สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามา

SPECTACLED PANORAMA PROTOTYPE

ณิชจิรัชย์ ตั้งคำ

ปพ
264318
2550

เลขหมู่.........
เลขทะเบียน 83019
วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2551

b 11959599
i ....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามา

SPECTACLED PANORAMA PROTOTYPE

ผู้จัดทำ

1. นางสาวณิชจิรัชย์ ตั้งคำ รหัสนักศึกษา 47010245

______________________ อาจารย์ที่ปรึกษา

(เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามา

นางสาวณิชจิรัชย์ ตั้งคำ 47010254
อ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เสนอการพัฒนาชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามา ซึ่งจะทำการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี และมีการประมวลผลบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้สายสัญญาณ โดยหลักการทำงานนั้นโมดูลเข็มทิศดิจิตอลจะทำหน้าที่สำหรับรับค่ามุม เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีการคำนวณหาตำแหน่งของภาพพาโนรามา แล้วจึงส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปแสดงผลยังจอแอลซีดี โครงงานนี้เป็นโครงงานที่เน้นการพัฒนางานในส่วนการประมวลผล และแสดงผลเท่านั้น ในการนำไปใช้งานกับสายตานั้นยังจะต้องศึกษาคำนึงถึงความถูกต้องและความเหมาะสมด้วย ผลลัพธ์ของโครงงานนี้ คือชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามาที่สามารถฉายภาพแบบพาโนรามาได้ด้วยความเร็วประมาณสองรูปต่อวินาที โดยช่วงขององศาที่จะมีเปลี่ยนการแปลงภาพเท่ากับสององศา และในการเปลี่ยนแปลงภาพหนึ่งครั้งนั้น จะเปลี่ยนไปทีละห้าพิกเซล ซึ่งสามารถแสดงการฉายภาพพาโนรามาได้เป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้แล้วโครงงานนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อ ให้มีขีดความสามารถมากยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A spectacled Panorama Prototype

Miss Nichjirach Thungkum 47010245
Mr.Charoen Vongchumyen Advisor
Academic Year 2007

ABSTRACT

This project proposes a development of a spectacled panorama prototype, that is displayed on LCD screen. A microcontroller is connected to a computer by wires. The principle is that the digital compass will get angles and transmits them to the computer to calculate the position of panorama picture. After that the picture is transmitted to LCD screen by microcontroller. However ,the focuses of this project are only development on processing and displaying. In practice, we also have to concern about suitable of eyesight but it is not include in the prototype. The product of this project is spectacled panorama prototype that can display about two pictures per second. The picture will vary when two degree are change. While the angles change the picture also change five pixels. The product satisfies the efficiency of display panorama picture. However, the product of project can be developed for more efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ สนับสนุน และการให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี จากอาจารย์เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ จึงต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมทั้งอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอนวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

และขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถมาถึงวันนี้ได้ คือบิดามารดา ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่งของข้าพเจ้า ซึ่งท่านให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู และให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณิชจิรัชย์ ตั้งคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VIII
สารบัญภาพ IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.5 ส่วนประกอบของรายงานโครงงาน 2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส 51 (MCS-51) 4
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 4
2.1.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 4
2.1.1.2 คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 5
2.1.1.3 พอร์ทอินพุตและเอาท์พุตต่างๆ ภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 6
2.1.1.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ 9
2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052 13
2.2 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล (CMPS03 Digital Compass Module) 15
2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 15
2.2.2 ตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆ และการนำไปต่อใช้งาน 16
2.2.3 การปรับตำแหน่งทิศทางอ้างอิงของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 16
2.2.4 การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 17
2.2.4.1 การอ่านค่าสัญญาณจากความกว้างของสัญญาณพัลส์ 17
2.2.4.2 การอ่านค่าทิศทางเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านบัสไอสแควซี 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.5 การปรับแต่งทิศทางอ้างอิงของโมดูลเข็มทิศดิจิตอลผ่านบัสไอสแควซี 19

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบบัสไอสแควซี 20

2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของบัสไอสแควร์ซี 21

2.3.2 หลักการทำงานของบัส ไอสแควซี 22

2.3.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัสไอสแควซี 22

2.3.4 การอ้างถึงอุปกรณ์ไอสแควซีแบบ 7 บิต 24

2.4 จอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100 (S1D15G00 Series) 25

2.4.1 คุณสมบัติของที่สำคัญของจอแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100 25

2.4.2 การติดต่อสื่อสารข้อมูลกับจอแอลซีดี 25

2.4.3 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต 26

2.4.4 รายการคำสั่งของจอแอลซีดี 27

2.5 บอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100 28

2.5.1 คุณสมบัติของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100 28

2.6 โครงสร้างไฟล์รูปภาพชนิดบิตแมพ (Bitmap) 30

2.6.1 ข้อมูลเฮดเดอร์ของไฟล์รูปภาพบิตแมพ 30

2.6.2 ข้อมูลรายละเอียดของของไฟล์รูปภาพบิตแมพ 31

2.6.3 ตารางสี 32

2.6.4 ข้อมูลรูปภาพแต่ละพิกเซล 33

2.7 โมดูลหน่วยความจำแบบแฟลช 33

2.7.1 คุณสมบัติที่สำคัญของโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลช 34

2.7.2 การใช้งานโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลช 34

2.8 การสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ 35

2.8.1 การเชื่อมต่อการสื่อสารของอุปกรณ์แบบเอสพีไอ 35

2.8.2 ข้อดีของการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ 37

2.8.3 ข้อเสียของการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ 37

บทที่ 3 การออกแบบและผลการทดลอง 38

3.1 การออกแบบและพัฒนาโครงงาน 38

3.1.1 การออกแบบและพัฒนาทางด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1.1 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ 38
3.1.1.2 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์โมดูลเข็มทิศดิจิตอล 39
3.1.1.3 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์จอแสดงผล 39
3.1.1.4 การออกแบบวงจรในส่วนของการติดต่อ
สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 40
3.1.1.5 การออกแบบวงจรรวม 41
3.1.2 การออกแบบและการพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์ 42
3.1.2.1 การออกแบบโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารข้อมูล 42
3.1.2.2 การพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ 43
3.1.2.3 การพัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ 45
3.2 การทดลองและผลการทดลอง 46
3.2.1 การทดลองวงจรที่ออกแบบ 46
3.2.1.1 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ 46
3.2.1.2 การทดลองวงจรการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 47
3.2.1.3 การทดลองการทำงานวงจรโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 48
3.2.1.4 การทดลองวงจรจอแสดงผลแอลซีดี 49
3.2.2 การทดลองการทำงานของวงจรรวม 49
3.2.2.1 การทดลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 49
3.2.2.2 การทดลองการทำงานของการสื่อสารผ่านข้อมูล 49
3.2.2.3 การทดลองการทำงานของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 50
3.2.2.4 การทดลองการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี 51
3.2.3 การทดลองและผลการทดลองการทำงานของชิ้นงาน 52
บทที่ 4 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของชิ้นงาน 54
4.1 การออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับส่งภาพ 54
4.1.1 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 54
4.1.2 การออกแบบวงจรในส่วนการสื่อสารข้อมูล 55
4.1.3 การออกแบบวงจรหน่วยความจำ 55
4.1.4 วงจรรวมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการส่งภาพ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การออกแบบและการพัฒนาการทำงานด้านซอร์ฟแวร์ 57
4.3 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ส่งภาพ 57
4.3.1 การโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ 57
4.3.2 การโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ 57
4.3.3 การทดลองส่งภาพจากอุปกรณ์ส่งภาพไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ 58
4.4 การทดลองและผลการทดลองการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ส่งภาพ 59
บทที่ 5 วิจารณ์ และสรุปผล 60
5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานทางทฤษฎีกับการทดลอง 60
5.1.1 ปริมาณข้อมูลของการสื่อสารข้อมูล 60
5.1.2 ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี 60
5.1.3 ประสิทธิภาพการทำงานของสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ 61
5.1.4 ประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารระหว่าง
ไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ 62
5.1.5 การเปรียบเทียบกับผลการทดลอง 63
5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ส่งภาพ 64
5.2.1 ปริมาณข้อมูลของการสื่อสารข้อมูล 64
5.2.2 ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี 64
5.2.3 ประสิทธิภาพการทำงานของสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ 64
5.2.4 ประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารระหว่าง
ไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ 64
5.2.5 การเปรียบเทียบกับผลการทดลอง 65
5.3 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางแก้ปัญหา 66
5.3.1 ปัญหาและอุปสรรค 66
5.3.2 แนวทางแก้ไขปัญหา 67
5.4 วิจารณ์ผลการดำเนินงาน 67
5.5 แนวทางในการพัฒนาต่อ 68
บรรณานุกรม 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงสัญลักษณ์ ชื่อและแอดเดรสของรีจิสเตอร์พิเศษ 12
2.2 ตำแหน่งรีจิสเตอร์ต่างๆ ภายในโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 18
2.3 แสดงคำสั่งควบคุมการทำงานต่างๆ ของจอแสดงผลแอลซีดี....................27
2.4 รายละเอียดของขาสัญญาณต่างๆ ของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผล 29
2.5 ส่วนประกอบของข้อมูลเฮดเดอร์ของไฟล์รูปภาพบิตแมพ 31
2.6 ส่วนประกอบของ ข้อมูลรายละเอียดของไฟล์รูปภาพบิตแมพ....................32
2.7 ส่วนประกอบของจุดพิกเซลจำนวน 1 พิกเซล33ข้อมูลรูปภาพแต่ละพิกเซล....................33
3.1 แสดงผลการทดลองโดยการจับเวลาที่ใช้แสดงภาพจำนวน 1 ภาพ 53
4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการแสดงภาพเมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ส่งภาพ....................59
5.1 ปริมาณข้อมูลของภาพที่ใช้ในการแสดงผล 60
5.2 ความสามารถในการทำงานสูงสุดของจอแสดงผลแอลซีดี 61
5.3 ความสามารถในการทำงานสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ 62
5.4 ความสามารถในการทำงานสูงสุดในการติดต่อสื่อสารข้อมูล 63
5.5 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองและการคำนวณ 64
5.6 ความสามารถในการทำงานสูงสุดในการติดต่อสื่อสารข้อมูล 65
5.7 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองและการคำนวณ 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-5 15

2.2 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 0 6

2.3 แสดงโครงสร้างพอร์ท 1 7

2.4 แสดงโครงสร้างพอร์ท 2 8

2.5 แสดงโครงสร้างพอร์ท 3 9

2.6 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์..10

2.7 แสดงตัวอย่างหน่วยความจำข้อมูลขนาด 128 ไบต์ 10

2.8 แผนผังของรีจิสเตอร์พิเศษ (SFR) ต่างๆ..11

2.9 ตัวอย่างของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89LP4052..13

2.10 ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89LP4052..14

2.11 บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89LP4052 14

2.12 ตัวอย่าง โมดูลเข็มทิศดิจิตอล CMPS03..15

2.13 ตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆ ของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล..16

2.14 รูปแบบของสัญญาณของบัสไอสแควซีสำหรับการอ่านค่าจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 19

2.15 ตัวอย่างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆบนบัสไอสแควซี 20

2.16 แสดงวงจรเอาพุตของอุปกรณ์ในระบบบัสไอสแควร์ซี 20

2.17 ตัวอย่างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน..21

2.18 รูปแบบของสัญญาณในสภาวะเริ่มต้นและหยุดสื่อสารข้อมูล..23

2.19 ไทม์มิ่งไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่างๆ บนบัสทั้ง 5 สภาวะ..24

2.20 รูปแบบข้อมูลที่ใช้สำหรับการอ้างแอดเดรสแบบ 7 บิต..24

2.21 ตัวอย่างจอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100..25

2.22 แสดงการส่งคำสั่งด้วยการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต 26

2.23 แสดงการส่งพารามิเตอร์ด้วยการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต 26

2.24 รูปบอร์ดและจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100..28

2.25 ภาพวาดแสดงรายละเอียดภายนอกของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผล 29

2.26 ขาสัญญาณต่างๆ ของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดี 29

2.27 แสดงวงจรของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดี 30

2.28 ตัวอย่างโมดูลหน่วยความจำชนิดแฟลช 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 วงจรและขาสัญญาณต่างๆ ของโมดูลหน่วยความจำชนิดแฟลช	34
2.30 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอแบบที่มีอุปกรณ์สเลฟตัวเดียว	35
2.31 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอแบบที่มีอุปกรณ์สเลฟมากกว่า 1 ตัว	36
2.32 รูปแบบของสัญญาณในการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟ	36
2.33 รูปแบบของสัญญาณในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ	36
3.1 วงจรของอุปกรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบ	38
3.2 วงจรการต่อใช้งานโมดูลเข็มทิศดิจิตอล	39
3.3 วงจรสำหรับใช้งานจอแสดงผลแอลซีดี	39
3.4 วงจรการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	40
3.5 จรรวมของชิ้นงาน	41
3.6 แสดงลำดับการสื่อสารข้อมูลในกรณีที่ไม่มีการส่งภาพ	42
3.7 แสดงลำดับการสื่อสารข้อมูลในกรณีที่มีการส่งภาพ	43
3.8 แสดงโฟลวชาร์ทการทำงานของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์	44
3.9 แสดงโฟลวชาร์ทการทำงานบนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์	45
3.10 การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	46
3.11 แสดงวงจร MAX232 สำหรับการสื่อสารข้อมูล	47
3.12 แสดงผลการทดลองวงจรการสื่อสารข้อมูล	47
3.13 แสดงวงจรโมดูลเข็มทิศดิจิตอลที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	48
3.14 แสดงผลการทดลองการอ่านค่ามุมและส่งค่ามุมมายังเครื่องคอมพิวเตอร์	48
3.15 แสดงผลการทดลองการทำงานของวงจรจอแอลซีดี	49
3.16 ผลการทดลองการทำงานของการสื่อสารข้อมูล	50
3.17 ผลการทดลองการทำงานของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล	50
3.18 ผลการทดลองการส่งจุดสีจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังจอแอลซีดี	51
3.19 ผลการทดลองการส่งภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์	51
3.20 ผลการทดลองแสดงภาพเมื่อค่ามุมเป็น 140 องศา	52
3.21 ผลการทดลองแสดงภาพเมื่อค่ามุมเป็น 144 องศา	52
4.1 วงจรหน่วยความจำที่ออกแบบ	55
4.2 วงจรรวมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการส่งภาพ	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.3 ข้อมูลภาพที่ทำการเขียนและอ่านจากโมดูลหน่วยความจำ......57
4.4 ผลการทดลองการโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ......58
4.5 การทดลองการส่งภาพจากอุปกรณ์ส่งภาพไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ......58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ สื่อประเภทมัลติมีเดียแบบต่างๆ กำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก และในการรับชมภาพยนตร์ที่มีลักษณะการฉายภาพแบบพาโนรามานั้น ก็ได้รับความสนใจเช่นกัน เนื่องจากการชมภาพยนตร์ในลักษณะนี้ เป็นการชมที่น่าตื่นตาตื่นใจ เพราะสามารถชมภาพได้รอบทิศทางทำให้รู้สึกเสมือนอยู่ในสถานการณ์จริง

ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโครงงานแว่นฉายภาพพาโนรามานี้ขึ้นมาเพื่อเป็นต้นแบบ ซึ่งสามารถนำชิ้นงานนี้ไปพัฒนาต่อ เพื่อให้สามารถฉายภาพยนตร์ได้และเป็นอุปกรณ์มัลติมีเดียประเภทหนึ่งในอนาคต

ชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากการดำเนินงาน มีลักษณะคล้ายกับแว่นตา ซึ่งใช้จอภาพชนิดแอลซีดีสำหรับการแสดงผลที่บริเวณใกล้เคียงกับตาของผู้ใช้ และตัวอุปกรณ์นั้นยังมีส่วนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ตรวจวัดมุม โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่ามุมในปัจจุบันจากอุปกรณ์ตรวจวัดมุม แล้วส่งค่าตำแหน่งมุมดังกล่าวไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณหาพื้นที่ของภาพที่จะทำการแสดงผล แล้วจึงส่งภาพดังกล่าวกลับมาที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแสดงภาพบนหน้าจอแอลซีดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาเรียนรู้การใช้งานโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

1.2.3 เพื่อศึกษา และประยุกต์ใช้งานจอแสดงผลแบบสี

1.2.4 เพื่อศึกษาและใช้งานการสื่อสารข้อมูลบนบัสไอสแควซี (I^2C)

1.2.5 เพื่อประยุกต์ใช้ทฤษฎีต่างๆ และสามารถสร้างชิ้นงานต้นแบบได้

1.2.6 เพื่อทดลองแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์แว่นฉายภาพที่มีลักษณะการฉายภาพแบบพาโนรามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานและสามารถพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3.2 สามารถใช้งานโมดูลเข็มทิศดิจิตอลได้

1.3.3 เข้าใจหลักการทำงานและสามารถการสื่อสารข้อมูลกับจอแสดงผลได้

1.3.4 มีความรู้ความเข้าใจในการทำงาน และการสื่อสารข้อมูลระบบบัส I^2C

1.3.5 สามารถประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์และทฤษฎีที่ศึกษามาเพื่อสร้างชิ้นงานได้

1.3.6 สามารถสร้างชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามาและพัฒนาต่อไปได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 สามารถพัฒนาแว่นฉายภาพพาโนรามาโดยติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์โดยใช้สายสัญญาณ

1.4.2 จำนวนภาพที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงองศารอบตัวเท่ากับ 180 ภาพ

1.4.3 ในการพัฒนาชิ้นงานต้นแบบนี้ ไม่ได้ครอบคลุมถึงการนำจอภาพมาอยู่ที่ตำแหน่งตาของผู้ใช้อย่างสมบูรณ์

1.4.4 สามารถแสดงภาพที่มีความละเอียดของสีจำนวน 4096 สี

1.4.5 มีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวระดับเท่านั้น

1.5 ส่วนประกอบของรายงานโครงงาน

บทที่ 1 บทนำ

กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของโครงงาน, วัตถุประสงค์ของโครงงาน, ขอบเขตของโครงงาน, วิธีการดำเนินการ, ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ ได้แก่ โครงสร้าง และการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 (MCS-51), คุณสมบัติและการใช้งานโมดูลเข็มทิศดิจิตอล, รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบบัสไอสแควซี (I^2C) และโครงสร้างและการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดีของโทรศัพท์มือถือยี่ห้อโนเกีย รุ่น 6100 รวมถึงบอร์ดอินเตอร์เฟสที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับจอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและผลการทดลอง

กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบและการพัฒนาชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามา โดยอธิบายการออกแบบและพัฒนาออกเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การออกแบบในแต่ละส่วนประกอบย่อย จนถึงระบบโดยรวม และกล่าวถึงการทดลองการทำงานของชิ้นงาน ซึ่งมีการแบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การทดลองอุปกรณ์แต่ละชิ้นจนถึงการทดลองระบบโดยรวม และสรุปผลของการทดลองในการทำงานของชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพาโนรามา

บทที่ 4 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของชิ้นงาน

กล่าวสาเหตุของการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของชิ้นงาน การออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผลการทำงานที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงขั้นตอนของการทดลองการทำงานของชิ้นงานร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ได้ทำการพัฒนาเพิ่มเติม และมีการสรุปผลการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปว่าดีขึ้นหรือไม่ อย่างไร

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

กล่าวถึงบทสรุปของการดำเนินโครงงาน, การวิจารณ์ผลลัพธ์ที่ได้รับจากโครงงาน, การวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ในการดำเนินงาน และแนวทางการแก้ไขปัญหา รวมถึงแนวทางในการพัฒนาโครงงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส 51 (MCS-51)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นมีหลายชนิด ซึ่งในแต่ละชนิดก็จะมีความสามารถและคุณสมบัติแตกต่างกันไป ในการเลือกใช้จึงจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับลักษณะงานด้วย ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 ซึ่งมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 มีผู้ผลิตหลายบริษัทได้นำไปผลิตออกมาในหลายรุ่นให้เลือกใช้งาน ซึ่งในแต่ละรุ่นจะถูกกำกับด้วยหมายเลขเบอร์ของรุ่นนั้นๆ โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052 ซึ่งผลิตโดยบริษัทแอทเมล (ATMEL) ดังนั้นในหัวข้อนี้ จึงจะกล่าวถึงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 เพื่อเป็นพื้นฐานก่อนที่จะกล่าวถึงไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052

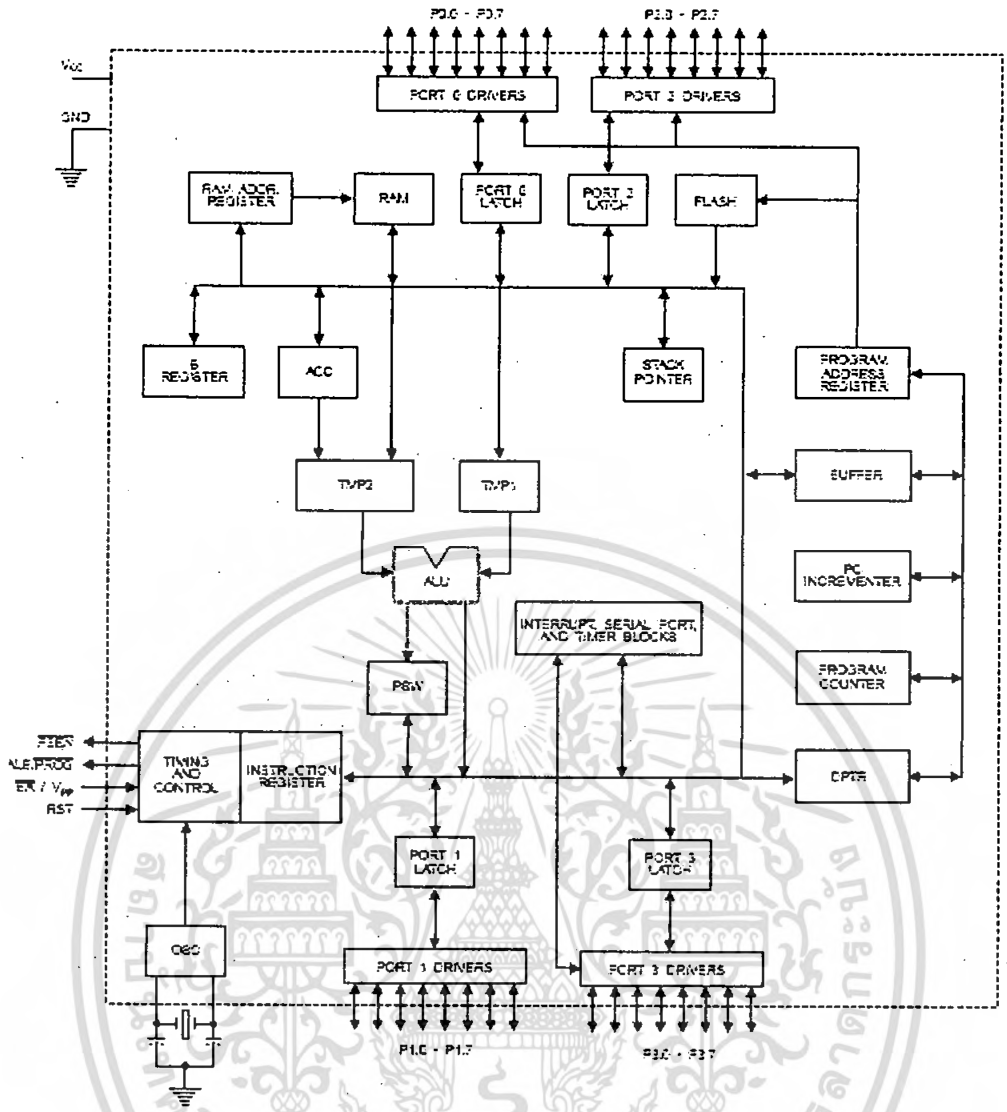
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51

ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวที่คิดค้นโดยบริษัทอินเทล (Intel) ซึ่งต่อมาได้มีผู้ผลิตนำไปผลิตออกมาหลายรุ่น ซึ่งในแต่ละรุ่นก็จะถูกกำกับด้วยเบอร์ของรุ่นนั้นๆ โดยที่ในแต่ละรุ่นก็จะมีขีดความสามารถและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการใช้งานซึ่งจะต้องเลือกให้เหมาะสม โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติที่แตกต่างกันในแต่ละเบอร์ก็คือ จำนวนของหน่วยความจำ, จำนวนของบิตอินพุต และเอาท์พุตและความสามารถเสริมที่ถูกเพิ่มเข้ามา

2.1.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบเอ็นมอส (NMOS) และซีมอส (CMOS) ซึ่งมีหน่วยความจำพื้นฐานอยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 แสดงดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

2.1.1.2 คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์สำหรับการทำงาน
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) สำหับเก็บโปรแกรมที่พัฒนา
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวขณะที่ทำงาน
- มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตจำนวน 2 ชุด ซึ่งสามารถทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้จาก 6 แหล่งและมีโปรแกรมสำหรับอินเตอร์รัพท์ (ISR) 5 โปรแกรม
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) แบบ ฟูลดูเพลก (Full Duplex) ซึ่งสามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้ 4 โหมด

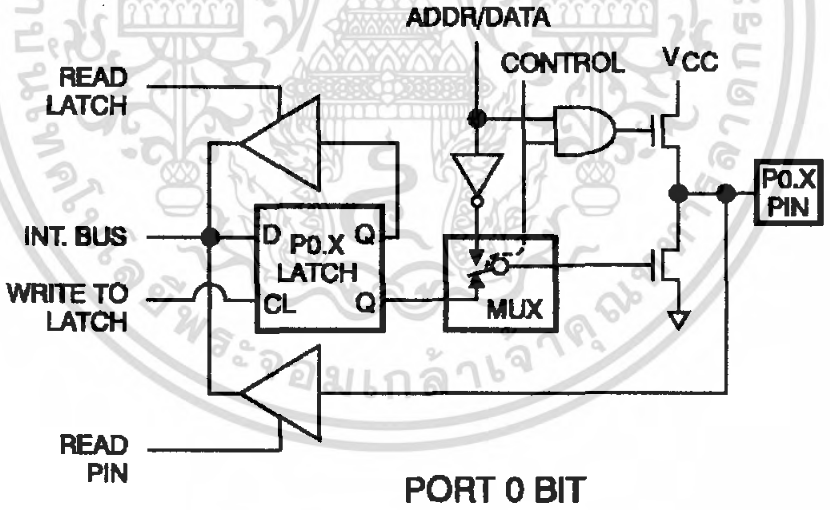
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 พอร์ตอินพุตและเอาท์พุตต่างๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

พอร์ตอินพุตและเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้แก่ พอร์ตหมายเลข 0 จนถึงพอร์ตหมายเลข 3 ในแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยสัญญาณอินพุทและเอาท์พุตจำนวน 8 บิต ซึ่งรายละเอียดของแต่ละพอร์ตมีดังต่อไปนี้

1. พอร์ต 0

พอร์ต 0 มีทั้งหมด 8 บิต คือบิตที่ 7 เป็นบิตที่มีลำดับความสำคัญสูงสุด (MSB) จนถึงบิตที่ 0 ซึ่งเป็นบิตที่มีลำดับความสำคัญต่ำสุด (LSB) สามารถใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ แอดเดรสบัสและดาต้าบัส เมื่อต้องการให้ทำงานเป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" ไปยังพอร์ตนี้ ซึ่งจะมีผลให้ขาสัญญาณคิวบาร์ (Q Bar) ของดีฟลิบฟลอบ (D-FF) เป็น "0" และทำให้เฟ็ต (FET) ตัวล่างมีสถานะเป็นสถานะปิดทำให้สามารถอ่านข้อมูลจากขาสัญญาณได้ ส่วนสัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ตจากแลทซ์ทำได้โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่บัฟเฟอร์ของไตรสเตท (Tri State Buffer) ตัวบน ส่วนในการอ่านพอร์ตจากขาสัญญาณจะใช้สัญญาณ READ PIN เพื่ออ่านค่าจากขาสัญญาณ รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของพอร์ต 0

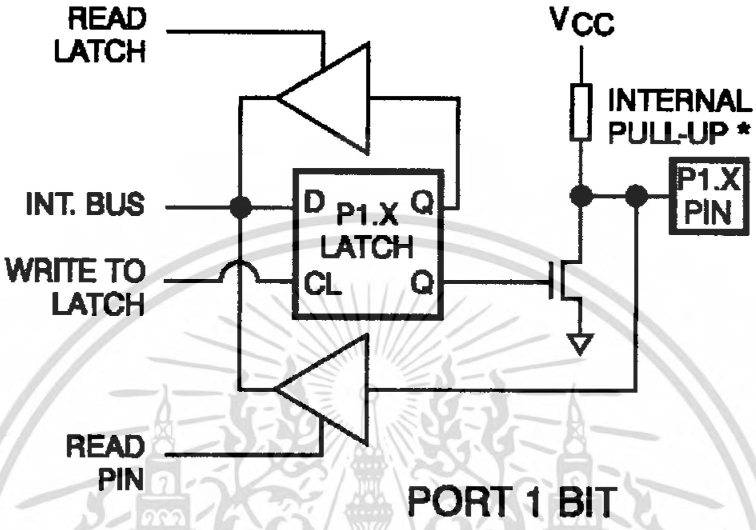


รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของพอร์ต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พอร์ต 1

พอร์ต 1 มีสัญญาณทั้งหมด 8 บิต ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับพอร์ต 0 แต่แตกต่างกันตรงที่มีตัวต้านทานพูลอัพ (Pull Up) ภายใน โครงสร้างภายในของพอร์ต 1 แสดงดังรูปที่ 2.3

