สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำลองภาพเสมือนด้วยเลเซอร์

VIRTUAL IMAGE WITH LASER

T117366

กนกวรรณ เลิศปัญญาดี
ศุภลักษณ์ วรกมล
สันติภาพ อัมพวันวงศ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117366
วัน,เดือน,ปี - 1 ส.ค. 2554

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำลองภาพเสมือนด้วยเลเซอร์

VIRTUAL IMAGE WITH LASER

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกนกวรรณ เลิศปัญญาดี รหัสนักศึกษา 50010008
2. นายศุภลักษณ์ วรกมล รหัสนักศึกษา 50011595
3. นายสันติภาพ อัมพวันวงศ์ รหัสนักศึกษา 50011660

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองภาพเสมือนด้วยเลเซอร์

นางสาวกนกวรรณ	เลิศปัญญาดี	50010008
นายศุภลักษณ์	วรกมล	50011595
นายสันติภาพ	อัมพวันวงศ์	50011660
อาจารย์เจริญ	วงษ์ชุ่มเย็น	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงงานการสร้างภาพจำลองด้วยเลเซอร์นี้ เป็นโครงงานที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อในการแสดงผลรูปภาพ หรือ แสงลวดลายต่างๆ โดยการใช้คุณสมบัติที่สำคัญของเลเซอร์คือแสงเลเซอร์จะมีคุณสมบัติโคฮีเรนต์ ซึ่งประกอบไปด้วย เป็นแสงสีเดียว มีความเข้มของแสงสูง มีทิศทางที่แน่นอน และมีจังหวะในการเคลื่อนพร้อมกันมาเป็นอุปกรณ์ในการสร้างรูปภาพ เพราะคุณสมบัติโคฮีเรนต์ของแสงเลเซอร์นั้นจะทำให้ภาพที่แสดงผลออกมามีลักษณะสวยงาม ไม่มีการแตกของรูปภาพมาก และให้ภาพที่คมชัด โดยการสร้างรูปภาพจำลองด้วยเลเซอร์นั้น จะมีการแปลงรูปภาพที่ต้องการแสดงผลด้วยวิธีการตัดขอบภาพ จากนั้นคอมพิวเตอร์จึงทำการส่งข้อมูลของรูปภาพมาให้กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ซึ่งประกอบไปด้วย คอนโทรลเลอร์ , วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล , วงจรขยายสัญญาณ และ หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในควบคุมแสงเลเซอร์ว่าจะให้แสงเลเซอร์ไปเกิดบนตำแหน่งใดบนจอแสดงผล และการสร้างภาพจำลองด้วยเลเซอร์นี้ยังใช้ทฤษฎีเรื่องภาพติดตามาใช้กับโครงงานนี้ด้วย โดยการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มาที่คอนโทรลเลอร์นั้นเราได้ใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรม นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถบันทึกรูปแบบของรูปภาพที่ต้องการแสดงผลได้ทั้งหมด 8 แบบ และสามารถเลือกได้ว่าต้องการให้รูปแบบไหนแสดงผลออกมาได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VIRTUAL IMAGE WITH LASER

Ms. Kanokwan	Lertpunyadee	50010008
Mr. Supalak	Worakamol	50011595
Mr. Santipap	Umpawanwong	50011660
Mr. Charoen	Vongchumyen	Advisor

Academic Year 2010

ABSTRACT

This project presents a system for virtual image generation using laser, which creates laser projection and can be used as a medium to display different images or light patterns. The key feature of the projection is a laser beam to a property coherence. The light includes monochromatics light, high intensity with certain direction and same phase. It features coherence post the laser, which make the output image look beautiful with high contrast and not much defect. The generation process is to convert an image to the edge-Based image in a computer. This image will be sent to a hardware, which consists of a controller, analog-to-digital converter, amplifier, and hard disk head actuator. The hard disk head actuator is used to control the direction and position of the laser beam on the display. The long-last perceptibility for human eyes must be considered. We have adopted the theory of long-last perception to use in this project. After the controller receives the edge-Based image from the computer through a serial communication, the picture will be processed and resulted in the control parameters for the hard disk head actuator such as the power, frequency, motion speed, etc. in order to locate the display positions. The user can also define 8 types of display styles, store the chosen display format in the storage, and select the output format.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการวิจัยและการค้นคว้า จากอาจารย์เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างสูง

ขอบคุณห้องวิจัย ISAG ห้องวิจัย Hardware และบุคลากรในหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้สนับสนุนในส่วนของ เครื่องมือ สถานที่ ตลอดจนหนังสือต่าง ๆ ที่เอื้อประโยชน์แก่การวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาอาจารย์รวมถึงผู้ช่วยสอนทุกท่านในหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ดี ๆ ให้แก่ข้าพเจ้ามาตลอดระยะเวลา 4 ปีที่ทำการศึกษา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสามารถทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานของข้าพเจ้าจะเป็นประโยชน์ต่อทุกท่านและเป็นคำแนะนำให้แก่นักศึกษาหรือผู้สนใจในอนาคตข้างหน้าต่อไป

กนกวรรณ เลิศปัญญาดี
ศุภลักษณ์ วรกมล
สันติภาพ อัมพวันวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

บทที่ 2 การแสดงผลภาพด้วยเลเซอร์ 4

2.1 ลักษณะของภาพแสดงผล 4

2.2 การประมวลผลภาพ (image processing) 6

2.3 รูปแบบการส่งข้อมูล 14

2.4 RS232 (Recommended Standard 232) 14

2.5 ความผิดเพี้ยนข้อมูลเนื่องจากการส่ง 16

2.6 การตรวจหาความผิดเพี้ยนข้อมูล 18

2.7 การแก้ไขความผิดเพี้ยนข้อมูล 21

บทที่ 3 อุปกรณ์และหลักการที่ใช้ในโครงงาน 26

3.1 Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 30

3.3 การโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 33

3.4 Digital to Analog Converter(DAC) 34

3.5 R2R Ladder 35

3.6 Transistor 36

3.7 Stepping Motor 38

บทที่ 4 การออกแบบและพัฒนาระบบ 44

4.1 ระบบการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ 44

4.2 ระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 49

4.3 โปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อรับส่งข้อมูล 51

4.4 วงจรการทำงานของระบบ 54

บทที่ 5 ทดลองและผลการทดลอง 66

5.1 การทดลอง 66

5.2 ผลการทดลอง 66

บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง 70

6.1 สรุปผลการทดลอง 70

6.2 ปัญหาและอุปสรรค 70

6.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา 71

6.4 แนวทางการพัฒนาต่อ 71

บรรณานุกรม 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

3.1 การควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส 41

3.2 การควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส 42

3.3 การควบคุมแบบ Half Step 42

4.1 หน้าที่ของแต่ละฟิลล์ 52

4.2 ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับองศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

2.1 ระบบพิกัดใน 2 มิติ 4
2.2 ภาพที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเวกเตอร์ 5
2.3 การสะท้อนของแสง 6
2.4 ค่าที่ออกมาจากการอ่าน Grayscale Image 7
2.5 ขั้นตอนของ Canny edge detection 8
2.6 รูปที่ผ่านกระบวนการ Binarization 11
2.7 รูปที่ทำการปรับค่า Threshold 11
2.8 รูปแบบของ B1 , B2 , B3 , B4 , B5 , B6 , B7 และ B8 12
2.9 กราฟการหาขอบด้วยวิธี Gradient method 13
2.10 กราฟการหาขอบด้วยวิธี Laplacian method 13
2.11 การรับส่งข้อมูลแบบ Half duplex 14
2.12 ระดับสัญญาณของ RS232 15
2.13 การเชื่อมต่อ RS232 15
2.14 ขั้นตอนการตรวจสอบข้อผิดพลาดแบบ CRC 19
2.15 การแปลงข้อมูลของ checksum 20
2.16 แฮมมิ่งโค้ด 22
2.17 การขอส่งข้อมูลซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดคอย 23
2.18 Stop-and-Wait ในกรณีปกติ 23
2.19 Stop-and-Wait ในกรณีเฟรมข้อมูลสูญหายหรือเสียหาย 24
2.20 Stop-and-Wait ในกรณีเฟรม ACK สูญหาย 24
2.21 Stop-and-Wait ในกรณีเฟรม ACK ล่าช้า 25
3.1 ตัวอย่างของแสงเลเซอร์ 26
3.2 การจำลองการเปล่งแสงแบบถูกเร้า 27
3.3 คุณสมบัติโคฮีเรนต์ของเลเซอร์เมื่อเทียบกับแสงทั่วไป 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

3.4 Microcontroller AVR ATMEGA 128 32

3.5 ET-AVR ISP USB V1.0 33

3.6 การแปลงสัญญาณจาก ดิจิตอล เป็นสัญญาณ อนาลอก 34

3.7 โครงสร้างของวงจร DAC แบบรวมกระแส และ แบบ R-2R 34

3.8 โครงสร้างพื้นฐานของวงจร R2R Ladder ขนาด n bit 35

3.9 มอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น 39

3.10 ขดลวด stator 4 ขด ล้อมรอบแกนหมุน 40

3.11 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น 40

4.1 Sequence Diagramการทำงานของระบบสร้างรูปแสดงผลโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ 45

4.2 ทดลองแปลงภาพอ้างอิงให้เป็นภาพแบบ Grayscale 46

4.3 ทดลองแปลงภาพอ้างอิงให้เป็นภาพแบบ Binarization 46

4.4 ทดลองการทำ Edge Detection รูปภาพอ้างอิง 47

4.5 ทดลองการทำ Thinning รูปภาพ 47

4.6 ทดลองการทำ Edge Detection รูปภาพ 48

4.7 ทดลองการรับส่งข้อมูลผ่านโปรแกรม HyperTerminal 48

4.8 Sequence Diagram การทำงานของระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 49

4.9 จำลองการเก็บและเรียกดูข้อมูลในเมมโมรี่โดยใช้ 24LC128 50

4.10 จำลองการรับส่งข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทาง RS232 บน Proteus 51

4.11 รูปแบบแพ็คเกตที่ใช้ในการส่งข้อมูล 52

4.12 การสร้างการเชื่อมต่อ 53

4.13 การยกเลิกการเชื่อมต่อ 53

4.14 การรับส่งข้อมูล 54

4.15 การกำหนดขนาดภาพและจุดแสดงผล 54

4.16 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 1 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

4.17 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 2 60

4.18 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 3 61

4.19 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 4 61

รูป 4.20 ระบบวงจรการทำงานทั้งหมดของโครงงาน 62

4.21 ไมโครคอนโทรเลอร์ ET Base AVR ATMEGA128 62

4.22 บอร์ดเมมโมรี่ภายนอกโดยใช้ IC เบอร์ 24LC128 63

4.23 บอร์ดไดร์ฟวงจรเพื่อควบคุมการทำงานของ Stepping Motor 63

4.24 พาวเวอร์ซัพพลายที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจร 64

4.25บอร์ดวงจรรวมเพื่อใช้ในการควบคุม Stepping Motor 64

4.26 การต่อ Stepping Motor เพื่อใช้ในการควบคุมเลเซอร์ให้แสดงผลภาพ 65

4.27 การวางแนวของ Stepping Motor กับ Laser Tube 65

4.28 วงจรรวมของอุปกรณ์การทำงาน 65

5.1 ผู้ใช้งานเปิดโปรแกรมการทำงานในส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 66

5.2 ผู้ใช้งานทำการเลือกรูปภาพอ้างอิงเพื่อนที่จะทำการสร้างรูปแบบการแสดงผล 67

5.3 ผู้ใช้งานทำการสร้างรูปแบบการแสดงผลของภาพที่จะเกิดจากเลเซอร์ขึ้นมา 67

5.4 ผู้ใช้งานทำการบันทึกรูปแบบลงในคอมพิวเตอร์ 67

5.5 ผู้ใช้งานเลือกรูปแบบการแสดงผลและสั่งแสดงผลไปยังอุปกรณ์ควบคุม 68

5.6 อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor ทำงานเพื่อสร้างภาพแสดงผล 68

5.7 ภาพที่เกิดจากการควบคุมการทำงานของผู้ใช้งาน (User) 69

5.8 ภาพที่เกิดจากการควบคุมการทำงานของผู้ใช้งาน (User) เลือกรูปภาพอื่นๆ 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากแสงเลเซอร์นั้นเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีลักษณะเด่นแตกต่างจากแสงธรรมดาทั่วไป ตรงที่มีความเป็นระเบียบและมีความเข้มแสงสูงดังนั้นในทุกวันนี้จึงได้มีผู้คิดค้นประดิษฐ์อุปกรณ์ต่างๆที่มีเลเซอร์เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ เพื่อให้ประโยชน์ต่างๆ เช่น ในด้านอุตสาหกรรม ได้มีการนำแสงเลเซอร์มาใช้ในการตัดหรือเชื่อมวัสดุ ด้านการแพทย์นั้น ก็ได้มีการนำแสงเลเซอร์ไปใช้ในการผ่าตัดขนาดเล็ก เช่น การรักษาโรคตา การรักษาโรคมะเร็ง หรือการศัลยกรรมต่าง ในด้านการสื่อสาร ก็มีการนำแสงเลเซอร์ไปใช้ในการสื่อสารผ่านเส้นใยแสง หรือไม่ว่าจะเป็นด้านความบันเทิงก็ยังได้มีการนำแสงเลเซอร์มาใช้ในงานโฆษณา งานคอนเสิร์ต หรือ ละครเวทีต่างๆ

จากประโยชน์ที่กล่าวมาข้างต้นของแสงเลเซอร์นั้นจะเห็นได้ว่าแสงเลเซอร์นั้นมีประโยชน์ในทุกๆด้าน จึงทำให้เกิดความคิดที่ว่าอยากจะนำคุณสมบัติและประโยชน์ของแสงเลเซอร์มาทำให้เกิดประโยชน์ในด้านการสื่อสาร

จึงเป็นที่มาของโครงงานนี้ว่าเราจะนำแสงเลเซอร์มาใช้ประโยชน์ในการสื่อสารคือการสร้างภาพจำลองด้วยเลเซอร์ หรือเป็นการสร้างภาพด้วยเลเซอร์ ซึ่งอุปกรณ์ที่เราต้องการสร้างขึ้นเพื่อทำให้เกิดประโยชน์และมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดนั่นเอง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อทำการสร้างอุปกรณ์การสร้างภาพจำลองด้วยเลเซอร์ได้
2) เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการที่ทำให้เกิดภาพได้
3) เพื่อศึกษาหลักการทำงานและรายละเอียดต่างๆของเลเซอร์
4) เพื่อศึกษาทฤษฎี Image Processing ในการประมวลผลภาพ
5) เพื่อพัฒนาการเขียนโปรแกรมติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สามารถแสดงภาพด้วยเลเซอร์โดยภาพมีความละเอียด 100 x 100 จุด แต่ละจุดมีระยะห่าง 1 เซนติเมตร และเลเซอร์กับจอภาพแสดงผลมีระยะห่าง 300 เซนติเมตร
2) สามารถสร้างรูปแบบการแสดงผลเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์การแสดงผล
3) สามารถเรียกใช้และเก็บรูปแบบการแสดงผลลงในเมมโมรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สามารถควบคุมการแสดงผลของรูปแบบการแสดงผล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารโดยใช้เลเซอร์
2) ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์การแสดงผล โดยนำของใกล้ตัวมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
3) ให้ความบันเทิงให้กับผู้ที่พบเห็นทั่วไป เช่น เป็นการวาดภาพด้วยเลเซอร์ในงานแสดง หรือ กิจกรรมพิเศษ
4) ประหยัดพื้นที่ คือ โครงงานชิ้นนี้ได้ใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีความซับซ้อนสามารถติดตั้งได้ง่าย และใช้ พื้นที่ในการติดตั้งไม่มาก และสามารถใช้งานได้ง่าย
5) ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์
6) ได้รับความรู้เกี่ยวกับ Image Processing

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีต่างที่สามารถทำให้เกิดภาพได้ จากนั้นจึงเลือกวิธีการสร้างภาพด้วยการเคลื่อนที่แบบเวกเตอร์มาเป็นวิธีการในการสร้างภาพจำลองด้วยเลเซอร์
2) ศึกษาหลักการทำงานของ Stepping Motor ว่ามีหลักการทำงานอย่างไร และสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของแสงเลเซอร์ได้อย่างไร
3) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ว่ามีคุณสมบัติและหลักการทำงานอย่างไร
4) ศึกษาการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ และการติดต่ออินเตอร์เฟสต่างๆ
5) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ Digital to Analog Convertor ว่ามีลักษณะการทำงานอย่างไร มีรูปแบบวงจรเป็นอย่างไร และเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับโครงงานมากที่สุด
6) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ Transistor ว่ามีกี่ลักษณะ แต่ละลักษณะมีหลักการทำงานอย่างไร มีรูปแบบวงจรเป็นอย่างไร และเลือกลักษณะที่เหมาะสมกับโครงงานมากที่สุด
7) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ (Image Processing) ในเรื่องของ Edge detection ว่ามีกี่ลักษณะ และลักษณะใดที่เหมาะสมกับโครงงานมากที่สุด
8) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ามีการส่งผ่านข้อมูลกี่แบบ อะไรบ้าง และแบบไหนที่เหมาะสมกับโครงงานมากที่สุด
9) ศึกษาการเขียนโปรแกรมในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อทำการส่งข้อมูลและควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) ทดลองจำลองการทำงานของฮาร์ดแวร์ในแต่ละส่วนที่ได้ศึกษามาว่าสามารถทำงานได้จริงตามที่ต้องการหรือไม่

12) ทดลองจำลองการทำงานของฮาร์ดแวร์ทั้งระบบ โดยนำฮาร์ดแวร์ในแต่ละส่วนที่ได้ทำการจำลองมาแล้วมารวมกันเป็นวงจรรวมของทั้งระบบ

13) สรุปและวิเคราะห์ปัญหาของระบบที่ได้ทำการจำลองว่ามีผลที่ได้เป็นอย่างไร มีปัญหาและอุปสรรคอะไรบ้างในการทำโครงงาน และวางแผนแนวทางในการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การแสดงผลภาพด้วยเลเซอร์

2.1 ลักษณะของภาพแสดงผล

2.1.1 ทฤษฎีเวกเตอร์

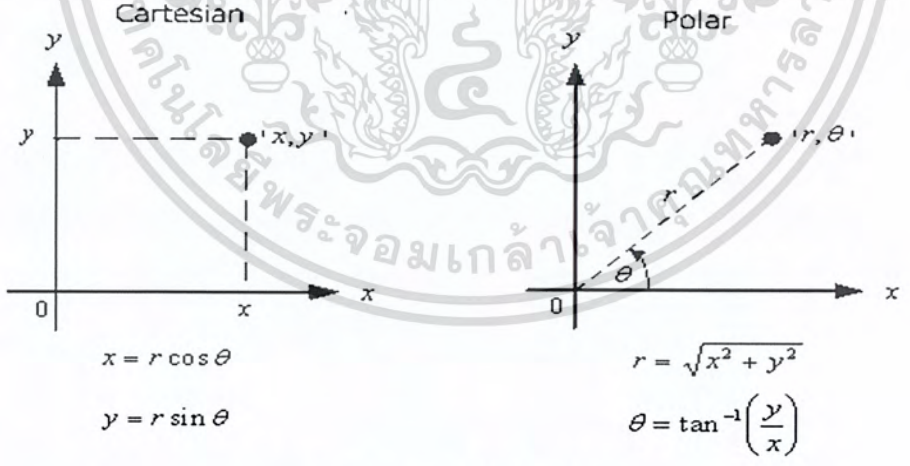
ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง จึงจะได้ความหมายสมบูรณ์ เช่น การกระจัด ความเร่ง ความเร็ว แรง โมเมนตัม เป็นต้น

2.1.1.1 ระบบพิกัด (แกนอ้างอิง)

เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง หรือบอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่มีลักษณะเป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากตัดกันของเส้น ตรงสองชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้และแนวตะวันออก- ตะวันตก ตามแนวของจุดศูนย์กำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งต่างๆ จะใช้ค่าของหน่วยที่นับออกจากจุดศูนย์กำเนิดเป็นระยะเชิงมุม (Degree) หรือเป็นระยะทาง (Distance)

2.1.1.1.1 ระบบพิกัดแบบมาตรฐานใน 2 มิติ

ได้แก่ระบบพิกัดฉาก (Cartesian) และ ระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar)

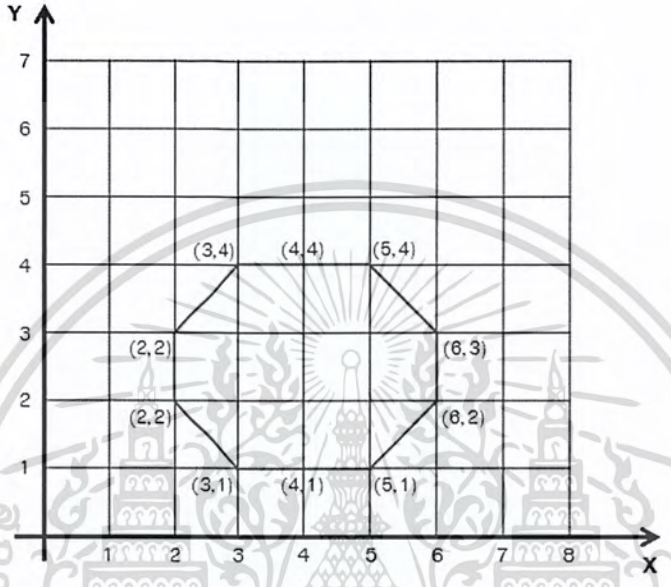


รูป 2.1 ระบบพิกัดใน 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 เวกเตอร์สร้างภาพ

อาศัยหลักการของเวกเตอร์ตำแหน่งในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่อยู่ห่างกัน 2 จุดแล้วเคลื่อนที่ต่อๆกันไปยังตำแหน่งถัดไปจนครบรูปภาพแล้วอาศัยทฤษฎีของภาพติดตาในการมองทำให้เราสามารถมองเป็นเป็นรูปภาพออกมาได้ดังรูป 2.5



รูป 2.2 ภาพที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเวกเตอร์

2.1.2 ทฤษฎีภาพติดตา

หลักการ “ภาพติดตา” มีการค้นพบกันมาตั้งแต่สมัยกรีก นักดาราศาสตร์ชาวกรีกชื่อพโตเลมี รู้ว่าตาคนเราจะมีภาพติดตาอยู่ชั่วครู่หลังจากภาพที่มองเห็นหายไปแล้ว นักประดิษฐ์และนักทฤษฎีรุ่นหลังก็ต่างเชื่อว่า หากนำภาพเดียวหลายๆภาพที่ต่างกันเล็กน้อยมาเรียงต่อกัน แล้วทำให้เกิดความเคลื่อนไหวเร็วๆต่อเนื่อง ภาพติดตาจะทำให้เกิดภาพลวงตา ที่เสมือนหนึ่งภาพนิ่งเหล่านั้นเคลื่อนไหวได้ โดยที่ภายหลังได้ทำการคำนวณออกมาแล้วว่าความเร็วต้องไม่ต่ำกว่า 24Fps (Frame per Sec) จึงสามารถทำให้เกิดภาพติดตาได้

2.1.3 อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของเลเซอร์

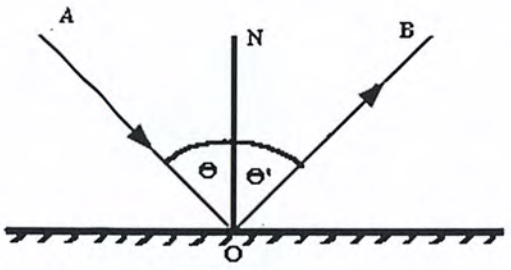
2.1.3.1 กฎการสะท้อน (The Laws of Reflection)

เมื่อแสงตกกระทบผิวระนาบจะเกิดการสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง 2 ข้อ คือ

1) มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

2) รังสีตกกระทบ, เส้นปกติ และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 การสะท้อนของแสง

คำอธิบายตัวแปรต่างๆในรูป

A = รังสีตกกระทบ

N = เส้นปกติ

B = รังสีสะท้อน

θ = มุมตกกระทบ

θ' = มุมสะท้อน

2.2 การประมวลผลภาพ (image processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือการให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพ เพื่อให้ทราบว่าภาพนั้นคือภาพอะไร หรือมีสิ่งที่สนใจอยู่ในภาพหรือไม่ โดยที่ไม่ต้องใช้สายตาของคนเข้ามาช่วยตัดสิน การคิดคำนวณนั้นมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีประโยชน์ต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นการนำเอาสีแต่ละจุด (Pixel) มาคิด หรือ การคิดคำนวณเป็นบริเวณหลายๆจุดรวมกัน (Area) เช่น การดูพื้นผิว (Texture), การดูรูปแบบ (Pattern), การวิเคราะห์หารูปร่าง (Shape) หรือการวิเคราะห์แบบอื่นๆ เพื่อหาค่าที่สามารถระบุได้ว่าภาพนั้นมีลักษณะอย่างไร ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจได้ว่าสิ่งนั้นเป็นสิ่งที่กำลังค้นหาหรือสนใจอยู่หรือไม่

2.2.1 AForge.NET

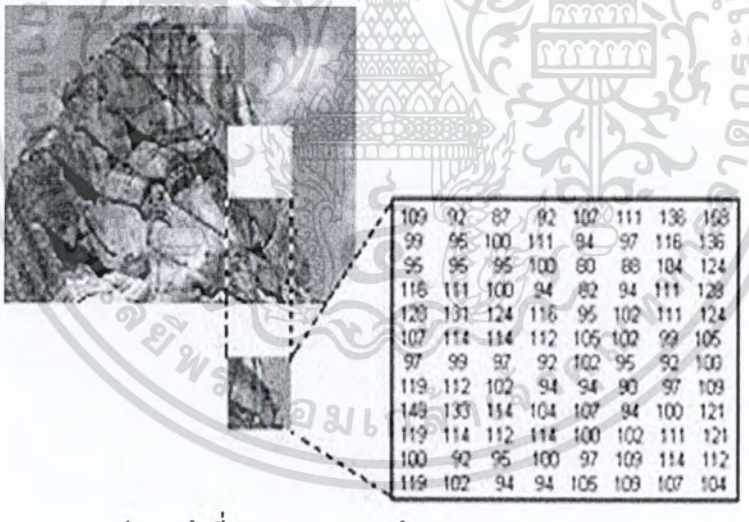
AForge.NET เป็นเฟรมเวิร์คสำหรับภาษา C# ที่เป็น Open Source ที่ถูกพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI) ได้แก่การประมวลผลภาพ (Image Processing) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithm หรือ GA) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นต้น สำหรับเฟรมเวิร์คใน AForge.NET จะประกอบด้วยชุดไลบรารี รวมถึงตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AForge.Imaging	เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านการประมวลผลภาพ
AForge.Vision	เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์
AForge.Viedo	เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านประมวลผลวีดีโอ
AForge.Neuro	เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านโครงข่ายประสาทเทียม
AForge.MachineLearning	เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านเรียนรู้ของเครื่อง

