบบมาจากวงจรดังกล่าวจะเป็นดังภาพ

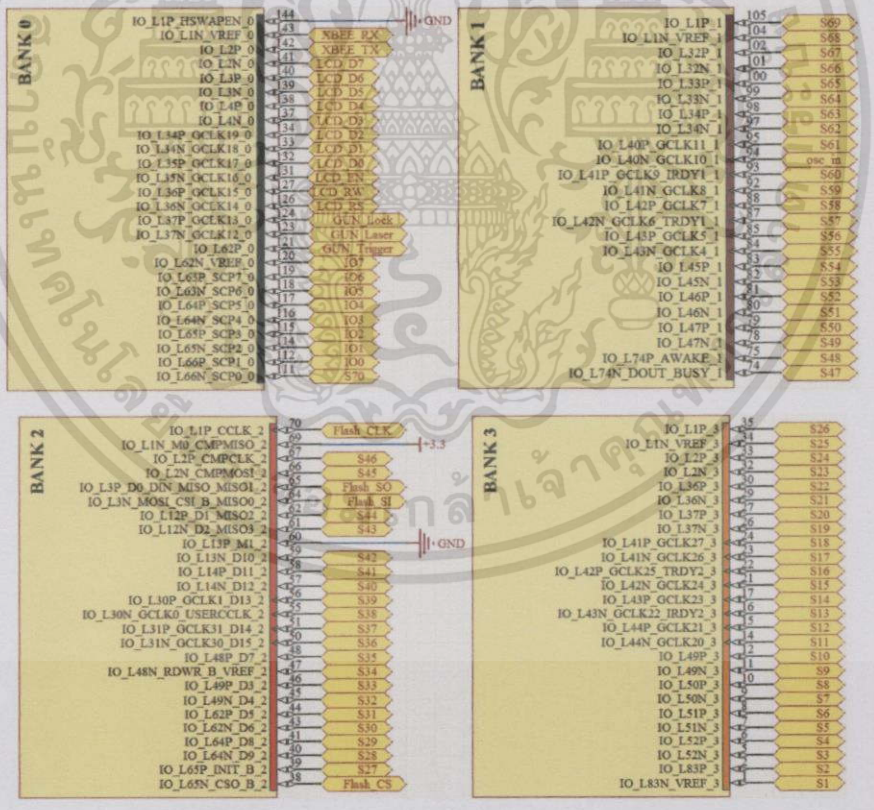
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 PCB ด้าน Top layer ของ Laser senser

3.2.5 FPGA

ในส่วนของหน่วยประมวลผลฝั่งของผู้ฝึกซ้อม ระบบนี้ได้เลือกใช้ FPGA Spartan-6 จาก Xilinx เบอร์ XC6SLX9 ในแพ็กเกจ TQ144 ซึ่งได้จัดสรร I/O ดังนี้

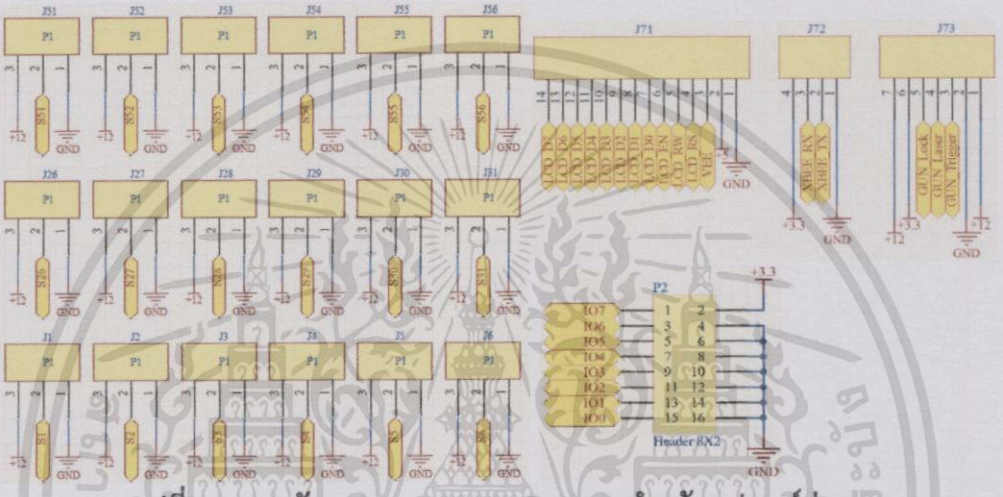


รูปที่ 3.8 การจัดสรร Input และ Output ของ FPGA

ในส่วนของวงจรสำหรับ FPGA ได้จัดสรร I/O ไว้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆไว้ดังนี้

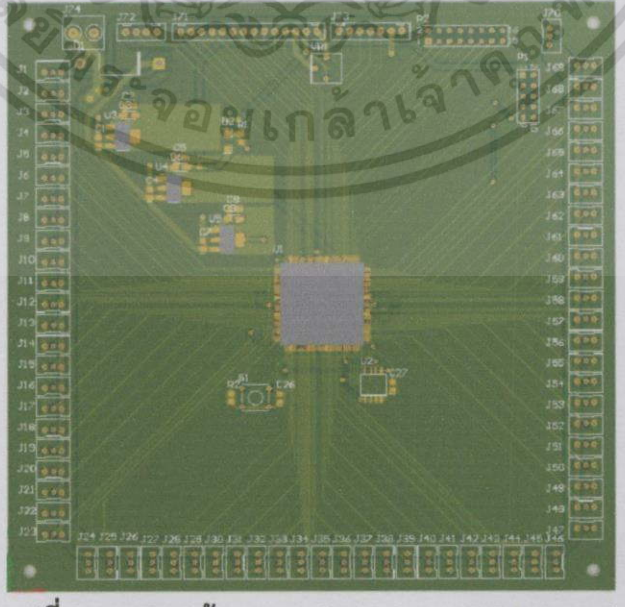
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Laser senser จำนวน 70 Pin
2) LCD จำนวน 11 Pin
3) อุปกรณ์บนปืนจำนวน 3 Pin
4) X-BEE จำนวน 2 Pin
5) I/O อิสระจำนวน 8 Pin



รูปที่ 3.9 การจัดสรร Input และ Output สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ

วงจรFPGAที่ออกแบบมานั้น จะถูกนำไปสร้างPCBแบบสองหน้าเพื่อนำไปฝังไว้ในชุดเกราะ และต่อสายสัญญาณกับอัปกรณ์อื่นๆ ซึ่งPCBที่ออกแบบมาจากวงจรดังกล่าวจะเป็นดังภาพ



รูปที่ 3.10 PCB ด้าน Top layer ของ FPGA Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

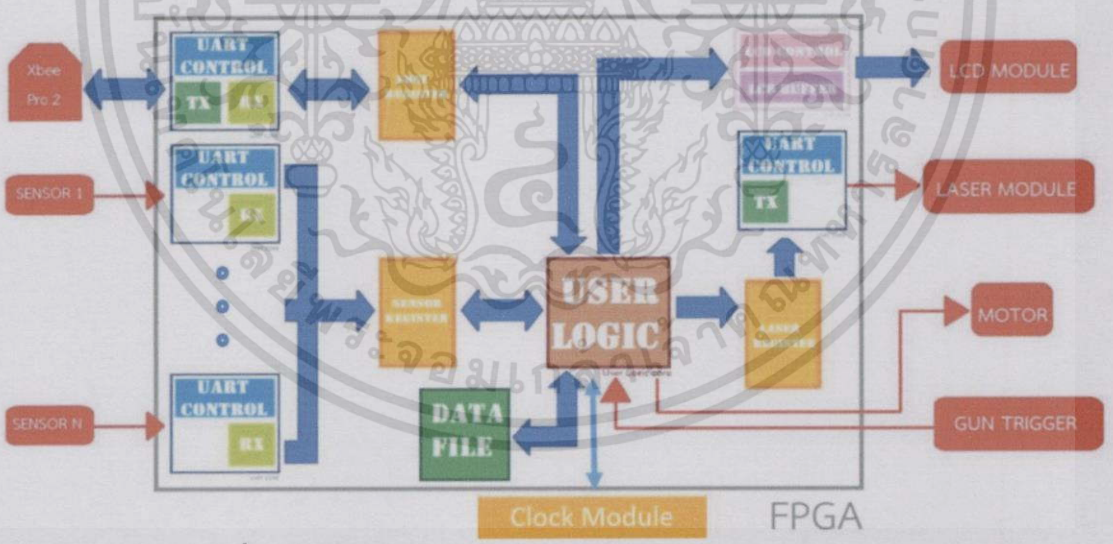
3.2.6 คอมพิวเตอร์

ระบบซ้อมยิงนี้จำเป็นต้องมีคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลส่วนกลาง เก็บข้อมูลรายงานผล และติดต่อกับผู้ใช้ โดยผู้ใช้ทุกคนในระบบจะติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านดูลXBeeที่เชื่อมต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์เครื่องนี้ เพื่อส่งข้อมูลที่เป็นเหตุการณ์ในขณะนั้นมาให้คอมพิวเตอร์ประมวลและรายงานผล อีกทั้งยังมีหน้าที่ส่งข้อมูลที่จำเป็นไปยังผู้เล่นเพื่อให้ระบบบนตัวผู้เล่นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และสอดคล้องกันทั้งระบบ

3.3 การออกแบบส่วนการเชื่อมต่ออุปกรณ์

3.3.1 ภาพรวมการทำงาน

การทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผลในฝั่งผู้เล่นจะมีการทำงานแบบขนาน (Parallel Processing) โดยมีการออกแบบวงจรดิจิตอลบน FPGA (Field Programmable Gate Array) ด้วยภาษา VHDL (Very-high speed integrate circuit Hardware Description Language) ซึ่งจะช่วยให้สามารถควบคุมและประมวลผลการทำงานได้เร็วขึ้น ทั้งนี้จะแยกการทำงานออกเป็นส่วนๆดังภาพ

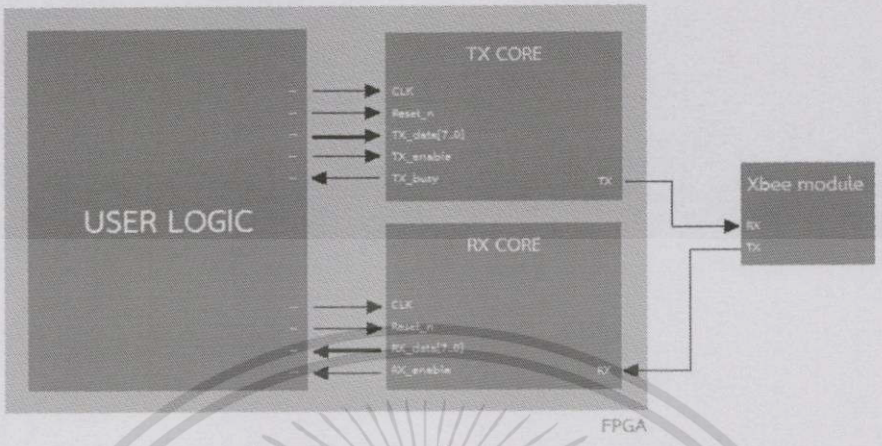


รูปที่ 3.11 ภาพรวมการทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผล

3.3.2 ส่วนการสื่อสารสำหรับ UART (UART CORE)

ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Xbee และการส่งข้อมูลที่ใช้ระบุตัวตนผ่านเลเซอร์โมดูล (Laser Module) ซึ่งผู้เล่นอีกฝ่ายที่ถูกยิงจะรับข้อมูลที่ใช้ระบุตัวตนเพื่อนำไปประมวลผล โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน