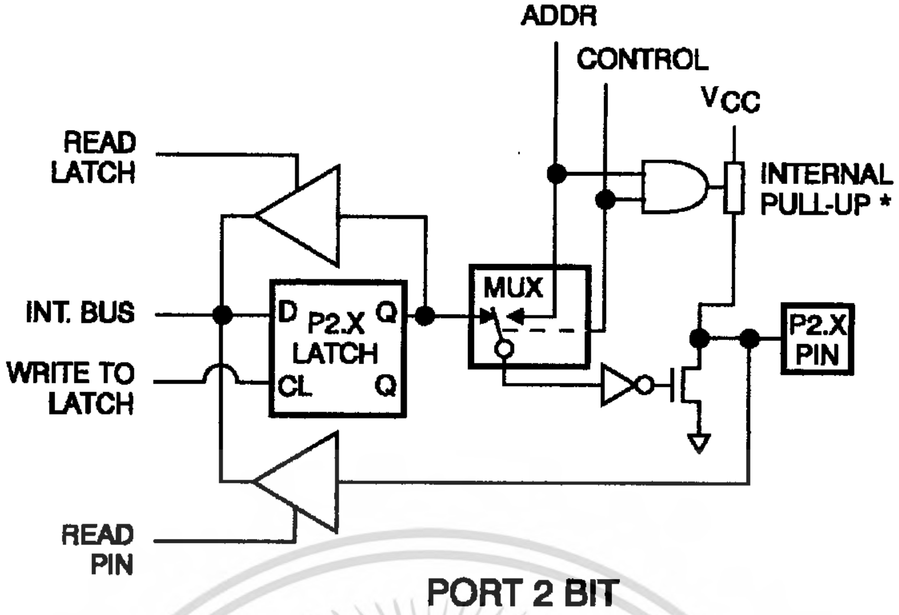


รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างพอร์ต 1

3. พอร์ต 2

พอร์ต 2 มีสัญญาณทั้งหมด 8 บิต ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับพอร์ต 0 แต่แตกต่างกันตรงที่มีตัวต้านทานพูลอัพ (Pull Up) ภายใน นอกจากนี้ พอร์ต 2 ยังสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ สามารถใช้เป็น แอดเดรสบัสขนาด 8 บิต และเป็นพอร์ตใช้งานทั่วไป โครงสร้างภายในของพอร์ตแสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



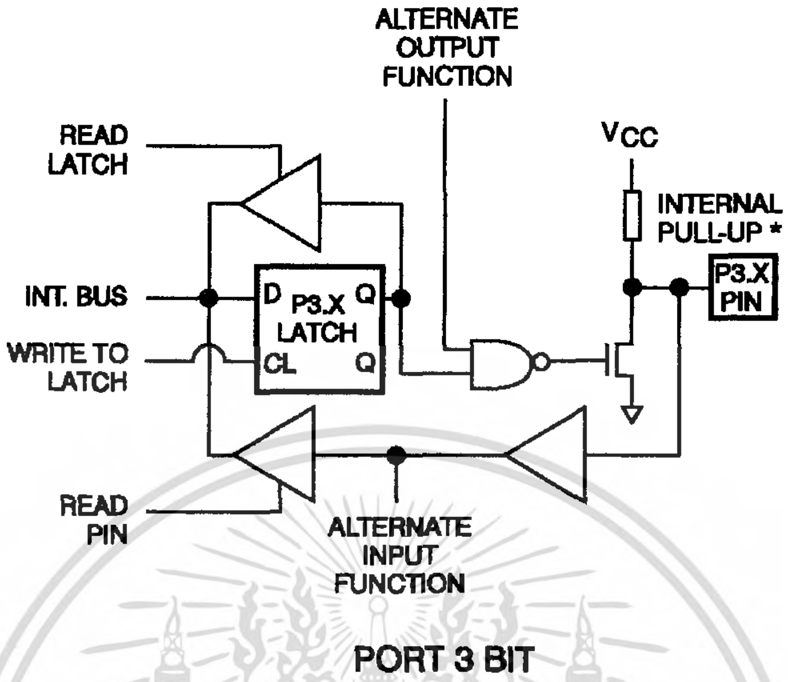
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพอร์ต 2

4. พอร์ต 3

พอร์ต 3 มีสัญญาณทั้งหมด 8 บิต มีโครงสร้างคล้ายกับพอร์ต 1 แต่มีหน้าที่ในการทำงาน 2 หน้าที่ คือ เป็นอินพุตและเอาท์พุตพอร์ต ในรูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของพอร์ต 3 ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งคือใช้เป็นหน้าที่สัญญาณพิเศษ ซึ่งในแต่ละบิตก็จะมีหน้าที่พิเศษแตกต่างกันไป ได้แก่

- P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
- P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
- P3.4/T0 (Counter 0 External Input) ใช้รับสัญญาณสำหรับนับจากภายนอกหมายเลข 0
- P3.5/T1 (Counter 1 External Input) ใช้รับสัญญาณสำหรับนับจากภายนอกหมายเลข 1
- P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำภายนอก
- P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



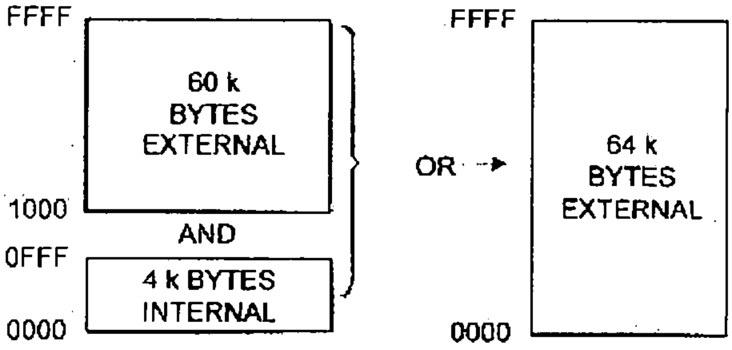
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างพอร์ต 3

2.1.1.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ประเภทของหน่วยความจำต่างๆ ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 ได้แก่

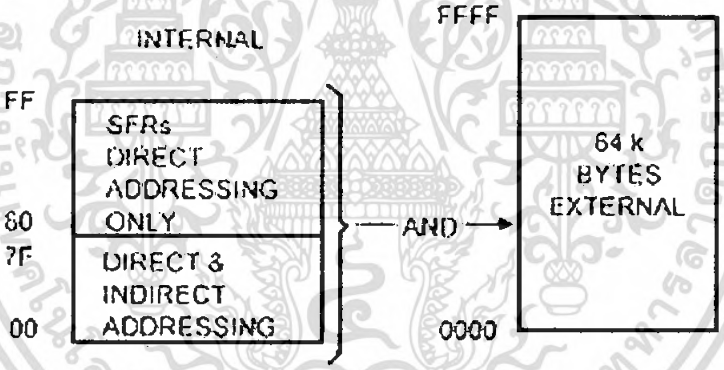
หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บคำสั่งต่างๆ ที่ถูกเขียนมาควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้หน่วยความจำภายนอกมาใช้งานร่วมกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในเพื่อเพิ่มขนาดให้มีขนาดที่สูงขึ้น รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์และมีการต่อทำงานร่วมกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์

หน่วยความจำข้อมูล หน่วยความจำข้อมูลใช้สำหรับการเก็บข้อมูลที่ใช้ในระหว่างที่ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการทำงาน ซึ่งสามารถนำหน่วยความจำภายนอกมาต่อเพิ่มได้เช่นเดียวกันกับหน่วยความจำโปรแกรม รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างหน่วยความจำข้อมูลขนาด 128 ไบต์



รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างหน่วยความจำข้อมูลขนาด 128 ไบต์

หน่วยความรีจิสเตอร์พิเศษ (SFR: Special Function Register) หน่วยความรีจิสเตอร์พิเศษการกำหนดทำงานในหน้าที่ต่างๆ ที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์และจะถูกใช้โดยกระบวนการภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ รูปที่ 2.8 และตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์, ชื่อและตำแหน่งของรีจิสเตอร์พิเศษต่างๆ ที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 Bytes

F8									FF
F0	B								F7
E8									EF
E0	ACC								E7
D8									DF
D0	PSW								D7
C8	(T2CON)	(T2MOD)	(RCAP2L)	(RCAP2H)	(TL2)	(TH2)			CF
C0									C7
B8	IP								BF
B0	P3								B7
A8	IE								AF
A0	P2								A7
98	SCON	SBUF							9F
90	P1								97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			8F
80	P0	SP	DPL	DPH				PCON	87

รูปที่ 2.8 แผนผังของรีจิสเตอร์พิเศษ (SFR) ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ ชื่อและแอดเดรสของรีจิสเตอร์พิเศษ

สัญลักษณ์	ชื่อรีจิสเตอร์	ตำแหน่ง	สัญลักษณ์	ชื่อรีจิสเตอร์	ตำแหน่ง
*ACC	Accumulator	E0H	TMOD	Timer/Counter	89H
*B	B Register	F0H		Mode Control	
*PSW	Program	D0H	*TCON	Timer/Counter	88H
	Status Word			Control	
SP	Stack Pointer	81H	*+T2CON	Timer/Counter 2	C8H
DPL	Data Pointer	82H		Control	
	Low Byte		TH0	Timer/Counter 0	8CH
DPH	Data Pointer	83H		High Byte	
	High Byte		TL0	Timer/Counter 0	8AH
*P0	Port 0	80H		Low Byte	
*P1	Port 1	90H	TH1	Timer/Counter 1	8DH
*P2	Port 2	A0H		High Byte	
*P3	Port 3	B0H	TL1	Timer/Counter 1	8BH
*IP	Interrupt	B8H		Low Byte	
	Priority		+TH2	Timer/Counter 2	CDH
	Control			High Byte	
*IE	Interrupt	A8H	+TL2	Timer/Counter 2	CCH
	Enable			Low Byte	
	Control		+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg.	CBH
				High Byte	
			+RCAP2L	T/C 2 Capture Reg.	CAH
				Low Byte	
			*SCON	Serial Control	98H
			SBUF	Serial Data Buffer	99H
			PCON	Power Control	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052

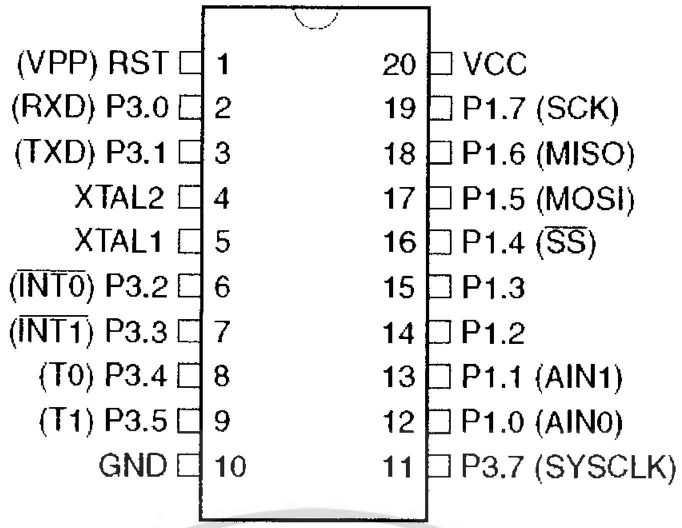
เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกนำมาใช้งาน ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญที่พัฒนาเพิ่มเติมมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 ดังต่อไปนี้

- สามารถประมวลผลคำสั่งได้ในระยะเวลา 1 สัญญาณนาฬิกาจากเดิมที่ใช้ระยะเวลา 12 สัญญาณนาฬิกา
- มีหน่วยความจำชนิดแฟลช (Flash) สำหรับเก็บข้อมูลโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ที่สามารถโหลดโปรแกรมแบบไอเอสพี (ISP) ได้
- มีหน่วยความจำข้อมูลขนาด 256 ไบต์
- สามารถสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ (SPI) ด้วยฮาร์ดแวร์ภายในได้
- มีวอชด็อกไทม์เมอร์ (Watchdog Timer) เพื่อในกรณีที่การทำงานล้มเหลว

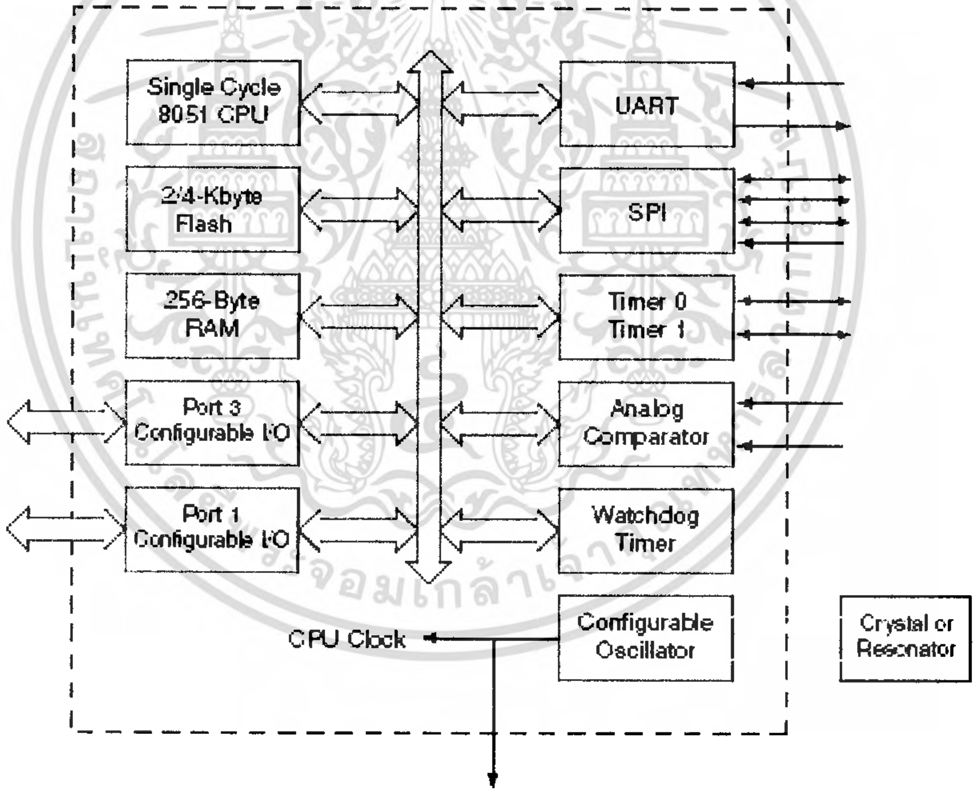
รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052, รูปที่ 2.10 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052 และรูปที่ 2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89LP4052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89LP4052

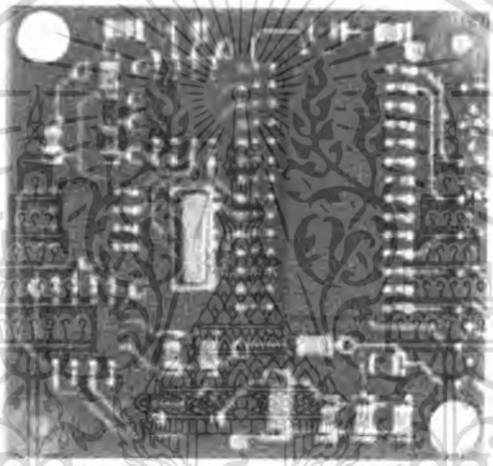


รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89LP4052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล (CMPS03 Digital Compass Module)