2.2.2 การทำ Grayscale Image

การทำ Grayscale Image เป็นการแปลงข้อมูลภาพจากภาพระดับ RGB ให้เป็นภาพระดับเทาโดยทำการเข้ารหัสความเข้มเชิงเส้นโดยการเพิ่มแกมมาโดย เพิ่ม 30% สำหรับค่าสีแดง, 59% สำหรับค่าสีเขียว และ 11% สำหรับค่าสีฟ้าซึ่งจำนวนผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าความสว่างเชิงเส้น ซึ่ง แต่ละจุด ๆ จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลข ซึ่งตัวเลขเหล่านี้ก็อยู่ระหว่าง 0-255 เป็นโทนสีเทา แต่ถ้าเป็นภาพขาวดำล่ะก็จะมีอยู่ด้วยกันแค่ 2 สีคือ สีดำแทนด้วยเลข 0 กับสีขาวแทนด้วยเลข 255 เพราะฉะนั้นถ้าเป็นภาพขาวดำหนึ่งจุดภาพจะใช้พื้นที่เก็บข้อมูลเพียง 1 บิตเท่านั้น แต่ถ้าเป็นภาพในโทนสีเทานั้น ใน 1 จุดภาพจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 8 บิต ที่เป็น 8 บิตก็เพราะว่าค่าระดับสีเมื่อเปลี่ยนเป็นเลขฐานสองแล้วจะได้ 8 บิต

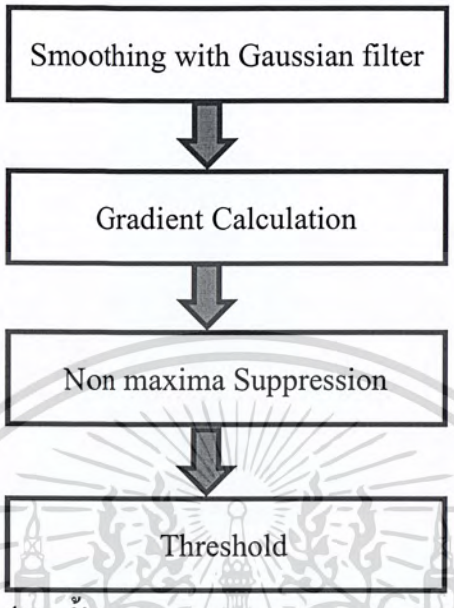


รูป 2.4 ค่าที่ออกมาจากการอ่าน Grayscale Image

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Canny Edge Detection Algorithm

ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน



รูป 2.5 ขั้นตอนของ Canny edge detection

การทำงานของ Canny Edge Detection นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ(Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาเซียน (Gaussian filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้น คำนวณค่าขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Orientation) ของ Gradient โดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ในถัดมาจึงใช้ Nonmaxima suppression กับ Gradient Magnitude เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้ Double Thresholding algorithm เพื่อระบุจุดภาพ (Pixel) ที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบโดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.2.4 Smoothing

เป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ Gaussian filter ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้กรอบ (mask) ขนาดเล็ก ขนาดของ Gaussian mask นี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ Gaussian filter เป็นดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S[i,j,\sigma] * I[i,j] \tag{2.1}$$

กำหนดให้

I [i, j] เป็นภาพที่ต้องการหาขอบ

G [i, j, σ] เป็น Gaussian smoothing filter

σ เป็น Spread of Gaussian (ควบคุมระดับของการ smoothing)

2.2.5 Gradient Calculation

ในขั้นแรกนำ smoothing image (S[i, j]) มาสร้าง x, y partial derivatives P[i, j] และ Q[i, j] ตามลำดับ ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3

$$P[i,j] \approx (S[i,j+1] - S[i,j] + S[i+1,j+1] - S[i+1,j]) / 2 \tag{2.2}$$

$$Q[i,j] \approx (S[i,j] - S[i+1,j] + S[i,j+1] - S[i+1,j+1]) / 2 \tag{2.3}$$

หลังจากนั้นนำค่า x , y partial derivatives มาคำนวณด้วยสูตรมาตรฐานสำหรับการแปลงรูปแบบจาก rectangular ไปเป็น polar (rectangular-to-polar conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของ gradient ตามสมการที่ 2.4

$$M[i,j] = \sqrt{P[i,j]^2 + Q[i,j]^2}$$
$$\theta[i,j] = \arctan(Q[i,j], P[i,j]) \tag{2.4}$$

จากสมการข้างต้นจะสามารถหาค่ามุม θ ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชัน arctan(x,y)

2.2.6 Nonmaxima Suppression

สำหรับการหาขอบโดย Canny method จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศ ทางเดียวกับ gradient ด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำ Nonmaxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น local maxima points ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 Thresholding

แม้ว่าภาพจะผ่านการ smoothing ในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่อันเนื่องจาก สัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียด ภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า threshold ขึ้นมา 2 ค่า คือ high threshold (T1) และ low threshold (T2) โดยจุดภาพ (Pixel) ที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นจุดภาพ (Pixel) ที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับจุดภาพ (Pixel) ที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าจุดภาพ (Pixel) ที่อยู่รอบข้างของจุดภาพ (Pixel) ที่เป็นขอบ (ค่า >T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าจุดภาพ (Pixel) ดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในขอบภาพด้วยเช่นกัน

2.2.8 Edge Following Algorithm

ขั้นตอนการตามเส้นขอบ (Edge Following) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) เริ่มต้นเปิดอ่านไฟล์ภาพอ้างอิงแล้วทำการวนลูป เพื่อหาค่าสีของจุดภาพ (Pixel) ที่มีสีเป็นสำดำแล้วกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด P
2) ขั้นตอนต่อมาทำการกำหนดค่า R1-R8 รอบๆจุด P โดยเริ่มต้นให้จุดภาพ (Pixel) ซ้ายมือเป็นจุด R1 แล้ววนตามเข็มนาฬิกาเป็น R2,R3,…,R8 ตามลำดับ
3) จากนั้นทำการตรวจสอบค่าสีของจุดภาพตั้งแต่ R1,R2,R3,….,R8 เพื่อตรวจสอบดูว่ารอบๆจุด P มีจุดไหนที่มีค่าจุดภาพเป็นสีดำหรือเปล่า ถ้าเป็นแสดงว่าเป็นจุดที่ต่อกันเป็นเส้นขอบ
4) เมื่อเราเจอจุดภาพรอบจุด P ที่มีค่าสีเป็นสีดำให้ทำการเก็บค่า P ลงในลิสต์ จากนั้นทำซ้ำขั้นตอนเดิมตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ไปจนหมดไฟล์ภาพ

2.2.9 การทำ Binarization

การทำ binarization เป็นการแปลงข้อมูลภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำ ซึ่งมีค่าระดับความสว่างเป็น 2 ค่า คือ 1 กับ 0 และเรียกภาพแบบนี้ว่า ภาพไบนารี (Binary) โดยอาศัยจุดเทรสโฮลในการกำหนดระดับขาวหรือดำ ดังสมการที่ 2.1 ภาพ binarization ช่วยในการวิเคราะห์ภาพ และการคำนวณเป็นไปได้ง่าย และสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \Rightarrow f(x,y) \geq T \\ 0 \Rightarrow f(x,y) < T \end{cases} \quad (2.5)$$

โดยที่

f(x,y) คือ ภาพระดับเทาตำแหน่ง x,y

T คือ ค่าเทรสโฮล

g(x,y) คือ ภาพ binarization ที่ได้ของตำแหน่ง x,y

ลักษณะของภาพ binarization ที่ได้ขึ้นกับค่าเทรสโฮล ดังนั้นถ้าค่าเทรสโฮลมีค่าสูง ภาพที่ได้จะเป็นสีดำมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าเทรสโฮลมีค่าต่ำ ภาพที่ได้จะเป็นสีขาวมากด้วย ดังนั้นการกำหนดค่าเทรสโฮลที่เหมาะสมจะช่วยให้ภาพ binarization ที่ได้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับภาพจริงมากที่สุด

รูป 2.6 รูปที่ผ่านกระบวนการ Binarization

รูป 2.7 รูปที่ทำการปรับค่า Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

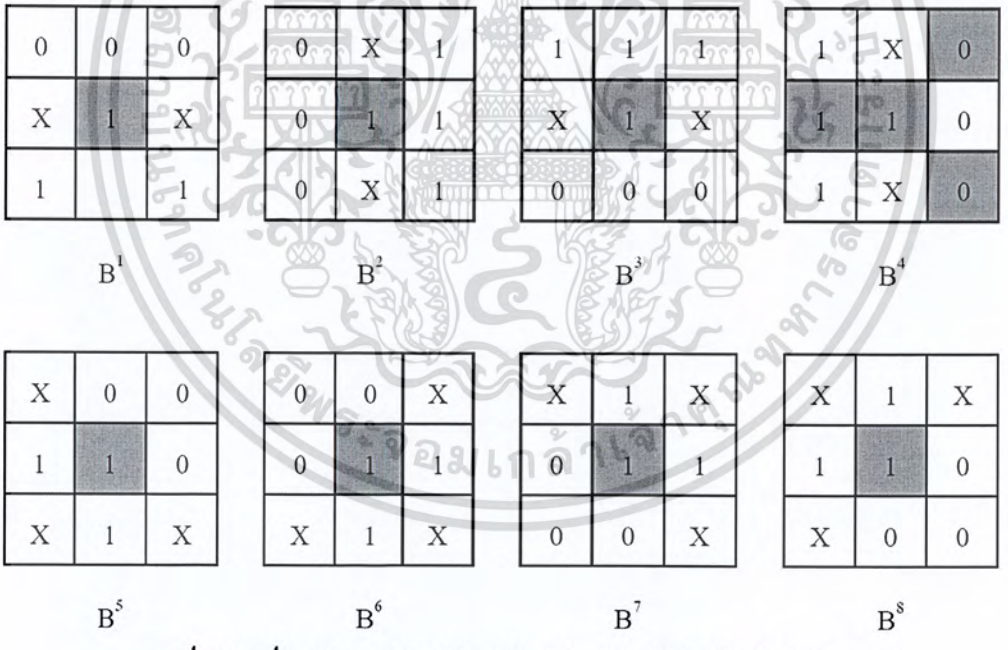
2.2.10 การทำ Thinning

การทำ Thinning เป็นการลดขนาดความหนาของรูปให้ลดลงเหลือเส้นเดียว เมื่อนำมาประยุกต์กับภาพลายนิ้วมือทำให้ง่ายในการวิเคราะห์หาลักษณะ อัลกอลิธึมการทำ Thinning สามารถเขียนให้อยู่ในรูปการเปลี่ยนรูปฮิทมิส (Hit-or-Miss Transform)

$$A \otimes B = A - \text{HitMiss}(A,B) \tag{2.6}$$

การนำไปใช้จริงของการทำ Thinning ของ A ในวิธีนี้ใช้ B ในรูปของลำดับของหน่วยโครงสร้างดังนี้ {B} = {B1 , B2 , B3 , ... , B11} ดังรูปที่ 2.6 ดังนั้นสมการการทำ Thinning ถูกเขียนใหม่ในรูปของ {B} ดังสมการ 2.3

$$A \otimes B = ((\ldots((A \otimes B^1) \otimes B^2)\ldots) \otimes B^n) \tag{2.7}$$



รูป 2.8 รูปแบบของ B1 , B2 , B3 , B4 , B5 , B6 , B7 และ B8

กระบวนการนี้ภาพ A จะถูกกระทำผ่าน B1 จากนั้นผลที่ได้จะกระทำผ่าน B2 ผลที่ได้จะถูกกระทำอย่างนี้ไปเป็นลำดับของ {B} จนกระทั่งถึง Bn กระบวนการทั้งหมดนี้จะถูกทำซ้ำจนกระทั่งผลที่ได้ไท่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

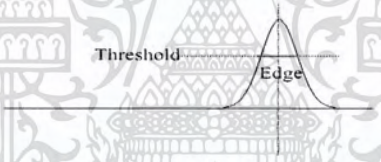
2.2.11 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

การหาขอบภาพ (Edge Detection) เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุ เราจะสามารถคำ นวณหาพื้นที่ (ขนาด) หรือรู้จำ ชนิดของวัตถุนั้นได้ อย่างไรก็ตาม การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นเรื่องที่ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ มีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วภาพ

2.2.11.1 วิธีการหาขอบภาพ (Edge detection method)

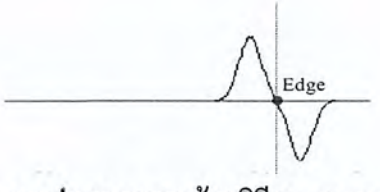
การหาขอบภาพคือการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ Gradient method และ Laplacianmethod โดยในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) **Gradient method** วิธีนี้จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพโดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า threshold (รูป 2.7) จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt, Sobel และ Cannyเป็นต้น



รูป 2.9 กราฟการหาขอบด้วยวิธี Gradient method

2.) **Laplacian method** จะหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 โดยใช้จุดที่ค่า y เป็น 0 (Zerocrossing) (รูป 4.5) ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า Gradient method ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น



รูป 2.10 กราฟการหาขอบด้วยวิธี Laplacian method

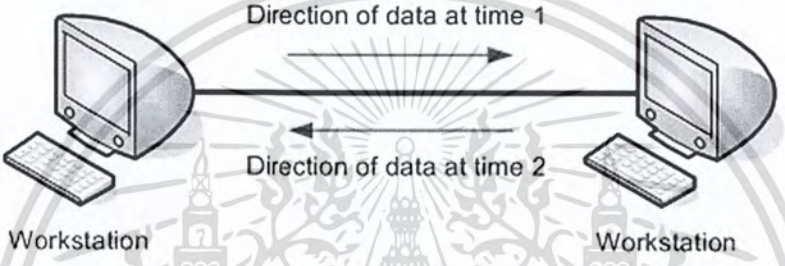
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รูปแบบการส่งข้อมูล

การที่คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอกในโปรเจคของเราได้ใช้การสื่อสารสองทางครึ่งอัตรา (Half duplex) ซึ่งมีการทำงานดังนี้

2.3.1 การสื่อสารสองทางครึ่งอัตรา (Half duplex)

การสื่อสารแบบนี้ทั้งผู้ส่งและผู้รับสามารถทำหน้าที่รับ –ส่งข้อมูลได้ เพียงแต่ไม่สามารถกระทำพร้อมกันได้ คล้ายกับถนนที่มีอยู่เลนเดียวที่รถสามารถวิ่งได้ทั้งสองทางแต่จะวิ่งสวนทางกันไม่ได้ ถ้ารถด้านหนึ่งวิ่งอยู่ รถอีกด้านหนึ่งจะต้องรอไปก่อน ในการสื่อสารสองทางครึ่งอัตรา(Half duplex)ก็เหมือนกัน ณ เวลาใดๆ จะมีเพียงแค่อุปกรณ์เดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลได้



รูป 2.11 การรับส่งข้อมูลแบบ Half duplex

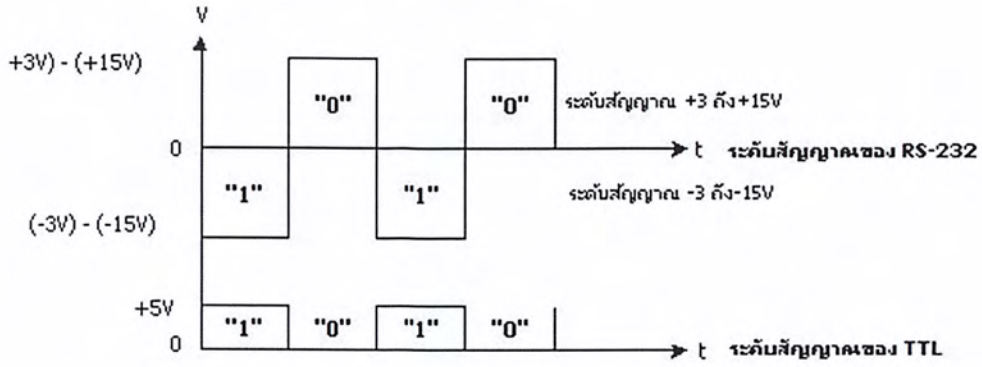
2.4 RS232 (Recommended Standard 232)

RS232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อที่ถูกกำหนดขึ้นมาโดย Electronic Industries Association (EIA) สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวซึ่ง RS232 มีสายส่งสัญญาณที่จำเป็น 3 สายคือ สายส่งข้อมูล รับข้อมูล และ สัญญาณดิน การส่งสัญญาณใน RS232 นั้นเป็นแบบ 2 ทิศทาง

2.4.1 มาตรฐานการเชื่อมต่อ RS232

โดยทั่วไปแล้ว RS232 เป็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยกาส่งประกอบไปด้วย บิทเริ่มต้น บิทข้อมูล บิทตรวจสอบ และ บิทสุดท้าย โดยการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์มีการกำหนดความยาวสูงสุดได้ไม่เกิน 50 ฟุต ขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ, ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน โดยมีระดับสัญญาณตั้งแต่ 3 โวลท์ จนถึง 15 โวลท์ สำหรับลอจิก 0 และมีระดับแรงดันตั้งแต่ -15 โวลท์ จนถึง -3 โวลท์ สำหรับลอจิก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

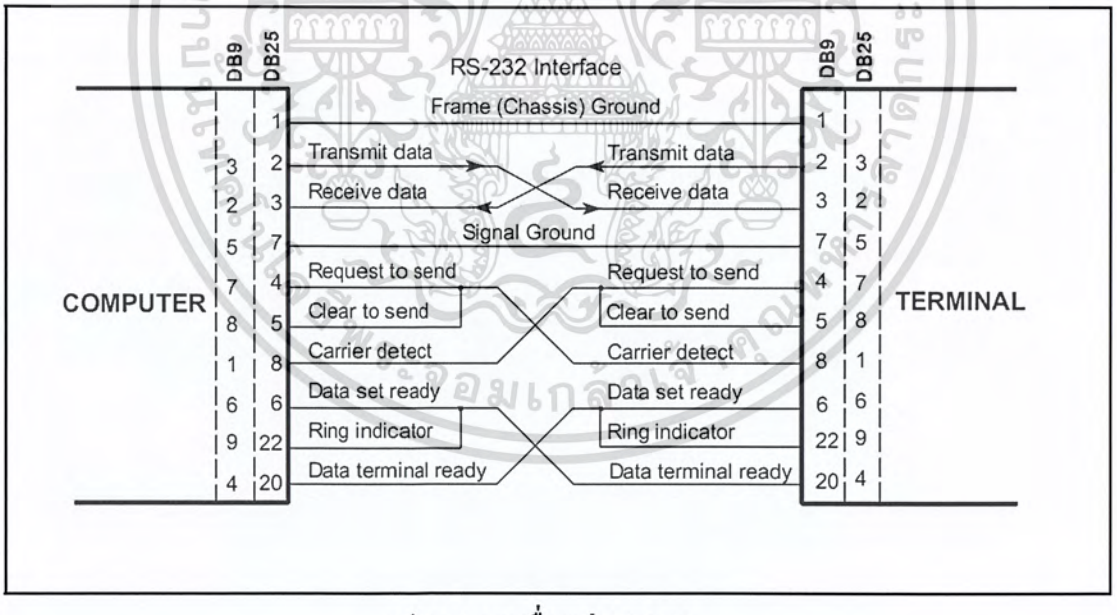


รูป 2.12 ระดับสัญญาณของ RS232

2.4.2 การเชื่อมต่อ RS232 กับ คอมพิวเตอร์

สำหรับการเชื่อมต่อ RS232 กับ คอมพิวเตอร์นั้น เราจะใช้ขา RxD ,TxD และ SG โดย

1) RxD คือ ขาที่ใช้ในการรับข้อมูล
2) TxD คือ ขาที่ใช้ในการส่งข้อมูล
3) SG คือ ขา Ground



รูป 2.13 การเชื่อมต่อ RS232

สำหรับการเชื่อมต่อ ในแต่ละขานั้น ขา RxD ฝั่ง คอมพิวเตอร์ จะต่อเข้ากับขา TxD ของฝั่ง Terminal ส่วนขา TxD ฝั่งคอมพิวเตอร์จะต่อเข้ากับขา RxD ทางฝั่งของ Terminal แต่ว่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันนี้พอร์ตอนุกรมในคอมพิวเตอร์ หรือ โน้ตบุ้คทั่วไปนั้นไม่มีแล้ว จะมีก็เพียงแค่พอร์ต USB เท่านั้น เราจึงต้องทำการศึกษาวงจรในการแปลงจาก USB เป็น Serial

2.5 ความผิดเพี้ยนข้อมูลเนื่องจากการส่ง

ความผิดเพี้ยนข้อมูลเป็นความซับซ้อนยุ่งยากของการสื่อสารข้อมูลส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากผู้รับข้อมูลไม่ทราบว่าสิ่งที่ตนเองได้รับมานั้นเป็นข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่ ในขณะเดียวกันผู้ส่งก็ไม่แน่ใจว่าผู้รับข้อมูลจะได้รับข้อมูลตามที่ตนเองต้องการ นั่นคือข้อมูลที่ผู้รับกับข้อมูลที่ผู้ส่งนั้นไม่เหมือนกัน ข้อมูลของผู้รับจึงกลายเป็นข้อมูลผิดเพี้ยน (Error) ดังนั้นทั้งผู้ส่งและผู้รับจึงต้องร่วมมือกันในการตรวจสอบความถูกต้อง การป้องกัน และการแก้ไขข้อมูลที่อาจทำให้ผิดเพี้ยนไปเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูลสามารถพิจารณาได้ดังนี้

2.5.1 สาเหตุที่ทำให้ข้อมูลผิดเพี้ยน

สาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้ข้อมูลผิดเพี้ยนเกิดขึ้นเนื่องจากการรบกวนจากสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายนอกระบบเครือข่าย ซึ่งเป็นสิ่งที่อาจหลีกเลี่ยงได้แต่ไม่สามารถแก้ไขได้ ในขณะที่สาเหตุอีกส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากปัญหาภายในระบบเครือข่ายเอง ซึ่งสามารถแก้ไขหรือหลีกเลี่ยงได้ สาเหตุหลักที่เกิดขึ้นอยู่เสมอและทำให้ข้อมูลผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้แก่

2.5.1.1 สัญญาณอิมพัลส์

สัญญาณอิมพัลส์ (Impulse Noise) เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงภายนอกระบบเครือข่าย ตัวอย่างเช่น กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่า สายสื่อสารประเภทลวดทองแดงที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงจะทำปฏิกิริยากับกระแสไฟฟ้าที่รุนแรงมากนั้นทำให้กระแสไฟฟ้า ภายในสายสื่อสารเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม บางครั้งการใช้โทรศัพท์ขณะที่มีพายุฝนเมื่อเกิดฟ้าผ่าขึ้นใกล้สายโทรศัพท์ ผู้ใช้จะได้ยินเสียงรบกวนแทรกเข้ามา ซึ่งเป็นผลมาจากสัญญาณอิมพัลส์เช่นกัน ถ้าเป็นสายสื่อสาร สัญญาณรบกวนนี้จะทำให้ทางฝ่ายผู้รับไม่สามารถแปลความหมายของข้อมูลที่มีความผิดเพี้ยนนี้ได้ หรืออาจทำให้การแปลความหมายผิดไปจากที่ผู้ส่งต้องการ (จากบิต 1 กลายเป็นบิต 0 หรือกลับกัน) สัญญาณประเภทนี้อาจเกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้หรือสร้างไฟฟ้าแรงดันสูง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ได้

2.5.1.2 สัญญาณกัสเสี้ยน

สัญญาณกัสเสี้ยน (Gaussian Noise or White Noise) เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของลวดทองแดง เนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการใช้งาน จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สัญญาณความร้อน (Thermal Noise) การส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ด้วยการส่งกระแสอิเล็กตรอน (กระแสไฟฟ้า) ไปตามสายสื่อสาร เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น และถ้าความร้อนนี้อยู่ในระดับที่สูงพอ ก็จะเปลี่ยนตัวเองกลายเป็นสัญญาณรบกวนนั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นสัญญาณที่ผู้รับไม่อาจแปลความหมายหรือแปลความหมายผิดไปจากเดิม เนื่องจากเป็นปัญหาภายในสายสื่อสารเองซึ่งแก้ไขไม่ได้ แต่สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการทำให้สายสื่อสารนั้นมีอุณหภูมิต่ำหรืออยู่ในระดับปกติอยู่ตลอดเวลา สัญญาณรบกวนประเภทนี้จะเกิดขึ้นรุนแรงตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น

2.5.1.3 สัญญาณอ่อนกำลัง

การส่งสัญญาณออกไปทางสื่อกลางไม่ว่าจะทำจากวัสดุอะไร (ลวดทองแดงหรือใยแก้วนำแสง) หรือส่งออกไปด้วยสัญญาณชนิดใด (ไฟฟ้าหรือคลื่นวิทยุ) สัญญาณนั้นจะอ่อนกำลังลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น (Attenuation) โดยทั่วไป สัญญาณที่มีกำลังแรงตามปกติจะมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนประเภทต่าง ๆ ได้ดี แต่สัญญาณที่อ่อนกำลังลงอาจจะถูกรบกวนได้โดยง่าย วิธีการแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ เรียกว่า แอมปลิไฟเออร์ (Amplifier) ใช้ในระบบสัญญาณแบบแอนะล็อก หรือ รีพีตเตอร์ (Repeater) ใช้ในระบบสัญญาณแบบดิจิทัล อุปกรณ์นี้จะช่วยเพิ่มกำลังสัญญาณให้กลายเป็นสัญญาณที่มีความแรงตามปกติ ในระบบเครือข่ายที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดี จะไม่มีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มกำลังสัญญาณเลย เพราะการส่งสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งมักจะกำหนดให้ใช้ระยะทางที่เหมาะสมกับชนิดของสื่อที่เลือกสัญญาณจึงมีความแรงเพียงพอที่ปลายสาย แต่เนื่องจากสภาวะแวดล้อมบางอย่างบังคับให้ต้องเลือกใช้สื่อที่ไม่สามารถส่งสัญญาณไปถึงปลายทางได้โดยตรง จึงต้องเพิ่มอุปกรณ์นี้เข้าไปเพื่อเป็นการต่อระยะการส่งสัญญาณให้ไกลมากขึ้นกว่าเดิม