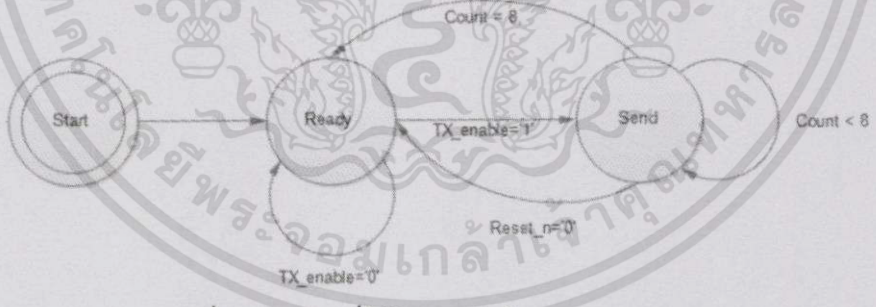
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ส่วนการสื่อสารสำหรับ UART

3.3.2.1 ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล (TX CORE)

จะมีการทำงานคล้ายกับวงจรชิฟรีจิสเตอร์ เมื่อ TX_enable มีค่าเป็น 1 วงจรทำการส่งข้อมูลออกไปที่ TX ด้วยอัตราการส่งข้อมูลเท่ากับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับวงจร โดยในระหว่างการส่งข้อมูล TX_busy จะมีค่าเป็น 1 จนกระทั่งทำการส่งข้อมูลครบ 8 บิต ดังสเตทแมชชีน (State Machine)

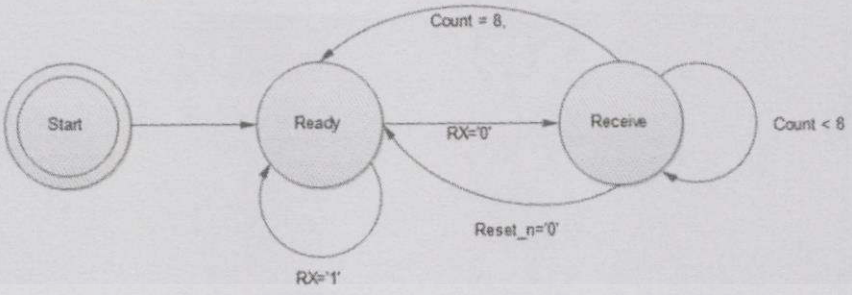


รูปที่ 3.13 ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล (TX CORE)

3.3.2.2 ส่วนที่ใช้ในการรับข้อมูล (RX CORE)

จะมีการทำงานคล้ายกับวงจรชิฟรีจิสเตอร์ เมื่อ RX มีการเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 (Start Bit) วงจรทำการรับข้อมูลจาก RX ด้วยอัตราการรับข้อมูลเท่ากับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับวงจร เมื่อรับข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว RX_enable จะมีค่าเป็น 1 เพื่อให้ส่วนประมวลผลนำไปใช้ต่อไปดังสเตทแมชชีน (State Machine)

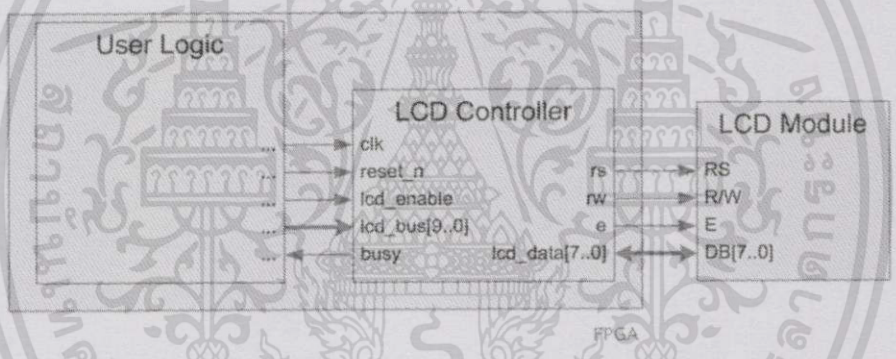
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ส่วนที่ใช้ในการรับข้อมูล (RX CORE)

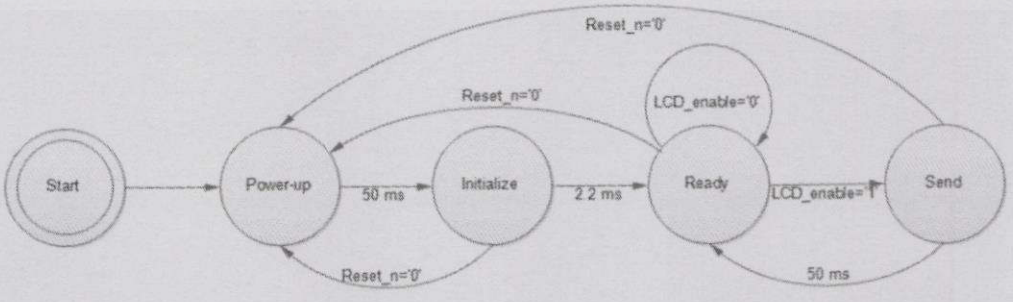
3.3.3 ส่วนควบคุมการแสดงผลด้วย LCD Module

ทำหน้าที่ในการควบคุมการแสดงผลของผู้ฝึกซ้อมแต่ละคนผ่าน LCD Module ประกอบไปด้วย Health point และจำนวนกระสุนปืนที่เหลืออยู่



รูปที่ 3.15 ส่วนควบคุมการแสดงผลด้วย LCD Module

ระบบเริ่มทำงานจะต้องใช้เวลา 50 มิลลิวินาทีเพื่อให้ LCD Module พร้อมทำงาน จากนั้นจะทำการตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อให้พร้อมต่อการแสดงผล เมื่อ LCD_enable มีค่าเป็น 1 จะทำการส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการแสดงผลของ LCD Module ดังสเตทแมชชีน (State Machine)



รูปที่ 3.16 State Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ส่วนประมวลผล (Processing Core)

ทำหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลการระบุตัวตนที่รับเข้ามาจากเซ็นเซอร์ การประมวลผลข้อมูลและควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Xbee การประมวลผลข้อมูลการสถานะทำงานของปืนและควบคุมการส่งข้อมูลที่ใช้ระบุตัวตนด้วยเลเซอร์รวมไปถึงควบคุมการแสดงผลส่วน LCD Module ซึ่งแต่ละส่วนจะทำงานแบบขนาน (Parallel Processing)

3.3.5 รูปแบบของแพ็กเกจที่ใช้ในการสื่อสารผ่าน Xbee

ตารางที่ 3.2 รูปแบบของแพ็กเกจที่ใช้ในการสื่อสารผ่าน Xbee

Start Delimiter	Length	Frame Data	Checksum

ส่วนประกอบต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

1) Start Delimiter เป็นส่วนเริ่มต้นของ API จะใช้ 0X7E เป็นตัวคั่นเพื่อบอกให้รู้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของ API มีขนาด 1 Byte
2) Length คือ จำนวน Byte ของ Frame Data มีขนาด 2 Byte
3) Frame Data คือ คำสั่งและ Data ที่ต้องการส่งหรือที่รับมา Frame Data จะมีรายละเอียดแตกต่างกันไปตาม Frame Type
4) Checksum เป็นตัวที่เอาไว้ตรวจเช็คความถูกต้องของ Data ที่ได้รับมาว่าถูกต้องหรือไม่ มีขนาด 1 Byte

3.3.5.1 Frame Data ของการส่งข้อมูล

ตารางที่ 3.3 Frame Data ของการส่งข้อมูล

Frame Type	Frame ID	Destination Add.	Destination Network Add.	Radius	Option	Data Payload

ส่วนประกอบต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

1) Frame Type : 0x10
2) Frame ID : หมายเลขของเฟรมที่จะส่ง มีขนาด 1 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Destination Address : มีขนาด 8 ไบต์
4) Destination Network Address : มีขนาด 2 ไบต์
5) Radius : จำนวนHopsสูงสุดที่สามารถบอร์ดแคสได้ถ้าเป็น 0x00 จะใช้ค่าสูงสุดมีขนาด1ไบต์
6) Option : คุณสมบัติของการส่งข้อมูล มีขนาด 1 ไบต์
7) Data Payload: ข้อมูลที่ต้องการส่ง

3.3.5.2 Frame Data ของการรับข้อมูล

ตารางที่ 3.4 Frame Data ของการส่งข้อมูล

Frame Type	Frame ID	Source Add.	Source Network Add.	Receive Option	Receive Data

ส่วนประกอบต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

1) Frame Type : 0x90
2) Frame ID : หมายเลขของเฟรมที่ได้รับ มีขนาด 1 ไบต์
3) Source Address : มีขนาด 8 ไบต์
4) Source Network Address : มีขนาด 2 ไบต์
5) Receive Option : คุณสมบัติของการรับข้อมูล มีขนาด 1 ไบต์
6) Receive Data : ข้อมูลที่ได้รับ

3.3.5.3 รูปแบบของข้อมูลที่จะส่งในส่วนของ Data Payload

ตารางที่ 3.5 รูปแบบของข้อมูลที่จะส่งในของ Data Payload

Command	Data

ส่วนประกอบต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

1) command (1 ไบต์)
   - บิตที่ 1-2 บอกทิศทางการส่ง
     1) 0b00 เป็นการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) 0b01 เป็นการส่งข้อมูลจากส่วนควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมไปยังคอมพิวเตอร์

- บิตที่ 3-8 บอกประเภทของการส่งข้อมูล (Type)

2) Data

- ข้อมูลที่ต้องการส่ง

3.3.6 การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อม

ประกอบด้วยส่วนต่างๆ อันได้แก่

3.3.6.1 การสอบถามสถานะของอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมว่าทำงานอยู่หรือไม่ (SYN)

1) Data Payload:
   - Command : 0x01 (Type มีค่า 0b000001)
   - Data: -
   - ขนาด : 1 ไบต์

3.3.6.2 การอัพเดทโหมดการเล่น

1) Data Payload:
   - Command : 0x02 (Type มีค่า 0b000010)
   - Data : 0x01 (โหมดการเล่นแบบทีม), 0x02 (โหมดการเล่นแบบอิสระ)
   - ขนาด : 2 ไบต์

3.3.6.3 การอัพเดทข้อมูลปืนบนอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อม

1) Data Payload:
   - Command : 0x03 (Type มีค่า 0b000011)
   - Data : Gun_ID (1 ไบต์) + Damage (1 ไบต์)
   - ขนาด : 3 ไบต์

3.3.6.4 การอัพเดทข้อมูลสำหรับผู้เล่นเพื่อใช้ในการประมวลผล

1) Data Payload:
   - Command : 0x04 (Type มีค่า 0b000100)
   - Data : Player_ID (1 ไบต์) + Ammo (1 ไบต์) + Health Point (1 ไบต์)
   - ขนาด : 4 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.5 การส่งข้อมูลเพื่อการเริ่มการฝึกซ้อม

1) Data Payload:
   - Command : 0x05 (Type มีค่า 0b000101)
   - Data : 0x01 (เริ่มการฝึกซ้อม), 0x02 (พักการฝึกซ้อม), 0x03 (หยุดการฝึกซ้อม)
   - ขนาด : 3 ไบต์

3.3.7 การส่งข้อมูลจากส่วนควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมไปยังคอมพิวเตอร์

ประกอบด้วยส่วงต่างๆ อันได้แก่

3.3.7.1 การส่งสถานะของอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลฝั่งผู้ฝึกซ้อมว่าทำงานอยู่หรือไม่ (SYN-ACK)