โมดูลเข็มทิศดิจิตอลเป็นผลงานของดีแวนทิช (Devantech) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติ การนำมาใช้สร้างเครื่องมือวัด และตรวจสอบทิศของระบบอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งสำคัญของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล คือ อุปกรณ์การตรวจจับสนามแม่เหล็กเบอร์ KMZ51 ผลิตโดยบริษัทฟิลิปส์ (Philips) จำนวน 2 ตัวเพื่อให้มีความเร็วในการทำงานเพียงพอในการตรวจจับสนามแม่เหล็กโลก และยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์ภายใน เพื่อนำสัญญาณจากการตรวจจับค่าของสนามแม่เหล็กโลกมาประมวลผลเป็นข้อมูลดิจิตอล และส่งสัญญาณเพื่อแจ้งผลการวัดทิศทางกับอุปกรณ์ที่ติดต่อสื่อสารกับโมดูลเข็มทิศ รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างโมดูลเข็มทิศดิจิตอล CMPS03

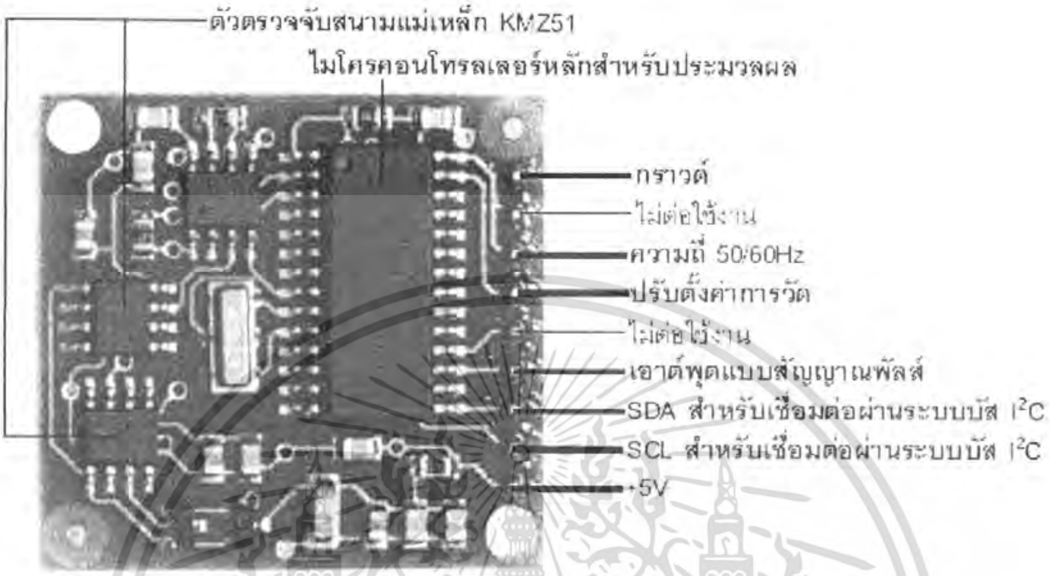
2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

- ใช้แรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ในการทำงาน และใช้กระแสไฟฟ้าจำนวน 20 มิลลิแอมป์
- มุมที่ทำการตรวจวัดได้มีค่าความละเอียด 0.1 องศา
- มีค่าความผิดพลาดจากการตรวจวัดมุมประมาณ 3-4 องศา
- ติดต่อสื่อสารผ่านบัสไอสแควซี ที่ความถี่ของสัญญาณสูงสุด 1 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)
- สามารถเลือกอ่านข้อมูลจากสัญญาณความกว้างของสัญญาณพัลส์ หรือการอ่านข้อมูลจากบัสไอสแควซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆ และการนำไปต่อใช้งาน

โมดูลเข็มทิศดิจิตอลมีส่วนคอนเน็กเตอร์ของขาสัญญาณต่างๆ ที่สามารถนำไปต่อใช้งานได้อย่างสะดวก โดยตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆ ของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

2.2.3 การปรับตำแหน่งทิศทางอ้างอิงของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

เพื่อให้การตรวจวัดทิศทางของโมดูลเข็มทิศให้มีความแม่นยำมากที่สุด ในโมดูลจึงมีสัญญาณอินพุตสำหรับปรับแต่งค่าทิศทางอ้างอิง ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการกำหนดทิศทางอ้างอิงเฉพาะสำหรับผู้ใช้งาน ในการปรับตำแหน่งจะต้องป้อนสัญญาณลอจิก '0' เข้าที่ขาสัญญาณอินพุตสำหรับปรับแต่งโมดูลเข็มทิศดิจิตอล (ขาสัญญาณที่ 6) ซึ่งโดยปกติจะทำได้โดยการต่อสวิตซ์เข้ากับขาสัญญาณดังกล่าวเข้ากับสัญญาณกราวน์ โดยขั้นตอนการปรับตำแหน่งมีดังนี้

1. วางโมดูลขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศเหนือ กดสวิตซ์ 1 ครั้ง
2. วางโมดูลขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศตะวันออก กดสวิตซ์ 1 ครั้ง
3. วางโมดูลขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศใต้ กดสวิตซ์ 1 ครั้ง
4. วางโมดูลขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศตะวันตก กดสวิตซ์ 1 ครั้ง

เมื่อทำการปรับตำแหน่งครบ 4 ขั้นตอนแล้ว ถือเป็นการสิ้นสุดการปรับตั้งค่าทิศทางอ้างอิง โมดูลเข็มทิศดิจิตอล และตัวโมดูลจะเก็บค่าอ้างอิงนี้ไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับตั้งค่าใหม่ในการใช้งานครั้งต่อๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.4 การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

การอ่านค่าทิศทางจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอลสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การอ่านค่าสัญญาณจากความกว้างของสัญญาณพัลส์ และการอ่านค่าจากบัสไอสแควซี

2.2.4.1 การอ่านค่าสัญญาณจากความกว้างของสัญญาณพัลส์

การอ่านค่าทิศทางจากความกว้างของสัญญาณพัลส์ เป็นการใช้ค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ได้จากขาสัญญาณเอาต์พุตมาแปลงเป็นค่าองศาของทิศทาง ซึ่งการระบุตำแหน่งทิศทางของโมดูลเข็มทิศสามารถระบุมุมของทิศทางได้ตั้งแต่ 0 องศาจนถึง 359.9 องศา โดยแทนด้วยความกว้างของสัญญาณพัลส์จาก 1 มิลลิวินาทีไปจนถึง 36.99 มิลลิวินาที ซึ่งมีค่าความละเอียด 0.1 มิลลิวินาทีต่อองศา แต่ในแต่ละไซเคิลของสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของลอจิก ‘0’ กว้าง 65 มิลลิวินาที

2.2.4.2 การอ่านค่าทิศทางเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านบัสไอสแควซี

การอ่านค่าทิศทางจากโมดูลเข็มทิศในรูปแบบบัสไอสแควซี จะได้ค่าที่มีความแม่นยำสูงกว่าการอ่านค่าจากความกว้างของสัญญาณพัลส์ ซึ่งในการอ่านค่าจากบัสไอสแควซีนั้นจะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลดิจิตอลที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ในทันทีโดยไม่ต้องมีการแปลงค่าหรือคำนวณค่าต่างๆ เพิ่มเติม

การติดต่อสื่อสารกับโมดูลเข็มทิศดิจิตอลผ่านบัสไอสแควซี ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดังนี้

1. การส่งบิตเริ่มต้น(Start Bit) เพื่อแจ้งให้อุปกรณ์ที่อยู่บนบัสไอสแควซีเตรียมพร้อมสำหรับการรับข้อมูล
2. ส่งค่าแอดเดรสประจำตัวของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อระบุว่าต้องการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวใด ซึ่งในกรณีของโมดูลเข็มทิศดิจิตอลมีค่าแอดเดรสประจำตัวคือ C0H ดังนั้น ในขั้นตอนการส่งค่าแอดเดรสจึงทำการส่งค่า C0H เพื่อเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารเป็นโมดูลเข็มทิศดิจิตอล
3. ส่งค่าตำแหน่งเริ่มต้นของรีจิสเตอร์ภายในโมดูลเข็มทิศดิจิตอลที่ต้องการอ่านค่า โดยที่ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ภายในต่างๆ ของโมดูลเข็มทิศดิจิตอลจะแสดงในตารางที่ 2.2 สำหรับตำแหน่งของค่ามุมที่ต้องการอ่านได้แก่ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงทำการส่งค่าตำแหน่งที่ 2 ไปยังโมดูลเข็มทิศ

83019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

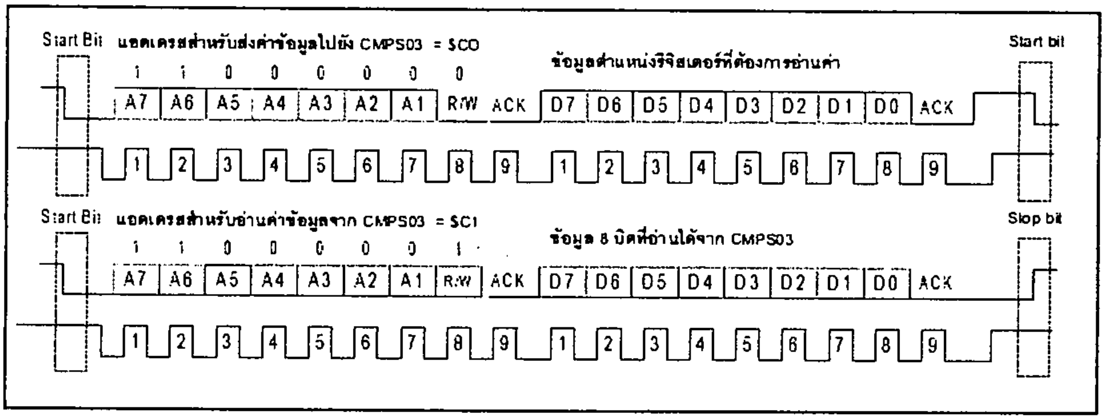
4. ส่งค่าแอดเดรส C1H เพื่อระบุว่าต้องการอ่านค่าข้อมูลจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล
5. ทำการอ่านค่าข้อมูลจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอลจำนวน 2 ไบต์ มาเก็บไว้ยังหน่วยความจำ
6. ส่งบิตหยุดการสื่อสารข้อมูล (Stop Bit) เพื่อระบุว่าต้องการสิ้นสุดการสื่อสารข้อมูลบนบัสไอสแควซี และกำหนดให้บัสอยู่ในสภาวะว่าง

ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งรีจิสเตอร์ต่างๆ ภายในโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

ตำแหน่งรีจิสเตอร์	รายละเอียด
0	ตัวเลขแสดงรุ่นของบอร์ด CMP03
1	ส่งค่าตำแหน่งแบบหยาบ (0-255)
2,3	ส่งค่าตำแหน่งแบบละเอียดด้วยตัวเลข 16 บิต (0-3599) สามารถแปลงค่าเพื่อแสดงองศา 0-359.9 องศาได้โดยตรง
4,5	สำหรับตรวจสอบค่าภายในโดยจะแสดงค่าความต่างของ Sensor1 เป็นตัวเลข 16 บิต แบบคิดเครื่องหมาย
6,7	สำหรับตรวจสอบค่าภายในโดยจะแสดงค่าความต่างของ Sensor2 เป็นตัวเลข 16 บิต แบบคิดเครื่องหมาย
8,9	แสดงค่าตัวเลขการปรับแต่งภายใน(Calibration value1) เป็นตัวเลข 16 บิต แบบคิดเครื่องหมาย
10,11	แสดงค่าตัวเลขการปรับแต่งภายใน(Calibration value2) เป็นตัวเลข 16 บิต แบบคิดเครื่องหมาย
12,13	ไม่ใช้งานอ่านค่าได้เป็น0
14	ไม่ใช้งาน ไม่ได้กำหนดค่าไว้
15	คำสั่งสำหรับการปรับแต่งค่า โดยเมื่อต้องการปรับแต่งค่าต้องเขียนข้อมูล 255 เข้าที่รีจิสเตอร์ตำแหน่งนี้

รูปที่ 2.14 แสดงรูปแบบของสัญญาณของบัสไอสแควซีสำหรับการอ่านค่าข้อมูลจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 รูปแบบของสัญญาณของบัสไอสแควซีสำหรับการอ่านค่าจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

2.2.5 การปรับแต่งทิศทางอ้างอิงของโมดูลเข็มทิศดิจิตอลผ่านบัสไอสแควซี

การปรับแต่งทิศทางอ้างอิงของโมดูลเข็มทิศดิจิตอลสามารถทำได้โดยการส่งค่า FFH ไปยังรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่ 15 ของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล โดยจะต้องส่งค่าดังกล่าวเป็นจำนวน 4 ครั้ง ในแต่ละทิศหลักเช่นเดียวกับการกำหนดค่าโดยใช้สวิตซ์ การปรับแต่งทิศทางอ้างอิงผ่านบัสไอสแควซี มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. วางโมดูลเข็มทิศขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศเหนือ แล้วเขียนค่า 255 (FFH) ไปยังรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่ 15
2. วางโมดูลเข็มทิศขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศตะวันออก แล้วเขียนค่า 255 (FFH) ไปยังรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่ 15
3. วางโมดูลเข็มทิศขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศใต้ แล้วเขียนค่า 255 (FFH) ไปยังรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่ 15
4. วางโมดูลเข็มทิศขนานกับพื้น หันด้านหน้าของโมดูลไปทางทิศตะวันตก แล้วเขียนค่า 255 (FFH) ไปยังรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่ 15

เมื่อทำการปรับตำแหน่งครบ 4 ขั้นตอนแล้ว ถือเป็นการสิ้นสุดการปรับตั้งค่าทิศทางอ้างอิงโมดูลเข็มทิศดิจิตอล และตัวโมดูลจะเก็บค่าอ้างอิงนี้ไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับตั้งค่าใหม่ในการใช้งานครั้งต่อๆ ไป

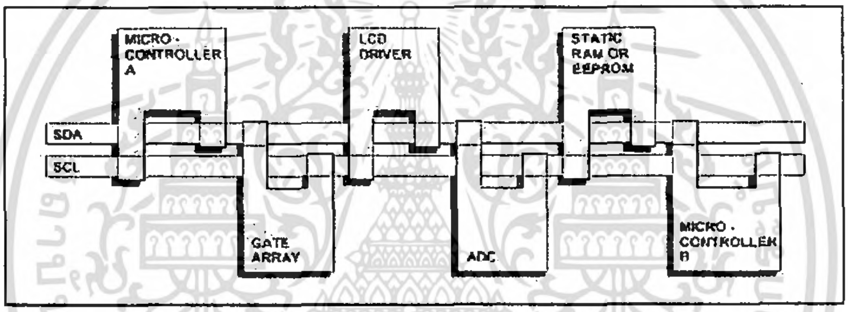
เนื่องจากการติดต่อสื่อสารที่ใช้กับโมดูลเข็มทิศดิจิตอลเป็นการสื่อสารแบบบัสไอสแควซี ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการทำงานและการสื่อสารข้อมูลของแบบบัสไอสแควซี ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