2.5.1.4 ครอสทอล์ก

การวางสายสื่อสาร (โดยปกติหมายถึงสายลวดทองแดง) หลายเส้นไว้ด้วยกันจะสร้างปัญหา เรียกว่า ครอสทอล์ก (Crosstalk) คือสัญญาณจากสายสื่อสารต่าง ๆ จะเกิดการรบกวน ซึ่งกันและกัน โดยปกติสายสื่อสารทุกชนิดจะมีฉนวนหุ้มอยู่ ซึ่งจะป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอกและป้องกันไม่ให้สัญญาณภายในสายกระจายออกไปภายนอก แต่ในกรณีที่ฉนวนเกิดการชำรุดก็จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นทั้งสองทางได้ การใช้สายสื่อสารขนาดเล็กเกินไปหรือใช้สัญญาณที่มีระดับความแรงมากเกินไปก็จะทำให้เกิดปัญหาได้เหมือนกันการใช้โทรศัพท์ระบบเก่าขององค์การโทรศัพท์ซึ่งเป็นแบบแอนะล็อกจะเกิดปัญหานี้บ่อยมากคือคู่สนทนาจะได้ยินเสียงสนทนาที่มาจากสายคู่อื่นสายสื่อสารที่ส่งสัญญาณที่เกิดจากการผสมสัญญาณตามความถี่คลื่นจะมีโอกาสเกิดปัญหาครอสทอล์กมาก เนื่องจากความถี่คลื่นแต่ละคลื่นที่นำมาผสมกันนั้นอาจใกล้เคียงกันเกินไปจนรบกวนกันเอง การใช้สัญญาณไมโครเวฟก็มีโอกาสเกิดขึ้นมาก ถ้าเสาสัญญาณอยู่ใกล้กันและความถี่ที่ใช้นั้นใกล้เคียงกันหรือทับซ้อนกัน โดยทั่วไปแล้วปัญหาครอสทอล์กไม่ใช่ปัญหาใหญ่สามารถหลีกเลี่ยงและแก้ไขได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การรบกวนกันเองนี้จะไม่รุนแรงจนเกิดผลเสียร้ายแรงต่อการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117366

ปัญหาครอสทอล์กชนิดที่รุนแรงเกิดขึ้นเมื่อมีการแปลงสัญญาณระหว่างกัน (Intermodulation Noise) นั่นคือความถี่ของสัญญาณสองสัญญาณมารวมตัวกันเป็นสัญญาณความถี่ใหม่ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตการใช้งาน เช่น สมมุติว่าสัญญาณสองความถี่ขนาด 1,500 Hz และ 2,000 Hz ถูกส่งออกมาทางสายโทรศัพท์ (Voice-grade Line) ซึ่งสามารถส่งสัญญาณความถี่ที่อยู่ระหว่าง 300 ถึง3,400 Hz ถ้าสัญญาณทั้งสองที่ส่งออกมานั้นเกิดการแปลงสัญญาณระหว่างกันเกิดเป็นสัญญาณความถี่ 3,500 Hz (1,500+2,000=3,500) แล้ว สัญญาณนี้จะไม่สามารถส่งไปทางสายโทรศัพท์ได้ ทำให้ผู้รับจะไม่ได้รับสัญญาณใด ๆ เลย

2.5.1.5 การผิดเพี้ยนสัญญาณเนื่องจากดีเลย์

ด้วยคุณสมบัติตามธรรมชาติของคลื่นสัญญาณที่ส่งออกมาทางสายสื่อสาร สัญญาณที่ใช้ความถี่คลื่นไม่เท่ากันแม้ว่าจะถูกส่งออกมาจากผู้ส่งพร้อมกัน แต่จะเดินทางมาถึงผู้รับไม่พร้อมกัน คุณลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การผิดเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากดีเลย์ (Delay Distortion) ความเร็วของคลื่นสัญญาณที่อยู่ตรงกลาง (ภายในช่วงคลื่นที่ส่งออกมา) จะมีความเร็วสูงสุดในขณะที่คลื่นความถี่ใกล้เคียงจะมีความเร็วลดลงและคลื่นที่อยู่ด้านขอบบนและขอบล่างจะมีความเร็วต่ำที่สุด ดังนั้นข้อมูลที่ไปถึงทางฝั่งผู้รับจึงไปถึงไม่พร้อมกันและอาจทำให้การแปลความหมายผิดไปได้ การแก้ปัญหานี้จะต้องใช้อุปกรณ์เรียกว่า อิควอไลเซอร์ (Equalizer) ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความเร็วของคลื่นสัญญาณทั้งหมดให้เท่ากันเพื่อให้เดินทางไปถึงผู้รับพร้อมกัน

2.5.1.6 ปัญหาของสายสื่อสาร

ปัญหาสุดท้ายที่มักจะเกิดขึ้นอยู่เสมอในการสื่อสารข้อมูลคือ ปัญหาในเรื่องของสายสื่อสาร นั่นคือสายสื่อสารอาจชำรุดหรือขาดออกจากกัน เรียกว่า Line Failure ในกรณีนี้ระบบการสื่อสารจะหยุดชะงัก ไม่สามารถใช้การได้จนกว่าสายสื่อสารที่ชำรุดหรือขาดจะได้รับการซ่อมแซมให้เหมือนเดิมต่อไป

2.6 การตรวจหาความผิดเพี้ยนข้อมูล

สาเหตุที่ทำให้ข้อมูลเกิดการผิดเพี้ยนในระหว่างการถ่ายทอดนั้นมีมากมาย ทำให้ในการถ่ายทอดข้อมูลทุกครั้งไม่ว่าจะใช้วิธีการใดในสื่อชนิดใด มีโอกาสที่ข้อมูลจะเกิดผิดเพี้ยนได้เสมอ ซึ่ง ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนที่จะนำไปใช้งานต่อไป การตรวจสอบและแก้ไข ข้อมูล จำเป็นจะต้องแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น เรียกว่าแพ็กเกต (Packet) หรือ เฟรม (Frame) หมายถึงหน่วยที่เล็กที่สุดของข้อมูลที่ถูกจัดเตรียมสำหรับการนำส่ง (ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับหน่วยข้อมูลอื่น ๆ เช่น บิตหรือไบต์) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจริงและข้อมูลสำหรับการควบคุมต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การตรวจสอบ Cyclic Redundancy Check หรือ CRC

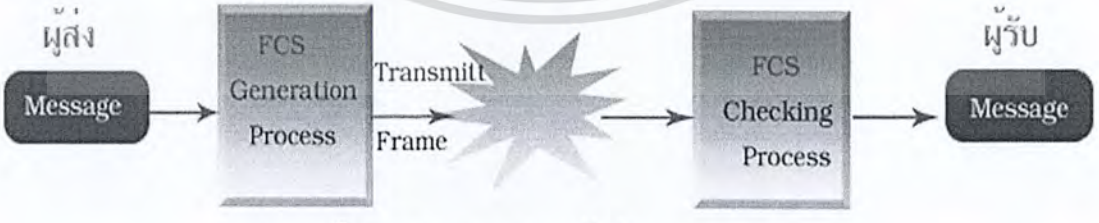
Cyclic Redundancy Checking เป็นวิธีการของการตรวจความผิดพลาดของข้อมูล ที่มีการส่งผ่านระบบการเชื่อมติดต่อ อุปกรณ์การส่งจะประยุกต์ข้อมูลขนาด 16 หรือ 32 บิต แบบ polynomial ไปยังบล็อกข้อมูล โดยการส่งบิตแบบ polynomial จับผลลัพธ์ cyclic redundancy code (CRC) ไปยังบล็อกข้อมูล ในด้านการรับประยุกต์ข้อมูลแบบ polynomial และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของด้านรับกับด้านส่ง ถ้ายอมรับ ข้อมูลจะได้รับเรียบร้อย ถ้าไม่ ผู้ส่งจะสามารถแจ้งให้ส่งบล็อกข้อมูลใหม่

ITU-TS(CCITT) มีมาตรฐานสำหรับ 16 บิต polynomial ที่ใช้การตรวจสอบแบบ cyclic redundancy code (CRC) สำหรับ IBM มีระบบ Synchronous Data Link Control และโปรโตคอลอื่นได้ CRC –16 และ 16 บิตแบบ polynomial ซึ่ง 16 บิตของ cyclic redundancy code จะค้นหาบิตผิดพลาดถึงแบบเดี่ยวและคู่ เพื่อทำให้มั่นใจการค้นหาทำได้ 99.998 % ของความผิดพลาดที่เป็นไปได้ การค้นหาระดับนี้ รับประกันได้อย่างเพียงพอ สำหรับบล็อกข้อมูลการส่ง 4 KB หรือน้อยกว่า สำหรับการส่งขนาด 32 บิตให้ CRC จะได้รับการส่งขนาดใหญ่ ซึ่งโปรโตคอลของเครือข่ายแบบ LAN คือ Ethernet และ Token ring ใช้ CRC ขนาด 32 – บิต

CRC เป็นวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน บางครั้งเราเรียกวิธีนี้ว่าวิธี FCS (Frame Check Sequence) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงใช้ตรวจสอบข้อผิดพลาดกับการส่งสัญญาณแบบ Synchronous Transmission ซึ่งสัญญาณจะมีลักษณะเป็น Block หรือเป็น Frame มีใช้ทั้ง Software และ Hardware

2.6.1.1 หลักการทำงานของ CRC

การทำงานของ CRC ค่อนข้างจะยุ่งยากและซับซ้อนโดยจะใช้หลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ทั้งกระบวนการก่อนส่งและเมื่อส่งถึงผู้รับแล้ว โดยอุปกรณ์รับ-ส่งจะสร้างค่าขึ้นมาค่าหนึ่งเรียกว่า Generator Polynomial เพื่อใช้ตรวจสอบข้อมูล (Message) ทั้งเครื่องรับ-และเครื่องส่งซึ่งกระบวนการ CRC มีขั้นตอนดังภาพต่อไปนี้



รูป 2.14 ขั้นตอนการตรวจสอบข้อผิดพลาดแบบ CRC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำงานจะเกิดขึ้น 2 จุดคือ

1) FCS generation Process จะสร้างข้อมูลมา 1 ชุดที่พร้อมจะส่งและพร้อมจะถูกตรวจสอบ

2) FCS Checking Process จะตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้องก็จะส่งต่อไปยังผู้รับถ้าผิดพลาดก็ต้องแจ้งให้ผู้ส่งจัดการส่งข้อมูลให้ใหม่

การตรวจข้อผิดพลาดของการส่งข้อมูล เป็นสิ่งสำคัญในระบบสื่อสารข้อมูล เนื่องจากการเดินทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งของข้อมูล ย่อมผิดพลาดได้ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นทำให้ปลายทางไม่ได้รับข้อมูลหรือได้รับข้อมูลที่ผิดพลาดเป้าหมายไป ดังนั้นการตรวจที่ผิดพลาดขึ้นทำให้ปลายทางไม้ได้รับข้อมูลให้ถูกต้อง ก่อนที่ปลายทางจะได้รับ

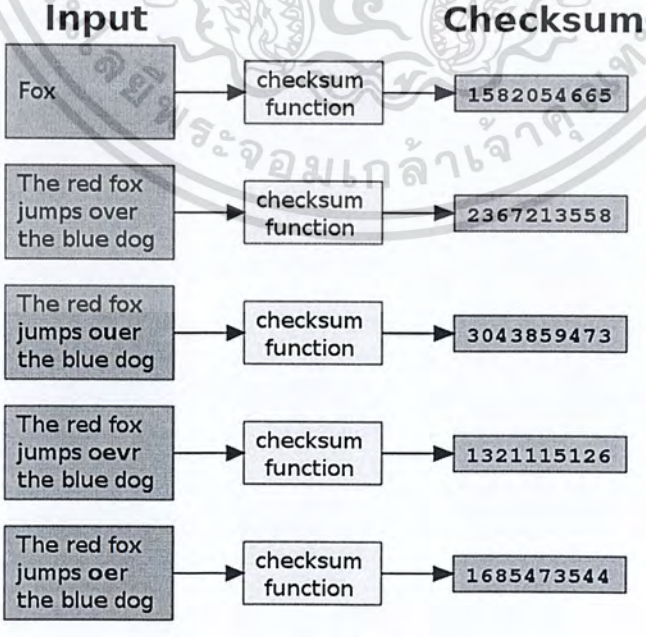
2.6.2 การตรวจสอบโดยการหาผลรวม (Checksum)

การหาผลรวมหรือเรียกว่า Check sum นี้จัดเป็นอีกวิธีหนึ่งของเทคนิคการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้บิตตรวจสอบ (Parity Bit Check) แต่จำเป็นต้องใช้ Overhead ที่มากกว่าแบบมากกว่าแบบ Parity Bit Check

2.6.2.1 หลักการทำงานของ Checksum

1) ฝ่ายส่งจะคำนวณหาผลรวมข้อมูล และส่งไปพร้อมกับข้อมูล

2) เมื่อฝ่ายรับได้รับข้อมูล ก็จะนำผลรวมนั้นไปตรวจสอบกับข้อมูลที่ได้รับมาว่าถูกต้องตรงกันหรือไม่



รูป 2.15 การแปลงข้อมูลของ checksum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การแก้ไขความผิดเพี้ยนข้อมูล

ข้อมูลผิดเพี้ยนที่ถูกตรวจพบได้รับการแก้ไขในสองแนวทางคือ การแก้ไขแบบไม่ส่ง ข้อมูลซ้ำ และแบบส่งข้อมูลซ้ำ ซึ่งการแก้ไขแบบไม่ส่งข้อมูลซ้ำนั้น ผู้รับข้อมูลสามารถแก้ไขข้อมูลที่ผิดเพี้ยนได้เอง ส่วนการแก้ไขแบบส่งข้อมูลซ้ำจะต้องให้ผู้ส่งจัดการส่งข้อมูลที่ผิดเพี้ยนนั้นมาใหม่ การเลือกใช้วิธีการแก้ไขนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของการผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นในสายสื่อสารและวิธีการที่ใช้

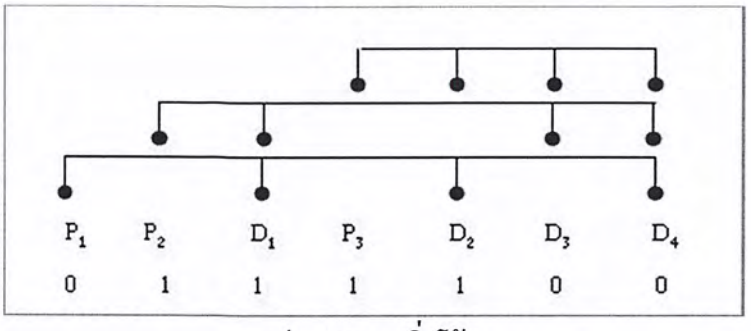
2.7.1 การแก้ไขแบบไม่ส่งข้อมูลซ้ำ

การแก้ไขแบบไม่ส่งข้อมูลซ้ำเรียกว่า Forward Error Correction ถูกออกแบบมาสำหรับการผิดเพี้ยนข้อมูลที่เกิดขึ้นเพียงบิตเดียว (Single-bit Error) ต่อข้อมูลหนึ่งบล็อก (Block) ข้อมูลสำหรับการแก้ไขจะถูกส่งไปพร้อมกับข้อมูลจริงทำให้ปริมาณข้อมูลโดยรวมสูงมาก ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งบิต (Multiple-bit Error) แล้ว ยิ่งจะทำให้ปริมาณข้อมูลโดยรวมสูงขึ้นไปอีกจนทำให้ไม่เหมาะสมแก่การนำมาใช้งานจริง เช่น บางวิธีกำหนดให้ส่งข้อมูลเป็นปริมาณสองเท่าของข้อมูลจริง (Total Redundancy)

ตัวอย่างของวิธีการแก้ไขแบบไม่ส่งซ้ำที่ได้รับความนิยมอย่างสูงได้แก่ การแก้ไขข้อมูลแบบแฮมมิ่ง (Hamming Code) ซึ่งนำวิธีการแบบแพริตี้มาประยุกต์ให้มีความเที่ยงตรงสูงขึ้นโดยการเพิ่มบิตข้อมูลสำหรับควบคุมเข้าไปด้วย การแก้ไขข้อมูลแบบแฮมมิ่งใช้แพริตี้แบบคู่ (Even Parity) จำนวนหลายบิตในการตรวจสอบข้อมูล เช่น ข้อมูลขนาด 4 บิต คือ 1100 ที่เขียนกำกับด้วย D1, D2, D3 และ D4 ตามลำดับ โดยมีข้อมูลควบคุมแพริตี้แบบคู่จำนวน 3 บิต คือ 011 ที่เขียนกำกับด้วย P1, P2 และ P3 ตามลำดับ นอกจากนั้นข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาผสมกันและจัดลำดับใหม่กลายเป็นข้อมูลขนาด 7 บิต

ซึ่งข้อมูลควบคุมแต่ละตัวใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูลจริงจำนวน 3 บิต (กลายเป็น 4 บิต) ข้อมูล ควบคุมบิต P1 ใช้กับข้อมูลจริงตัวที่ D1, D2, D3 และ D4 (กลายเป็น 0110) ในทำนองเดียวกันบิต P2 ใช้กับข้อมูลตัวที่ D1, D3, และ D4 (กลายเป็น 1100) จะเห็นได้ว่าข้อมูลทุกกลุ่มจะมีคุณสมบัติแพริตี้คู่เหมือนกันหมด วิธีการนี้นิยมนำไปใช้ในการส่งข้อมูลที่ผู้รับไม่สามารถแจ้งความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นให้แก่ผู้ส่งได้ เช่น การส่งข้อมูลแบบทิศทางเดียว หรือในบางกรณีที่การส่งข้อมูลมีปัญหาด้านอื่นมาบังคับ เช่น การสื่อสารผ่านดาวเทียมที่มีค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลสูงมาก (ถ้าต้องส่งข้อมูลชุดเดิมซ้ำ) เมื่อนำไปเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มบิตข้อมูลควบคุมเข้าไปกับข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.16 แฮมมิ่งโค้ด

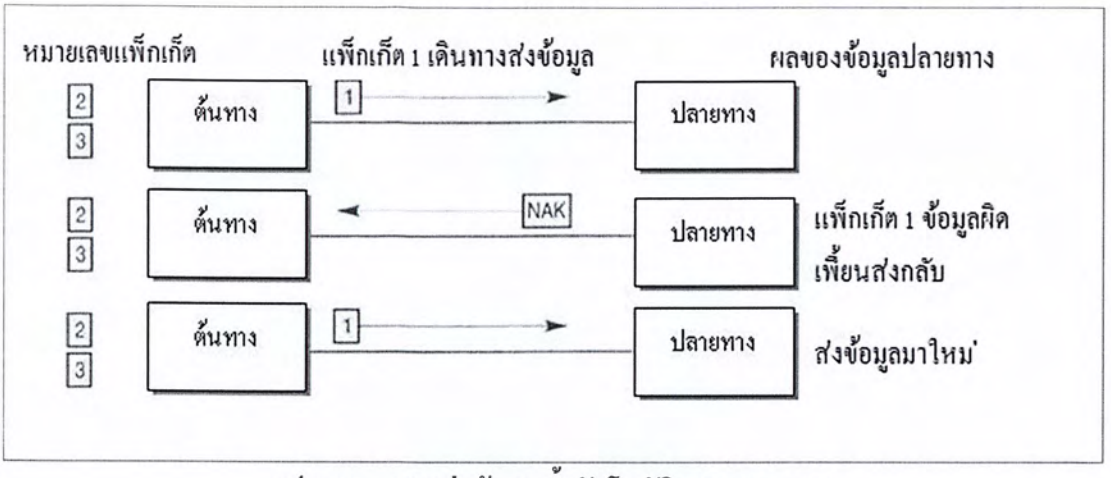
2.7.2 การแก้ไขแบบส่งข้อมูลซ้ำ

การแก้ไขแบบส่งข้อมูลซ้ำ (Error Detection With Retransmission) กำหนดให้ผู้ส่งจัดการส่งข้อมูลที่เกิดผิดเพี้ยนมาใหม่ วิธีการที่นิยมกันโดยทั่วไปเรียกว่า การขอส่งข้อมูลซ้ำโดยอัตโนมัติ (Automatic Repeat Request; ARQ) ซึ่งมีอยู่สามแบบคือ แบบหยุดคอย แบบส่งย้อนกลับ และแบบต่อเนื่อง มีรายละเอียดดังนี้

2.7.2.1 การขอส่งข้อมูลซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดคอย (Stop-and-wait ARQ)

จะกำหนดให้ข้อมูลแต่ละแพ็กเกตมีหมายเลขเฉพาะของตนเองและส่งออกไปทางช่องสื่อสารแล้วจึงหยุดคอย ข้อมูลที่ไปถึงผู้รับจะถูกตรวจสอบความถูกต้อง ถ้าพบว่าถูกต้องผู้รับจะส่งข่าวสารเรียกว่า การตอบรับ(Acknowledgement; ACK) กลับมา ผู้ส่งจึงจะส่งแพ็กเกตในลำดับต่อไป แต่ถ้าพบว่ามีข้อมูลผิดเพี้ยน ผู้รับจะส่งข่าวสารการตอบปฏิเสธ (Negative Acknowledgement; NAK) กลับมาแทน ซึ่งผู้ส่งจะต้องส่งแพ็กเกตเดิมไปยังผู้รับอีกครั้งหนึ่งหรือจนกว่าจะได้รับการตอบรับกลับมา จะเห็นได้ว่าวิธีการนี้มี ประสิทธิภาพในระดับต่ำมาก ช่องสื่อสารส่วนใหญ่จะว่างเปล่าคือ ไม่มีการส่งข้อมูลเนื่องจากเวลา ส่วนใหญ่ในการรอคอยระหว่างผู้รับและผู้ส่ง อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ได้รับความนิยมในการใช้งานทั้งบนเครื่องเมนเฟรมและในระบบเครือข่ายเฉพาะบริเวณเนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายแก่การนำไปใช้ง่ายต่อการควบคุมและสามารถไว้วางใจได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



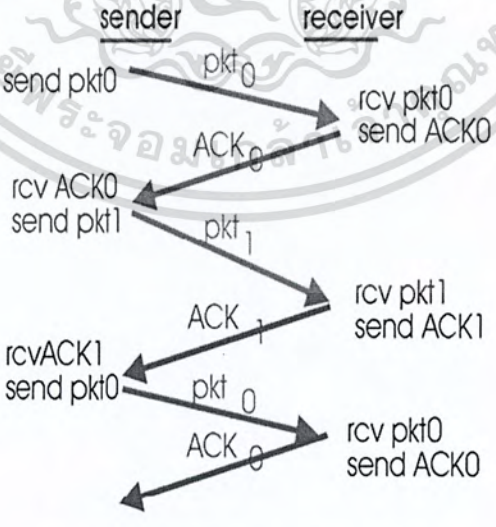
รูป 2.17 การขอส่งข้อมูลซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดคอย

2.7.3 กลไกการทำงาน

ในการส่งเฟรมข้อมูลออกไปนั้น เราสามารถแบ่งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นออกเป็น 4 กรณี ด้วยกัน คือ กรณีปกติ กรณีเฟรมข้อมูลสูญหาย กรณีเฟรม ACK สูญหายและกรณีเฟรม ACK ล่าช้า

2.7.3.1 กรณีปกติ

ถ้าการส่งเฟรมข้อมูลเป็นไปอย่างปกติ คือ เมื่อผู้ส่งได้ส่งเฟรม 0 และจะทำการคอยรับเฟรม ACK 1 เมื่อผู้รับได้เฟรม ACK 1 แล้วจึงจะส่งเฟรม 1 ออกไป จากนั้นจะคอยรับเฟรม ACK 0 ต่อไป ซึ่งกลไกจะเป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ในการที่คอยรับเฟรม ACK นั้นผู้ส่งจะมีระยะเวลาที่แน่นอนในการรอคอย

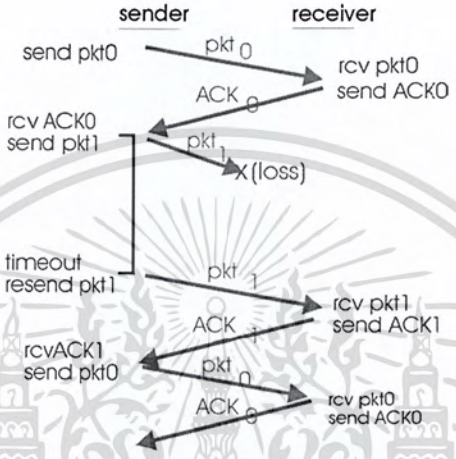


รูป 2.18 Stop-and-Wait ในกรณีปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.2 กรณีเฟรมเฟรมข้อมูลสูญหายหรือเสียหาย

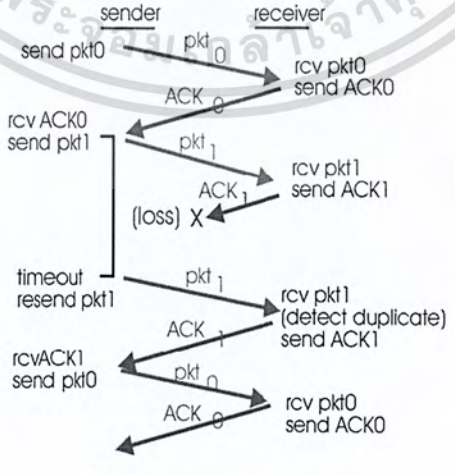
ในกรณีที่เฟรมข้อมูลสูญหายหรือเสียหายนั้นผู้รับจะกระทำเหมือนกัน คือ ถ้าได้รับเฟรมข้อมูลที่มีความผิดพลาดหรือเสียหาย ผู้รับจะทำการทิ้งเฟรมข้อมูลนั้นไป ซึ่งเปรียบเสมือนว่าผู้รับไม่ได้รับเฟรมข้อมูลนั้น นั้นเอง ถ้าผู้รับไม่ได้รับเฟรมข้อมูลที่ต้องการ ผู้รับไม่ต้องส่ง ACK กลับไป



รูป 2.19 Stop-and-Wait ในกรณีเฟรมข้อมูลสูญหายหรือเสียหาย

2.7.3.3 กรณีเฟรม ACK สูญหาย

กลไกในการจัดการกับเฟรม ACK ที่สูญหายหรือเสียหายนั้น จะกระทำเหมือนกันกับกรณีเฟรมข้อมูลสูญหาย

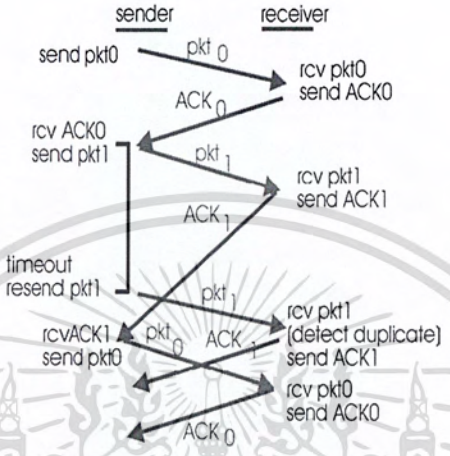


รูป 2.20 Stop-and-Wait ในกรณีเฟรม ACK สูญหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.4 กรณีเฟรม ACK ล่าช้า