1) Data Payload:
   - Command : 0x41 (Type มีค่า 0b000001)
   - Data : -
   - ขนาด : 1 ไบต์

3.3.7.2 การส่งข้อมูล Health Point เมื่อผู้เล่นถูกยิง

1) Data Payload:
   - Command : 0x42 (Type มีค่า 0b000010)
   - Data : Health Point (1 ไบต์)
   - ขนาด : 2 ไบต์

3.3.7.3 การส่งข้อมูลจำนวนกระสุนปืนเมื่อผู้เล่นมีกระสุนลดลงตามระยะที่กำหนด

1) Data Payload:
   - Command : 0x43 (Type มีค่า 0b000011)
   - Data : Ammo (1 ไบต์)
   - ขนาด : 2 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

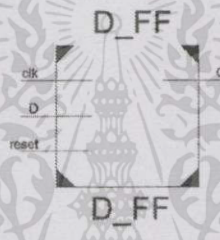
3.3.7.4 การส่งข้อมูลปืนของผู้เล่นเมื่อมีการอัพเดทค่า

1) Data Payload:
   - Command : 0x43 (Type มีค่า 0b000011)
   - Data : Gun_ID (1 ไบต์)
   - ขนาด : 2 ไบต์

3.4 การออกแบบวงจรบน FPGA

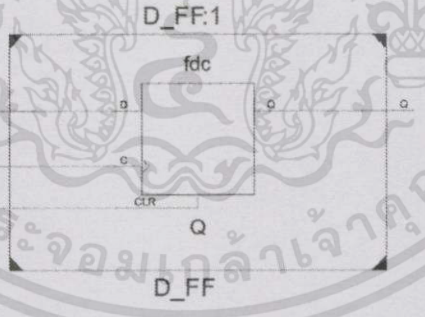
3.4.1 วงจร D – Flip flop with reset

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.17 สัญลักษณ์ของวงจร D – Flip flop with reset

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.18 ภาพรวมของวงจร D – Flip flop with reset

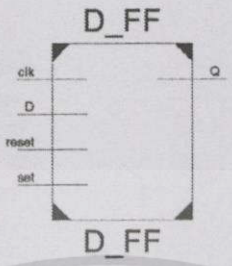
- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : clk, D ,Reset
  - เอาต์พุต : Q
- อธิบายวงจร

วงจรนี้ทำหน้าที่เป็น D-flip flop สำหรับใช้เก็บข้อมูลจำนวน 1 บิต จะทำงานเมื่อสัญญาณนาฬิกาเข้ามาและสามารถเคลียร์ค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

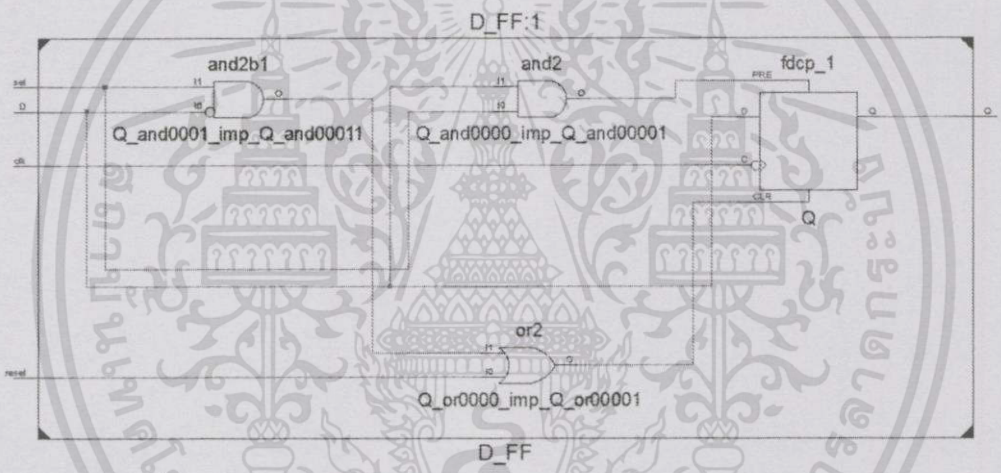
3.4.2 วงจร D – Filp Flop with set and reset

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.19 สัญลักษณ์ของวงจร D – Filp Flop with set and reset

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.20 ภาพรวมของวงจร D – Filp Flop with set and reset

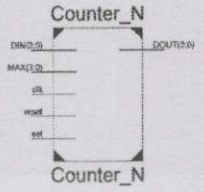
- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : clk, D, Set, Reset
  - เอาต์พุต : Q
- อธิบายวงจร

  วงจรนี้ทำหน้าที่เป็น D-flip flop สำหรับใช้เก็บข้อมูลจำนวน 1 บิต จะทำงานเมื่อสัญญาณนาฬิกาเข้ามารถ สามารถตั้งค่าและเคลียร์ค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

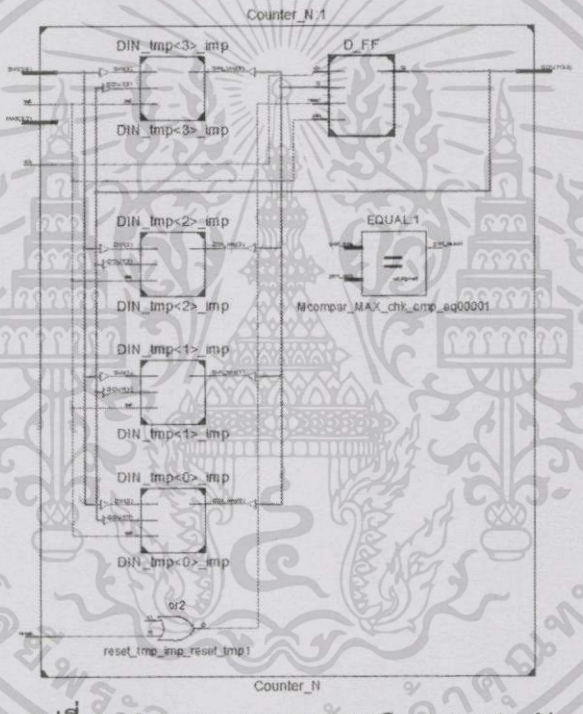
3.4.3 วงจร Counter to N

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.21 สัญลักษณ์ของวงจร Counter to N

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.22 ภาพรวมของวงจร Counter to N

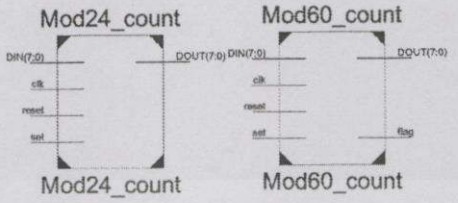
- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : DIN(3:0), MAX(3:0), Set, Reset, clk
  - เอาต์พุต : DOUT(3:0)
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรนับค่าจะทำงานตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้ามา สามารถตั้งค่าเริ่มต้น กำหนดค่าสูงสุดการนับและสามารถเคลียร์ค่าได้ สร้างจากวงจร D – Filp Flop with set and reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

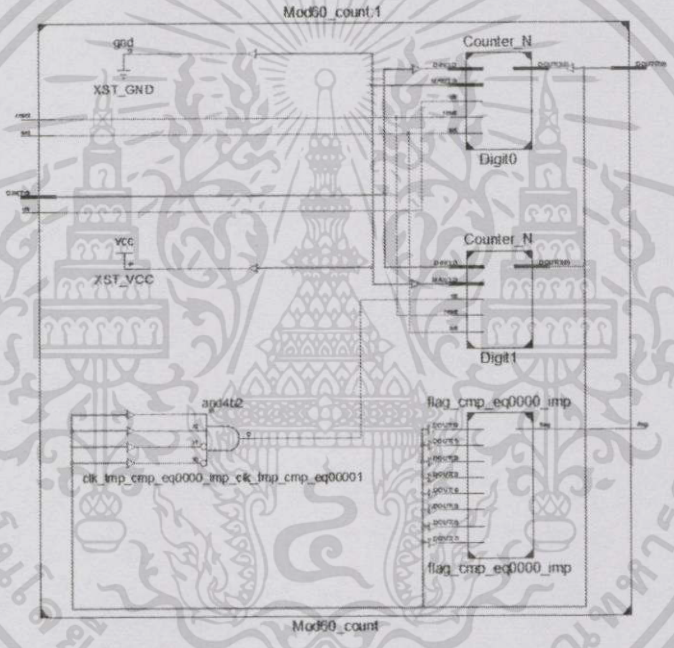
3.4.4 วงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.23 สัญลักษณ์ของวงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.24 ภาพรวมของวงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count

○ อินพุตและเอาต์พุต

- อินพุต : DIN()7:0, clk, Set, Reset
- เอาต์พุต : DOUT(7:0)

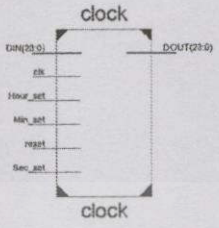
○ อธิบายวงจร

เป็นวงจรนับค่าไปจนถึง 60 หรือ 24 ทำงานตามสัญญาณนาฬิกา สามารถตั้งค่าเริ่มต้นและเคลียร์ค่าได้ สร้างจากวงจร Counter to N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

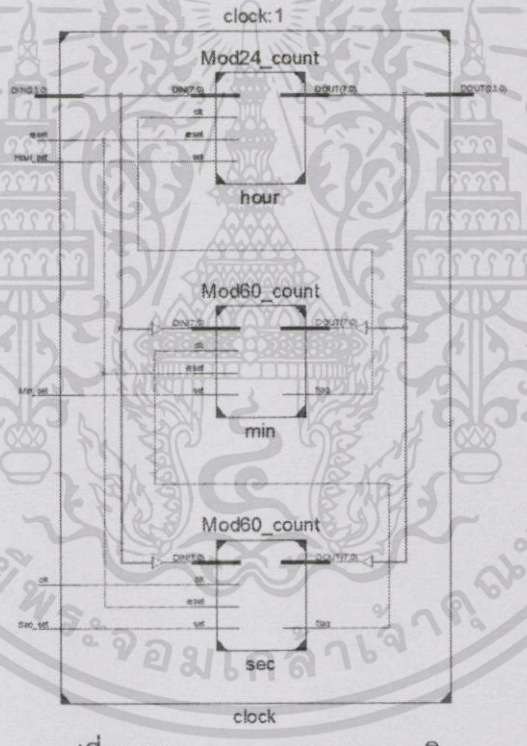
3.4.5 วงจรนาฬิกา

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.25 สัญลักษณ์ของวงจรนาฬิกา

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.26 ภาพรวมของวงจรนาฬิกา

○ อินพุตและเอาต์พุต

- อินพุต : DIN(23:0), Hour_Set, Min_Set, Sec_Set, Set, Reset, clk
- เอาต์พุต : DOUT(23:0)

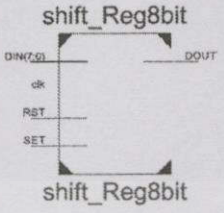
○ อธิบายวงจร

เป็นวงจรนาฬิกาที่สามารถกำหนดค่าเริ่มต้นได้ ทำงานเมื่อมีสัญญาณนาฬิกา สร้างจากวงจร Mod60_count และวงจร Mod24_count