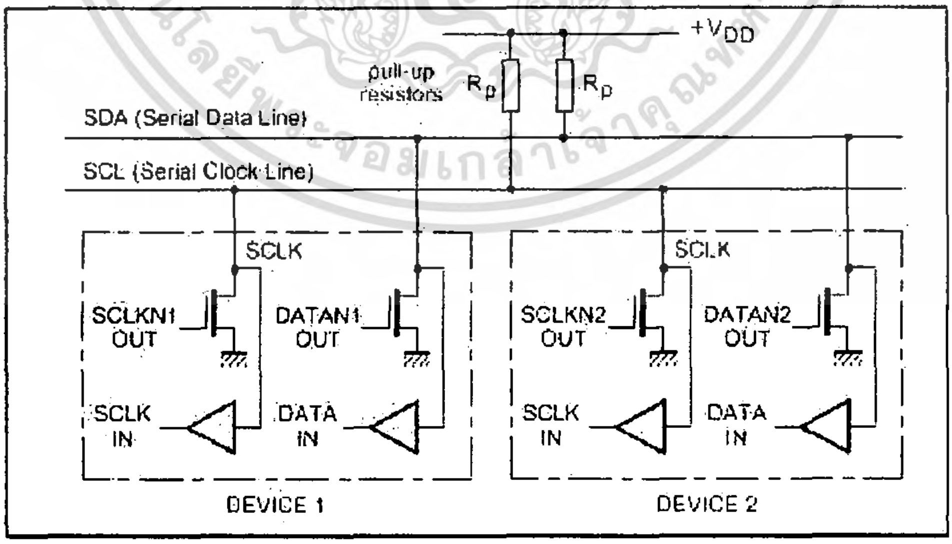
2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบบัสไอสแควซี

การสื่อสารข้อมูลแบบบัสไอสแควซี (I^2C: Inter-IC Communication) ซึ่งหมายถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีต่างๆ บัสไอสแควซีได้รับการพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อสั่งงานและควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น โดยสัญญาณเส้นหนึ่ง คือ สายสัญญาณข้อมูล และสัญญาณอีกเส้นหนึ่งคือ สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน

การต่อร่วมกันของอุปกรณ์ต่างๆ บนบัสไอสแควซีสามารถ ทำได้โดยการต่อสายข้อมูล (SDA) และสายสัญญาณนาฬิกา (SCL) ของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาสัญญาณแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ บนบัวไอสแควซี และรูปที่ 2.16 แสดงวงจรภายในของส่วนอินพุทและเอาท์พุทของอุปกรณ์ไอสแควซี



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆบนบัสไอสแควซี



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรเอาพุตของอุปกรณ์ในระบบบัสไอสแควซี

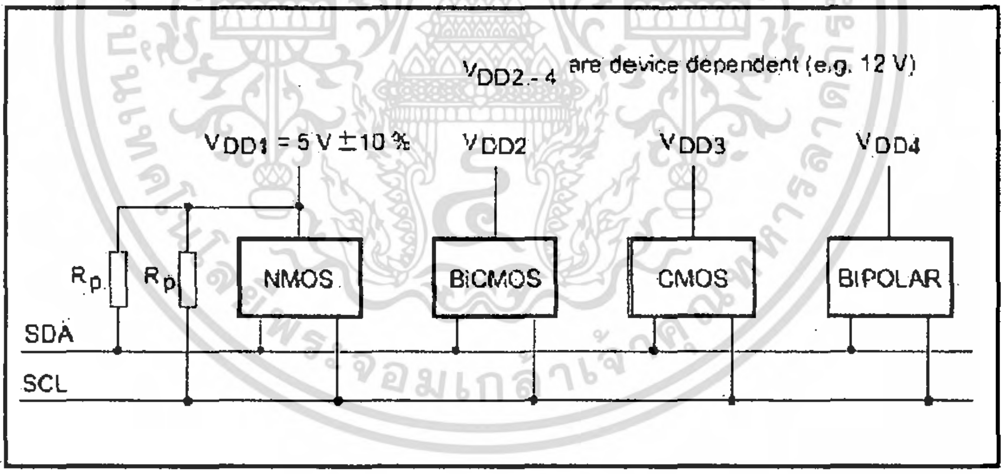
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวจัดเตรียมความพร้อมของสายสัญญาณและควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลลงบนสายสัญญาณนั้น ข้อมูลทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นข้อมูลควบคุม หรือข้อมูลใช้งานจะถูกส่งลงบนสายสัญญาณที่มีอยู่เพียงเส้นเดียวนี้ทั้งหมดระหว่างการทำงานของอุปกรณ์มาสเตอร์ และสเลฟสามารถเป็นได้ทั้งตัวรับตัวส่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการทำงานในขณะนั้น

2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของบัสไอสแควซี

สายข้อมูล (SDA) และสายสัญญาณ (SCL) เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทางต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัพ (Pull Up) กับแรงดัน +5 โวทต์ไว้ตลอดเวลาเพื่อให้สายสัญญาณมีสภาวะลอจิกเป็น '1' ในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งานทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายทั้งสองวงจรเอาต์พุตที่ต่ออยู่บนบัสนี้ต้องมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิดหรือคอลแลคเตอร์เปิดดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2.16

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของระบบบัสไอสแควซี คือสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เท่ากัน ให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เช่น อุปกรณ์บนบัสตัวหนึ่งอาจจะทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ในขณะที่อุปกรณ์อีกตัวหนึ่งทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ตัวอย่างการเชื่อมอุปกรณ์ที่ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เท่ากัน แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักการทำงานของบัส ไอสแควซี

หลักการทำงานของบัสไอสแควซีประกอบด้วยสัญญาณสองเส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ สายสัญญาณข้อมูล (SDA) และสายสัญญาณนาฬิกา (SCL) อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่า โปรโตคอล เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะอธิบายลักษณะหน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัสไอสแควซี เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัสไอสแควซี ต่อไป

- อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง
- อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ อุปกรณ์บนบัสไอสแควซีนั้นสามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับเพียงอย่างเดียว
- ไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส ไอสแควซีที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว
- อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อสื่อสารบนบัสไอสแควซีเรียกว่า มาสเตอร์
- อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัสไอสแควซีเรียกว่า สเลฟ

ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อบนบัสไอสแควซี คือ

1. การถ่ายทอดข้อมูลเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น
2. ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สายสัญญาณนาฬิกา (SCL) มีสถานะเป็นลอจิกสูง สัญญาณบนสายสัญญาณข้อมูลจะต้องถูกรักษาไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้นแล้ว การแปลความหมายของสัญญาณที่เกิดขึ้นอาจจะผิดพลาดไป

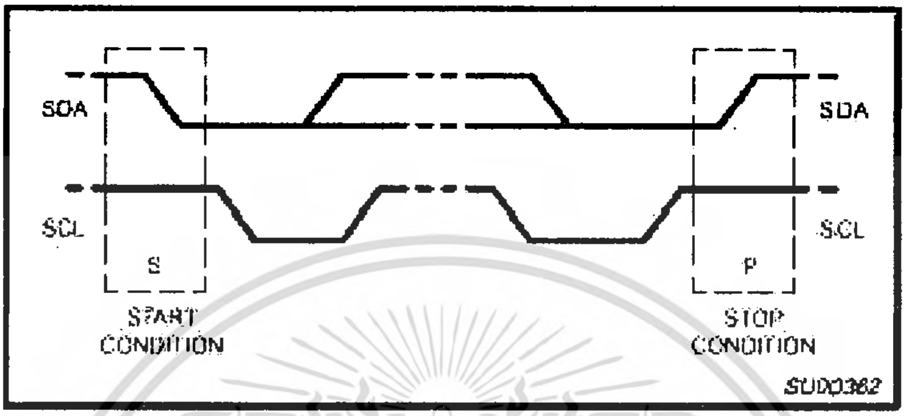
2.3.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัสไอสแควซี

สภาวะต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้บนบัสไอสแควซี มีทั้งสิ้น 5 สภาวะ ดังนี้

1. สภาวะบัสว่าง (Idle) สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสายสัญญาณข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกา เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ ซึ่งหมายความว่าการถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้
2. สภาวะเริ่มต้นการสื่อสารข้อมูล (Start Data Transfer) เกิดขึ้นเมื่อสายสัญญาณข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงจากลอจิกสูงไปลอจิกต่ำในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกา มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะเริ่มต้น (Start) ตัวอย่างของสัญญาณที่อยู่ในสภาวะเริ่มต้นแสดงดังรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาวะหยุดการสื่อสารข้อมูล (Stop Data Transfer) เกิดขึ้นเมื่อสายสัญญาณข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูงในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกามีสถานะลอจิกสูงเรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะหยุด (Stop) ตัวอย่างของสัญญาณที่อยู่ในสภาวะหยุดแสดงดังรูปที่ 2.18

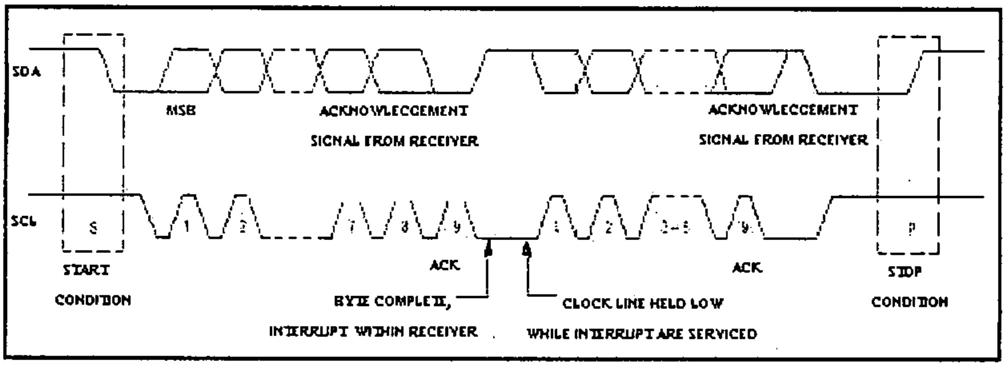


รูปที่ 2.18 รูปแบบของสัญญาณในสภาวะเริ่มต้นและหยุดสื่อสารข้อมูล

4. สภาวะข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (Data Valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นหลังจากที่เกิดสภาวะเริ่มต้นและมีการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้น โดยสัญญาณบนสายสัญญาณข้อมูลจะต้องคงที่ในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกามีลอจิกสูง เรียกสภาวะเช่นนี้ว่า สภาวะข้อมูลดำรงอยู่บนบัส และหากมีการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกของสัญญาณข้อมูล ในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกามีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลอาจจะแปลความหมายผิดพลาดได้
5. สภาวะการรับรู้ข้อมูล (Acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิต ซึ่งเรียกชื่อบิตนั้นเรียกว่า บิตรับรู้ (Acknowledge Bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษ ซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 2.19 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมสำหรับสภาวะของบัสไอสแควซีทั้ง 5 สภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

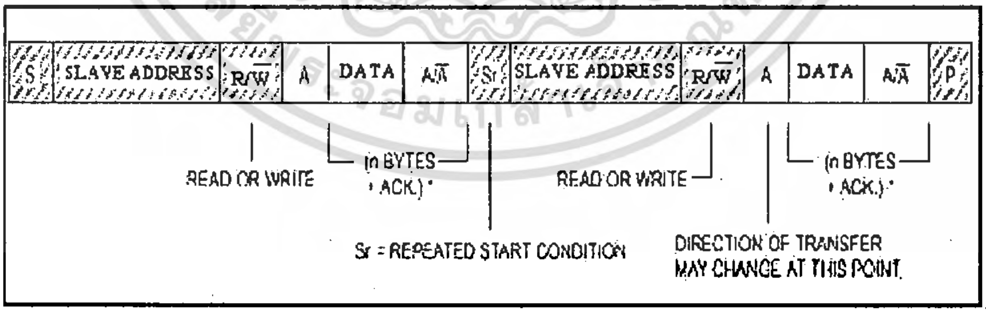


รูปที่ 2.19 ไทม์มิ่งไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่างๆ บนบัสทั้ง 5 สภาวะ

2.3.4 การอ้างถึงอุปกรณ์ไอสแควซีแบบ 7 บิต

ข้อมูลไบท์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้น คือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือข้อมูลกำหนดแอดเดรส ซึ่งสามารถอ้างได้ 2 แบบได้แก่ การอ้างแอดเดรสแบบ 7 บิต และการอ้างแอดเดรสแบบ 10 บิต โดยในที่นี้จะกล่าวถึงการอ้างแอดเดรสแบบ 7 บิตเท่านั้น เพราะเป็นรูปแบบที่มีใช้งานแพร่หลาย

จากรูปแบบที่แสดงดังรูปที่ 2.20 'S' คือสภาวะเริ่มต้นของบัสไอสแควซี ซึ่งหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้นแล้ว ข้อมูลในไบต์แรกที่เกิดขึ้นจะเป็นการอ้างแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟ (SLAVE ADDRESS) โดยแบ่งออกเป็น 7 บิตสำหรับอ้างอุปกรณ์และ 1 บิตสุดท้ายสำหรับการแจ้งอุปกรณ์สลเฟว่ามาสเตอร์ต้องการที่จะรับหรือส่งข้อมูล โดยถ้าบิตสุดท้ายเป็นลอจิก '1' หมายความว่ามาสเตอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากสเลฟ และในกรณีตรงข้ามคือบิตสุดท้ายมีค่าเป็นลอจิก '0' หมายความว่าอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการส่งข้อมูลไปยังสเลฟ



รูปที่ 2.20 รูปแบบข้อมูลที่ใช้สำหรับการอ้างแอดเดรสแบบ 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 จอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100 (S1D15G00 Series)

จอแอลซีดีของโนเกียรุ่น 6100 เป็นจอแสดงผลที่นำเอาคอนโทรลเลอร์สำหรับแสดงผลเบอร์ S1D15G00 มาใช้งาน จอแอลซีดีนี้เป็นจอแสดงผลแบบสี ซึ่งสามารถเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรม นอกจากนี้ยังมีส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาภายในและเป็นอิสระจากไมโครคอนโทรลเลอร์ รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างจอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100

รูปที่ 2.21 ตัวอย่างจอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100

2.4.1 คุณสมบัติของที่สำคัญของจอแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100

- สามารถแสดงผลได้ 4 ความลึกสี ได้แก่ ระดับความละเอียด 16 ระดับสี, ความละเอียด 256 ระดับสี, ระดับความละเอียด 4096 สี และระดับความละเอียด 65536 สี
- มีขนาดของพื้นที่แสดงผลขนาด 132 x 132 พิกเซล
- ติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงสุด 7 เมกะเฮิรตซ์

2.4.2 การติดต่อสื่อสารข้อมูลกับจอแอลซีดี

ในการสื่อสารข้อมูลกับจอแอลซีดีสามารถทำได้โดยการสื่อสารแบบอนุกรมซึ่งมีขาสัญญาณต่างๆ ที่จำเป็นในการสื่อสาร ได้แก่

- ขาสัญญาณ CS สำหรับเลือกให้จอแอลซีดีรับรู้การสื่อสารข้อมูล
- ขาสัญญาณ SI สำหรับสื่อสารข้อมูล
- ขาสัญญาณ SCL สำหรับกำหนดจังหวะในการสื่อสารข้อมูล