มีความเป็นไปได้ที่เฟรม ACK ของผู้รับจะเกิดความล่าช้าในระหว่างการส่งไปให้กับผู้ส่งข้อมูล เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้วยังไม่ได้รับเฟรม ACK ผู้ส่งจะทำการส่งเฟรมไปใหม่อีกครั้ง แต่อย่างไรก็ตามผู้รับจะไม่ได้รับเฟรมนี้



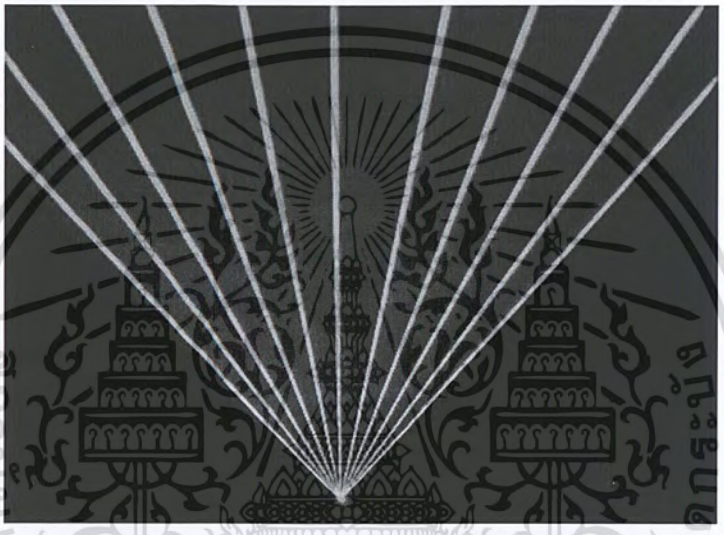
รูป 2.21 Stop-and-Wait ในกรณีเฟรม ACK ล่าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และหลักการที่ใช้ในโครงงาน

3.1 Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

คำว่า เลเซอร์นั้น หมายถึง การขยายแสงโดยการปล่อยรังสีที่ถูกกระตุ้น คลื่นแสงมีลักษณะที่พร้อมเพรียงกันเป็นระเบียบและมีความเข้มแสงสูงซึ่งแตกต่างจากแสงธรรมดา



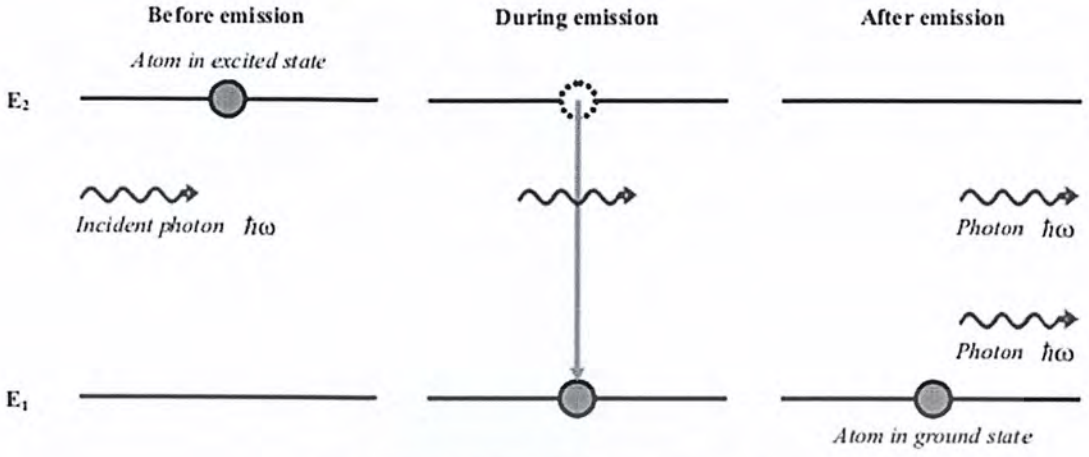
รูป 3.1 ตัวอย่างของแสงเลเซอร์

3.1.1 หลักการเกิดของแสงเลเซอร์

การขยายแสงคือการเพิ่มจำนวนโฟตอนหรือเพิ่มความเข้มแสงให้มีมากขึ้นกว่าเดิม โดยปรกติอะตอมหรือโมเลกุลจะอยู่ในชั้นพลังงานต่ำเสมอ (E1) เพราะเป็นสภาวะที่มีความเสถียรภาพมากกว่า แต่เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลถูกกระตุ้นก็จะเกิดการดูดกลืนแสงหรือพลังงานที่มากระตุ้นทำให้อะตอมหรือโมเลกุลขึ้นไปอยู่ในชั้นพลังงานที่สูงกว่า (E2) แต่สถานะพลังงานในชั้นพลังงาน E2 นี้มีความไม่เสถียรจึงสามารถคงตัวได้เพียงชั่วระยะเวลาหนึ่งจึงคายพลังงานออกมาเพื่อทำให้ตัวเองอยู่ในสภาวะเสถียรอีกครั้งในชั้นระดับพลังงาน E1

ดังนั้นพลังงานที่อะตอมหรือโมเลกุลปล่อยออกมาจึงมีค่าเท่ากับผลต่างของพลังงานระหว่าง E2-E1 การคายพลังงานออกมาหรือการเปล่งแสงในลักษณะนี้ เป็นไปตามธรรมชาติเราเรียกปรากฏการณ์เช่นนี้ว่า เปล่งแสงแบบเกิดขึ้นเอง (Spontaneous Emission)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 การจำลองการเปล่งแสงแบบถูกเร้า

แต่สำหรับการเปล่งแสงแบบถูกเร้า (Stimulated Emission) อันเป็นหลักการสำคัญของเลเซอร์นั้น จะแตกต่างกับการเปล่งแสงแบบเกิดขึ้นเองข้างต้น คือเมื่อ อะตอมหรือโมเลกุลขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานที่สูงกว่าใน E2 และมีการฉายแสงเข้าไปโดยแสงที่ฉายเข้าไปนั้นจะต้องมีค่าพลังเท่ากับผลต่างของชั้นพลังงาน E2-E1ที่อะตอมหรือโมเลกุลได้ดูดกลืนเอาไว้ และแสงที่เข้าไปนี้เองที่จะทำให้อะตอมหรือโมเลกุลคายพลังงานที่ดูดกลืนเอาไว้ก่อนเวลา ทำให้เกิดแสงที่มีขนาดเท่าๆ กันทั้งแสงที่ถูกปล่อยออกมาและแสงที่ถูกฉายเข้าไปเพื่อเร้า มีทั้งพลังงานที่เท่ากัน มีทิศทางการเคลื่อนที่เดียวกัน และเฟสของคลื่นที่เหมือนกัน ซึ่งหลักการอันนี้เองที่นำมาใช้กับเทคโนโลยีเลเซอร์

เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลของเนื้อวัสดุที่นำมาใช้ทำเลเซอร์อยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น ดังกล่าวแสงเคลื่อนที่ผ่านเนื้อวัสดุของเลเซอร์ที่ถูกกระตุ้นก็ยิ่งทำให้ เกิดการคายแสงมากขึ้นทำให้ความเข้มแสงเพิ่มขึ้นนั้นเอง หรือการได้ว่าจำนวนโฟตอนเพิ่มมากขึ้นนั้นเองหลักการนี้คือการขยายแสงเพื่อให้โฟตอนมีจำนวนมากพอ ซึ่งกระทำโดยการใช้กระจก 2 ชิ้นวางขนานกันที่ปลายทั้งสองของเนื้อวัสดุ กระจกทั้งสองนี้เรียกว่า Optical Cavity ที่จะทำหน้าที่สะท้อนส่องให้โฟตอนวิ่งไปวิ่งมาในเนื้อวัสดุอันเป็นตัวกลางเลเซอร์จนได้ปริมาณมากพอและเมื่อมีความเข้นสูงจนเกิด Gain ที่มีค่ามากกว่าพลังงานของระบบลำแสงของเลเซอร์จึงพุ่งออกมา

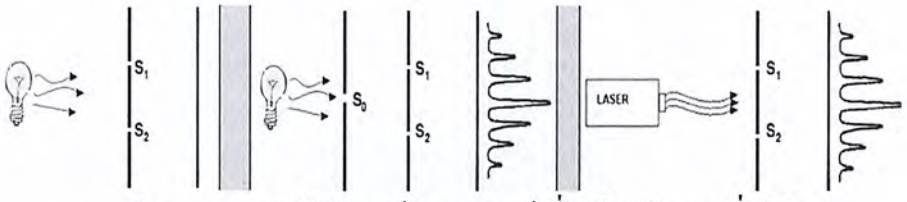
3.1.2 คุณสมบัติของแสงเลเซอร์

1) เป็นแสงสีเดียว(Monochromatic light) คือ มีความยาวคลื่นหรือความถี่เดียว เนื่องจากเลเซอร์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานที่เป็นชั้นพลังงานเดี่ยวในระดับอะตอมหรือโมเลกุล
2) เป็นแสงที่มีความเข้มสูง(High Intensity) คือ มีโฟตอนจำนวนมาก
3) มีทิศทางที่แน่นอน(Directionality) คือ การกระจายลำแสงน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) มีเฟสเดียว คือ มีจังหวะในการเคลื่อนที่พร้อมกัน

คุณสมบัติทั้ง 4 นี้เรียกรวม ๆ กันว่า คุณสมบัติโคฮีเรนต์ (coherent)



รูป 3.3 คุณสมบัติโคฮีเรนต์ของเลเซอร์เมื่อเทียบกับแสงทั่วไป

แหล่งกำเนิดแสงแบบโคฮีเรนต์ (coherent light source) ซึ่งจุดเด่นทั้งหมดนี้เองที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แสงเลเซอร์เกิดประโยชน์ด้านประยุกต์ เช่น การที่แสงเลเซอร์ มีค่าความยาวคลื่นที่แน่นอนจึงทำให้เลเซอร์ถูกใช้เป็นมาตรฐาน และใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง

จากการที่เลเซอร์ หรือ การขยายสัญญาณแสงโดยการเปล่งแสงถูกกระตุ้นของแหล่งกำเนิดแสง โดยแสงเลเซอร์ที่ได้นั้นมีคุณสมบัติที่น่าจับตามอง 3 ประการ ซึ่งเป็นสิ่งที่แตกต่างไปจากคุณลักษณะของแหล่งกำเนิดอื่น ๆ คือ แสงเลเซอร์ที่เป็นแบบโคฮีเรนต์จะให้ระดับความเป็นแสงสีเดียวสูง ค่าความยาวคลื่น ความถี่จึงมีค่าเฉพาะเจาะจง และมีลำแสงในทิศทางแนวเดียว จะมีการเลี้ยวเบนที่จำกัด และมีค่ามุมที่จะเกิดการบานออกของลำแสงเพียงเล็กน้อย

ความแตกต่างระหว่างแสงเลเซอร์กับแสงธรรมดา

เนื่องจากเลเซอร์มีคุณสมบัติเด่นอยู่ที่การมีความเข้มแสงสูง และมีความพร้อมเพรียงกันในการเคลื่อนที่ ส่วนแสงธรรมดาจะมีความสว่างตามกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ และเคลื่อนที่ไม่พร้อมเพรียงกัน แสงเลเซอร์จึงมีความแตกต่างจากแสงธรรมดาดังต่อไปนี้

1.) แสงเลเซอร์สูญเสียพลังงานช้ากว่าแสงธรรมดา เนื่องจากเลเซอร์มีความเข้มแสงสูงและมีความพร้อมเพรียงกันในการเคลื่อนที่

2.) แสงเลเซอร์สามารถส่องไปได้ไกลกว่าแสงธรรมดา เนื่องจากแสงเลเซอร์มีการกระจายลำแสงน้อย

3.) แสงเลเซอร์มีความเข้มสูงกว่าแสงธรรมดา

3.1.3 ประโยชน์ของแสงเลเซอร์

ในปัจจุบันแสงเลเซอร์กลายเป็นสิ่งสำคัญในการนำพาศาสตร์ต่างๆบรรลุเป้าหมาย และเลเซอร์ยังมีแนวโน้มที่จะพัฒนาต่อไปได้อย่างไม่หยุดยั้ง ในคราวที่ Neil Armstrong และ Edwin Aldrin ได้เดินทางไปเหยียบดวงจันทร์พวกเขาได้นำแผงกระจกสะท้อนแสงไปวางไว้ด้วย หลังจากนั้นอีก 10 วันต่อมา คณะนักวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียและเทกซัสได้ยิงแสงเลเซอร์ไปตกกระทบยังแผงกระจกดังกล่าว ที่ห่างออกไปจากโลกราว 385,000 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงเลเซอร์สะท้อนกลับมาเพียงชั่ววินาที ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคำนวณความเร็วแสงและระยะทางระหว่างโลกและดวงจันทร์ได้อย่างแม่นยำ

แม้ในช่วงแรกการพัฒนาวิจัยกับเกี่ยวแสงเลเซอร์จะเน้นไปทางการทหาร แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีเลเซอร์กำลังถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ทุกวงการ เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียด แม่นยำ

1.) **ด้านการทหาร** แสงเลเซอร์ถูกนำไปใช้ในการชี้เป้าของ เครื่องบิน จรวดนำวิถี รถถัง เพื่อให้การโจมตีเป้าหมายมีความแม่นยำและไม่ก่อผลเสียหายให้แก่บริเวณข้างเคียง

2.) **ด้านอุตสาหกรรม** เลเซอร์ถูกนำไปใช้ในการตัด เจาะ เชื่อม ชิ้นงานต่างๆที่ต้องการความละเอียดและมีความแม่นยำสูง ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เลเซอร์สำคัญอย่างมากในการผลิตไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ทั้งยังช่วยให้ขบวนการผลิตเป็นไปด้วยความรวดเร็ว

3.) **ด้านการแพทย์** แสงเลเซอร์ถูกนำไปใช้ในการผ่าตัดที่ต้องการความแม่นยำสูง หรือในสภาพที่การผ่าตัดแบบธรรมดากระทำได้ยาก เช่นการผ่าตัดโรคเกี่ยวกับดวงตา สมอง ซึ่งช่วยให้การผ่าตัดเป็นไปได้ด้วยดี และการผ่าตัดด้วยเลเซอร์ก็ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเซลล์ข้างเคียงทั้งยังไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องแผลเป็นหลังการผ่าตัดมาก

4.) **ด้านดาราศาสตร์** แสงเลเซอร์จะทำหน้าที่เพื่อสำรวจความแปรปรวนของอากาศเพื่อช่วยในการปรับโฟกัสของกล้องโทรทัศน์ที่ใช้ดูดาว

5.) **ด้านโทรคมนาคม** ถือว่าเป็นประโยชน์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของแสงเลเซอร์เพราะเทคโนโลยีแสงเลเซอร์ ถูกนำมาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณผ่านใยแก้วนำแสงเพื่อใช้ถ่ายทอดสัญญาณ โทรทัศน์ โทรศัพท์ และข้อมูลต่างๆมากมาย จุดเด่นที่สำคัญคือการไม่มีสัญญาณรบกวน และมีความจุของข้อมูลมาก ซึ่งเส้นใยแก้วนำแสง 1 เส้น สามารถ บรรจุคู่สายโทรศัพท์ได้นับพันคู่สายเลยทีเดียว

เหล่านี้เป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของคุณประโยชน์ที่เกิดจากเทคโนโลยีแสงเลเซอร์แสงเลเซอร์ยังสามารถทำอะไรได้มากมาย ในชีวิตประจำวันของเราก็ล้วนแต่ต้องใช้ประโยชน์จากมันเพิ่มขึ้นทุกวันไม่ว่าในเครื่องเล่นแผ่น CD DVD ต่างๆล้วนแล้วแต่พัฒนามาจากเทคโนโลยีชนิดนี้ นับแต่หลักการเกี่ยวกับแสงเลเซอร์ถูกเสนอโดยซี.เอช.ทาวน์ส (C.H. Townes) ในปีค.ศ. 1954 เทคโนโลยีชนิดนี้ก็ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มว่าจะพัฒนาต่อไป จนกลายมาเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งต่อวิถีชีวิตมนุษย์ในอนาคตอันใกล้นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน โดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขดัดแปลง

3.2.1 Micro-Controller ทั่วๆไปประกอบด้วย

1.) CPU (Central Processing Unit)

2.) RAM (Random Access Memory)

3.) EPROM/PROM/ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

4.) I/O (Input/Output) - serial and parallel

5.) Timers

6.) Interrupt Controller

7.) และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น Analog to Digital Convertor, Pulse Width Modulator ฯลฯ ซึ่งขึ้นกับผู้ผลิตที่จะใส่เข้าไป เพื่อเพิ่มความสามารถของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และจุดประสงค์ในการใช้งาน ความแตกต่างของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ Microcomputer คือ Microcomputer นั้นต้องการอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก เช่น หน่วยความจำ I/O ฯลฯ ส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นมีสมบูรณ์ภายในตัวของมันเอง

3.2.2 ภาษาของ Micro-Controller

ภาษาที่ใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นจะแตกต่างกันตาม ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของแต่ละตระกูลแต่ประเภทของภาษาที่ใช้สามารถแบ่งออกเป็น

3.2.2.1 ภาษาเครื่อง/ภาษา Assembly

ภาษาเครื่อง(Machine Language) คือโปรแกรมที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเข้าใจมัน แต่มันไม่ง่ายสำหรับ มนุษย์ที่จะอ่านได้ ภาษา Assembly คือ รูปแบบของภาษาเครื่องที่มนุษย์สามารถอ่านออกได้ ภาษา assembly เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการแปลงจากคำสั่งที่มนุษย์เอ่านออกได้ไปเป็นภาษาเครื่อง ซึ่งแปลงคำสั่ง/คำสั่ง โปรแกรมที่เขียนโดยภาพา assembly จะทำงานเร็วและมีขนาดเล็ก เพราะว่ามันสามารถเข้าถึง Hardware ได้โดยตรง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนของผู้เขียนด้วย

3.2.2.2 Interpreters

Interpreter คือ ภาษาระดับสูงซึ่งใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ โดยจะฝังตัวอยู่ในหน่วยความจำ และทำหน้าที่อ่านคำสั่งจากโปรแกรมขึ้นมาทีละคำสั่งแล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ตัวอย่างของ interpreter ที่รู้จักกันดีคือ ภาษา BASIC ข้อเสียของ interpreter คือ ทำงานได้ช้าเนื่องจากต้องแปลคำสั่งทีละคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 Compilers

Compiler คือ ภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นให้เป็นภาษาเครื่อง จากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ ทำให้การทำงานเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น ภาษา C เป็นต้น

อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็น ของใช้ประจำวัน, เครื่องจักร หรือหุ่นยนต์ มีการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นตัวควบคุมการทำงานที่ซับซ้อนเหล่านั้นนั่นเอง

3.2.3 ประโยชน์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็น ของใช้ประจำวัน, เครื่องจักร หรือแม้ แต่หุ่นยนต์ ต่างก็มีการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น เครื่องซักผ้าที่มีฟังก์ชันสารพัดหรือหุ่นยนต์ที่เริ่มมีการเคลื่อนไหวคล้าย มนุษย์ เป็นต้น แม้บางอย่างดูภายนอกแล้วอาจจะเรียบง่ายแต่ภายในกลับต้องทำงานที่ต้องการการ คิดคำนวณหรือประมวลผลมากมายอย่างเช่น กรอบรูปดิจิตอลซึ่งภายในจะต้องมีตัวประมวลผลในการแสดงภาพและอ่านข้อมูลจาก หน่วยความจำ เป็นต้น ซึ่งสิ่งที่เป็นหัวใจหลักในการควบคุมและประมวลผลการทำงานนั้นก็คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Microcontroller (MCU)

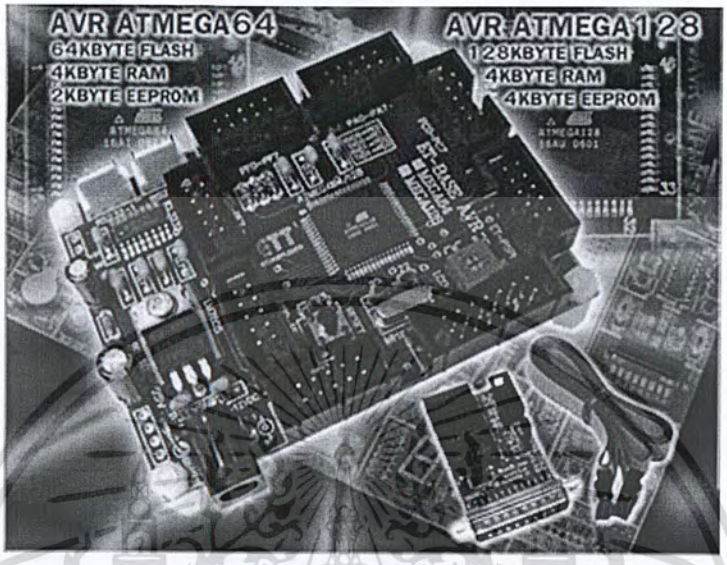
MCU (Micro-Controller Unit) จะ เป็นคำเรียกอุปกรณ์ที่ทำงานประมวลผลเช่นเดียวกัน แต่จะเน้นไปที่อุปกรณ์ที่มี ความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้หลากหลายอย่างช่องอินพุต/เอาท์พุต อย่างง่ายๆ, ช่องสื่อสารแบบอนุกรม, ส่วนแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลและอื่นๆอีกมากมาย (ขึ้นกับรุ่นของ MCU) แต่อาจไม่ให้ความสำคัญกับการเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอกมากนักดังจะเห็นได้จาก MCU หลายๆอาจไม่มีส่วนเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอกมาให้เลยแต่จะมีหน่วยความจำขนาดจำกัดสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในแทน

ด้วยลักษณะของ MCU ที่ ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการเป็นตัวควบคุมการทำงานต่างๆนี้เองจึงเป็นส่วน ที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้า/เครื่องจักรต่างๆในปัจจุบันที่ต้องการการทำงานที่ซับซ้อนขึ้นจำเป็นต้องนำเจ้า MCU นี้มาใช้เป็นส่วนประกอบหลักอย่างเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนี้ในปัจจุบัน MCU ก็ยังถูกออกแบบมาให้ทำงานได้มากขึ้นในราคาที่ถูกลงและมีรูปแบบการใช้งานที่หลากหลายตามรุ่นที่มีให้เลือกมากมายตามท้องตลาด ดังนั้นหากเราต้องการจะเป็นนักประดิษฐ์พวกอุปกรณ์ไฟฟ้า, เครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้ในโครงงาน

ET-BASE AVR ATMEGA 128 เป็นบอร์ดตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL เบอร์ ATMEGA128 แบบ TQFP 64 PIN ออกแบบให้เป็นบอร์ดขนาดเล็กใช้งานทั่วไป



รูป 3.4 Microcontroller AVR ATMEGA 128

คุณสมบัติ

1.) ในรุ่น ET-BASE AVR ATMEGA128 จะใช้เบอร์ ATMEGA128-16 เป็น MCU ประจำบอร์ด หน่วยความจำแบบ FLASH 128KBYTE,RAM4KBYTE, EEPROM 4 KBYTE

2.) RUN X' TAL 16MHz ท จำนวน I/O ใช้งาน 53 I/O BIT

3.) RS232 PORT จำนวน 2 ช่อง แบบ 4 PIN ETT

4.) 14 PIN LCD PORT แบบ CHARACTER TYPE

5.) A TO D ขนาด 10 BIT 8 ช่อง, SPI 1 ช่อง, I2C 1 ช่อง

6.) TIMERS/COUNTERS 8 BIT, TIMERS/COUNTERS16 BIT, PWM, RTC

7.) 6 PORT I/O 10PIN ET

8.) POWER SUPPLY 7-12VDC POWER 7805 REGULATOR ON BOARD

9.) ขนาด PCB 6.2 x 8.1 cm.