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

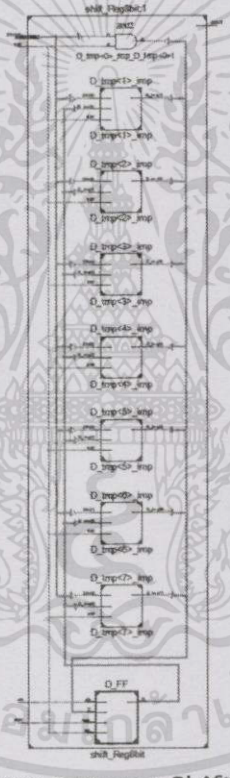
3.4.6 วงจร Shift Register 8bit

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.27 สัญลักษณ์ของวงจร Shift Register 8bit

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.28 ภาพรวมของวงจร Shift Register 8bit

○ อินพุตและเอาต์พุต

- อินพุต : DIN(7:0), Set, Reset, clk
- เอาต์พุต : DOUT

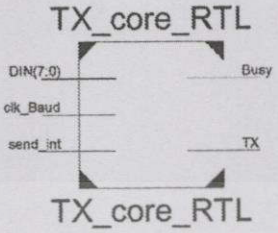
○ อธิบายวงจร

เป็นวงจรเลื่อนข้อมูลจาก LSB ไปยัง MSB ตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้ามา สร้างจากวงจร D – Filp Flop with set and reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

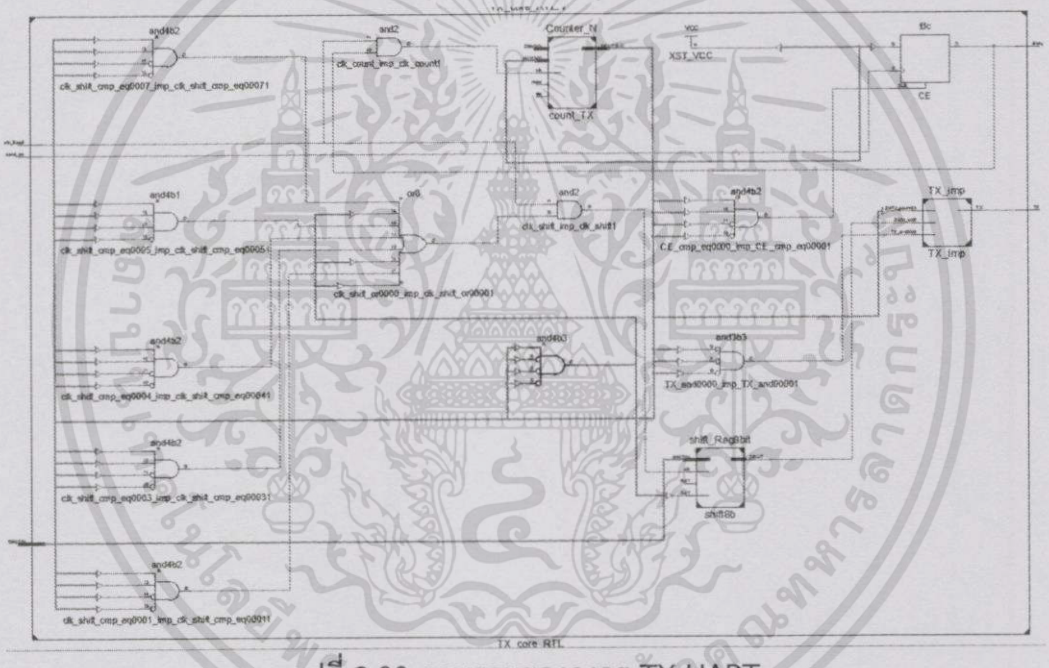
3.4.7 วงจร TX UART

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.29 สัญลักษณ์ของวงจร TX UART

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.30 ภาพรวมของวงจร TX UART

○ อินพุตและเอาต์พุต

- อินพุต : DIN(7:0), Send_int, clk_Baud
- เอาต์พุต : TX, Busy

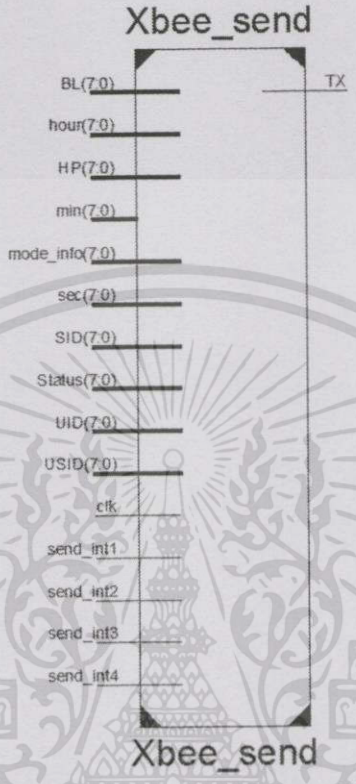
○ อธิบายวงจร

เป็นวงจรที่ใช้ส่งข้อมูลขนาด 8 บิตในรูปแบบของ UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) โดยสร้างจากวงจร Shift Register 8bit และวงจร Counter to N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

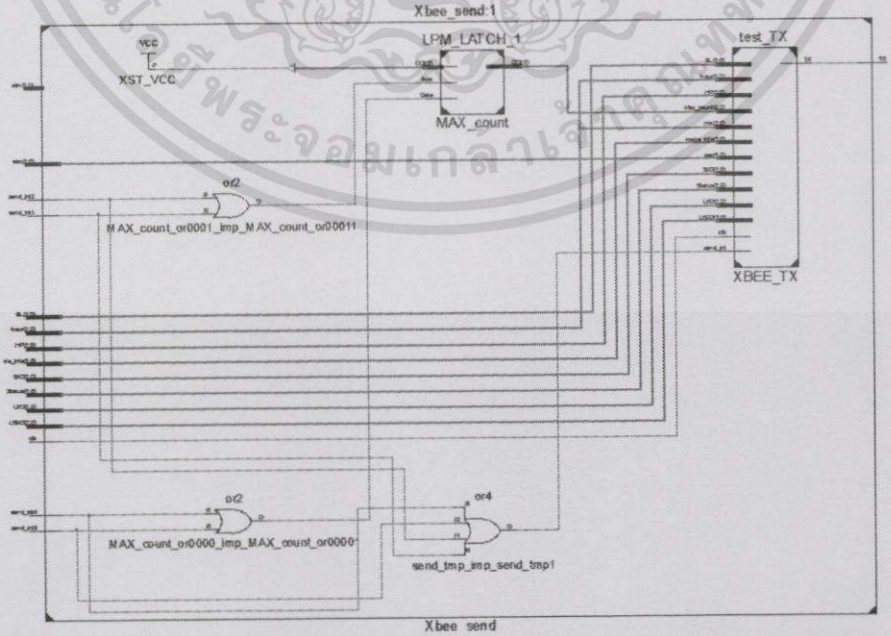
3.4.8 วงจรจัดการการส่งข้อมูลไปยัง Xbee

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.31 สัญลักษณ์ของวงจรจัดการการส่งข้อมูลไปยัง Xbee

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.32 ภาพรวมของวงจรจัดการการส่งข้อมูลไปยัง Xbee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : mode_info(7:0), hour(7:0), min(7:0), sec(7:0), Status(7:0), UID(7:0), HP(7:0), BL(7:0), USID(7:0), SID(7:0), Send_int1, Send_int2, Send_int3, Send_int4, clk
  - เอาต์พุต : TX
- อธิบายวงจร

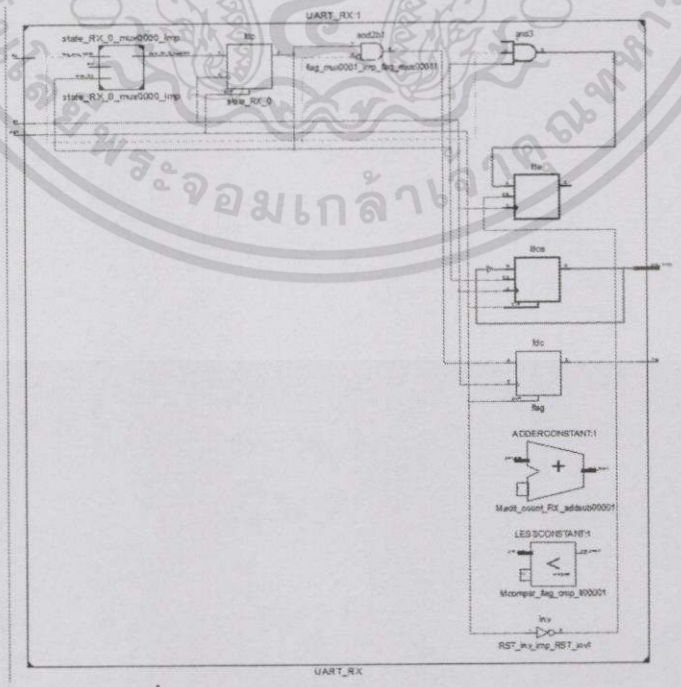
  เป็นวงจรจัดการการส่งข้อมูลต่างๆไปยังคอมพิวเตอร์ ผ่าน Xbee จะทำงานเมื่อมีสัญญาณเข้ามาสั่งการ สร้างจากวงจร TX UART และ วงจร Count to N

3.4.9 วงจร RX UART

- สัญลักษณ์

รูปที่ 3.33 สัญลักษณ์ของวงจร RX UART

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.34 ภาพรวมของวงจร RX UART

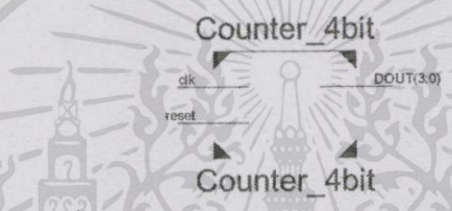
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : RX, Reset, clk
  - เอาต์พุต : DOUT(7:0), flag
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรสำหรับรับข้อมูลจาก Xbee ซึ่งจะทำการส่งสัญญาณเมื่อทำการรับข้อมูลเสร็จสิ้นเพื่อให้นำข้อมูลไปประมวลผลต่อไป

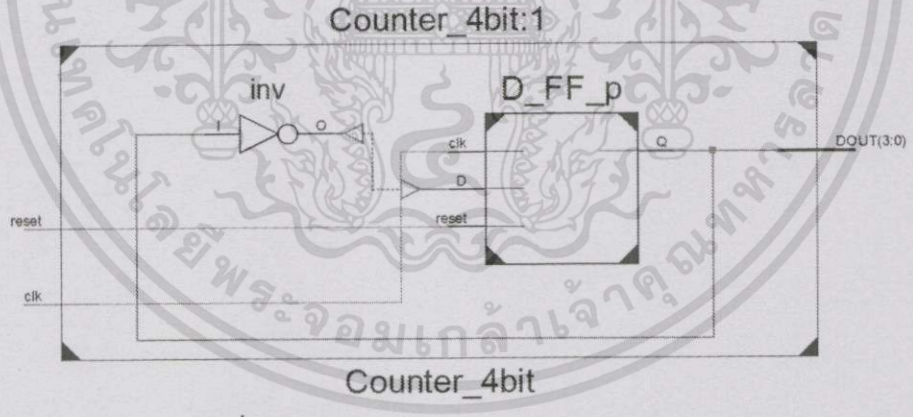
3.4.10 วงจร Counter 4 bit

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.35 สัญลักษณ์ของวงจร Counter 4 bit

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.36 ภาพรวมของวงจร Counter 4 bit