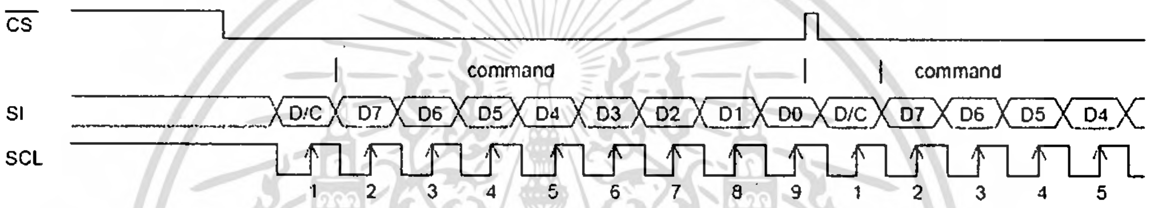
ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม สามารถที่จะสื่อสารได้ 2 รูปแบบได้แก่ การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต และการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 8 บิต ซึ่งใช้งานร่วมกับขาสัญญาณ A0 ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิตเท่านั้น เนื่องจากการสื่อสารอนุกรมแบบ 8 บิตจำเป็นต้องใช้งานร่วมกับขาสัญญาณ A0 และตัวจอแสดงผลแอลซีดีของโนเกียที่เลือกใช้ไม่มีขาสัญญาณดังกล่าว จึงไม่สามารถที่จะใช้การสื่อสารแบบ 8 บิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

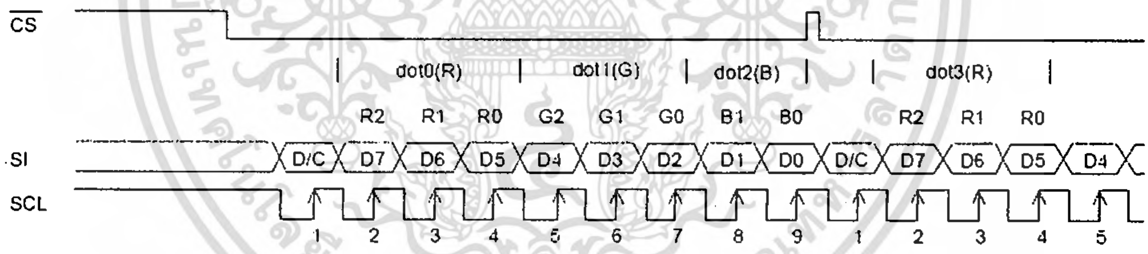
2.4.3 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต

ในการสื่อสารข้อมูลกับจอแสดงผลแอลซีดีนั้น จำเป็นที่จะต้องระบุข้อมูลที่มีการสื่อสารว่าเป็นคำสั่งที่สั่งให้จอแอลซีดีทำงานตามคำสั่งต่างๆ หรือเป็นข้อมูลที่ต้องการให้จอแอลซีดีนำไปใช้งาน ซึ่งในการสื่อสารอนุกรมแบบ 8 บิตนั้น จะใช้ขาสัญญาณ A0 ในการระบุชนิดของข้อมูล แต่ในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต จะใช้บิตข้อมูลที่มีการสื่อสารบิตแรก จำนวน 1 บิตมาใช้แทนการใช้งานขาสัญญาณ A0 โดยถ้าต้องการส่งคำสั่งไปยังจอแอลซีดี จะต้องส่งข้อมูลบิตแรกด้วยลอจิก ‘0’ และเมื่อต้องการส่งค่าพารามิเตอร์ จะต้องส่งข้อมูลบิตแรก มีค่าเป็นลอจิก ‘1’

รูปที่ 2.22 และรูปที่ 2.23 แสดงตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิตที่มีการส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งและพารามิเตอร์



รูปที่2.22 แสดงการส่งคำสั่งด้วยการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต



รูปที่ 2.23 แสดงการส่งพารามิเตอร์ด้วยการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 9 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 รายการคำสั่งของจอแอลซีดี

การส่งคำสั่งให้จอแอลซีดีทำงานตามคำสั่งต่างๆ นั้น จะต้องทราบหน้าที่และค่าของแต่ละคำสั่งก่อน จึงจะสามารถเลือกใช้คำสั่งและการส่งค่าพารามิเตอร์ของแต่ละคำสั่งให้ถูกต้องตามรูปแบบและความต้องการ ตารางที่ 2.3 แสดงคำสั่งควบคุมการทำงานของจอแสดงแอลซีดีในรุ่น 6100

ตารางที่ 2.3 แสดงคำสั่งควบคุมการทำงานต่างๆ ของจอแสดงผลแอลซีดี

Command		A0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Function	Hex	Parameter
1	DISON	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	Display on	AF	None
2	DISOFF	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	Display off	AE	None
3	DISNOR	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Normal display	A6	None
4	DISINV	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Inverse display	A7	None
5	COMSCN	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	Common scan direction	BB	1byte
6	DISCTL	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	Display control	CA	3byte
7	SLPIN	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	Sleep in	95	None
8	SLPOUT	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	Sleep out	94	None
9	PASET	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	Page address set	75	2byte
10	CASET	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	Column address set	15	2byte
11	DATCTL	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	Data scan direction, etc.	BC	3byte
12	RGBSET8	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	256-color position set	CE	20byte
13	RAMWR	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	Writing to memory	5C	Data
14	RAMRD	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	Reading from memory	5D	Data
15	PTLIN	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	Partial display in	A8	2byte
16	PTLOUT	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	Partial display out	A9	None
17	RMWIN	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	Read and modify write	E0	None
18	RMWOUT	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	End	EE	None
19	ASCSET	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	Area scroll set	AA	4byte
20	SCSTART	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	Scroll start set	AB	1byte
21	OSCON	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	Internal oscillation on	D1	None
22	OSCOFF	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	Internal oscillation off	D2	None
23	PWRCTR	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Power control	20	1byte
24	VOLCTR	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	Electronic volume control	81	2byte
25	VOLUP	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	Increment electronic control by 1	D6	None
26	VOLDOWN	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	Decrement electronic control by 1	D7	None
27	TMPGRD	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Temperature gradient set	82	1 byte
28	EPCTIN	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	Control EEPROM	CD	1 byte
29	EPCOUT	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	Cancel EEPROM control	CC	None
30	EPMWR	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	Write into EEPROM	FC	None
31	EPMRD	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	Read from EEPROM	FD	None
32	EPSRRD1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	Read register 1	7C	None
33	EPSRRD2	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	Read register 2	7D	None
34	NOP	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	NOP instruction	25	None
35	STREAD	0	0	1	Status								Status read		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 บอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100

เนื่องจากการนำจอแอลซีดีของโนเกียรุ่น 6100 มาใช้งานแล้วประสบปัญหาคือ การที่จุดเชื่อมต่อขาสัญญาณของจอแอลซีดีมีขนาดที่เล็กมาก การต่อใช้งานนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยการทำแผ่นวงจรรวม (PCB) ก่อนจึงจะสามารถที่จะเชื่อมต่อกับจอแสดงผลได้ ดังนั้น จึงได้ลองทำการค้นหาแผ่นวงจรรวมดังกล่าว ว่ามีผู้ที่ทำการพัฒนามาก่อนแล้วหรือไม่ ผลจากการค้นหานั้นคือการพบบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดีที่มีการขายในท้องตลาดในประเทศ ดังนั้นจึงเลือกใช้บอร์ดเชื่อมต่อนี้เพื่อช่วยให้ประหยัดเวลาในการพัฒนาโครงงาน อีกทั้งยังเป็นการลดความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดพลาดในส่วนของการเชื่อมต่อกับจอแสดงผลในกรณีที่ต้องพัฒนาบอร์ดเชื่อมต่อด้วยตนเอง รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดีโนเกียรุ่น 6100

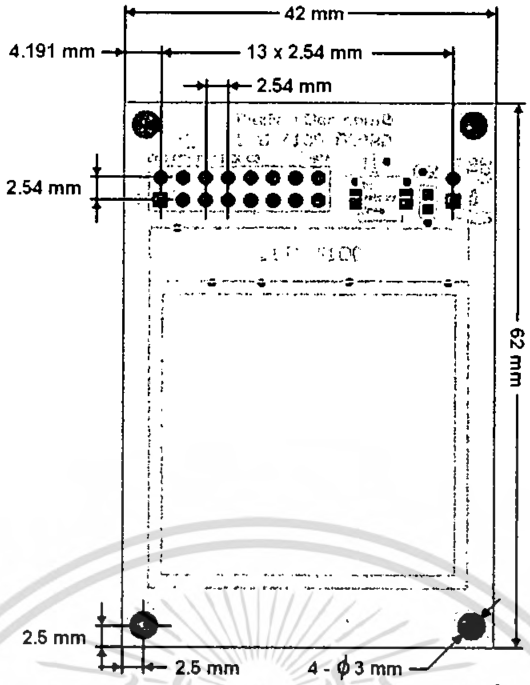
รูปที่ 2.24 รูปบอร์ดและจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100

2.5.1 คุณสมบัติของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100

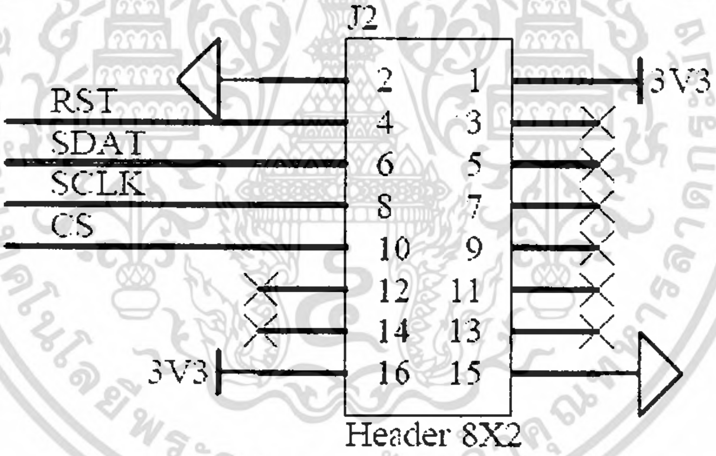
- พัฒนามาสำหรับเชื่อมต่อกับจอแสดงผลโนเกียรุ่น 6100 เท่านั้น
- ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์เท่านั้น เนื่องจากไม่มีวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า
- มีวงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้าสำหรับไปส่องจอ (Back Light) ภายในบอร์ดแล้ว
- มีขนาดเล็กและใกล้เคียงกับขนาดของแสดงผล
- มีขาสัญญาณสำหรับต่อใช้งานแบบ 16 ขาสัญญาณ ซึ่งสามารถเลือกใช้แบบแถวเดี่ยวหรือแถวคู่ได้ ทำให้สะดวกต่อการออกแบบวงจร

รูปที่ 2.25 แสดงภาพวาดของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผล, รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะของขาสัญญาณสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด, ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของขาสัญญาณต่างๆ และรูปที่ 2.27 แสดงวงจรของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ภาพวาดแสดงรายละเอียดภายนอกของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผล

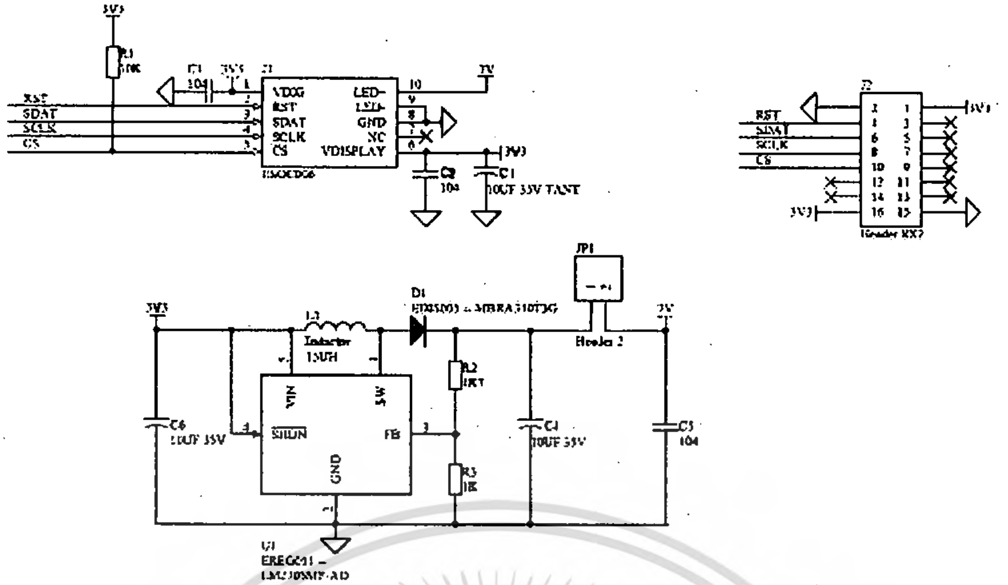


รูปที่ 2.26 ขาสัญญาณต่างๆ ของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดี

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของขาสัญญาณต่างๆ ของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผล

Pin	Description
1.16	Supply Voltage (please see more detail for supply range in LCD controller's datasheet)
2.15	Ground
3.5.7.9.11-14	No connection
4	Reset
6	Data
8	Clock
10	Chip Select

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงวงจรของบอร์ดเชื่อมต่อจอแสดงผลแอลซีดี

2.6 โครงสร้างไฟล์รูปภาพชนิดบิตแมพ (Bitmap)

โครงงานนี้ได้เลือกใช้ไฟล์รูปภาพชนิดบิตแมพ เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สามารถนำข้อมูลไปประมวลได้ง่าย เหมาะสมกับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีฟังก์ชันการคำนวณที่ไม่มากนัก ดังนั้น ในหัวข้อนี้จึงจะกล่าวถึงรายละเอียดของโครงสร้างไฟล์รูปภาพชนิดบิตแมพ พอสังเขป

โครงสร้างไฟล์รูปภาพชนิดบิตแมพ ประกอบไปด้วยข้อมูลต่างๆ จำนวน 4 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลเฮดเดอร์ของไฟล์รูปภาพบิตแมพ (Bitmap-File Header)
2. ข้อมูลรายละเอียดของของไฟล์รูปภาพบิตแมพ (Bitmap-Information Header)
3. ตารางสี (Color Table)
4. ข้อมูลรูปภาพแต่ละพิกเซล (Array of Pixels)

2.6.1 ข้อมูลเฮดเดอร์ของไฟล์รูปภาพบิตแมพ

ข้อมูลเฮดเดอร์ของไฟล์รูปภาพบิตแมพประกอบด้วยข้อมูลที่บอกถึง รูปแบบของไฟล์ (bfType), ขนาดของไฟล์ (bfSize), และตำแหน่งเริ่มต้นของพิกเซลข้อมูล (bfOffBits) ส่วนประกอบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของข้อมูลเฮดเดอร์ของไฟล์รูปภาพบิตแมพ

ตำแหน่ง	ขนาด	ชื่อข้อมูล	ค่ามาตรฐาน	ความหมายของข้อมูล
1	2	bfType	19778	แปลได้เป็น “BM” ซึ่งเป็นตัวระบุว่าเป็นไฟล์บิตแมพ
3	4	bfSize	-	ขนาดของไฟล์
7	2	bfReserved1	0	ต้องเป็นค่า 0
9	2	bfReserved2	0	ต้องเป็นค่า 0
11	4	bfOffBits	1078	บอกตำแหน่งของจุดเริ่มต้นของข้อมูล