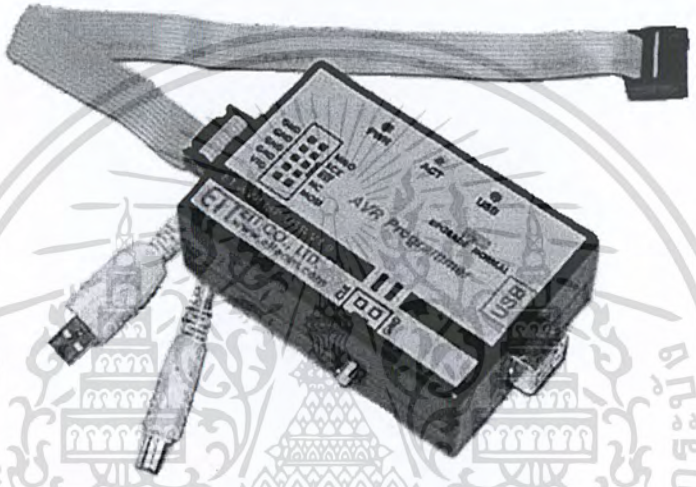
10.) สามารถ DOWNLOAD โปรแกรมเข้าหน่วยความจำภายในแบบ FLASH ได้โดยตรงด้วยชุด ET-AVR ISP ผ่านทาง PRINTER PORT ใช้งานกับโปรแกรม PONY PROG2000 ทำงาน WINDOWS 98/ME/XP/2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

หลังจากที่เราเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นเมื่อเรานำโค้ดที่ได้ ไปคอมไพล์ จะทำให้เราได้ไฟล์ขึ้นมาใหม่ซึ่งมีนามสกุลเป็น .HEX

เมื่อเราได้ HEX FILE จากการคอมไพล์มาแล้ว เราจะทำการทดสอบว่าโปรแกรมที่เขียนมานั้นใช้งานได้หรือไม่ เราต้องนำ HEX FILE ที่ได้มาเบิร์นลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อน โดยใช้เครื่องโปรแกรม ET-AVR ISP USB V1.0 และก็ SOFT WARE สำหรับเบิร์นโปรแกรม โดยผ่านพอร์ต ของเครื่องเบิร์นโปรแกรม ET-AVR ISP USB V1.0



รูป 3.5 ET-AVR ISP USB V1.0

ET-AVR ISP USB V1.0 เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการดาวน์โหลด Hex File ให้กับ MCU ตระกูล AVR ของ Atmel โดยผ่านทาง ISP Interface โดยต้องใช้ร่วมกับโปรแกรม AVR Studio4.xx หรือ Software อื่นๆ ที่รองรับ AVR ISP

คุณสมบัติของ ET-AVR ISP USB V1.0

1) มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับ AVR ISP ของ Atmel

2) โปรแกรมผ่านทาง ISP Interface

3) สามารถอัพเกรด Firmware โดยตรงผ่านทางโปรกแกรม AVR Studio 4 โดยไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรมจากภายนอก เพื่อให้สามารถใช้กับ MCU เบอร์ใหม่ๆได้ ซึ่ง Firmware จะติดมากับโปรแกรม AVR Studio 4

4) สามารถใช้ได้กับระบบไฟเลี้ยงตั้งแต่ 2.7 v – 5.5 v

5) การติดต่อสื่อสารผ่าน พอร์ต USB

6) มีสัญญาณนาฬิกาไว้จ่ายให้ MCU ในกรณีที่ Fuse Bit เลือกแหล่งของสัญญาณนาฬิกาผิด

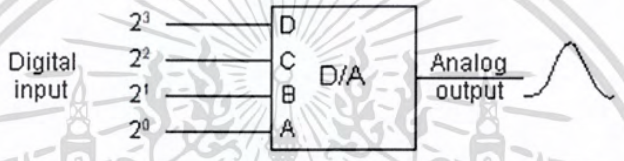
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) มี LED แสดงการทำงาน Power , Activity , USB

8) สามารถใช้กับ Software ต่างๆที่รองรับ AVR ISP เช่น AVR Studio, WinAVR,ICC AVR,CodeVision,BASCOM-AVR เป็นต้น

3.4 Digital to Analog Converter(DAC)

สัญญาณควบคุม Voice coil ที่ส่งออกมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นเป็นสัญญาณที่ส่งออกมาเป็นสัญญาณ ดิจิตอล แต่สัญญาณที่เราจะส่งไปควบคุม Voice coil นั้นเป็นสัญญาณ อนาลอก ดังนั้น เราจึงต้องมีวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิตอล เป็น สัญญาณอนาลอก หรือ Digital to Analog Convertor

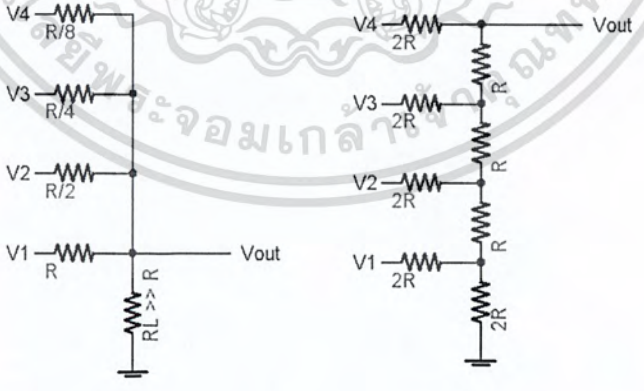


รูป 3.6 การแปลงสัญญาณจาก ดิจิตอล เป็นสัญญาณ อนาลอก

สำหรับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกมี 2 ลักษณะคือ

1) แบบรวมกระแส

2) แบบ R2R Ladder



รูป 3.7 โครงสร้างของวงจร DAC แบบรวมกระแส และ แบบ R-2R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะของ D/A แบบรวมกระแส

1) จะต้องมีตัวต้านทานทุกอินพุทของสัญญาณดิจิตอล

2) ตัวต้านทานนี้อินพุทของทุกบิทจะมีค่าเท่ากับเอาต์พุตของระดับดิจิตอลสูงสุด

3) แรงเคลื่อนที่เอาต์พุตเต็มสเกลจะมีค่าเท่ากับเอาต์พุตของระดับดิจิตอลสูงสุด

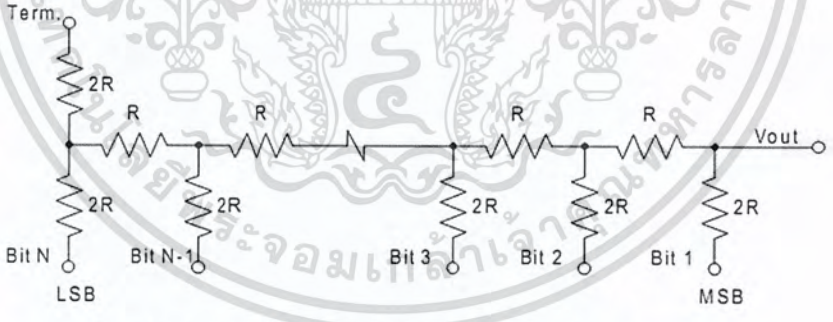
4) LSB จะมีน้ำหนักเป็น1/(2n-1) เมื่อ n เป็นจำนวนบิทที่อินพุท

5) เมื่อ LSB เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะเปลี่ยนไป 1/(2n-1) เมื่อ V เป็นระดับสัญญาณดิจิตอล

สำหรับวงจร DAC ที่เราเลือกมาใช้คือ R2R Ladder เนื่องจากว่าถึงแม้ว่าวงจรแบบรวมกระแสจะมีข้อดีคือสามารถคำนวณค่าเอาท์พุทที่ออกมาได้ง่ากว่า และใช้ตัวต้านทานน้อยกว่าแบบ R2R Ladder แต่ว่าต้องใช้ตัวต้านทานหลายขนาด ในขณะที่วงจรแบบ R2R Ladder นั้นใช้ตัวต้านทานเพียง 2 ขนาดคือ R และ 2R เท่านั้น จึงทำให้มีความสะดวกในแง่ของการจัดหาสำหรับวงจร R2R Ladder นั้นเป็นวงจรที่ได้พัฒนาและนำข้อเสียต่างๆของวงจรแบบรวมกระแสมาปรับปรุงให้ดีขึ้น

3.5 R2R Ladder

หลักการเบื้องต้นของการแปลงค่าสัญญาณจาก อนาลอกเป็นดิจิตอล คือ การแทนค่าระดับสัญญาณทางอนาลอกเป็นค่ารหัสทางดิจิตอล(BCD)



รูป 3.8 โครงสร้างพื้นฐานของวงจร R2R Ladder ขนาด n bit

จากรูปจะเห็นได้ว่าสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามาคือตั้งแต่ LSB(least significant) ถึง MSB (most significant bit) ที่เข้ามานั้นจะมีค่าที่เป็นไปได้ในแต่ละบิทนั้นคือ 0 หรือ V_{ref} ซึ่งแต่ละบิทจะเป็นค่าไหนนั้นขึ้นอยู่กับสถานะและตำแหน่งของแต่ละบิท ซึ่งส่งผลให้ V_{out} ที่ออกมามีค่าที่เป็นไปได้ตั้ง 0 – V_{ref} สำหรับ MSB นั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเอาท์พุทมากที่สุด และ LSB มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเอาท์พุทน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจร R2R Ladder นั้นจะมีการใช้ค่าตัวต้านทานเพียง 2 ค่าเท่านั้นคือ R และ 2R โดยบิทที่เป็น MSB นั้นจะอยู่ติดกับค่า V_{out} ส่วนบิทที่เป็น LSB นั้นจะต่ออยู่ทางฝั่งที่อยู่ติดกับ Ground การคำนวณค่าแรงดันเอาท์พุทที่ออกจากวงจร R2R Ladder

สำหรับการหาค่า V_{out} ที่ได้จากวง R2R Ladder เราสามารถคำนวณ ได้จากสูตร

$$V_{out} = NV_R / 2^n \qquad (3.1)$$

โดยที่

V_R คือ ค่าของแรงดันอ้างอิงที่ใช้ในวงจร DAC

n คือ จำนวนบิททั้งหมด

N คือ ค่าอินพุทที่เป็นดิจิตอลในรูปของเลขฐานสิบ

จากสูตรการคำนวณ ในโครงงานของเราได้กำหนดค่าต่างๆ ดังนี้ ค่า V_{ref} ที่ใช้คือ 5v จำนวนบิททั้งหมดที่ใช้เป็นอินพุทมีจำนวน 8 บิท เพราะฉะนั้นค่า V_{out} ที่เราจะคำนวณหาได้จึงขึ้นอยู่กับว่าค่าของอินพุทที่เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นมีค่าเป็นเท่าไรในเลขฐานสิบ

เมื่อเราได้สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาเป็นสัญญาณอนาลอกแล้ว สัญญาณอนาลอกนี้จะถูกส่งต่อไปยังวงจร ขยายสัญญาณเพื่อขยายสัญญาณอนาลอกให้มีขนาดมากขึ้น

3.6 Transistor

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถทำหน้าที่ ขยายสัญญาณไฟฟ้า เปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า คงค่าแรงดันไฟฟ้า หรือกล้ำสัญญาณไฟฟ้า (modulate) เป็นต้น การทำงานของทราสซิสเตอร์เปรียบได้กับวาล์วที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้าขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่มาจากแหล่งจ่ายแรงดัน

3.6.1 ชนิดของทรานซิสเตอร์

การแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งออกได้หลายวิธีแล้วแต่ผู้ผลิตว่า การแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์จะยึดถือรูปลักษณ์แบบไหน ถ้าแบ่งในรูปของการใช้งานก็จะแบ่งออกเป็นทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิทชิ่ง ทรานซิสเตอร์กำลัง ทรานซิสเตอร์ความถี่สูง ฯลฯ การแบ่งอีกวิธีหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากในยุคแรกๆ คือ การแบ่งโดยใช้สารที่นำมาสร้างเป็นเกณฑ์ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) เยอรมันเนียมทรานซิสเตอร์ (Germanium transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ยุคแรกๆ และเป็นชนิดที่มีกระแสรั่วไหลมากจึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้

2.) ซิลิกอนทรานซิสเตอร์ (Silicon Transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีกระแสรั่วไหลน้อย (Leakage Current) เป็นทรานซิสเตอร์ที่ใช้กันมากในยุคปัจจุบัน

3.6.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

เนื่องจากทรานซิสเตอร์ถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P) และเอ็น (N) ซึ่งนำมาต่อกัน 3 ชิ้น ทำให้เกิดรอยต่อขึ้นระหว่างเนื้อสาร 2 รอยต่อ หรือเรียกว่าจังชั่น (Junction) โดยที่สารที่อยู่ตรงกลางจะเป็นคนละชนิดกับสารที่อยู่หัวและท้าย มีขาต่อออกมาสำหรับนำไปใช้งาน 3 ขา ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามโครงสร้างของสารที่นำมาใช้คือ

1.) ทรานซิสเตอร์ชนิด พี เอ็น พี (PNP)

2.) ทรานซิสเตอร์ชนิด เอ็นพีเอ็น (NPN)

3.6.2.1 ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

เป็นทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิด N ชนิด P และชนิด N มาต่อเรียงกันตามลำดับ แล้วต่อสายออกมา 3 สาย เพื่อเป็นขาต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งอยู่ตรงกลางจะเป็นจุดร่วม สารกึ่งตัวนำชนิด N จะทำหน้าที่จ่ายอิเล็กตรอนซึ่งจะไหลเป็นกระแสในวงจร ส่วนนี้เราเรียกว่า อิมิตเตอร์ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งเราเรียกว่าเบสส่วนเบสนี้จะเป็นตัวคอยควบคุมอิเล็กตรอนให้ไหลไปยังสาร กึ่งตัวนำชนิด N ถัดไปได้มากหรือน้อย อิเล็กตรอนส่วนที่ผ่านเบสมาก็จะเคลื่อนที่มายังสารกึ่ง ตัวนำชนิด N ซึ่งเราเรียกว่า คอลเลคเตอร์ และกลายเป็นกระแสไหลในวงจรภายนอกต่อไป

3.2.2.2 ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

เป็นทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี ชนิดเอ็น และชนิดพี มาเรียงตามลำดับแล้วต่อสายจากแต่ละชิ้นส่วนออกมาเป็น 3 สายเพื่อต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำเอ็นจะเป็นจุดร่วม

3.6.3 ขาของทรานซิสเตอร์

1.) ขาคอลเลคเตอร์ (Collector) เรียกย่อๆ ว่าขา C เป็นขาที่มีโครงสร้างในการโด๊ปสารใหญ่ที่สุด

2.) ขาอิมิตเตอร์ (Emitter) เรียกย่อๆ ว่าขา E เป็นขาที่มีโครงสร้างใหญ่รองลงมาและจะอยู่คนละด้านกับขาคอลเลคเตอร์

3.) ขาเบส (Base) เรียกย่อๆ ว่าขา B เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่าง C และ E มีพื้นที่ของโครงสร้างแคบที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 ส่วน เมื่อจำแนกลักษณะการต่อตัวทรานซิสเตอร์จึงคล้ายกับการนำเอาไดโอด 2 ตัวมาต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การทำงานของทรานซิสเตอร์

จากการศึกษาเกี่ยวกับการไหลของกระแสภายในวงจรสารกึ่งตัวนำ การที่เราจะทำให้เกิดการไหลของกระแสหรือให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้นั้น จำเป็นจะต้องให้ไบอัสและกระแสที่ปรากฏทางด้านเอาท์พุทเราต้องสามารถควบคุม ค่าของกระแสได้ด้วยจึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณได้ตามความต้องการ

การอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์จำเป็นจะต้องเข้าใจการไหลในรูปของโฮลและอิเล็กตรอน รวมถึงการไบอัสด้วยซึ่งการไบอัสเป็นวิธีการที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์พร้อมที่ จะทำงานนั่นเอง ในกรณีของทรานซิสเตอร์มี 3 ขา การป้องกันแรงเคลื่อนที่เหมาะสมหรือไบอัสที่ถูกต้องจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำ งานได้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของทรานซิสเตอร์แล้วจะสามารถจัดรูปแบบการขยาย สัญญาณโดยต้องมีอินพุทและเอาท์พุท เมื่อให้ขาหนึ่งเป็นอินพุทขาหนึ่งเป็นเอาท์พุท ขาที่เหลือก็จะต้องเป็นจุดร่วม (Common) อินพุทกับเอาท์พุท จากหลักการดังกล่าวเรากำหนดให้ระหว่าง B กับ E เป็นอินพุท (Input) และระหว่าง B กับ C เป็นเอาท์พุท (Out put) ดังนั้นจะสามารถจัดรูปแบบการขยายได้ 3 แบบหรือ 3 คอมมอน

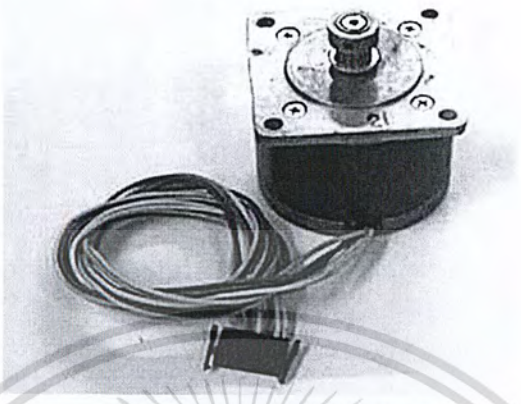
เนื่องจากวัตถุประสงค์ของทรานซิสเตอร์สร้างมาจากหลักการที่ต้องการให้ กระแสทางด้านอินพุทไปควบคุมกระแสเอาท์พุท ดังนั้นจะต้องไบอัสทางด้านเอาท์พุทเป็นไบอัสแบบย้อนกลับ (Reverse Bias) ถ้าให้ไบอัสตรงจะทำให้ทางด้านเอาท์พุทเป็นอิสระไม่ครบวงจรเอาท์พุททางด้านอินพุทจะให้ไบอัสตรง (Forward Bias) และแรงเคลื่อนที่มาไบอัสนี้ไม่จำเป็นจะต้องเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีค่าสูง แต่อย่างไร เพราะถ้าให้กระแสอินพุทสูงเกินไปจะทำให้กระแสเอาท์พุทเกิดการอิ่มตัว

3.7 Stepping Motor

สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเครื่องด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1,1.5,1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่ นำมอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER)ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTER เป็นต้น

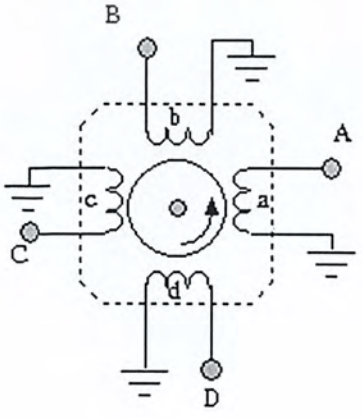
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1 ชนิดและโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์



รูป 3.9 มอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น

โครงสร้างของ Stepping Motor มีลักษณะดังรูป ซึ่งประกอบด้วย ขดลวด stator 4 ขด ล้อมรอบแกนหมุน หลัก การทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด Stator Coil a, b, c, d ไม่พร้อมกันนั่นคือ ถ้าเราจ่ายกระแสให้ a ก่อน โดยไม่จ่ายให้ขดอื่น แล้วตามด้วย b, c และ d เรียงตามลำดับ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หมุนวนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งส่วนของ Rotor ที่เป็นแม่เหล็กถาวรก็จะหมุนตามสนามแม่เหล็กไปด้วย คือ ทวนเข็มนาฬิกา ใน ทำนองเดียวกันถ้าเราจ่ายกระแสให้ขด a, d, c, b, a ..... ก็จะให้ สนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งส่งผลให้ Rotor หมุนตามเข็มนาฬิกา ด้วย การกำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของ การเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น การ กำหนดความเร็วของ Stepping Motor ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของ การเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น

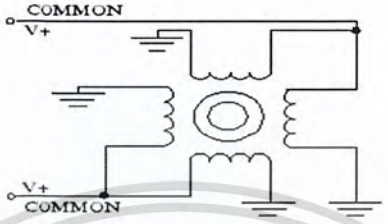


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.10 ขดลวด stator 4 ขด ล้อมรอบแกนหมุน

3.7.2 การตรวจสอบหาสาย COMMON และสาย GROUND ของ STEPPING

ชนิดที่เป็น COMMON ภายนอก SP MOTOR แบบนี้มีสายอยู่ 6 เส้น คือ



รูป 3.11 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น

1.) สายที่เป็น COMMON 2 เส้น

2.) สายที่เป็น GROUND 4 เส้น

สาย COMMON 1 เส้น จะ DRIVE GROUND 2 เส้น ในการเช็คให้ใช้มิเตอร์วัดหาสายที่เป็น COMMON ก่อนโดยการตั้ง RANGE ของมิเตอร์ที่ R*1 จับที่สายทีละคู่ ถ้าหากวัดสาย COMMON เทียบกับสาย GROUND ได้ถูกต้องค่าความต้านทานที่อ่านได้จะน้อย แต่ถ้าวัดผิดสาย คือวัดสาย GROUND เทียบกับ GROUNDค่าความ ต้านทานที่อ่านได้จะสูงกว่าแต่ถ้าวัดสาย COMMON เทียบกับสาย GROUND ที่ไม่ใช่คู่กันแล้ว เข็มมิเตอร์ก็จะไม่ กระดิก ให้ทดลองวัดเปรียบเทียบกันทีละคู่ ก็จะทราบว่าสายใดเป็นสาย COMMON สายใดเป็นสาย GROUND

3.7.3 การเรียงเฟสของ STEPPING MOTOR

เมื่อเราทราบว่าสายเส้นใดเป็นสาย COMMON แล้วแต่เรายังไม่ทราบว่าสาย GROUND เส้นใดเป็นเฟสที่1 เฟสที่ 2 เฟสที่ 3 และเฟสที่ 4 ในการเรียงเฟสนั้นให้ใช้มิเตอร์วัดโดยนำ V+ เขาที่สาย COMMON วัดเทียบกับสาย GROUNDเส้นใดก็ได้ 1 เส้น จะทำให้แกนโรเตอร์เคลื่อนไปข้างหน้า 1 STEP เมื่อเปลี่ยนสาย GROUND เส้นแรกเป็นเส้นที่ 2 ลาก MOTOR ไม่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าแสดงว่าการเรียงเฟสไม่ถูกต้องก้ให้วัดเทียบกับสาย GROUNDเส้นใหม่ต่อไป หาก MOTOR เคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามก้น วัดที่สาย GROUND เส้นต่อไปเรื่อย ๆ ก็จะทำให้ทราบว่าสายเส้นใดเป็นเฟสแรก สายเส้นใดเป็นเฟสที่ 2 เฟสที่ 3 และเฟสที่ 4 การเรียงเฟสของ SP MOTOR แบบ PM ทั้งชนิดที่เป็น COMMON ภายนอกและชนิดที่เป็น COMMON ภายใน ใช้หลักการเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 การควบคุม Stepping Motor แบบ 4 เฟส

ในการควบคุมการทำงานของ Stepping Motor สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1.) ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)

2.) ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

3.) ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

3.7.4.1 การควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (wave)

ในการควบคุมการ หมุนของ Stepping แบบ 4 เฟสนั้น เราจะต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละ Step โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Stepping ทีละเฟสตามลำดับ หลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้กับขดลวด Stator เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 และ เฟสที่ 3 ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ จากนั้นก็วนกลับมาที่ขดลวด Stator เฟสที่ 1 อีกครั้งและวน Loop ไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้ Stepping Motor หมุนและในทางกลับกันถ้าต้องการให้ Stepping Motor หมุนกลับทางก็ต้องกระตุ้นขดลวด Stator เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และ เฟส 1 ตามลำดับ สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

ตาราง 3.1 การควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	OFF
Step 4	OFF	OFF	OFF	ON
Step 5	ย้อนกลับ Step 1			
.....	.....			

3.7.4.2 การควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

ในการความคุม Stepping Motor แบบ 2 เฟสนั้น เราจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์ทีละ 2 เฟส ในเวลาเดี่ยวกันและเรียงกันไปตามลำดับซึ่งได้แสดงดังตารางด้านล่าง โดย Stepping Motor จะหมุนเหมือนกับการควบคุมแบบเวฟ แต่การควบคุมแบบ 2 เฟสจะให้แรงบิดที่สูงกว่าแบบเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.2 การควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1
Step 1	ON	ON	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	ON	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	ON
Step 4	ON	OFF	OFF	ON
Step 5	ย้อนกลับ Step 1			
.....	.....			

3.7.4.3 การควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

การควบคุม Stepping Motor แบบครึ่งสเต็ปจะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของ Stepping Motor ได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการควบคุมแบบเวฟและแบบ Full Step 2 เฟสเข้าด้วยกัน ลักษณะการจ่ายกระแสไฟ เพื่อกระตุ้นขดลวดจะแสดงดังตารางด้านล่าง

ตาราง 3.3 การควบคุมแบบ Half Step

Step	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	ON	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	ON	OFF	OFF
Step 4	OFF	ON	ON	OFF
Step 5	OFF	OFF	ON	OFF
Step 6	OFF	OFF	ON	ON
Step 7	OFF	OFF	OFF	ON
Step 8	ON	OFF	OFF	ON
Step 9	ย้อนกลับที่ Step 1			
.....	.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 หลักการของการทำไมโครสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สำหรับการทำไมโครสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้น เราจะต้องมีวงจร R2R Ladder และ วงจรของทรานซิสเตอร์มาเพื่อเป็นวงจรในการขับให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานได้

จากหลักการของสเต็ปปิ้งมอเตอร์คือถ้าเราจ่ายกระแสไฟให้กับเฟส a เต็มจำนวนจะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไป 1 สเต็ป ถ้าเราจ่ายไฟให้กับเฟส b ต่อ จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปอีก 1 สเต็ป ดังนั้นในการทำสเต็ปปิ้งมอเตอร์เราจึงใช้หลักการจ่ายไฟโดยถ้าเราจ่ายไฟให้ a ครึ่งนึงของกระแสไฟฟ้า และจ่ายให้กับเฟสอีกครึ่งนึงจะทำสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีการเคลื่อนที่ไม่ถึงหนึ่งสเต็ปซึ่งเกิดจากแรงของสนามแม่เหล็กนั่นเอง

สำหรับการแบ่งไมโครสเต็ปปิ้งนั้นเราจะใช้ R2R Ladder ขนาด 4 บิทมาเป็นตัวแบ่งกระแสทำให้เราสามารถแบ่งเสต็ปปิ้งมอเตอร์ได้ 16 ระดับต่อหนึ่งสเต็ป ทำให้ได้มุมที่มีความละเอียดมากขึ้นคือ 1.8/16 = 0.1125 องศา และมุมที่ละเอียดขึ้นนี้ก็ทำให้เราได้ภาพที่มีความละเอียดขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและพัฒนาระบบ

โครงงานการสร้างภาพจำลองด้วยเลเซอร์ นั้นผู้พัฒนาได้ทำการเลือกอุปกรณ์ของ Stepping Motor ที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและมีราคาไม่แพงมากมาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลเพื่อทำให้เกิดภาพด้วยเลเซอร์ ซึ่งในโครงงานนี้จะทำการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนามาจากคอมพิวเตอร์ด้วยแพรทฟอร์มของ C# ที่ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ในการสร้างรูปแบบการแสดงผลจากนั้นทำการส่งข้อมูลที่ได้เข้าในเมมโมรี่ของไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อที่จะให้ไมโครคอนโทรเลอร์สามารถนำข้อมูลนั้นไปใช้ในการควบคุม Stepping Motor เพื่อทำให้เกิดภาพจำลองด้วยเลเซอร์ขึ้นมา

ซึ่งจากการออกแบบผู้พัฒนาได้แบ่งการทำงานของระบบออกเป็นสองส่วนคือ ระบบการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ระบบการควบคุมการแสดงผล ซึ่งภายในแต่ละระบบที่กล่าวมาจะสามารถส่งข้อมูลเพื่อทำการติดต่อกันผ่านโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อรับส่งข้อมูลที่เราได้กำหนดไว้ในการออกแบบ

หลังจากที่ออกแบบระบบแล้วผู้พัฒนาได้ออกแบบวงจรการทำงานของระบบเพื่อใช้ในการควบคุม Stepping Motor ให้สามารถทำงานได้ตรงตามที่ผู้พัฒนาได้ออกแบบ