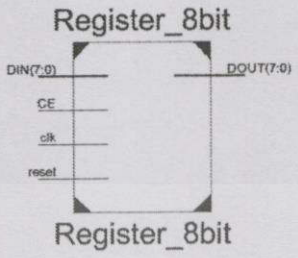
- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : Reset, clk
  - เอาต์พุต : DOUT(3:0)
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรนับค่ามีขนาด 4 บิต ทำงานจามสัญญาณนาฬิกา สามารถเคลียร์ค่าได้ สร้างจากวงจรวงจร D – Flip flop with reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

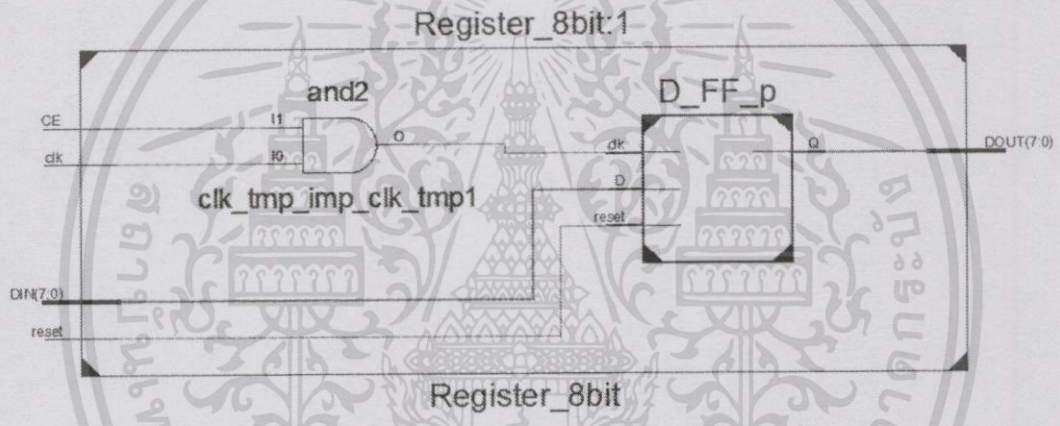
3.4.11 วงจร Shift Register 8 bit

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.37 สัญลักษณ์ของวงจร Shift Register 8 bit

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.38 ภาพรวมของวงจร Shift Register 8 bit

○ อินพุตและเอาต์พุต

- อินพุต : DIN(7:0), CE, reset, clk
- เอาต์พุต : DOUT(7:0)

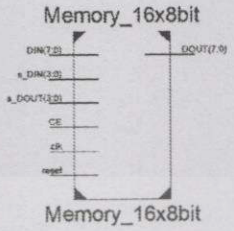
○ อธิบายวงจร

เป็นวงจรสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 8 บิต จะเก็บข้อมูลเมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามา สร้างจากวงจร D – Flip flop with reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

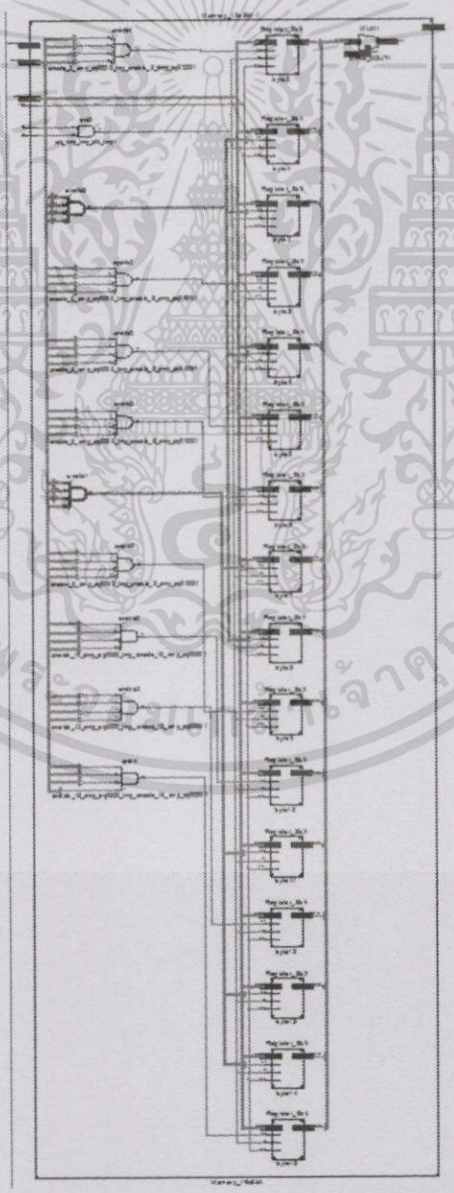
3.4.12 วงจรหน่วยความจำขนาด 8 บิต x 16

○ สัญลักษณ์



รูปที่ 3.39 สัญลักษณ์ของวงจรหน่วยความจำขนาด 8 บิต x 16

○ ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.40 ภาพรวมของวงจรหน่วยความจำขนาด 8 บิต x 16

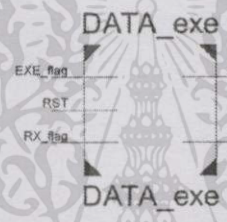
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : DIN(7:0), s_DIN(7:0), s_DOUT(7:0), CE, reset, clk
  - เอาต์พุต : DOUT(7:0)
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 8 บิตx16 จะเก็บข้อมูลเมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามา สามารถเลือกตำแหน่งในการจัดเก็บข้อมูลและอ่านข้อมูล สร้างจากวงจร Shift Register 8 บิต

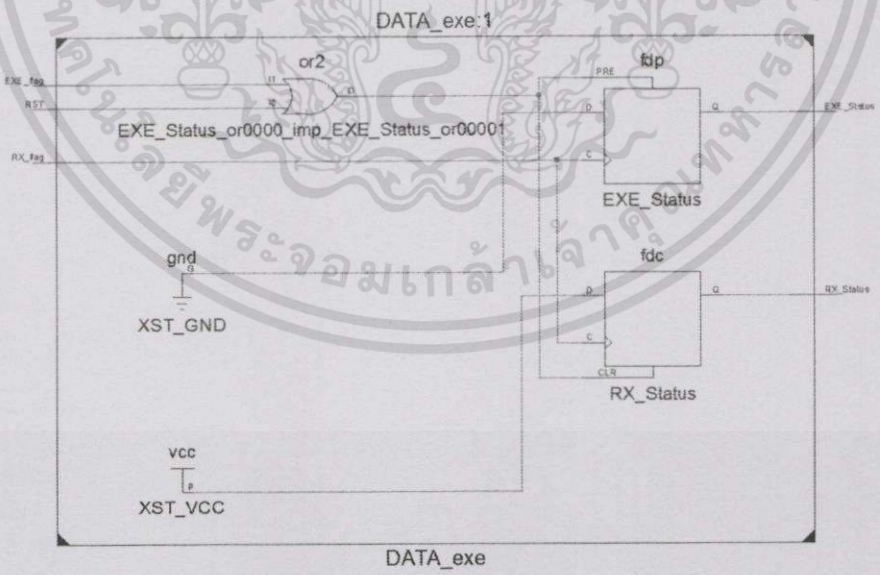
3.4.13 วงจร Data Execute

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.41 สัญลักษณ์ของวงจร Data Execute

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.42 ภาพรวมของวงจร Data Execute

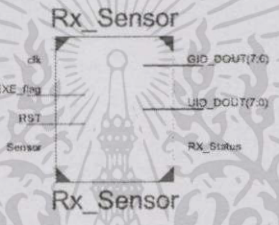
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : EXE_falg, RX_falg, RST
  - เอาต์พุต : EXE_Status, RX_Status
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณของวงจร RX UART ว่ามีการรับข้อมูลเข้ามาหรือไม่และตรวจจับสัญญาณการนำข้อมูลนั้นไปประมวลผลแล้วหรือยัง

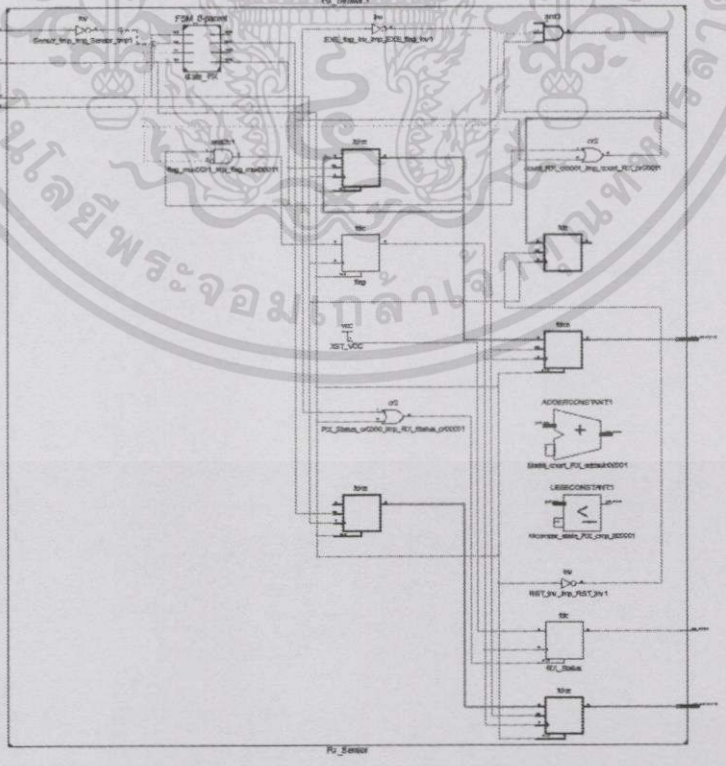
3.4.14 วงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.43 สัญลักษณ์ของวงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.44 ภาพรวมของวงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์

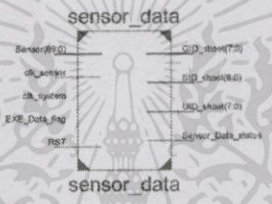
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : EXE_falg, clk, RST,Sensor
  - เอาต์พุต : GID_sensor(7:0), UID_sensor(7:0), RX_Status
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบของ RX UART โดยจะทำการแยกข้อมูลออกเป็นส่วนที่จะนำไปใช้จริง

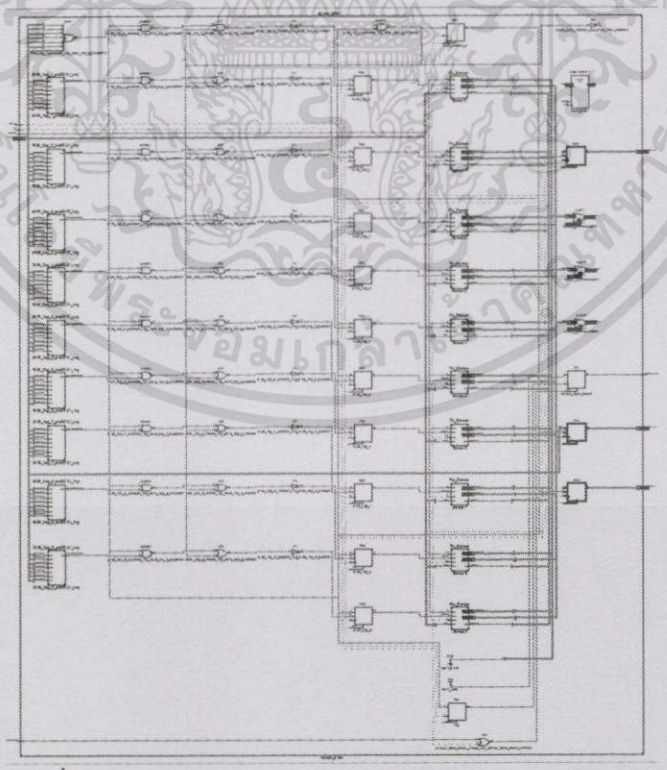
3.4.15 วงจรจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.45 สัญลักษณ์ของวงจรจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.46 ภาพรวมของวงจรจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์