2.6.2 ข้อมูลรายละเอียดของของไฟล์รูปภาพบิตแมพ

ข้อมูลรายละเอียดของของไฟล์บิตแมพ เป็นข้อมูลที่แจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับภาพที่เก็บในไฟล์นั้นๆ ตัวอย่างข้อมูลที่สำคัญ เช่น ขนาดของภาพ (biWidh, biHeight), จำนวนความละเอียดของสี (biBitCount) เป็นต้น ตารางที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของข้อมูลรายละเอียดไฟล์รูปภาพบิตแมพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบของ ข้อมูลรายละเอียดของไฟล์รูปภาพบิตแมพ

ตำแหน่งเริ่ม	ขนาด	ชื่อข้อมูล	ค่ามาตรฐาน	ความหมายของข้อมูล
15	4	biSize	40	บอกขนาดของข้อมูลรายละเอียดของไฟล์รูปภาพบิตแมพ
19	4	biWidth	100	ระบุความกว้างของรูปภาพ
23	4	biHeight	100	ระบุความยาวของรูปภาพ
27	2	biPlanes	0	ระบุระนาบของอุปกรณ์แสดงผล ต้องมีค่าเป็น 0
29	2	biBitCount	8	ระบุจำนวน bit ของรูปภาพ 1 pixel
31	4	biCompression	0	ระบุวิธีการบีบอัดข้อมูล โดยปกติจะไม่ใช้ มีค่าเป็น 0
35	4	biSizeImage	0	ระบุขนาดของไฟล์ในกรณีที่มีการบีบอัดข้อมูล ถ้าไม่ใช้ มีค่าเป็น 0
39	4	biXPelsPerMeter	0	ระบุจำนวน pixel ต่อความยาว 1 เมตร บนอุปกรณ์แสดงผล ปกติมีค่าเป็น 0
43	4	biYPelsPerMeter	0	ระบุจำนวน pixel ต่อความสูง 1 เมตร บนอุปกรณ์แสดงผล ปกติมีค่าเป็น 0
47	4	biClrUsed	0	ระบุจำนวนสีที่ใช้ในรูปภาพ แต่ถ้าไม่ใช้จะทำการคำนวนจาก biBitCount
51	4	biClrImportant	0	ระบุสีที่มีระดับความสำคัญสูงในรูปภาพ

2.6.3 ตารางสี

ตารางสี หรือ แพ็ทเล็ท (Palette) ใช้สำหรับกำหนดสีต่างๆที่ใช้ในรูปภาพนั้น โดยจะมีโครงสร้างข้อมูลเป็นลักษณะแบบอาร์จีบี (RGB) ซึ่งใช้ขนาดข้อมูล 4 ไบต์ในการเก็บข้อมูล 1 สี ซึ่งได้แก่ สีแดง(R),สีเขียว(G),สีน้ำเงิน(B) และไบต์ว่างอีก 1 ไบต์ โดยในการเก็บตารางสีนั้น จะเก็บเรียงกันไปเรื่อยๆโดยจะมีลำดับ(index)ไว้สำหรับการอ้างถึงสีที่ต้องการ ในการใช้ตารางสีนั้นจะช่วยลดขนาดของภาพบิตแมพลงเพราะแทนที่จะใช้ 4 ไบต์ในการอ้างข้อมูลแต่ละพิกเซล แต่จะใช้การเก็บดัชนีของตารางสีในการอ้างถึงสีต่างๆแทน ซึ่งในการอ้างดัชนี นั้น สามารถที่จะอ้างได้จำนวนไม่เท่ากันในแต่ละภาพ โดยที่จำนวนดัชนีที่สามารถอ้างถึงได้ ก็คือจำนวนสีของภาพนั้น ตารางที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของจุดพิกเซลจำนวน 1 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ส่วนประกอบของจุดพิกเซลจำนวน 1 พิกเซล

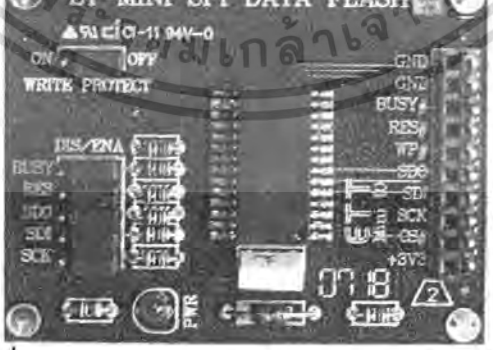
ตำแหน่งเริ่ม	ขนาด	ชื่อข้อมูล	ค่ามาตรฐาน	ความหมายของข้อมูล
1	1	rgbBlue	-	ระบุค่าของส่วนที่เป็นสีน้ำเงิน
2	1	rgbGreen	-	ระบุค่าของส่วนที่เป็นสีเขียง
3	1	rgbRed	-	ระบุค่าของส่วนที่เป็นสีแดง

2.6.4 ข้อมูลรูปภาพแต่ละพิกเซล

ข้อมูลรูปภาพแต่ละพิกเซล จะเป็นข้อมูลของภาพ ซึ่งจะเก็บในลักษณะการเรียงลำดับของภาพจากทางซ้ายไปทางขวาและจากด้านล่างขึ้นด้านบนไปเรื่อยๆ โดยที่รูปแบบในการเก็บนั้น จะเก็บทีละแถวของรูปภาพ โดยที่จะทำการเก็บให้ขนาดของข้อมูลเป็นจำนวนเท่าของ 4 ไบต์ เพราะเนื่องจากไฟล์บิตแมพถูกออกแบบมาสำหรับการอ่านข้อมูลครั้งละ 32 บิตหรือครั้งละ 4 ไบต์ ดังนั้น ในกรณีที่ขนาดของข้อมูลในแถวนั้นไม่เป็นจำนวนเท่าของ 4 จำเป็นที่จะต้องต่อท้ายข้อมูล (Padding) โดยจะทำการใส่ค่า 0 ลงไปให้ครบจำนวนเท่าของ 4

2.7 โมดูลหน่วยความจำแบบแฟลช

เป็นโมดูลหน่วยความจำชนิดแฟลชรุ่น ET-MINI SPI DATA FLASH ซึ่งพัฒนาโดยบริษัทอีทีที ซึ่งมีการเลือกใช้ไอซีหน่วยความจำเบอร์ AT45DB161B ของบริษัทแอทเมล ตัวอย่างโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลชรุ่น ET-MINI SPI DATA FLASH แสดงดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างโมดูลหน่วยความจำชนิดแฟลช

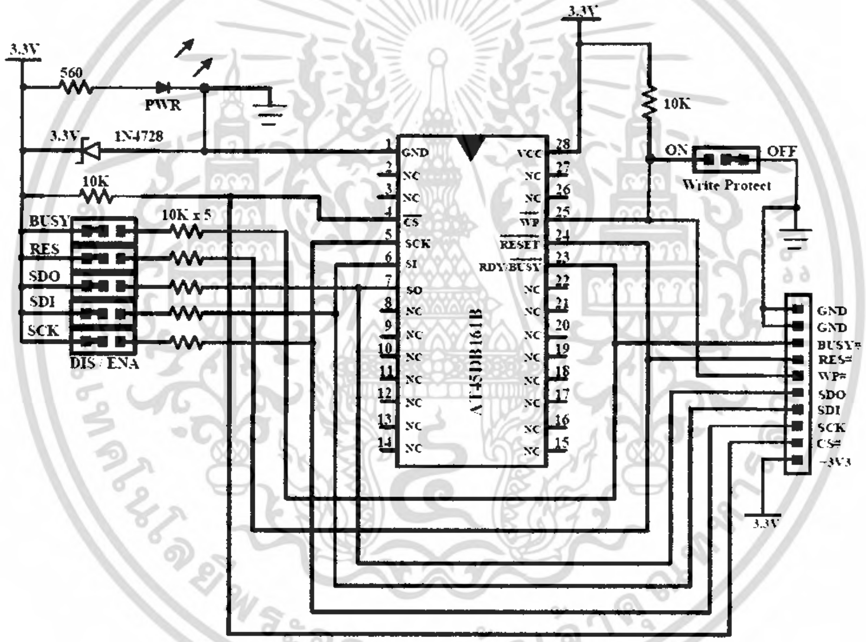
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 คุณสมบัติที่สำคัญของโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลช

- ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2.5 – 3.6 โวลต์
- มีการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ (SPI) ที่ระดับความเร็วสูงสุด 20 เมกะบิตต่อวินาที
- มีขนาดความจุทั้งสิ้น 2 เมกะไบต์

2.7.2 การใช้งานโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลช

ในการใช้งานโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลชทำได้โดยการเชื่อมต่อขาสัญญาณต่างๆ ที่โมดูลมีการเตรียมไว้ให้เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้แก่ ขาสัญญาณการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ, ขาสัญญาณสถานะว่างของหน่วยความจำ และการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับโมดูลหน่วยความจำ รูปที่ 2.29 แสดงวงจรและขาสัญญาณต่างๆ ของโมดูลหน่วยความจำ



รูปที่ 2.29 วงจรและขาสัญญาณต่างๆ ของโมดูลหน่วยความจำชนิดแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ

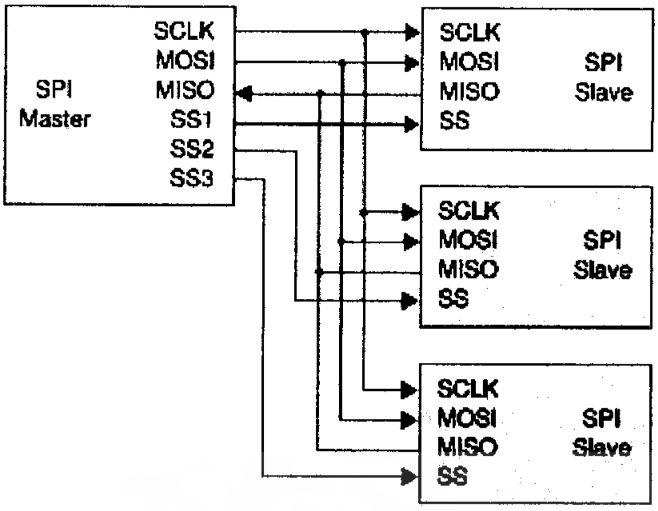
การสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ (Serial Peripheral Interface) เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในรูปแบบซิงโครนัส (Synchronous) ที่ออกแบบโดยบริษัทโมโตโรลา ซึ่งมีการทำงานในรูปแบบของอุปกรณ์มาสเตอร์และสเลฟ โดยที่อุปกรณ์มาสเตอร์จะเป็นผู้เลือกที่จะสื่อสารกับอุปกรณ์สเลฟตัวใดโดยใช้สัญญาณ (SS: Slave Select), มีการกำหนดจังหวะของการสื่อสารข้อมูลโดยใช้สัญญาณนาฬิกา (SCLK), ทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟผ่านทางสัญญาณข้อมูลเข้าสเลฟ (MOSI: Master Out Slave In), รับข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟจากสัญญาณข้อมูลออกจากสเลฟ (MISO: Master In Slave Out)

2.8.1 การเชื่อมต่อการสื่อสารของอุปกรณ์แบบเอสพีไอ

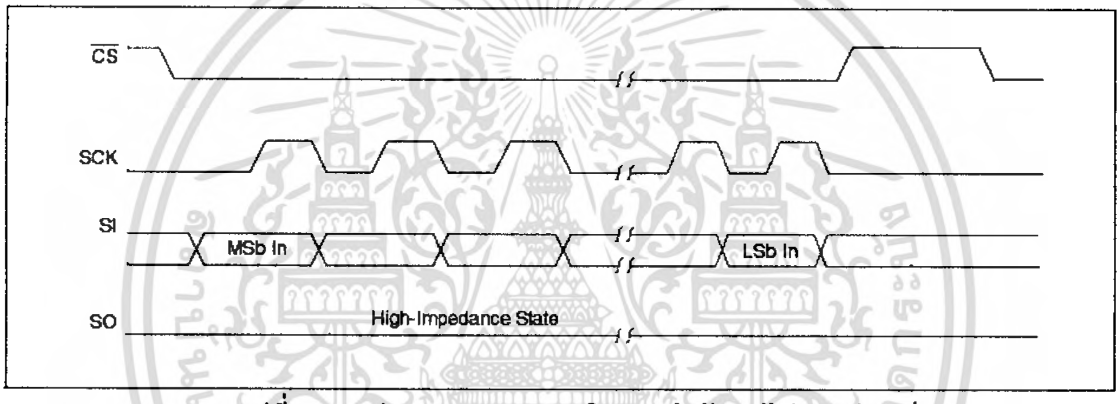
ในการเชื่อมต่อการสื่อสารของอุปกรณ์แบบเอสพีไอ สามารถทำได้โดยเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ ได้แก่ SCLK, MOSI และ MISO ของอุปกรณ์ทุกตัวเข้าด้วยกัน เว้นแต่ขาสัญญาณ SS ของแต่ละอุปกรณ์สเลฟ ที่จะต่อไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ 1 เส้นต่ออุปกรณ์สเลฟ 1 อุปกรณ์ เนื่องมาจากสัญญาณดังกล่าว จะต้องถูกควบคุมโดยอุปกรณ์มาสเตอร์ เพื่อระบุอุปกรณ์สเลฟที่อุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการติดต่อสื่อสาร ตัวอย่างการเชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอโดยมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียว แสดงดังรูปที่ 2.30, ในกรณีมีอุปกรณ์สเลฟมากกว่า 1 ตัวแสดงดังรูปที่ 2.31, รูปแบบของสัญญาณในการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.32 และรูปแบบของสัญญาณของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟแสดงดังรูปที่ 2.33

รูปที่ 2.30 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอแบบที่มีอุปกรณ์สเลฟตัวเดียว

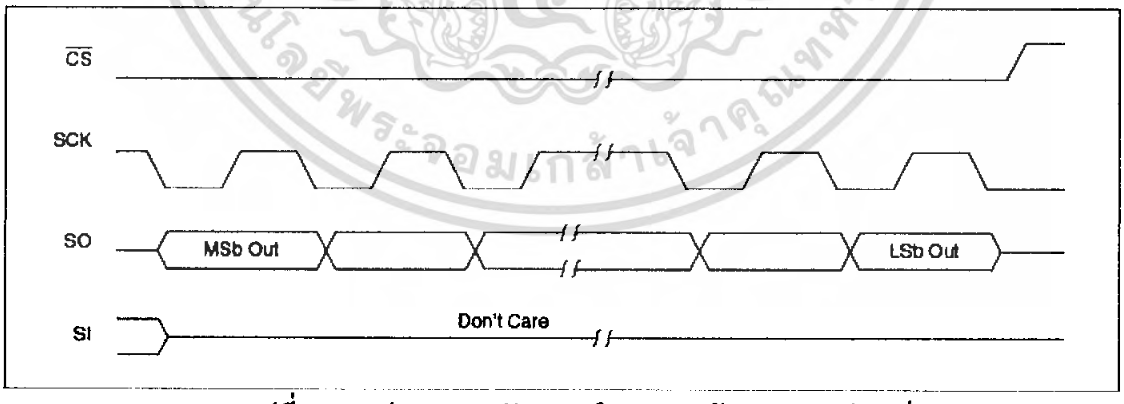
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอแบบที่มีอุปกรณ์สเลฟมากกว่า 1 ตัว