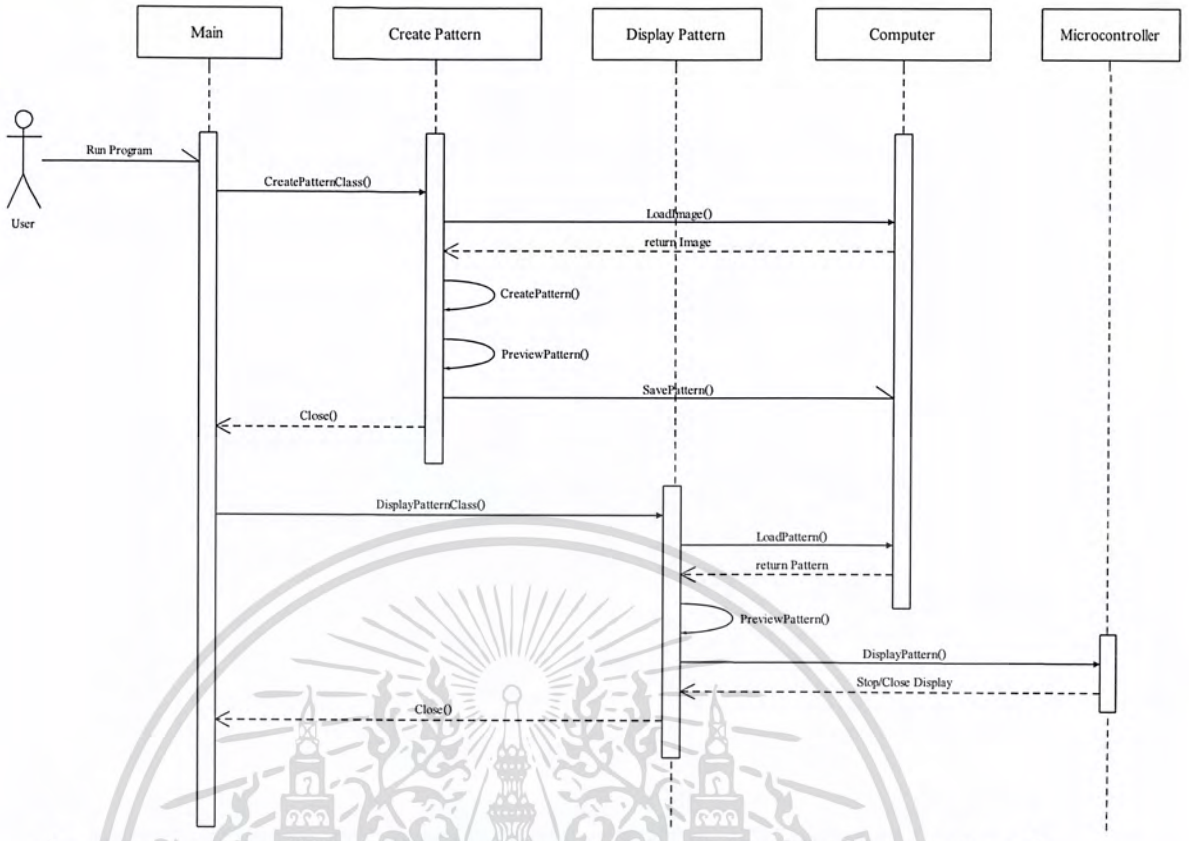
4.1 ระบบการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

เป็นระบบที่ใช้ในการสร้างรูปแบบของการแสดงผลภาพโดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพ(Image Processing) เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ให้สามารถแสดงผลภาพซึ่งเกิดจากเลเซอร์ให้เป็นไปตามภาพที่เราได้กำหนดไว้ในระบบได้

4.1.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

การทำงานของระบบเริ่มจากการเรียกรูปภาพจากคอมพิวเตอร์โดยผู้ใช้งานเข้ามาในระบบเพื่อนำมาทำเป็นรูปภาพอ้างอิงในการสร้างรูปแบบการแสดงผล จากนั้นนำเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาใช้เพื่อทำการระบุออบเจ็กต์บนรูปภาพ แล้วจึงนำออบเจ็กต์ดังกล่าวไปทำการสร้างเส้นทางการเดินของเลเซอร์โดยวิธีการทำ (Edge Following) เพื่อให้ได้รูปแบบของการแสดงผลของภาพขึ้นมา จากนั้นสามารถส่งข้อมูลที่เป็นรูปแบบการแสดงผลไปเก็บในเมมโมรี่ของไมโครคอนโทรเลอร์ที่ตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เพื่อควบคุมการแสดงผลภาพซึ่งเกิดจากเลเซอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.1 Sequence Diagramการทำงานของระบบสร้างรูปแสดงผลโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

4.1.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบนั้นผู้พัฒนาได้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2008 ในการพัฒนาโดยใช้แพรทฟอร์มของภาษา C# โดยเริ่มจากการเขียนฟังก์ชั่นการทำงานหลักในการสร้างรูปแบบการแสดงผลและการรับส่งข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแยกออกมาเป็นส่วนๆ ก่อน จากนั้นค่อยเอาแต่ละส่วนมารวมกันเป็นระบบรวมซึ่งมีฟังก์ชั่นการทำงานดังนี้

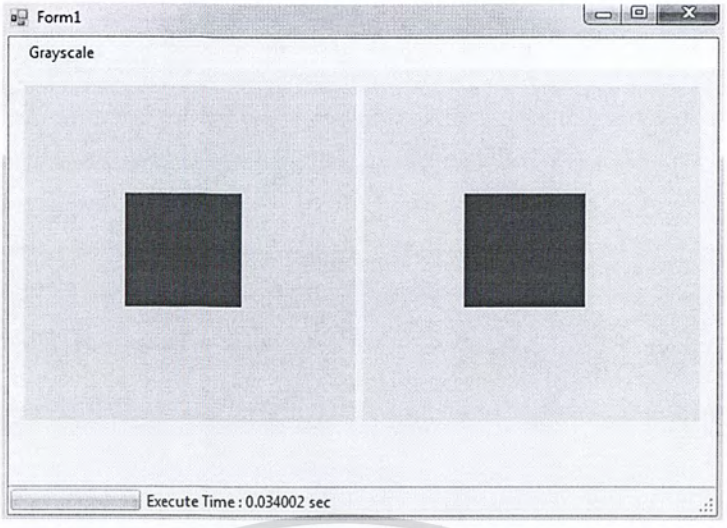
4.1.2.1 ฟังก์ชั่นในการประมวลผลภาพ (Image Processing)

ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) นั้นผู้พัฒนาได้เลือกใช้ไลบรารี AForge.NET เข้ามาเพื่อช่วยในการเขียนโปรแกรมการทำงาน เพื่อให้สะดวกและมีความแม่นยำในการประมวลผลภาพให้เป็นไปตามที่ผู้พัฒนาต้องการ

4.1.2.1.1 ฟังก์ชั่นในการทำ Grayscale รูปภาพ

เป็นกระบวนการนำรูปภาพอ้างอิงที่ที่ผู้ใช้งาน (User) มาทำการแปลงระดับภาพจาก RGB ให้กลายเป็นภาพระดับเทาโดยขั้นตอนการทำ Grayscale ดังกล่าวไว้หัวข้อ 2.2.2

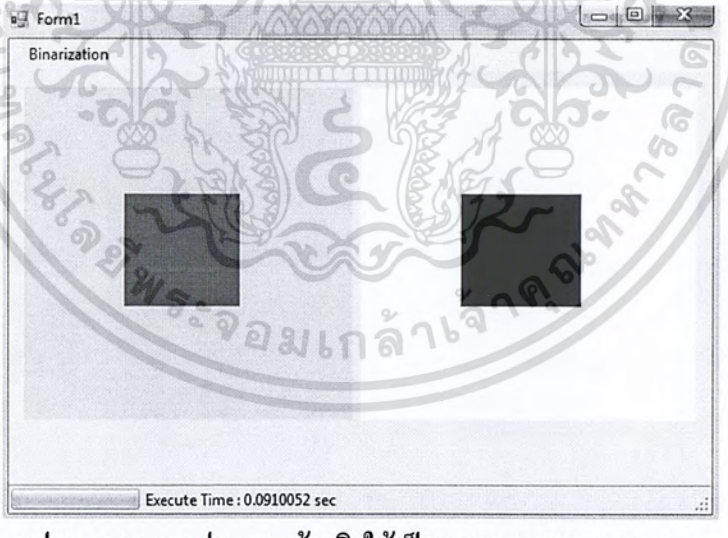
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 ทดลองแปลงภาพอ้างอิงให้เป็นภาพแบบ Grayscale

4.1.2.1.2 ฟังก์ชั่นในการทำ Binarization รูปภาพ

เป็นกระบวนการนำรูปภาพที่ผ่านการทำ Grayscal มาทำการแปลงระดับภาพจาก ภายระดับเทา 8 บิต (0-255) ให้กลายเป็นภาพระดับเทา 2 บิต (0 และ 255)โดยขั้นตอนการทำ Binarization ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.9

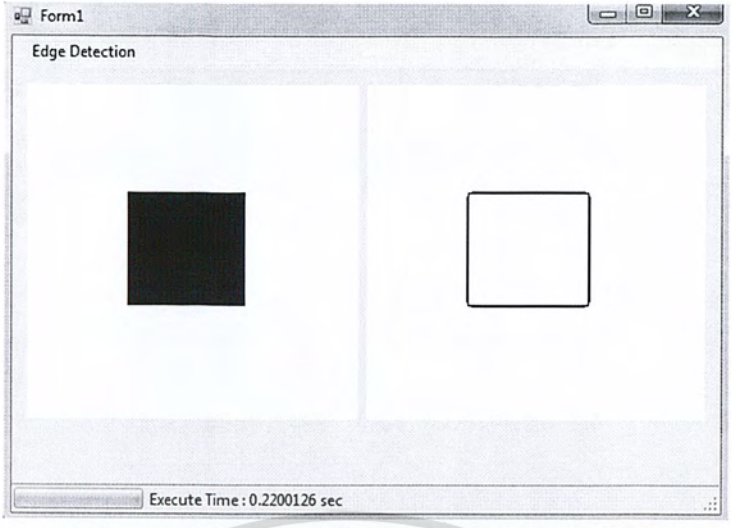


รูป 4.3 ทดลองแปลงภาพอ้างอิงให้เป็นภาพแบบ Binarization

4.1.2.1.3 ฟังก์ชั่นในการทำ Edge Detection รูปภาพ

เป็นกระบวนการนำรูปภาพที่ผ่านการทำ Binarization มาทำการหาเส้นขอบภาพ Edge Detection โดยวิธี Canny Edge Detection ซึ่งเป็น Laplacian Method ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.3

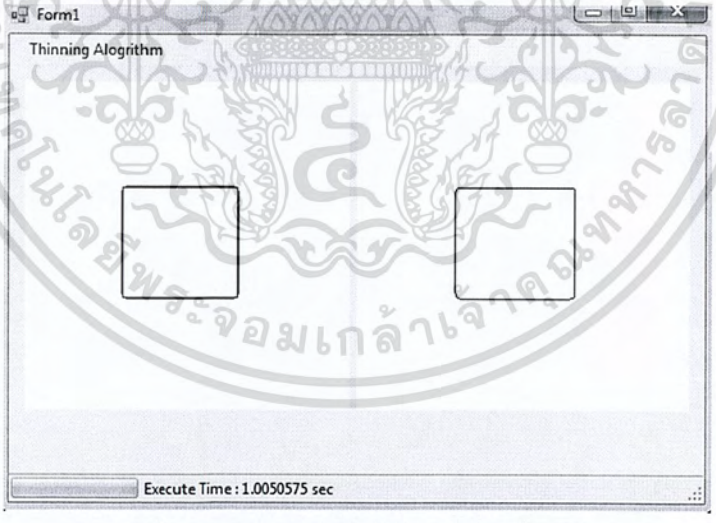
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 ทดลองการทำ Edge Detection รูปภาพอ้างอิง

4.1.2.1.4 ฟังก์ชั่นในการทำ Thinning รูปภาพ

เป็นกระบวนการนำรูปภาพอ้างอิงที่ผ่านการทำ Edge Detection มาทำการลดเส้นขอบให้เหลือขนาดเพียงเส้นเดียวตามขั้นตอนการทำ Thinning ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.10

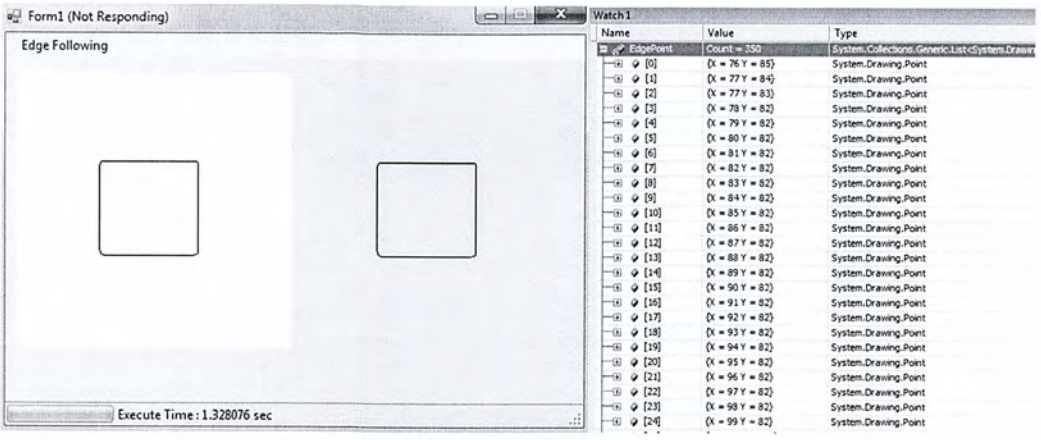


รูป 4.5 ทดลองการทำ Thinning รูปภาพ

4.1.2.1.5 ฟังก์ชั่นในการทำ Edge Following รูปภาพ

เป็นกระบวนการนำรูปภาพอ้างอิงที่ผ่านการทำ Thinning มาทำการหาเว้นทางเดินขอบเส้นขอบตาม Edge Following Algorithm ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.6 ทดลองการทำ Edge Detection รูปภาพ

4.1.2.2 ฟังก์ชั่นการรับส่งข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

ในการรับส่งข้อมูลของระบบเราใช้การติดต่อสื่อสารผ่านทาง Serial Port ซึ่งผู้พัฒนาได้เลือกใช้ ET-USB/RS232 MINI เป็นอุปกรณ์การแปลงข้อมูลจาก USB ไปเป็นข้อมูล Serial โดยใช้โปรโตคอลที่เราได้ออกแบบไว้เป็นข้อกำหนดในการรับส่งข้อมูล

รูป 4.7 ทดลองการรับส่งข้อมูลผ่านโปรแกรม HyperTerminal

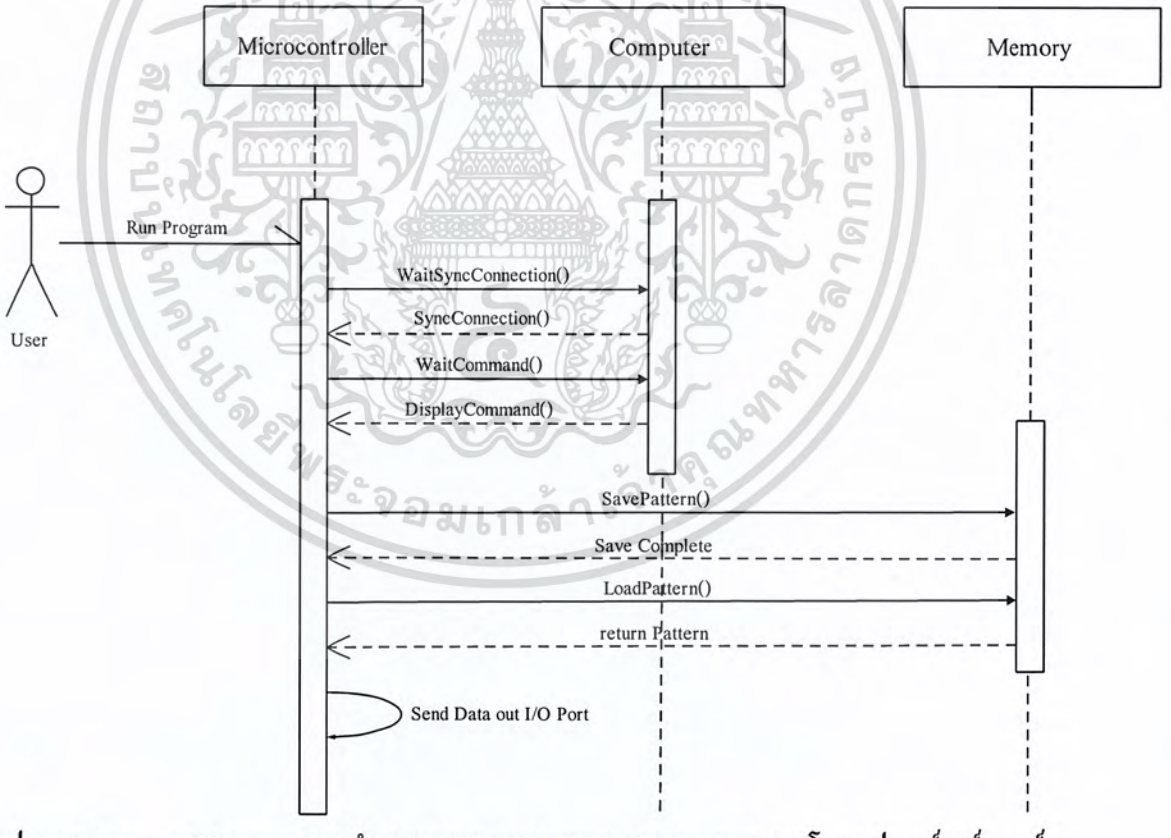
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เพื่อให้สามารถควบคุม Stepping Motor สองตัว (ในแนวแกน x และแกน y) ให้ทำการเคลื่อนที่เพื่อเคลื่อนตำแหน่งของจุดแสดงผลที่เกิดจากเลเซอร์ให้เคลื่อนที่ไปตามที่เราได้กำหนดไว้ในรูปแบบการแสดงผล เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของจุดเลเซอร์ที่มีความเร็วมากพอให้เกิดภาพติดตาซึ่งจะทำให้เกิดเป็นภาพจำลองด้วยเลเซอร์ขึ้นมา

4.2.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

การทำงานของระบบเริ่มจากต้องทำการสร้างการเชื่อมระหว่างระบบการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์กับระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เสียก่อนโดยผ่านโปรโตคอลที่เราได้ออกแบบไว้ จากนั้นทำการนำเก็บข้อมูลที่รูปแบบการแสดงผลที่ได้รับมาจากระบบการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์มาเก็บลงในเมมโมรี่ แล้วเมื่อได้รับคำสั่งให้ทำการแสดงผลภาพ จะทำการดึงข้อมูลจากเมมโมรี่ขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุม Stepping Motor



รูป 4.8 Sequence Diagram การทำงานของระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

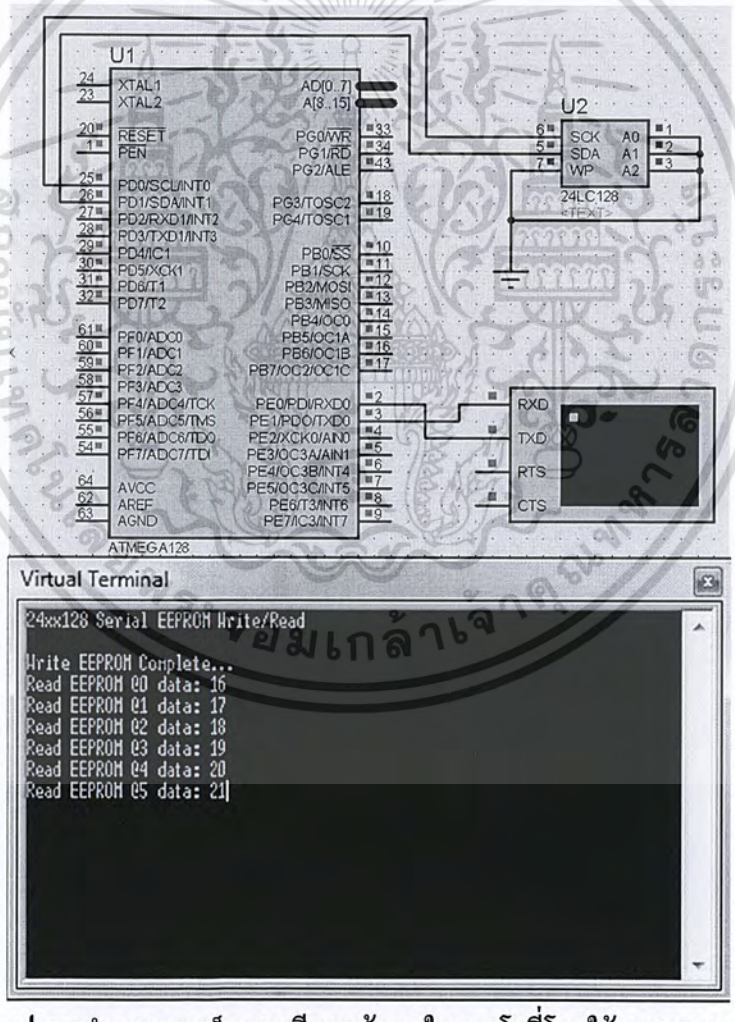
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบนั้นผู้พัฒนาได้ใช้โปรแกรม AVR Studio 4 ในการพัฒนาโดยใช้แพรทฟอร์มของภาษา C และใช้โปรแกรม Proteus ในการจำลองวงจรการทำงานโดยเริ่มจากการเขียนฟังก์ชั่นการทำงานหลักในการควบคุมการรับ/ส่งข้อมูลผ่านทาง I/O พอร์ตของไมโครคอนโทรเลอร์ และการรับส่งข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแยกออกมาเป็นส่วนๆก่อน จากนั้นค่อยเอาแต่ละส่วนมารวมกันเป็นระบบรวมซึ่งมีฟังก์ชั่นการทำงานดังนี้

4.2.2.1 ฟังก์ชั่นการเก็บและเรียกดูข้อมูลในเมมโมรี่

ในการเก็บข้อมูลลงเมมโมรี่ผู้พัฒนาได้เลือก IC เบอร์ 24LC128 ซึ่งเป็น External Memory มีขนาด 128K ไบต์ในการเก็บข้อมูลโดยต่ออยู่กับพอร์ต D ของไมโครคอนโทรเลอร์โดยใช้ขา PD0 (SCL) และ PD1 (SDA) ในการควบคุมการทำงาน

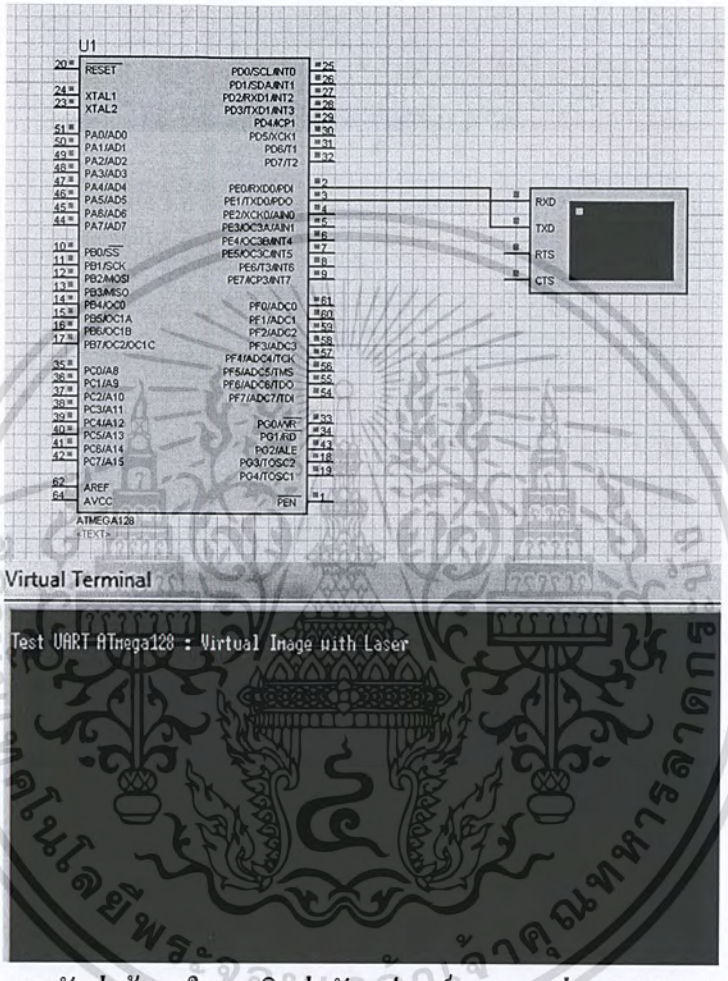


รูป 4.9 จำลองการเก็บและเรียกดูข้อมูลในเมมโมรี่โดยใช้ 24LC128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ฟังก์ชั่นการรับส่งข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทาง RS232

ในการรับส่งข้อมูลของระบบเราใช้การติดต่อสื่อสารผ่านทาง RS232 ซึ่งภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ET-BASE AVR ATMEGA 128 ซัพพอร์ท RS232 จำนวน 2 ช่องแบบ 4 PIN ETT โดยใช้พอร์ต PE0 (RxD0) และพอร์ต PE1 (TxD0) สำหรับในการส่งข้อมูลพอร์ต 0



รูป 4.10 จำลองการรับส่งข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทาง RS232 บน Proteus

4.3 โปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อรับส่งข้อมูล

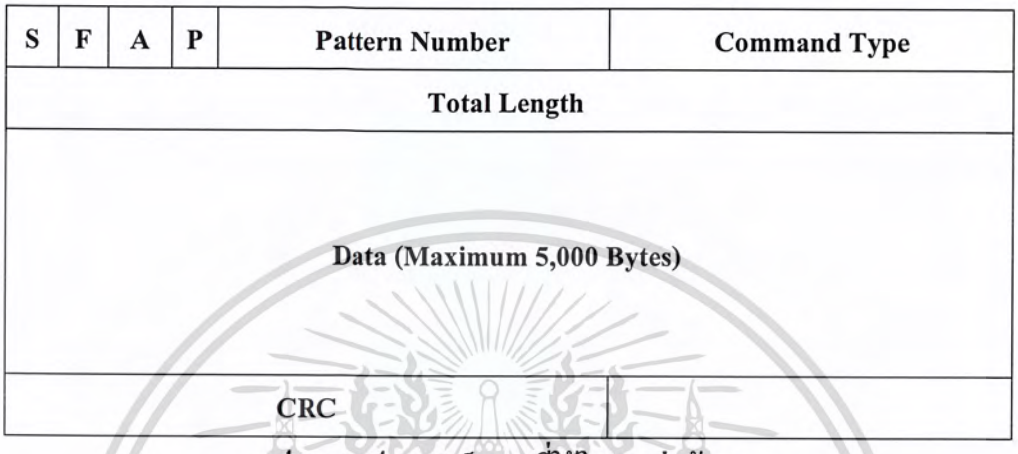
เป็นข้อกำหนดในการรับส่งข้อมูลระหว่างระบบการสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์และระบบการควบคุมการแสดงผลโดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ให้สามารถติดต่อเพื่อรับส่งข้อมูลได้ตรงตามความต้องการ โดยมีการตรวจสอบความผิดพลาดและการทำ Synchronization ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ขั้นตอนการออกโปรโตคอล

4.3.1.1 กำหนดรูปแบบแพ็คเกตที่ใช้ในการส่งข้อมูล (Packet Format)

สามารถแบ่งข้อมูลของแพ็คเกตได้เป็น 2 ส่วนคือ เฮดเดอร์แพ็คเกต และ เดต้าแพ็คเกตโดยที่กำหนดชนิดและขนาดของฟิลด์ให้เพียงพอต่อการใช้งานของระบบ



รูป 4.11 รูปแบบแพ็คเกตที่ใช้ในการส่งข้อมูล

4.3.1.1.1 เฮดเดอร์ แพ็คเกต (Header Packet)