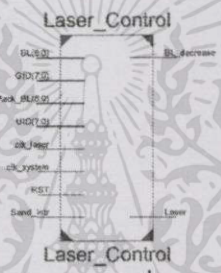
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : EXE_Data_falg, clk_sensor, clk_System, RST,Sensor(69:0), RST
  - เอาต์พุต : GID_sensor(7:0), UID_sensor(7:0), Sensor_data_Status
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรที่ใช้ในการจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในตำแหน่งต่างๆเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป สร้างมาจากวงจรรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์

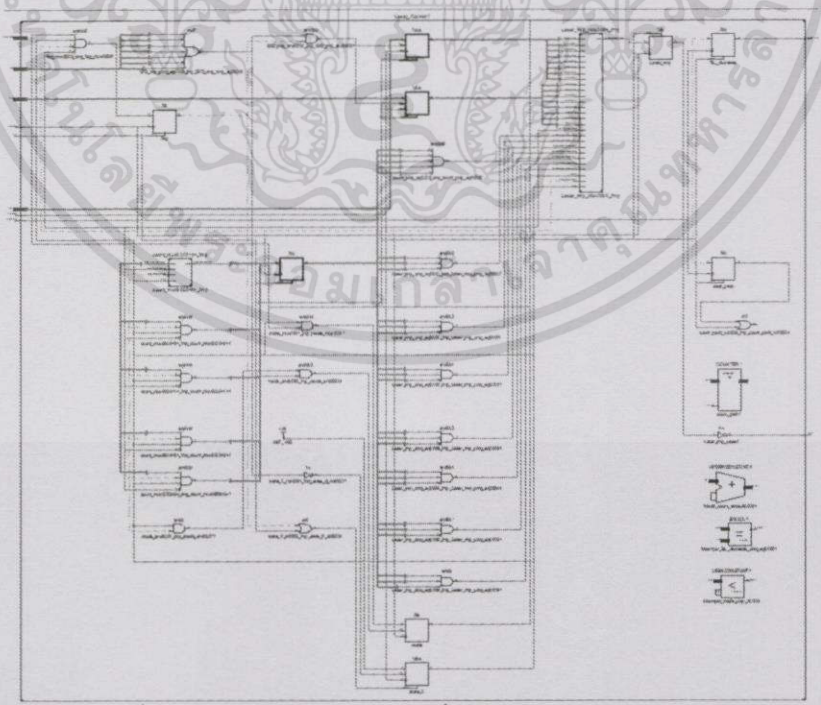
3.4.16 วงจรสั่งการและควบคุมเลเซอร์

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.47 สัญลักษณ์ของวงจรสั่งการและควบคุมเลเซอร์

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.48 ภาพรวมของวงจรสั่งการและควบคุมเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : BL(6:0), GID(7:0), Pack_BL(6:0), UID(7:0), clk_laser, clk_system, RST, Send_int
  - เอาต์พุต : Laser, BL_decrease
- อธิบายวงจร

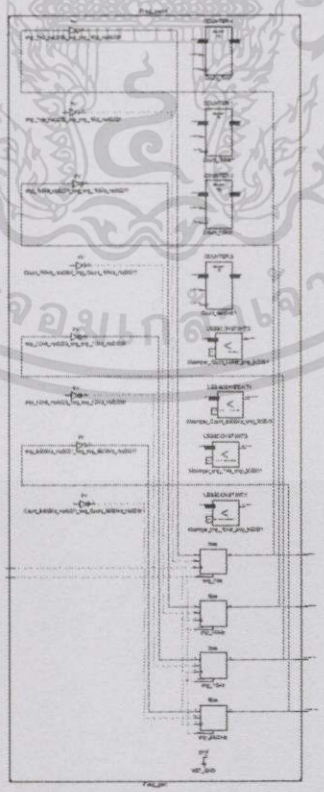
  เป็นวงจรที่ใช้ในการสั่งงานเลเซอร์ไดโอดให้ทำการทำการยิงแบบระบุตัวตนโดยใช้ User ID และ Gun ID ของผู้เล่น จะทำงานเมื่อมีสัญญาณมาจากการยิงปืน

3.4.17 วงจรหารความถี่

- สัญลักษณ์

รูปที่ 3.49 สัญลักษณ์ของวงจรหารความถี่

- ภาพรวมวงจร



รูปที่ 3.50 ภาพรวมของวงจรหารความถี่

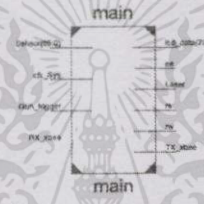
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : clk, RST
  - เอาต์พุต : Freq_1Hz, Freq_10Hz, Freq_1MHz, Freq_9600Hz
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรที่ใช้หารความถี่จากความถี่ของระบบเพื่อใช้สำหรับวงจรต่างๆที่ใช้ความถี่ที่ไม่เท่ากัน

3.4.18 วงจรประมวลผลและจัดการระบบ

- สัญลักษณ์



รูปที่ 3.51 สัญลักษณ์ของวงจรประมวลผลและจัดการระบบ

- ภาพรวมวงจร

รูปที่ 3.52 ภาพรวมของวงจรประมวลผลและจัดการระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินพุตและเอาต์พุต
  - อินพุต : Sensor(69:0), Clk_sys, Gun_trigger, RX_Xbee
  - เอาต์พุต : LCD_Data(7:0), ee, rs, rw, TX_Xbee, Laser
- อธิบายวงจร

  เป็นวงจรที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลต่างๆ เช่น การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Xbee การรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตำแหน่งต่างๆ ควบคุมส่งข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์ เป็นต้น ซึ่งสร้างมาจากวงจรทั้งหมดที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้

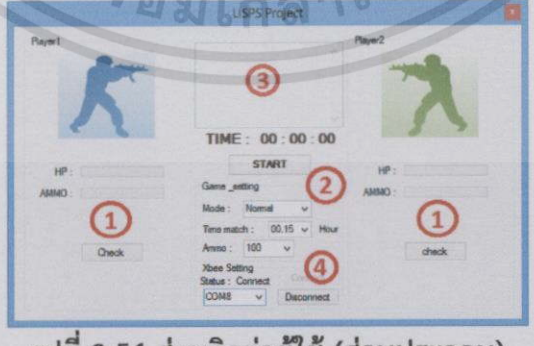
3.3 การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์ติดต่อกับผู้ใช้

ในระบบซ้อมยิงนี้ จะมีคอมพิวเตอร์กลางไว้สำหรับเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมโยงระบบทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกัน โดยจะมีซอฟแวร์สำหรับจัดการรูปแบบการซ้อม จัดการผู้ฝึกซ้อม และรายงานผล

โปรแกรมที่ใช้ในการสั่งการและแสดงผล

รูปที่ 3.53 ส่วนติดต่อผู้ใช้

องค์ประกอบ



รูปที่ 3.54 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ส่วนประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนแสดงข้อมูลประจำตัวของผู้ใช้งาน

   ประกอบไปด้วย : - รูปภาพแสดงสถานะปัจจุบัน
   - สเกลแสดงข้อมูลของ Health Point และจำนวนกระสุน
   - ปุ่มสำหรับตรวจสอบการเชื่อมต่อของผู้เล่น

2. ส่วนตั้งค่าการทำงาน

   ประกอบไปด้วย : - ส่วนของการเลือกโหมด
   - ส่วนสำหรับเลือกเวลาการฝึกซ้อม
   - ส่วนสำหรับเลือกจำนวนกระสุนที่ใช้ในแต่ละครั้ง

3. ส่วนรายงานผลแบบเรียลไทม์
4. ส่วนตั้งค่าการเชื่อมต่อกับ Xbee

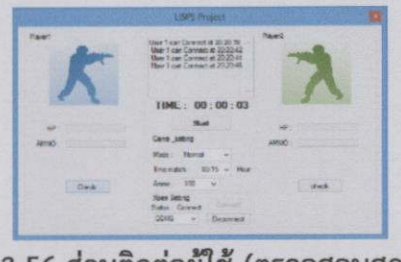
   ประกอบไปด้วย : - ปุ่มสำหรับเชื่อมต่อ / ตัดการเชื่อมต่อกับ Xbee
   - ส่วนเลือกคอมพอร์ตที่ต้องการเชื่อมต่อ

การใช้งานโปรแกรม

1. ตั้งค่าการเชื่อมต่อกับ Xbee โดยการเลือกพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสารและคลิกที่ปุ่ม Connect เพื่อทำการเชื่อมต่อ

รูปที่ 3.55 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (เชื่อมต่อ Xbee)

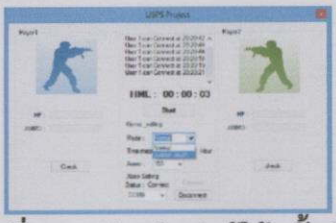
2. ตรวจสอบสถานะของผู้เล่นแต่ละคนว่าสามารถเชื่อมต่อได้หรือไม่โดยคลิกที่ปุ่ม Check



รูปที่ 3.56 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ตรวจสอบสถานะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการตั้งค่าต่างๆ



รูปที่ 3.57 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ตั้งค่า)

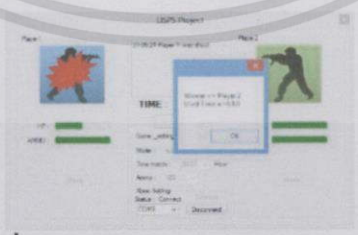
4. คลิกที่ปุ่ม Start เพื่อเริ่ม

รูปที่ 3.58 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (เริ่มเกมส์)

5. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆจะมีการรายงานผลแบบเรียลไทม์

รูปที่ 3.59 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (รายงานผล)

6. จะมีการรายงานผลหลังทำการฝึกซ้อมเสร็จ



รูปที่ 3.60 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (แสดงผล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ FPGA (Field Programmable Gate Array)

เป็นการรับ-ส่งด้วย UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) โดยการโมดูล USB-UART และใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์รับ-ส่งข้อมูล

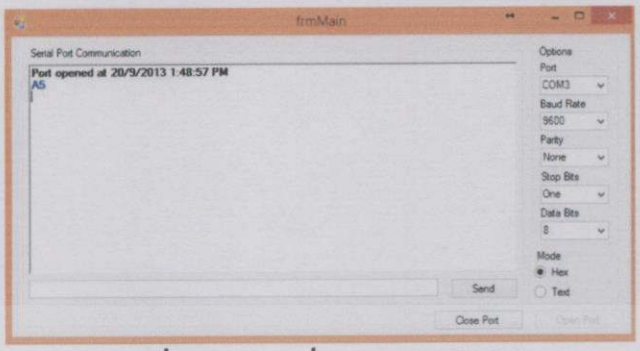
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ FPGA สำหรับการทดลอง

โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง คือ

1) การทดสอบใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจาก FPGA โดยข้อมูลที่จะส่งจะถูกกำหนดจากสวิตซ์ซึ่งมีขนาด 8 บิต จะทำการส่งข้อมูลเมื่อสวิตซ์ที่ใช้สั่งการถูกกดและแสดงผลข้อมูลที่ได้รับบนโปรแกรม