มีขนาด 5 ไบต์แบ่งออกเป็น 8 ฟิลด์ได้ดังนี้

ตาราง 4.1 หน้าที่ของแต่ละฟิลด์

ชนิดของฟิลด์	ขนาดของฟิลด์	หน้าที่การทำงาน
SYN Bit	1 บิต	ทำหน้าที่ในการสร้างการเชื่อมต่อ
FIN Bit	1 บิต	ทำหน้าที่ในการยกเลิกการเชื่อมต่อ
ACK Bit	1 บิต	ทำหน้าที่ในการ Synchronization
Packet Number	1 บิต	ทำหน้าที่ในการกำหนดหมายเลขแพ็คเกต
Pattern Number	4 บิต	ทำหน้าที่ในการกำหนดหมายเลขของรูปแบบ
Command Type	8-บิต	ทำหน้าที่ในการกำหนดรูปแบบของคำสั่ง
Total Length	16-บิต	ทำหน้าที่ในการบอกจำนวนขนาดของแพ็คเกต
CRC	8-บิต	ทำหน้าที่ในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

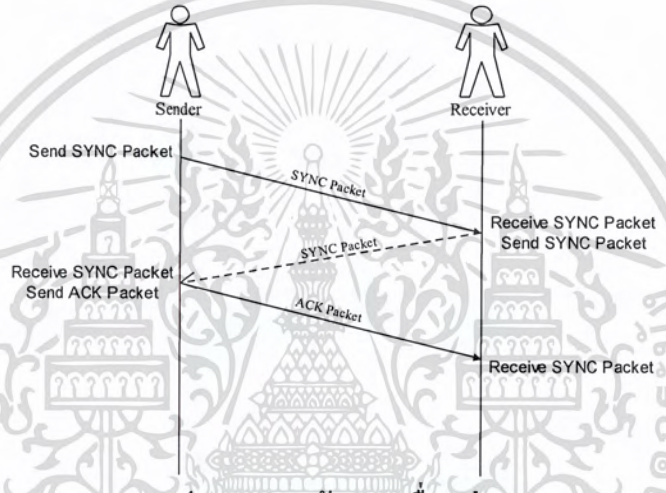
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.1.2 เดต้า แพ็คเกต (Data Packet)

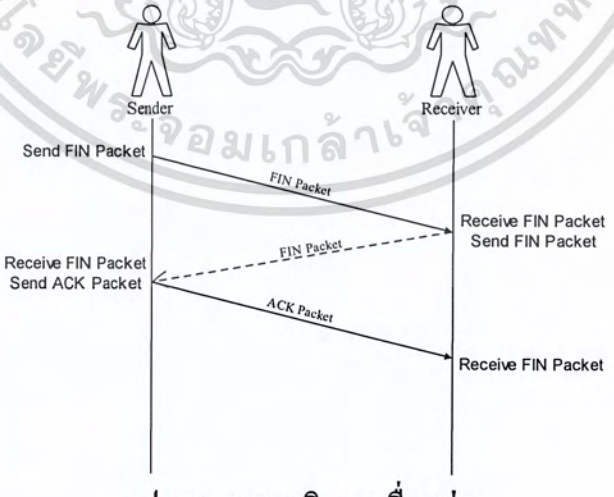
มีขนาดมากสุด (Maximum) 5,000 ไบต์โดยสามารถอ้างอิงจุดแสดงผลได้จำนวน 2,500 จุดขึ้นอยู่กับขนาดของรูปแบบการแสดงผลว่ามีความละเอียดมากน้อยเพียงใด

4.3.2 กำหนดรูปแบบการส่งข้อมูล

สามารถแบ่งรูปแบบการส่งข้อมูลได้เป็น 3 รูปแบบคือ การสร้างการเชื่อมต่อ, การรับส่งข้อมูล และ การยกเลิกการเชื่อมต่อ ซึ่งแต่ละรูปแบบการส่งข้อมูลมีการทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลและการทำ Synchronization ตามรูปแบบการใช้งาน Stop-and-Wait โปรโตคอลเพื่อควบคุมการไหลของข้อมูล

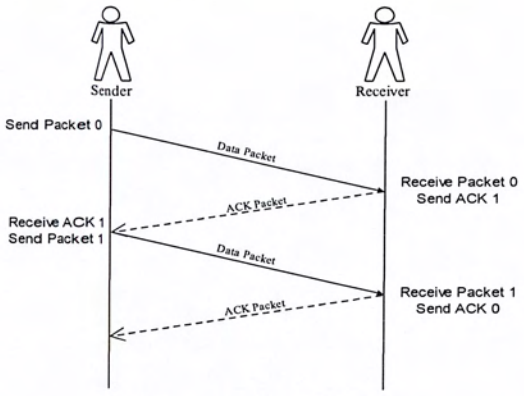


รูป 4.12 การสร้างการเชื่อมต่อ



รูป 4.13 การยกเลิกการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

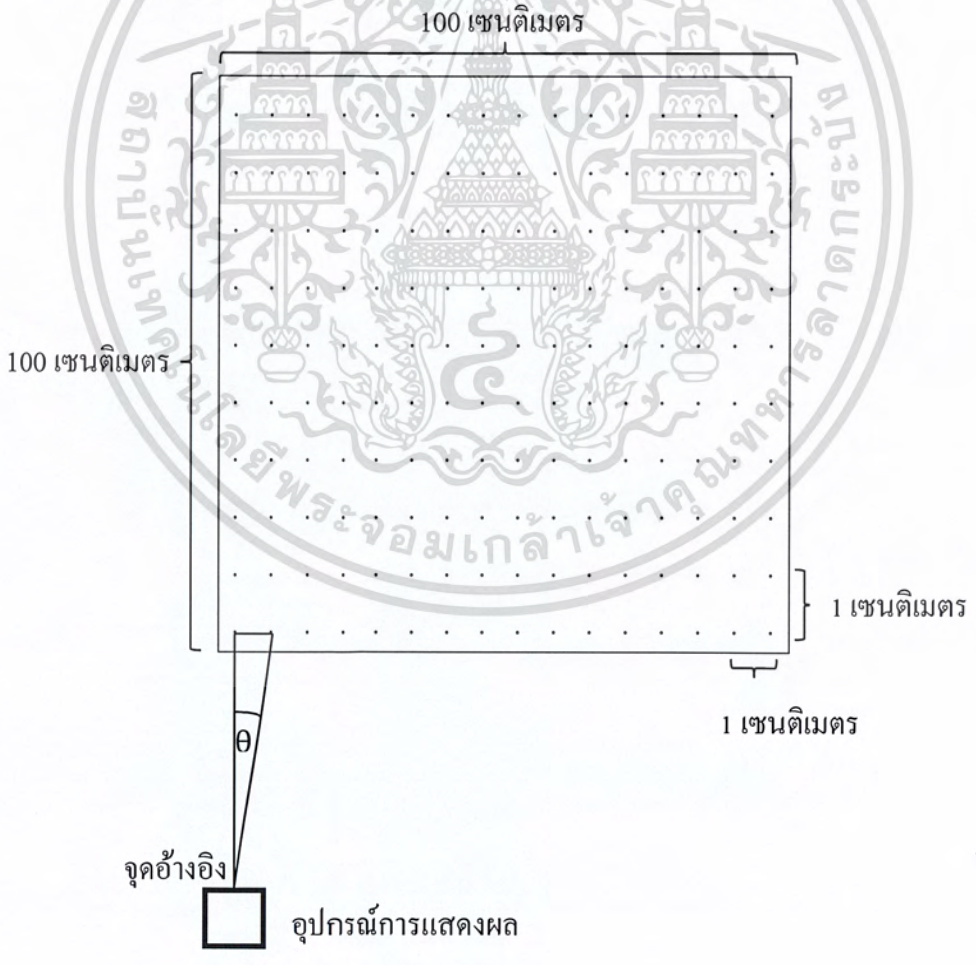


รูป 4.14 การรับส่งข้อมูล

4.4 วงจรการทำงานของระบบ

4.4.1 ขั้นตอนการออกแบบวงจร

4.4.1.1 กำหนดขนาดของภาพแสดงผล



รูป 4.15 การกำหนดขนาดภาพและจุดแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดขนาดภาพการแสดงผลขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และกำหนดระยะห่างระหว่างจุดแสดงผลเท่ากับ 1 เซนติเมตร ดังนั้น จะได้ความละเอียดของจุดแสดงผลเป็นกว้าง 100 จุดแสดงผล และ ยาว 100 จุดแสดงผล หลังจากนั้นกำหนดขนาดระยะห่างระหว่างจอภาพแสดงผลกับตัวอุปกรณ์การแสดงผล ซึ่งในที่นี้กำหนดขนาดไว้ 300 เซนติเมตร เมื่อเราได้ขนาดของจอภาพและระยะห่างแล้ว ต่อไปจะคำนวณหามุมที่ Stepping Motor เคลื่อนที่ไปในภาพแสดงผลจากสมการ

$$\theta = \tan^{-1}\frac{x}{y} \tag{4.1}$$

จะได้มุมของการเคลื่อนที่ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4.2 ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับองศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดแสดงผล (เซนติเมตร)	องศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ Stepping Motor (องศา)
1	0.190985224
2	0.381966205
3	0.572938698
4	0.763898461
5	0.954841254
6	1.145762838
7	1.336658978
8	1.527525442
9	1.718358002
10	1.909152433
11	2.099904518
12	2.290610043
13	2.481264801
14	2.671864593
15	2.862405226
16	3.052882515

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับองศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (ต่อ)

ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดแสดงผล (เซนติเมตร)	องศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ Stepping Motor (องศา)
17	3.243292283
18	3.433630362
19	3.623892596
20	3.814074834
21	4.004172941
22	4.194182788
23	4.384100262
24	4.573921260
25	4.763641691
26	4.953257478
27	5.142764558
28	5.332158882
29	5.521436415
30	5.710593137
31	5.899625047
32	6.088528154
33	6.27729849
34	6.465932099
35	6.654425046
36	6.842773413
37	7.030973299
38	7.219020825
39	7.406912128
40	7.594643369
41	7.782210724
42	7.969610394
43	8.156838600
44	8.343891584

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับองศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (ต่อ)

ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดแสดงผล (เซนติเมตร)	องศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ Stepping Motor (องศา)
45	8.530765610
46	8.717456965
47	8.903961957
48	9.090276921
49	9.276398211
50	9.462322208
51	9.648045316
52	9.833563964
53	10.01887461
54	10.20397372
55	10.38885782
56	10.57352342
57	10.75796709
58	10.94218541
59	11.12617499
60	11.30993247
61	11.49345452
62	11.67673783
63	11.85977912
64	12.04257514
65	12.22512268
66	12.40741853
67	12.58945953
68	12.77124256
69	12.95276451
70	13.13402231
71	13.3150129
72	13.49573328

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับองศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (ต่อ)

ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดแสดงผล (เซนติเมตร)	องศาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ Stepping Motor (องศา)
73	13.67618047
74	13.85635150
75	14.03624347
76	14.21585347
77	14.39517866
78	14.57421620
79	14.75296329
80	14.93141718
81	15.10957512
82	15.28743442
83	15.46499241
84	15.64224646
85	15.81919395
86	15.99583231
87	16.17215902
88	16.34817155
89	16.52386743
90	16.69924423
91	16.87429954
92	17.04903097
93	17.22343619
94	17.39751289
95	17.57125878
96	17.74467163
97	17.91774921
98	18.09048937
99	18.26288994
100	18.43494882

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2 กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor

เนื่องจากทฤษฎีของภาพติดตานั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความเร็วของเฟรมไม่น้อยกว่า 25 เฟรมต่อหนึ่งวินาที แต่เนื่องจากผู้พัฒนาได้กำหนดให้ขนาดของรูปภาพมีขนาดไม่เกิน 2,500 จุดแสดงผลแสดงว่าต้องใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งจุดแสดงผลดังนี้

ภาพแสดงผลจำนวน	25	เฟรมใช้เวลา	1	วินาที
ภาพแสดงผลจำนวน	1	เฟรมใช้เวลา	40	วินาที
ภาพแสดงผลจำนวน	1	เฟรมใช้จุดแสดงผล	2,500	จุด
ภาพแสดงผลจำนวน	1	แสดงผลใช้เวลา	100	ไมโครวินาที

แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรเลอร์ที่ผู้พัฒนาได้เลือกขึ้นมามีความเร็วของ CPU เท่ากับ 16MHz ดังนั้นต้องการตรวจสอบว่า CPU สามารถทำงานได้เร็วพอต่อการแสดงผลของภาพหรือไม่ดังนี้

ความเร็วของ CPU 1 ไมโครวินาทีสามารถใช้งาน CPU ได้ 16 Clock

ความเร็วของ CPU 100 ไมโครวินาทีสามารถใช้งาน CPU ได้ 1,600 Clock

ซึ่งจากการคำนวณพบว่า CPU มีความเร็วเพียงพอต่อการแสดงผลของภาพแสดงผล

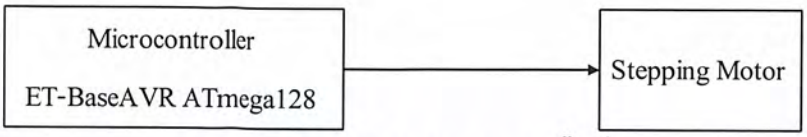
4.4.1.3 กำหนดขนาดพื้นที่หน่วยความจำในการเก็บรูปแบบการแสดงผล

เนื่องจากผู้พัฒนาได้กำหนดจำนวนจุดแสดงผลสูงสุดต่อหนึ่งรูปแบบการแสดงผลไว้ที่ 2,500 จุดแสดงผล ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บรูปแบบการแสดงผล 1 รูปแบบเท่ากับ 5,000 ไบต์ เนื่องจากแต่ละจุดการแสดงผลประกอบไปด้วยค่าของแกน X และแกน Y ซึ่งต้องมีขนาดอย่างน้อย 7 บิตเพราะสามารถอ้างอิงระดับของข้อมูลได้ถึง 128 ระดับแต่ในโครงงานนี้ผู้พัฒนาได้เลือกขนาดเท่ากับ 8 บิตเพื่อรองรับต่อการขยายความละเอียดของรูปภาพในอนาคต ดังนั้นเนื่องจากเมมโมรี่ภายในของไมโครคอนโทรเลอร์ ET-Base AVR ATMEGA 128 มีขนาดเพียง 4K ไบต์ ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เพียงพอ จึงจ้องทำการต่อเมมโมรี่ภายนอก ซึ่งผู้พัฒนาได้เลือกใช้ IC เบอร์ 24LC128 ที่มีขนาดของพื้นที่เท่ากับ 128K ไบต์เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลของรูปแบบการแสดงผล

4.4.1.4 การออกแบบวงจรของระบบ

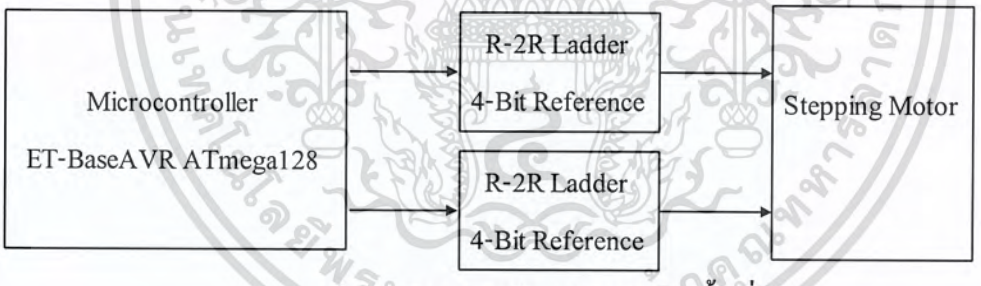
ในวงจรการทำงานของระบบนั้นเราจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นส่วนควบคุมการทำงานของวงจรซึ่งในที่นี้เราใช้ ET-Base AVRATmega128 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ที่มีจำนวน I/O พอร์ต จำนวน 6 พอร์ตเพื่อไปควบคุมการทำงานของ Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.16 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 1

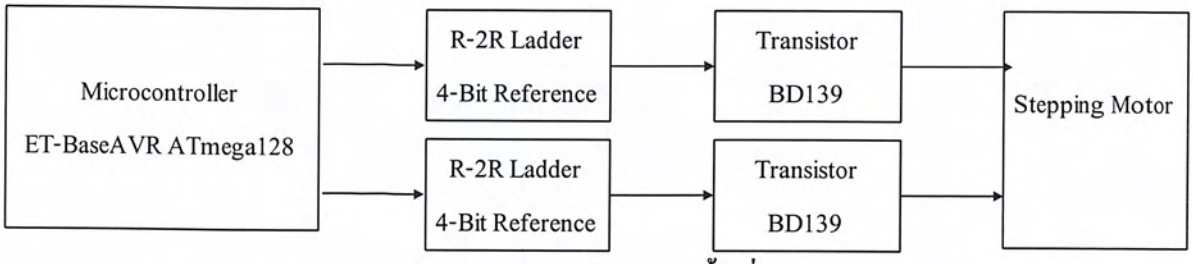
แต่เนื่องจากข้อมูลที่ออกจากพอร์ตของไมโครคอนโทรเลอร์เป็นข้อมูลชนิดดิจิทัล แต่ Stepping Motor ของเราทำงานในระบบแอนาล็อก จึงต้องทำการแปลงสัญญาดิจิทัลไปเป็นสัญญาณแอนาล็อกซึ่งในโครงงานนี้เราเลือกใช้ R-2R Ladder เป็นวงจรที่ใช้สำหรับแปลงสัญญาณโดยใช้ขนาด 4 บิตอ้างอิงการแปลงสัญญาณได้ 16 ระดับเนื่องจากโงงานของเราต้องการความละเอียดของการเคลื่อนที่มอเตอร์ซึ่งน้อยกว่าการเคลื่อนที่ใน 1 Step ของ Stepping Motor (1.8°) ตามการออกแบบในหัวข้อ 4.4.1.1 ซึ่งถ้าเราใช้วงจร R-2R Ladder ที่มีขนาด 4 บิตเราจะสามารถแบ่งองศาของ 1 Step ได้ออกเป็น 16 Step ย่อยซึ่งจะสามารถทำให้การเคลื่อนที่ของ Stepping Motor มีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในตัวของ Stepping Motor มีการทำงานอยู่ 4 เฟสคือ A,B,C,D ดังนั้นผู้พัฒนาจึงต้องใช้วงจร R-2R Ladder จำนวน 4 บอร์ดต่อหนึ่ง Stepping โดยผู้พัฒนาได้รวมเฟส A และ B ไว้ในบอร์ด R-2R Ladder บอร์ดที่ 1 และ เฟส C และ D ไว้ในบอร์ด R-2R Ladder บอร์ดที่ 2 ตามลำดับ



รูป 4.17 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 2

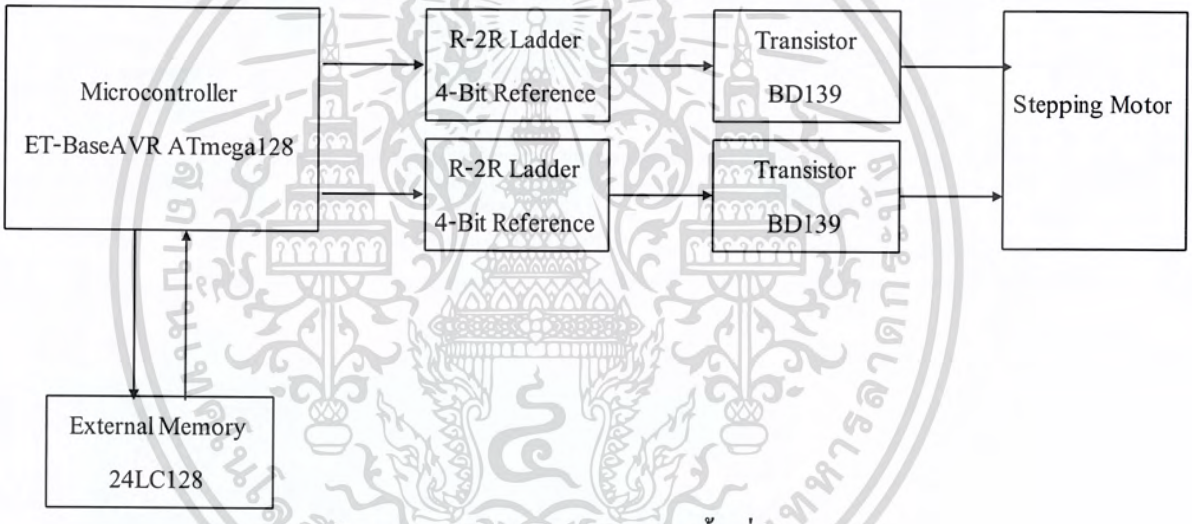
แต่เนื่องจากระดับสัญญาณแอนาล็อกที่ออกมาจากวงจร R-2R Ladder มีค่าไม่เพียงพอต่อการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor ทำให้ต้องเพิ่มวงจรเพื่อทำการขยายระดับสัญญาณให้มีค่าเพิ่มขึ้น ในที่นี้เราเลือกใช้ Transistor ชนิด NPN รุ่น BD139 ซึ่งมีอัตราการขยายอยู่ที่ 40-250 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



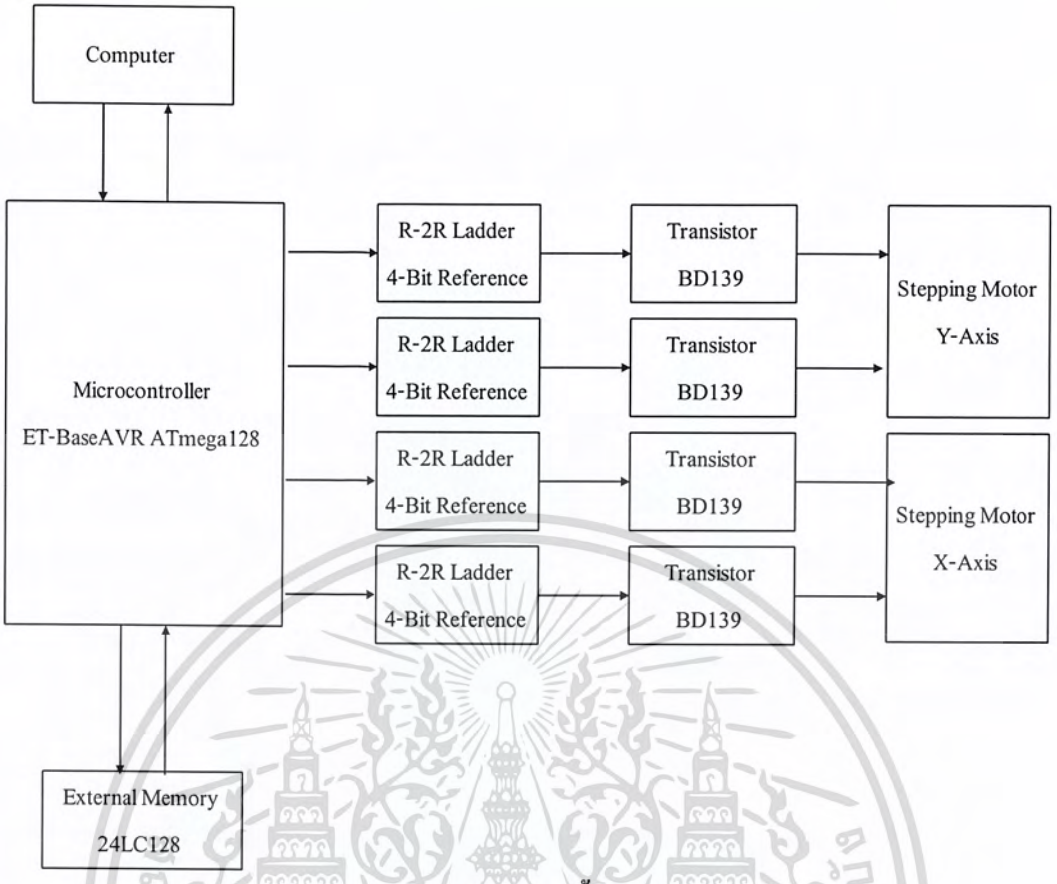
รูป 4.18 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 3

เนื่องจากในไมโครคอนโทรเลอร์มีเมมโมรี่ภายในขนาด 4K รูปภาพแสดงผลที่เราได้กำหนดไว้ว่ามีขนาดไม่เกิน 2500 จุดการแสดงผลต่อหนึ่งรูปภาพ ทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลจำนวน 5K ซึ่งไม่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลต้องทำการต่อ เมมโมรี่ภายนอกเพิ่มเข้ามาในระบบเพื่อให้สามารถรองรับการเก็บข้อมูลได้เพียงพอซึ่งในโครงงานของเราเลือก 24LC128 ซึ่งมีขนาดเมมโมรี่ 128K ซึ่งเพียงพอต่อการเก็บข้อมูลในโครงงานของเรา



รูป 4.19 วงจรการทำงานของระบบขั้นที่ 4

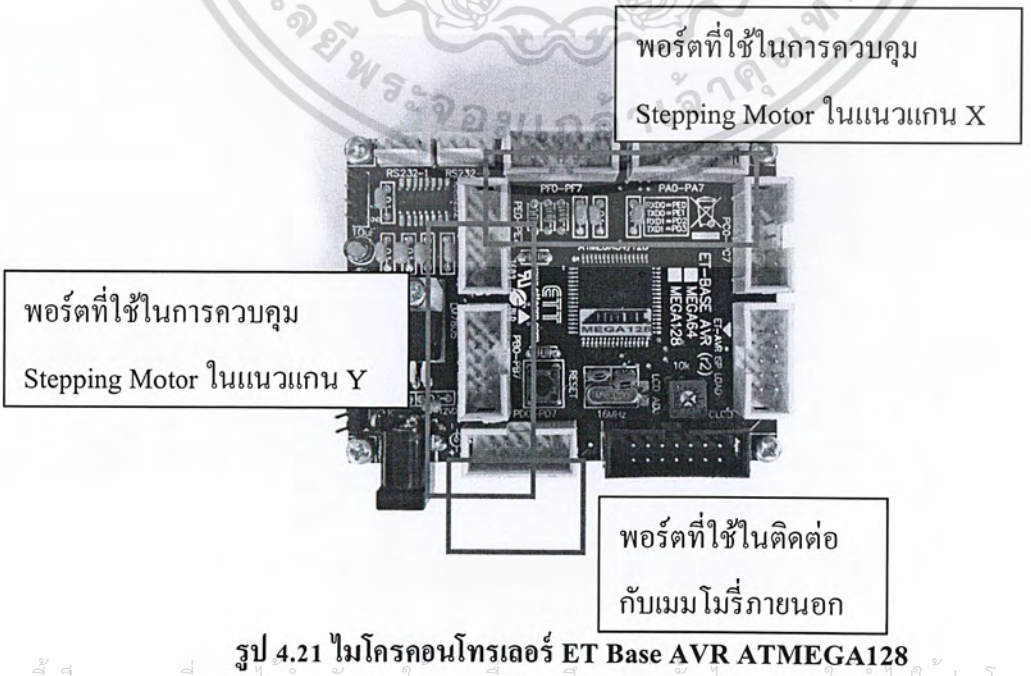
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.20 ระบบวงจรการทำงานทั้งหมดของโครงงาน

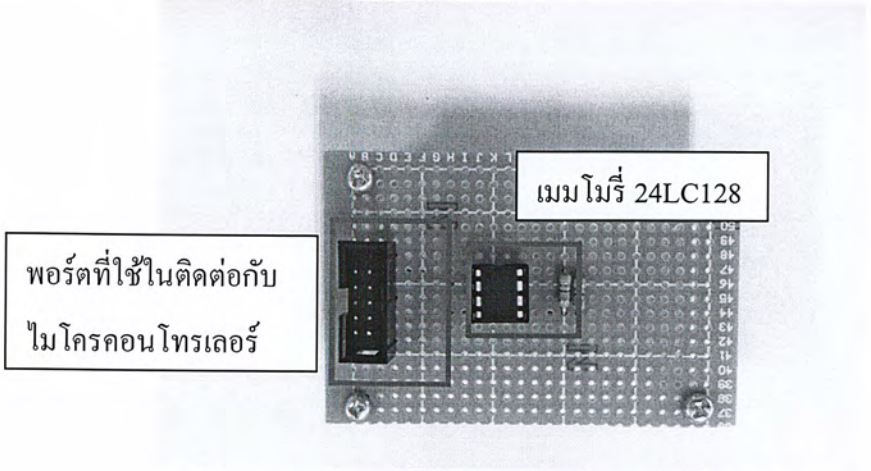
4.4.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

4.4.2.1 สร้างวงจรการทำงานของแต่ละส่วนการทำงาน

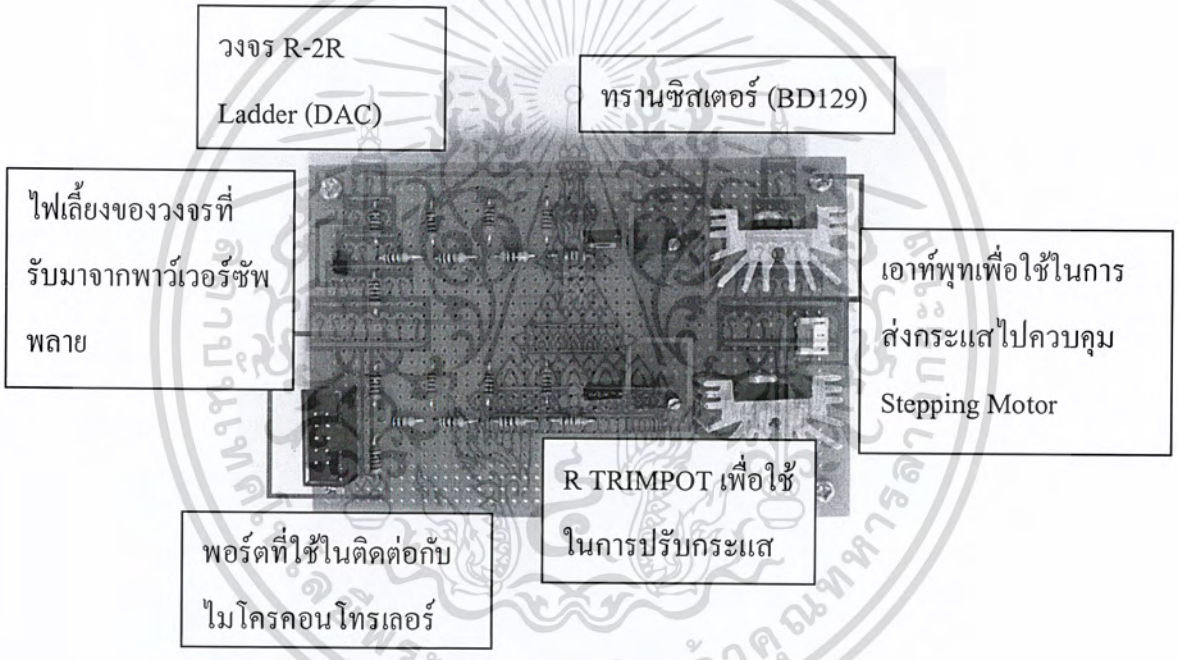


รูป 4.21 ไมโครคอนโทรเลอร์ ET Base AVR ATMEGA128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



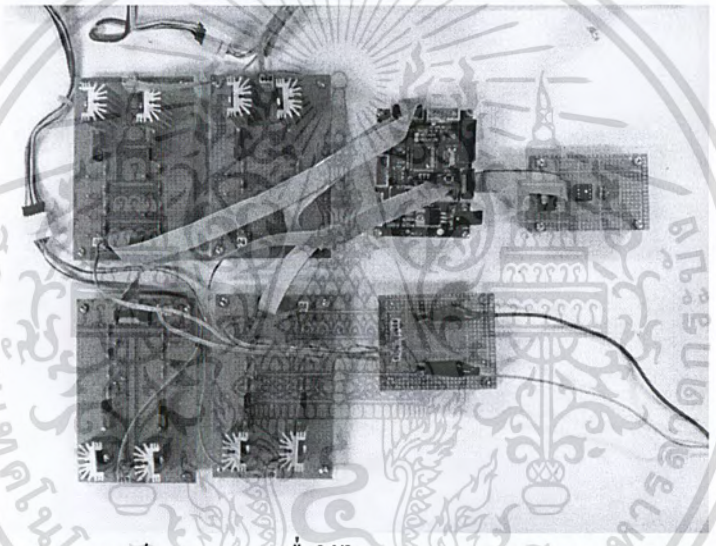
รูป 4.22 บอร์ดเมมโมรี่ภายนอกโดยใช้ IC เบอร์ 24LC128



รูป 4.23 บอร์ดไดร์ฟวงจรเพื่อควบคุมการทำงานของ Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

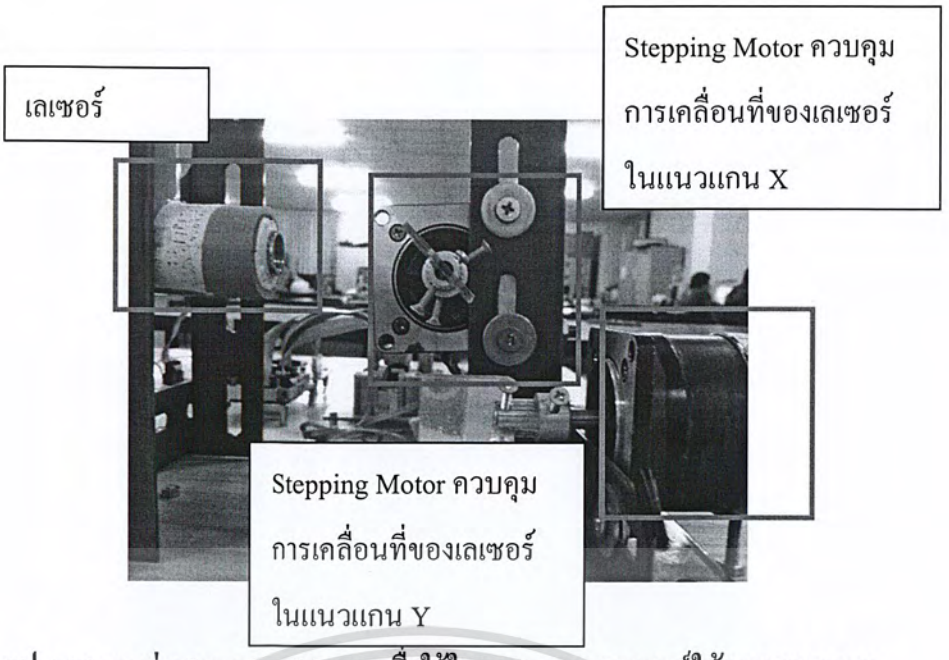
รูป 4.24 พาว์เวอร์ซัพพลายที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจร



รูป 4.25บอร์ดวงจรรวมเพื่อใช้ในการควบคุม Stepping Motor

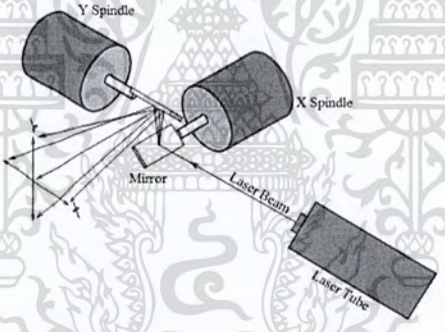
บอร์ดวงจรรวมประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ ET-Base AVR ATMEGA128 จำนวน 1 บอร์ด, บอร์ดไดร์ฟวงจรเพื่อควบคุมการทำงานของ Stepping Motor จำนวน 4 บอร์ด ซึ่งใช้ 2 บอร์ดในการควบคุม Stepping Motor หนึ่งตัว (Phase A,B,C และ บอร์ดเมมโมรี่ภายนอกโดยใช้ IC เบอร์ 24LC128 จำนวน 1 บอร์ดเพื่อใช้ในการเก็บรูปแบบการแสดงผล และ บอร์ดสำหรับรับไฟเลี้ยงจากพาวเวอร์ซัพพลายเพื่อกระจายไฟเลี้ยงไปยังบอร์ดไดร์ฟวงจรเพื่อควบคุมการทำงานของ Stepping Motor จำนวน 1 บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

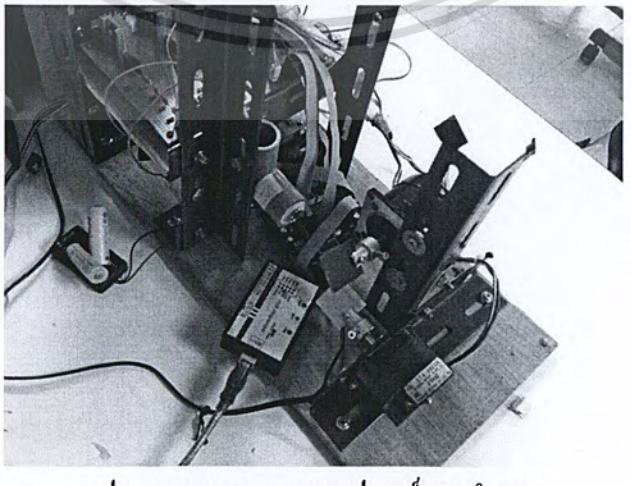


รูป 4.26 การต่อ Stepping Motor เพื่อใช้ในการควบคุมเลเซอร์ให้แสดงผลภาพ

การต่อ Stepping Motor โดยมีลักษณะการต่อที่ตั้งฉากกันเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเลเซอร์ในแกนที่ต่างกัน และส่วนบนของ Stepping Motor ต่อกับหัวแค้มป์เพื่อทำการยึดติดกระจกเพื่อทำการสะท้องการเคลื่อนที่ของเลเซอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปตามต้องการได้



รูป 4.27 การวางแนวของ Stepping Motor กับ Laser Tube



รูป 4.28 วงจรรวมของอุปกรณ์การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลอง

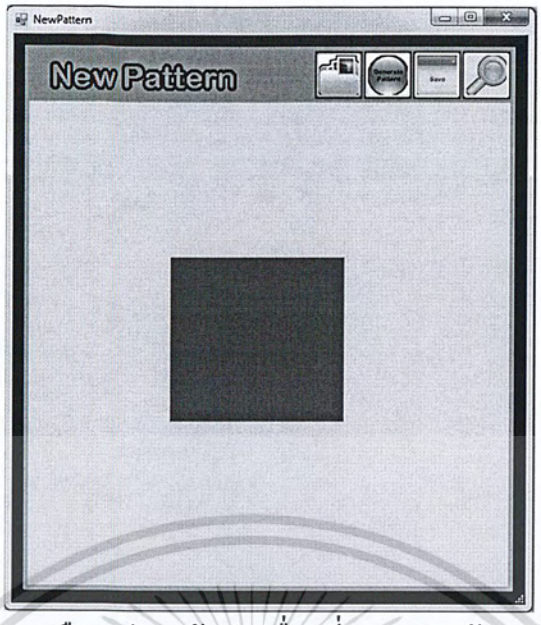
จากการที่ผู้พัฒนาได้ออกแบบและพัฒนารับได้เป็นวงจรรวมนั้น ได้ทำการทดลองโดยให้ผู้ใช้งาน (User) ได้ทำการเลือกรูปภาพอ้างอิงจากนั้นเลือกการทำงานเพื่อสร้างรูปแบบการแสดงผลแล้วบันทึกข้อมูลลองในคอมพิวเตอร์เป็นไฟล์ นามสกุล .lmp เมื่อไรก็ตามที่ผู้ใช้งาน (User) ต้องการแสดงรูปแบบการแสดงผลก็จะไปเรียกไฟล์ที่ได้บันทึกไว้ นามสกุล .lmp ขึ้นมาแล้วส่งค่าไปให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำการประมวลผลเพื่อควบคุมอุปกรณ์การควบคุมการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor ให้ทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของเลเซอร์ให้แสดงผลภาพตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

5.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองในหัวข้อ 5.1 ได้ผลการทดลองคือผู้ใช้งาน (User) สามารถสร้างรูปแบบการแสดงผลออกมาได้ตรงตามที่กำหนด จากนั้นทำการนำค่าดังกล่าวไปควบคุมการทำงานของ Stepping Motor ให้ทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของเลเซอร์ให้เกิดภาพได้

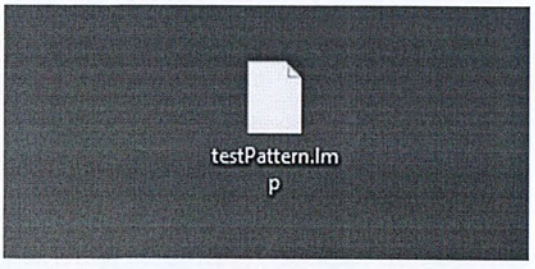
รูป 5.1 ผู้ใช้งานเปิดโปรแกรมการทำงานในส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



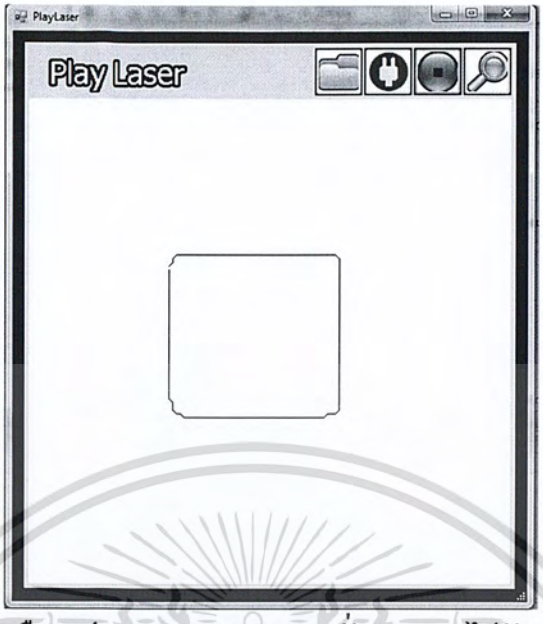
รูป 5.2 ผู้ใช้งานทำการเลือกรูปภาพอ้างอิงเพื่อนที่จะทำการสร้างรูปแบบการแสดงผล

รูป 5.3 ผู้ใช้งานทำการสร้างรูปแบบการแสดงผลของภาพที่จะเกิดจากเลเซอร์ขึ้นมา

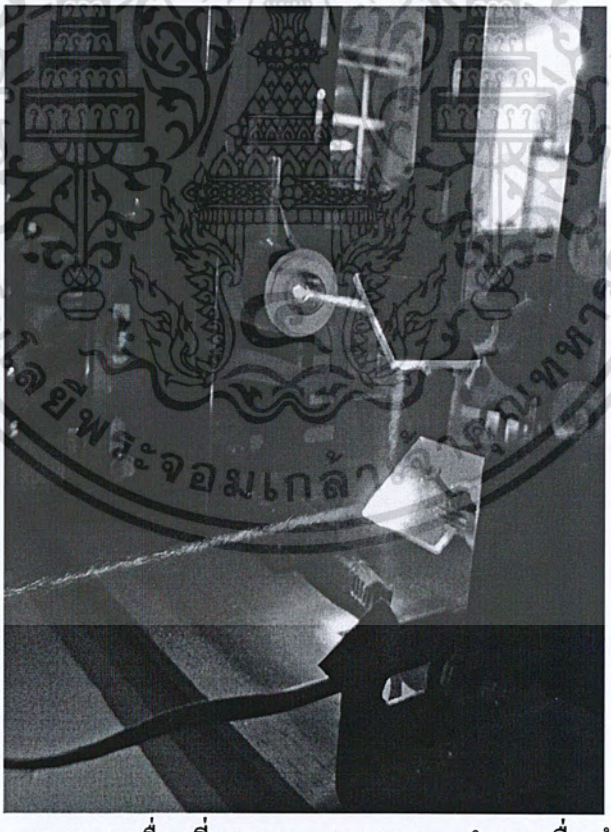


รูป 5.4 ผู้ใช้งานทำการบันทึกรูปแบบลงในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

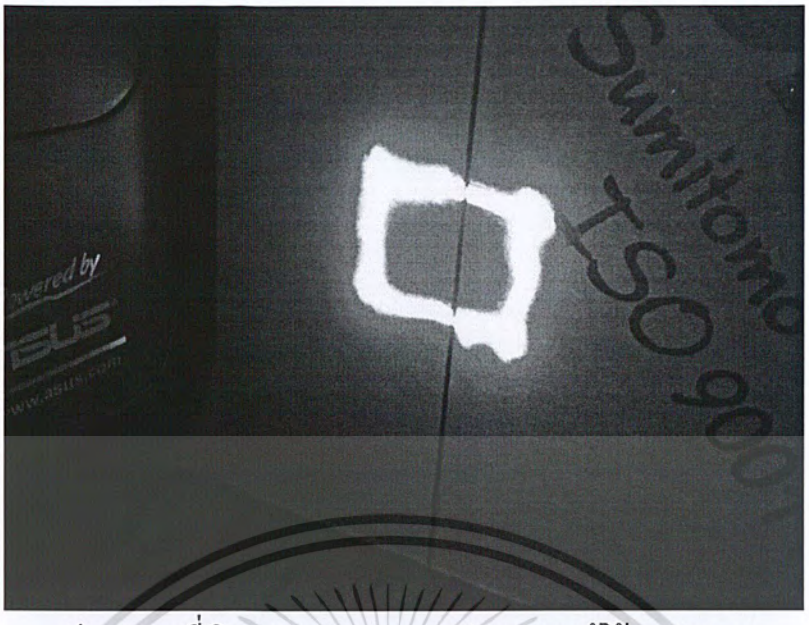


รูป 5.5 ผู้ใช้งานเลือกรูปแบบการแสดงผลและสั่งแสดงผลไปยังอุปกรณ์ควบคุม

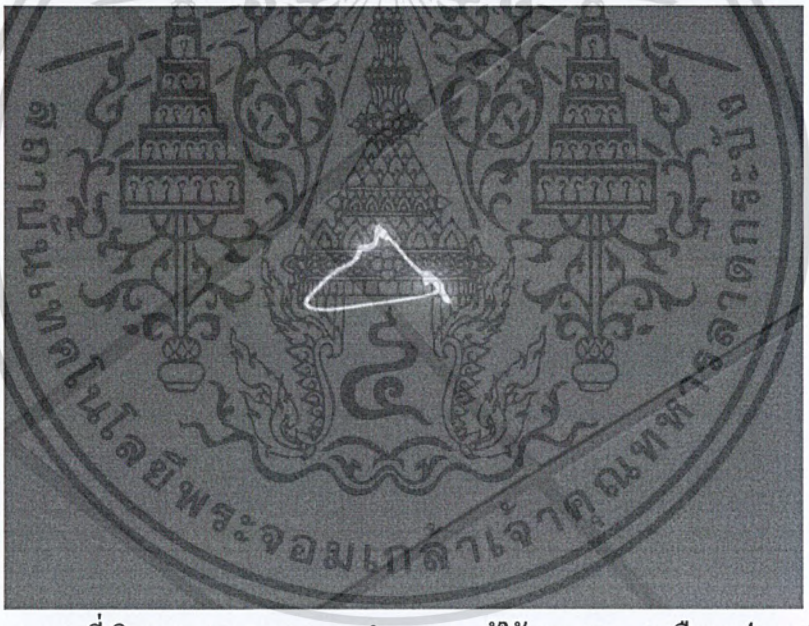


รูป 5.6 อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor ทำงานเพื่อสร้างภาพแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.7 ภาพที่เกิดจากการควบคุมการทำงานของผู้ใช้งาน (User)



รูป 5.8 ภาพที่เกิดจากการควบคุมการทำงานของผู้ใช้งาน (User) เลือกรูปภาพอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการทำงานของการจำลองภาพเสมือนด้วยเลเซอร์ได้ผลลัพธ์คือสามารถสร้างรูปแบบการแสดงผลโดยใช้เทคนิคกระประมวลผลภาพ (Image Processing) และค้นหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของจุดแสดงผล (Edge Following) ได้อย่างถูกต้อง เพื่อที่จะสร้างรูปแบบการแสดงผลแล้วส่งค่าที่ได้ไปเก็บไว้ในเมมโมรี่ของไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุม Stepping Motor เพื่อให้เกิดรูปภาพตรงตามรูปแบบการแสดงผลที่เราได้สร้างไว้ดังแสดงในบทการทดลอง

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) ปัญหาเนื่องจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการออกแบบโครงงานตอนแรกผู้พัฒนาเลือกใช้ตัวของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของเลเซอร์ แต่เนื่องจากเลเซอร์เนื่องจากส่วนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์มีลักษณะเป็น Voice Coil แต่จากการทดลองไประยะหนึ่งพอว่าการเคลื่อนที่ของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ที่เป็น Voice Coil มีลักษณะเป็นแบบเปิด/ปิดการทำงานกล่าวคือเมื่อผู้พัฒนาจ่ายกระแสไฟให้กระหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ หัวอ่านจะทำการเคลื่อนที่ไปจนสุดมุมการเคลื่อนที่โดยที่จะไม่หยุดการเคลื่อนที่ระหว่างทาง ซึ่งค่าของกระแสไฟมากหรือน้อยมีผลต่อความเร็วของการเคลื่อนที่เท่านั้น ทำให้โครงงานของผู้พัฒนาต้องเสียเวลาไปกับการทดลองส่วนนี้สักพักหนึ่ง แล้วได้ทำการเลือกตัวของอุปกรณ์ชนิดใหม่ขึ้นมาแทนซึ่งอุปกรณ์ที่ผู้พัฒนาได้เลือกมานั้นคือ Voice Coil ลำโพงซึ่งมีการทำงานที่ตรงกับความต้องการของผู้พัฒนา แต่เนื่องจากแรงแม่เหล็กของ Voice Coil มีความแรงไม่พอ หรือถ้าพอต้องใช้เงินทุนส่วนมากในการซื้ออุปกรณ์ที่มีคุณภาพเพียงพอต่อการทำโครงงานของผู้พัฒนา จึงต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ตัวใหม่ขึ้นมาอีก ทำให้เสียเวลาในส่วนนี้จากการพัฒนาเพิ่มเข้าไป ทำให้การพัฒนาโครงงานเป็นไปอย่างล่าช้าเกินกว่ากำหนด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผู้พัฒนาไม่สามารถทำโครงงานให้ตรงตามขอบเขตของการทำงาน

2) เนื่องจาก Stepping Motor ที่เลือกมาใช้ในโครงงานมีความละเอียดไม่มากพอกับที่โครงงานต้องการจึงต้องทำการสร้างวงจรเพิ่มเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับระบบ

3.) เนื่องจากผู้พัฒนาไม่มีความชำนาญในการต่อวงจร Electronic มากนัก จึงต้องใช้เวลาในการศึกษาการออกแบบวงจรมากขึ้นกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1.) เปลี่ยนอุปกรณ์การทำงานเป็น Stepping Motor ซึ่งมีการทำงานในลักษณะเดียวกับ Voice Coil ลำโพง แต่สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

2.) พอการทำงานในส่วนการทำ Micro Stepping Motor เพื่อทำการแบ่งการเคลื่อนที่ของแต่ละ Step ของ Stepping Motor ให้มีความละเอียดมากขึ้นไปอีก ซึ่งในที่นี้ผู้พัฒนาได้เลือกใช้ Micro Stepping ขนาด 16 ระดับเพื่อเพิ่มความสามารถในการแสดงผลของภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.) หาความรู้เสริมเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำโครงงานการจำลองภาพเสมือนด้วยเลเซอร์เพื่อให้โครงงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

6.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

พัฒนาวงจรของระบบเพื่อรองรับต่อการทำงานแบบ Multi-Frame เพื่อสามารถทำให้เกิดภาพเคลื่อนไหว หรือปรับปรุงความละเอียดของการแสดงผลของภาพให้มีความละเอียดที่มากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ประจิน พลังสันติกุล. 2549. **การขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Complier).** กรุงเทพฯ : แอพซอฟต์เทค.

Dean Camera. 2006. **"Using the EEPROM memory in AVR-GCC".**

ผศ.ดร อรฉัตร จิตต์โสภักตร์. 2552. **Digital Image Processing.** กรุงเทพฯ : สงวนกิจ พริ้นท์ แอนด์ มีเดีย.

Merrill Mckee. **Multi-threaded Sobel C# sample.** [Online]. Available : http://merrillmckee.com/sobel/.

Donald P. Leach. 1992. **Discrete and Integrated Circuit Electronics.** Santa Clara University.

ผศ. เสมา สอนประสม. **เวกเตอร์ (Vector).** กรุงเทพฯ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

Paramate Horkaew. **Data Link Layer.** School of Computer Engineering : Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

GIMP. **GNU Image Manipulation Program User Manual: 5. Edge-detect filters** [Online]. Available : http://k12linux.mesd.k12.or.us/docs/gimp/en/index.html

Christian. 2002. Graus. **ImageProcessing for Dummies with C# and GDI** [Online]. Available : http://www.codeproject.com/KB/GDI-plus/edge_detection.aspx

Wrox. 2001. **Beginning C# - Chapter 13: Using Windows From Controls** [Onlibe]. Available : http://www.codeproject.com/KB/books/1861004982.aspx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเลเซอร์

Available : http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics/basic_laser5.html

แสงเลเซอร์-แสงมหัศจรรย์

Available : http://www.md.chula.ac.th/public/medinfo/health/laser/index.html

นาย ทวีศักดิ์ ภู่ชัย. **หลักการและทฤษฎีเลเซอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้