รูปที่ 4.2 ตั้งค่าข้อมูลที่จะส่งจาก FPGA

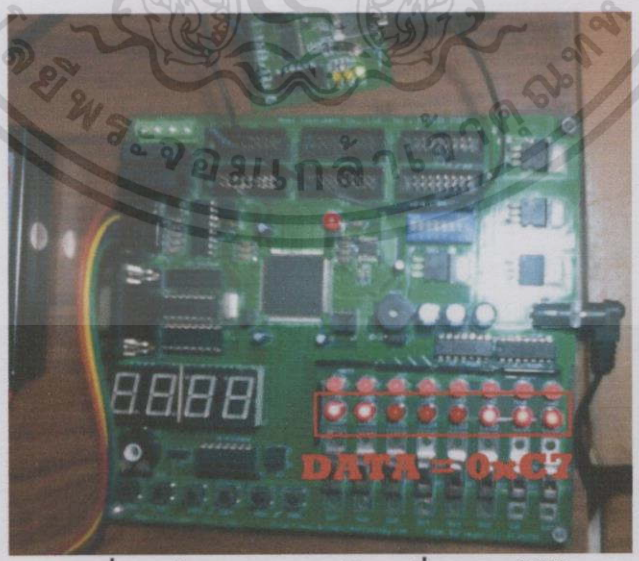
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์รับได้

2) การทดสอบใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลไฟยัง FPGA โดยข้อมูลที่จะส่งจะถูกกำหนดจากโปรแกรมซึ่งมีขนาด 8 บิต แสดงผลข้อมูลที่ได้รับโดนการใช้ LED แทนข้อมูล

รูปที่ 4.4 ข้อมูลที่จะส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยัง FPGA



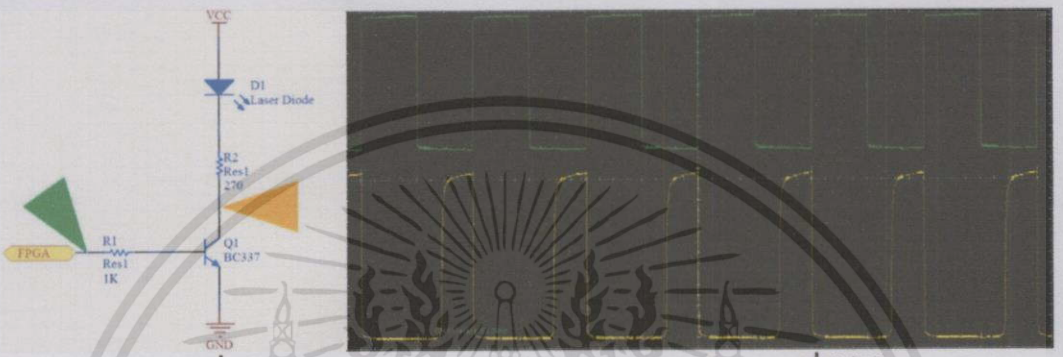
รูปที่ 4.5 ไฟ LED แสดงข้อมูลที่ FPGA ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองสร้างวงจร Laser driver

เป็นการทดลองสร้างวงจรควบคุมการเปิด-ปิดของเลเซอร์ แล้วทำการวัดการตอบสนองที่ความถี่ต่างๆด้วย oscilloscope

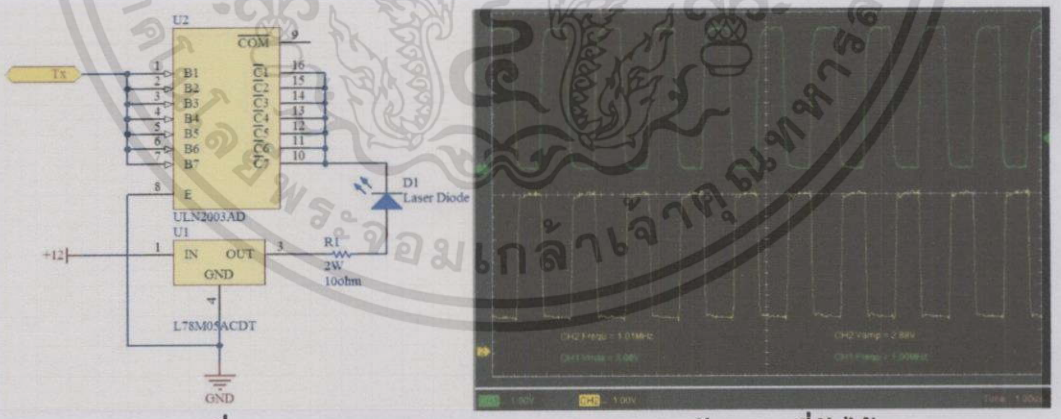
4.2.1 วงจร Laser driver สร้างจาก Transistor



รูปที่ 4.6 วงจรTransistor laser driver และสัญญาณที่วัดได้

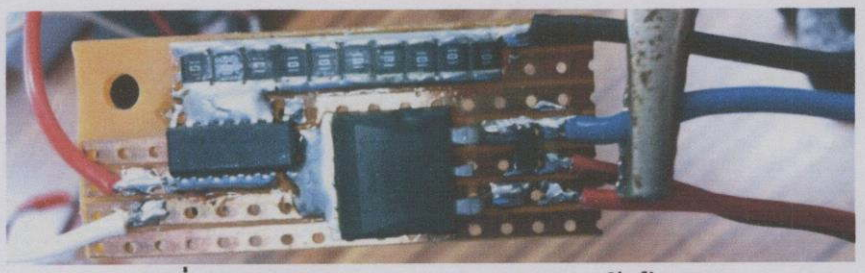
ผลที่ได้คือ ช่วงที่เป็นการเปิดเลเซอร์ วงจรมีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว แต่ช่วงที่เป็นการปิดเลเซอร์ วงจรตอบสนองได้ช้า ทำให้ไม่สามารถใช้งานที่ความถี่สูงได้

4.2.2 วงจร Laser driver สร้างจาก Darlington Transistor Array IC



รูปที่ 4.7 วงจรULN2003 laser driver และสัญญาณที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

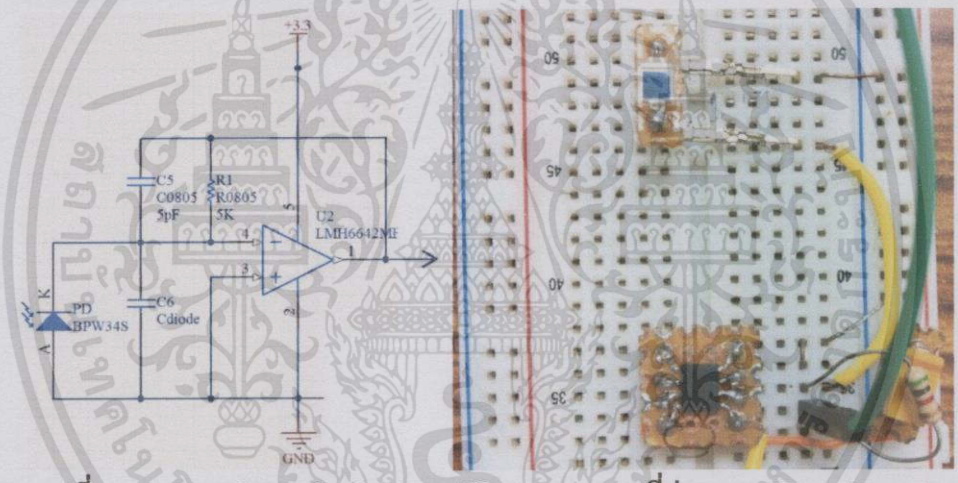


รูปที่ 4.6 วงจรULN2003 laser driver ตัวต้นแบบ

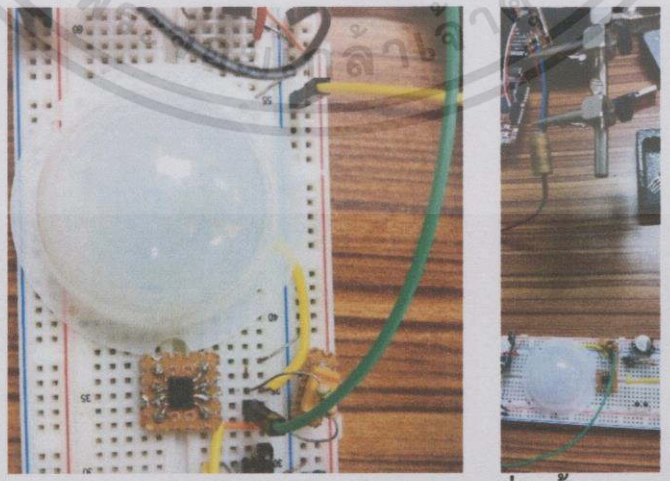
ผลที่ได้คือ วงจรสามารถตอบสนองความถี่ได้มากกว่า 1MHz สามารถนำไปใช้ในงานนี้ได้

4.3 การทดลองวงจร Laser Senser

4.3.1 วงจร Photodiode amplifier



รูปที่ 4.7 วงจร Photodiode Amplifier และ วงจรที่ต่อลงบน Protoboard



รูปที่ 4.8 วงจร Photodiode Amplifier บน Protoboard ที่ติดตั้ง Fresnel lens และการทดลองยิงเลเซอร์ไปยังPhotodiode

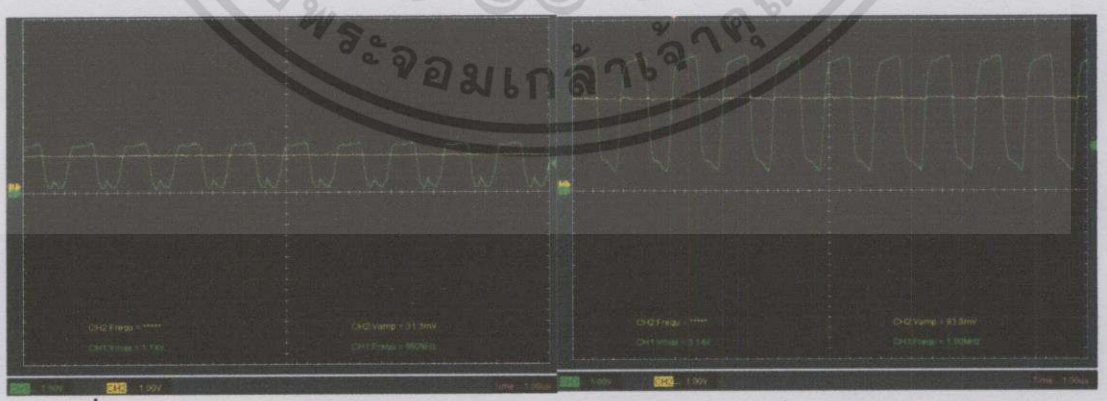
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 สัญญาณที่วัดได้จากOp-Amp

ผลที่ได้คือ วงจรPhotodiode amplifier สามารถตอบสนองความถี่ที่ส่งออกมาจากเลเซอร์

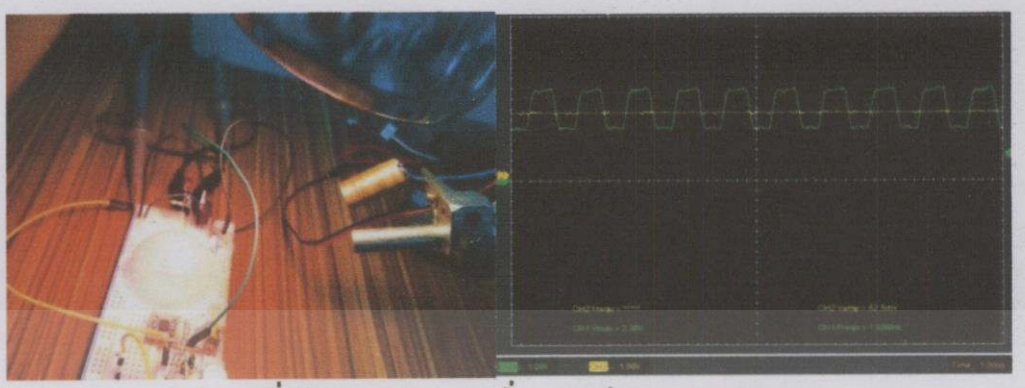
4.3.2 วงจร Voltage reference

รูปที่ 4.10 วงจร Voltage reference และวงจรที่ต่อลงบน Protoboard



รูปที่ 4.11 สัญญาณเปรียบเทียบจากPhotodiode amplifier กับ Voltage reference

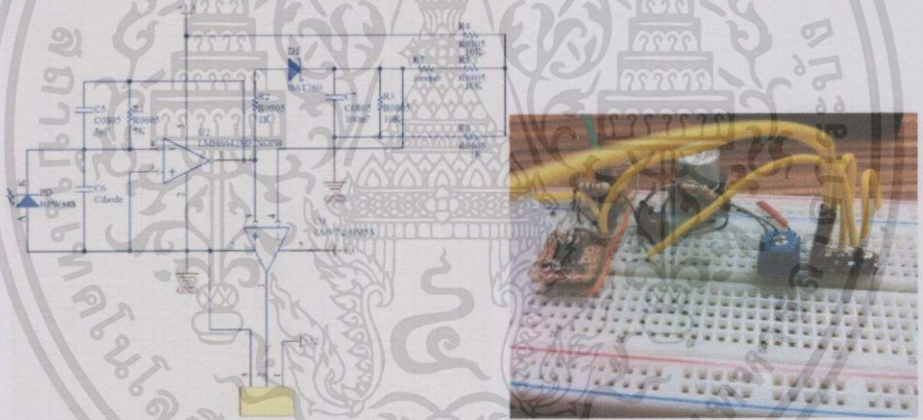
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การทดลองเพิ่มแสงสว่างจากภายนอก

ผลที่ได้คือ Reference voltage สามารถปรับได้ตามค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่ได้จาก Photodiode amplifier

4.3.3 วงจร Comparator



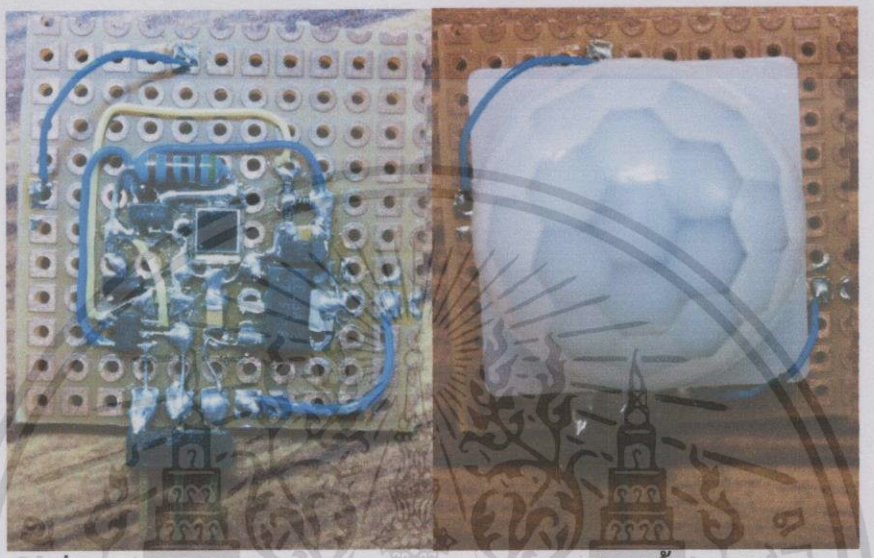
รูปที่ 4.13 วงจร Comparator และ วงจรที่ต่อลงบน Protoboard

รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ออกมาจากComparator

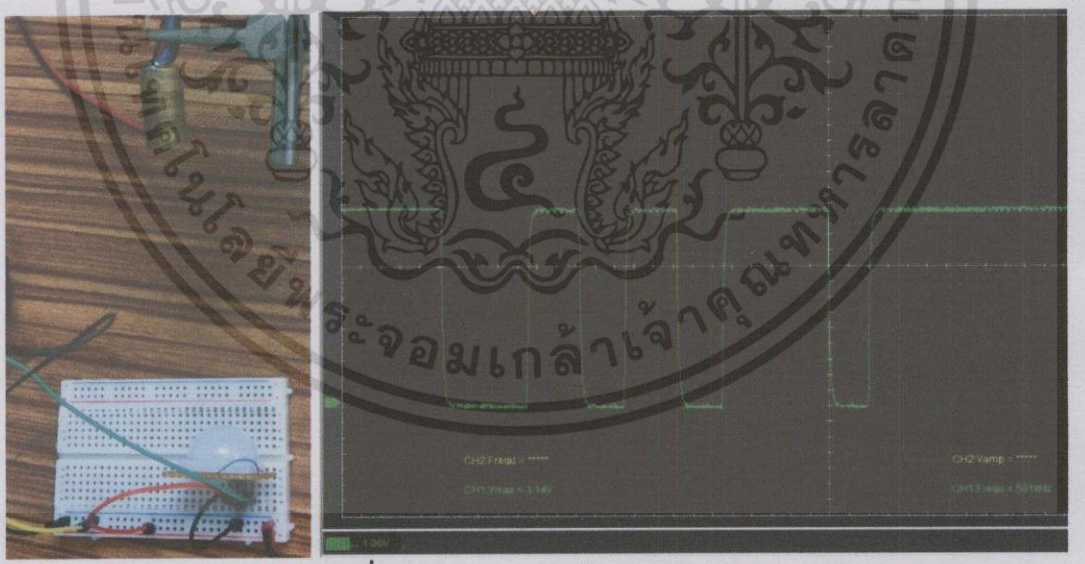
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้คือ วงจรComparatorสามารถเปรียบเทียบแรงดันระหว่างPhotodiode amplifier กับ Reference voltage และให้สัญญาณดิจิตอลออกมา

4.3.4 Laser senser prototype



รูปที่ 4.15 Laser senser prototype ก่อนและหลังติดตั้งFresnel lens



รูปที่ 4.16 ทดสอบรับสัญญาณUART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองหาความแม่นยำที่ระยะต่างๆ

เป็นการทดลองเพื่อหาความแม่นยำของการส่งเลเซอร์และอุปกรณ์ตัวรับ เพื่อหาเปอร์เซ็นของแม่นยำที่ระยะต่างๆ

รูปที่ 4.17 บรรยากาศการทดลองหาความแม่นยำ

ในการทดลองนี้ทำได้โดยทดลองยิงปืนที่ติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสงเลเซอร์ที่ระยะต่างกัน 3 ระยะเป็นจำนวนระยะละ 10 ครั้ง ที่ฝั่งรับ ใช้ออสซิลโลสโคปในการตรวจจับสัญญาณที่รับเข้ามา ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาความแม่นยำ

ระยะห่าง (m)	ครั้งที่										% ความแม่นยำ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	X	/	/	/	X	X	X	X	X	/	40%
10	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/	90%
15	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/	90%

จากผลการทดลองจะพบว่า ที่ระยะ 5 เมตร อุปกรณ์ส่งจะมีความแม่นยำน้อย มีสาเหตุมาจาก แนวเล็งของศูนย์ปืนขนานไปกับแนวของแสงเลเซอร์ แต่ตำแหน่งห่างกัน ที่ระยะใกล้ๆจึงทำให้เกิดความคาดเคลื่อนขึ้น ส่วนที่ระยะ 10 เมตรขึ้นไป อุปกรณ์ส่งมีความแม่นยำมากกว่า 90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผลการทำงาน

5.1.1 สรุปผลการทำงานของ Hardware

- สามารถส่งสัญญาณแสงเลเซอร์ออกมาเป็นรูปแบบที่ต้องการ เมื่อมีการกระตุ้นจากกลไกภายในปืน โดยความถี่ที่สามารถส่งได้มากกว่า 1 MHz
- สามารถรับสัญญาณจากแสงเลเซอร์ได้ที่ความถี่มากกว่า 1 MHz โดยไม่ถูกรบกวนจากแสงสว่างภายนอก
- สามารถแสดงผลออกทางจอ LCD

5.1.2 สรุปผลการทำงานของ Software

- ในส่วนของโปรแกรมต้นแบบสามารถทำงานได้ในกระบวนการจำลอง
- สามารถรับส่งข้อมูลกับ Xbee ตามโพรโตคอลที่ออกแบบไว้ได้
- การแสดงผลข้อมูลประจำแต่ละคนสามารถทำได้แบบเรียลไทม์
- มีการสรุปข้อมูลหลังการใช้งานเสร็จสิ้น
- โปรแกรมที่ใช้ฝึกซ้อมเป็นกลุ่มสามารถพัฒนาต่อยอดมาจากโปรแกรมต้นแบบได้

5.2 ปัญหาและวิธีแก้ไข

5.2.1 ปัญหาท้างด้าน Hardware และวิธีแก้ไข

- วงจร Laser Driver ไม่สามารถตอบสนองความถี่สูงได้
  - ➢ ใช้ Darlington Transistor Array IC
- Op-Amp ในวงจร Comparator ไม่สามารถตอบสนองความถี่สูงได้
  - ➢ ใช้ High speed Comparator IC โดยเฉพาะ
- วงจร Receiver ถูกรบกวนจากแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ
  - ➢ สร้างวงจรปรับ Reference voltage อัตโนมัติ
- Sensor มีขนาดเล็ก มีโอกาสพลาดเป้า
  - ➢ ใส่ Fresnel lens

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ปัญหาท้างด้าน Software และวิธีแก้ไข

- การรับส่งข้อมูลบางครั้งมีการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้น
  - ควรเพิ่มอุปกรณ์ทวนสัญญาณและใช้งานในสถานที่ๆไม่มีการรบกวนสัญญาณ
- ข้อมูลที่สรุปหลังใช้งานไม่สามารถนำไปใช้ต่อได้
  - ทำการสรุปผลให้เป็นแบบรายงานข้อมูลให้ดูได้ง่าย
- การเพิ่มเติมข้อมูล เช่น โหมด เวลาในการเล่น จำนวนกระสุน ยังไม่สามารถทำได้
  - ทำการแก้ไขโปรแกรมโดยมีไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ด้วย

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

- ออกแบบให้ใช้ได้กับอาวุธปืนได้หลายรูปแบบ และเพิ่มอุปกรณ์เสริมอื่นๆ เช่น ระเบิด
- พัฒนาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง และอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลไร้สาย เพื่อให้สามารถใช้งานได้ครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างขึ้น
- พัฒนาระบบให้รองรับจำนวนผู้ฝึกซ้อมได้มากขึ้น
- ผลักดันให้มีการนำระบบนี้ไปใช้ในการฝึกซ้อมรบของกองทัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku. (2007). Fundamentals of Electronic Circuits 3rd. New York: MCGRAW-HILL.

[2] John M. Yabrough. (1997). Digital Logic Application and Design. Boston: PWS Publishing.

[3] Frank Pugh and Wes Ponick. (2007). Grob's Basic Electronics 10th. New York: MCGRAW-HILL.

[4] James W. Bignell and Robert L Donovan. (1994). Digital Electronics 3rd. New York: Delmar Publisher.

[5] ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น. (2552). ออกแบบไอซีดิจิตอลด้วย FPGA และ CPLD ภาคปฏิบัติ โดยใช้ภาษา VHDL. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้