รูปที่ 2.32 รูปแบบของสัญญาณในการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟ



รูปที่ 2.33 รูปแบบของสัญญาณในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ข้อดีของการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ

- เป็นการเชื่อมต่อแบบฟูล-ดูเพล็ก (Full-Duplex) มีผลให้การสื่อสารข้อมูลมีความเร็วมากกว่าการสื่อสารข้อมูลแบบฮาฟ-ดูเพล็ก (Half-Duplex)
- ไม่จำเป็นต้องระบุหมายเลขที่อยู่ (Address) ของอุปกรณ์สเลฟ จึงเป็นลดข้อมูลส่วนเกินที่ไม่จำเป็น (Overhead) ให้ลดลงส่งผลให้มีความเร็วที่สูงขึ้น

2.8.3 ข้อเสียของการสื่อสารข้อมูลแบบเอสพีไอ

- ต้องใช้จำนวนสัญญาณเพิ่มขึ้นตามจำนวนของอุปกรณ์สเลฟ เนื่องจากต้องมีสัญญาณสำหรับเลือกอุปกรณ์สเลฟ (SS)
- ไม่มีการควบคุมการของการสื่อสารข้อมูล (Flow Control) ซึ่งทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าอุปกรณ์สเลฟพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ หรือสามารถสื่อสารข้อมูลได้ด้วยความเร็วเท่าไร
- ไม่มีสัญญาณตอบรับ (Acknowledgement) จากอุปกรณ์สเลฟ จึงไม่สามารถมั่นใจได้ว่าอุปกรณ์สเลฟจะได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการออกแบบและการพัฒนาโครงงาน ซึ่งในการออกแบบและพัฒนาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์และการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดเป็นขั้นตอนต่อไป และหลังจากที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาแล้ว มีส่วนของผลการทดลองนำผลงานมาทดลองประสิทธิภาพในการทำงาน เพื่อนำผลการทดลองมาสรุปผลการดำเนินงานว่าสำเร็จตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อย่างไร

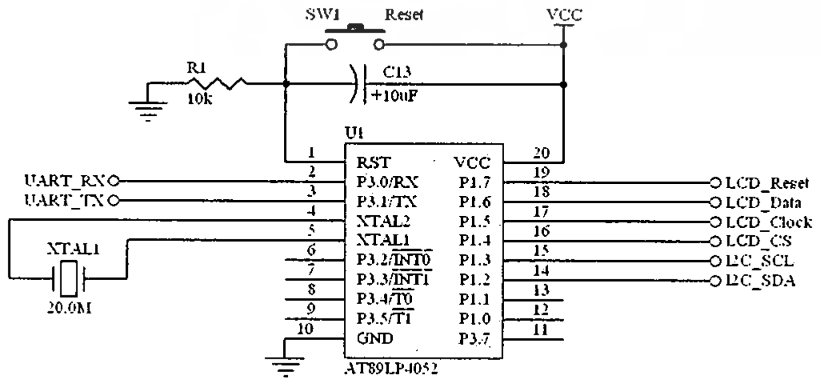
3.1 การออกแบบและพัฒนาโครงงาน

3.1.1 การออกแบบและพัฒนาทางด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

โครงงานชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามาในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์นั้น มีอุปกรณ์ที่ต้องหลักอยู่ 3 ส่วนได้แก่ อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์โมดูลเข็มทิศดิจิตอล และอุปกรณ์จอแสดงผล ซึ่งจะนำเสนอขั้นตอนการพัฒนา และการออกแบบเป็นส่วนๆ ดังนี้

3.1.1.1 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

หลังจากที่ทำการศึกษาโครงสร้าง และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052 แล้วจึงได้ทำการออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้ออกแบบสำหรับการติดต่อสื่อสารกับจอแสดงผลแอลซีดี การติดต่อโมดูลเข็มทิศดิจิตอลผ่านบัสแบบไอสแควซี และการติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งวงจรที่ออกแบบได้แสดงดังรูปที่ 3.1

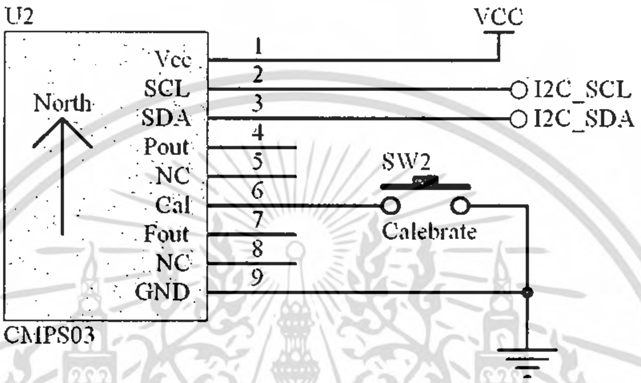


รูปที่ 3.1 วงจรของอุปกรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์โมดูลเข็มทิศดิจิตอล

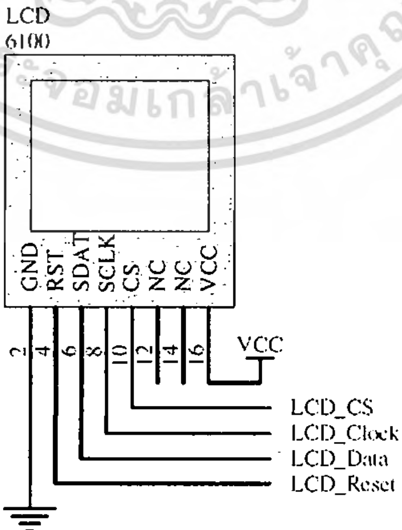
ในส่วนของวงจรที่ออกแบบ เพื่อใช้งานกับโมดูลเข็มทิศดิจิตอลนั้น ไม่มีความซับซ้อนในการต่อใช้งานมากนัก เนื่องจากตัวโมดูลเข็มทิศเองนั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้พร้อมใช้งานอยู่แล้ว ดังนั้น ในการใช้งานจึงเพียงเชื่อมต่อสัญญาณการสื่อสารแบบไอสแควซีและการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โมดูลเข็มทิศเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เพิ่มเติมเพื่อประสิทธิภาพในการตรวจวัดมุม ได้แก่สวิทซ์สำหรับการปรับตั้งค่าเริ่มต้นให้มีความถูกต้อง รูปที่ 3.2 แสดงวงจรที่ออกแบบสำหรับต่อใช้งานโมดูลเข็มทิศดิจิตอล



รูปที่ 3.2 วงจรการต่อใช้งานโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

3.1.1.3 การออกแบบวงจรของอุปกรณ์จอแสดงผล

จากการศึกษาคุณสมบัติและหลักการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดีแบบสีของโนเกียรุ่น 6100 แล้วสามารถทำการออกแบบและต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.3

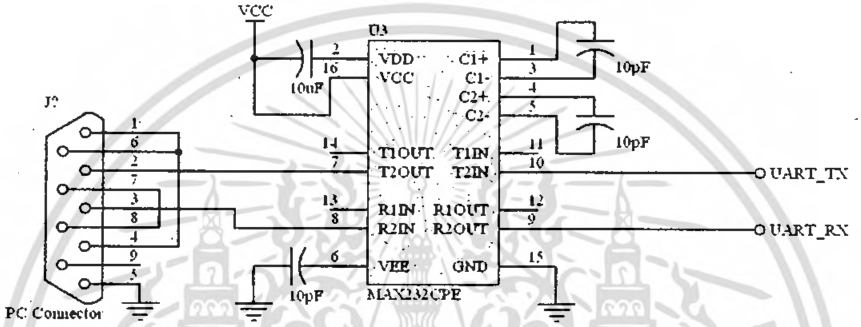


รูปที่ 3.3 วงจรสำหรับใช้งานจอแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.4 การออกแบบวงจรในส่วนของการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม แต่เนื่องจากอุปกรณ์ทั้ง 2 นั้นส่งสัญญาณข้อมูลในระดับสัญญาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการออกแบบวงจรเพื่อช่วยให้การสื่อสารข้อมูลสามารถที่จะสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ได้นั้น จึงต้องใช้ไอซีเบอร์ MAX232CPE ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณของอุปกรณ์ทั้ง 2 ที่กล่าวมานั้นให้เป็นลักษณะสัญญาณแบบเดียวกัน จึงสามารถสื่อสารข้อมูลได้ รูปที่ 3.4 แสดงวงจรการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

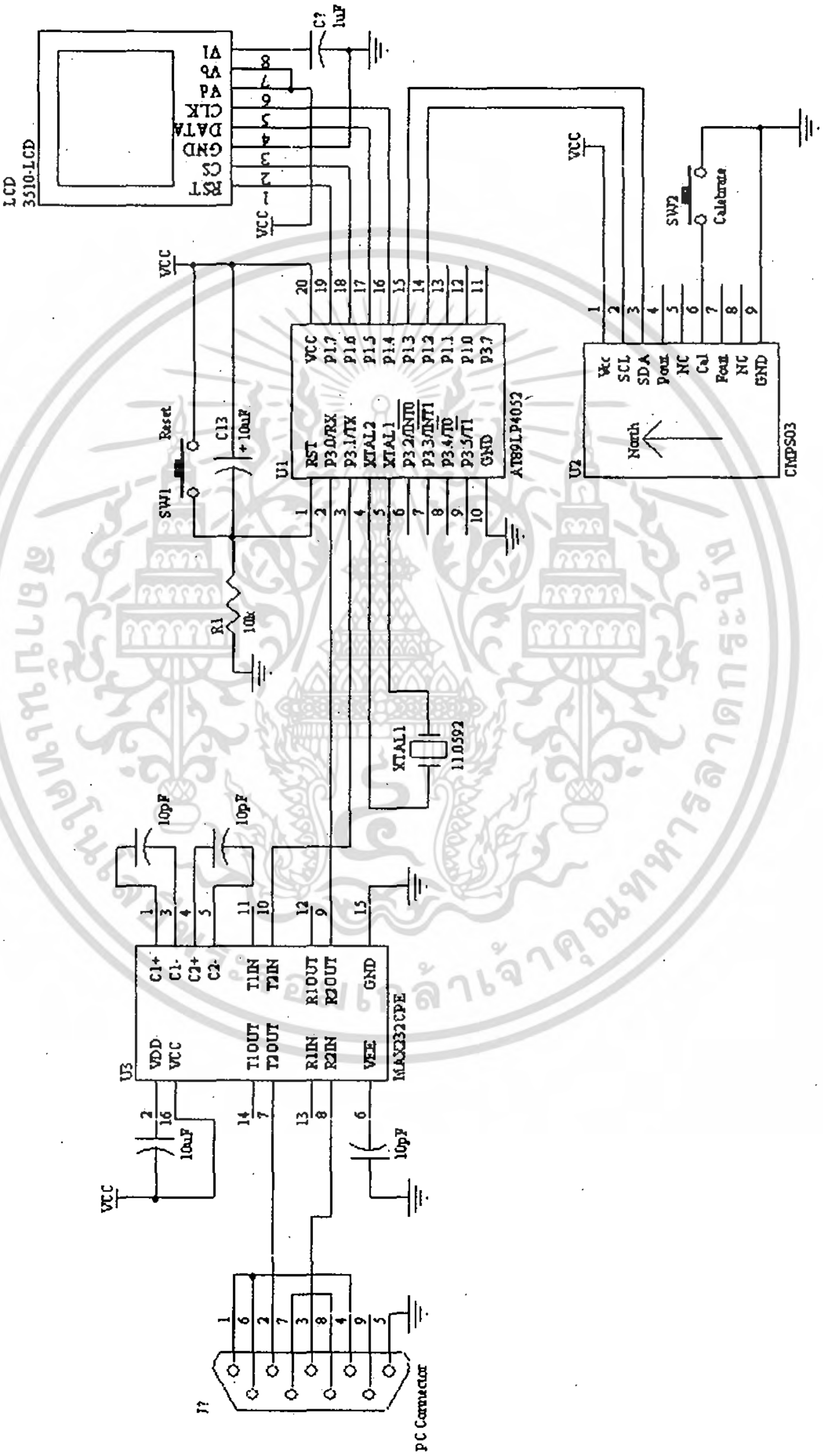


รูปที่ 3.4 วงจรการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.5 การออกแบบวงจรรวม

จากวงจรของส่วนประกอบต่างๆ ที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น ในขั้นตอนนี้จึงได้นำวงจรของส่วนต่างๆ มาต่อรวมเข้าด้วยกันเป็นวงจรรวมของชิ้นงาน ซึ่งรูปที่ 3.5 แสดงวงจรรวมของชิ้นงาน



รูปที่ 3.5 วงจรรวมของชิ้นงาน

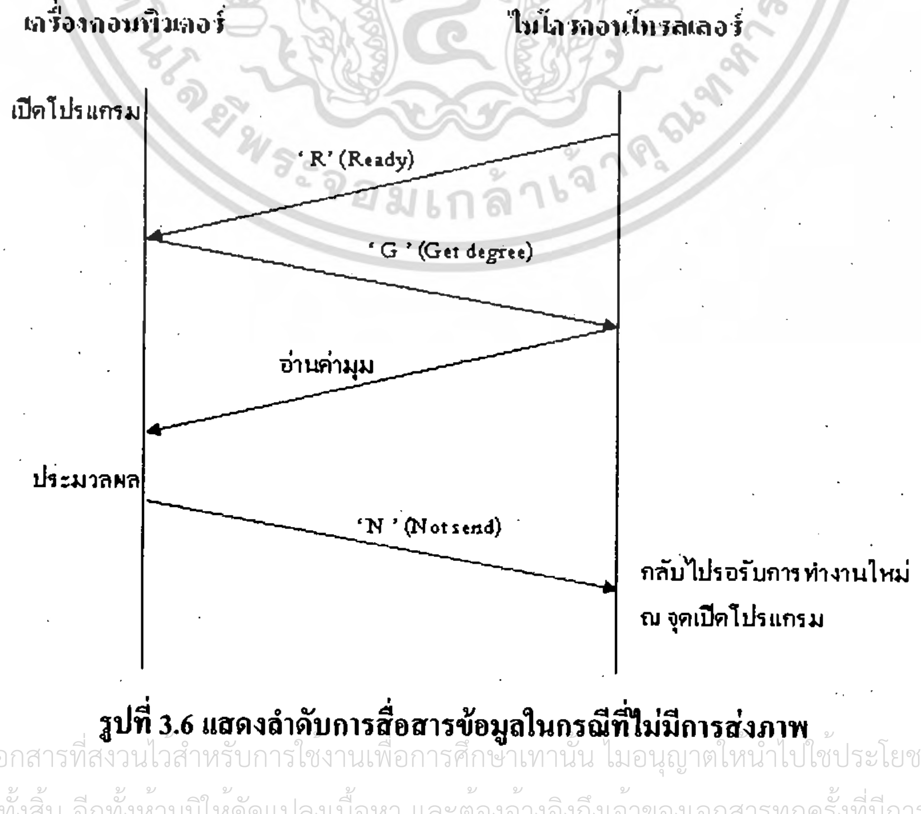
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบและการพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบและพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์มีการออกแบบและพัฒนา 3 ส่วนได้แก่ การออกแบบโปรโตคอลการสื่อสารข้อมูล การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ และการพัฒนาโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะได้อธิบายการออกแบบเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

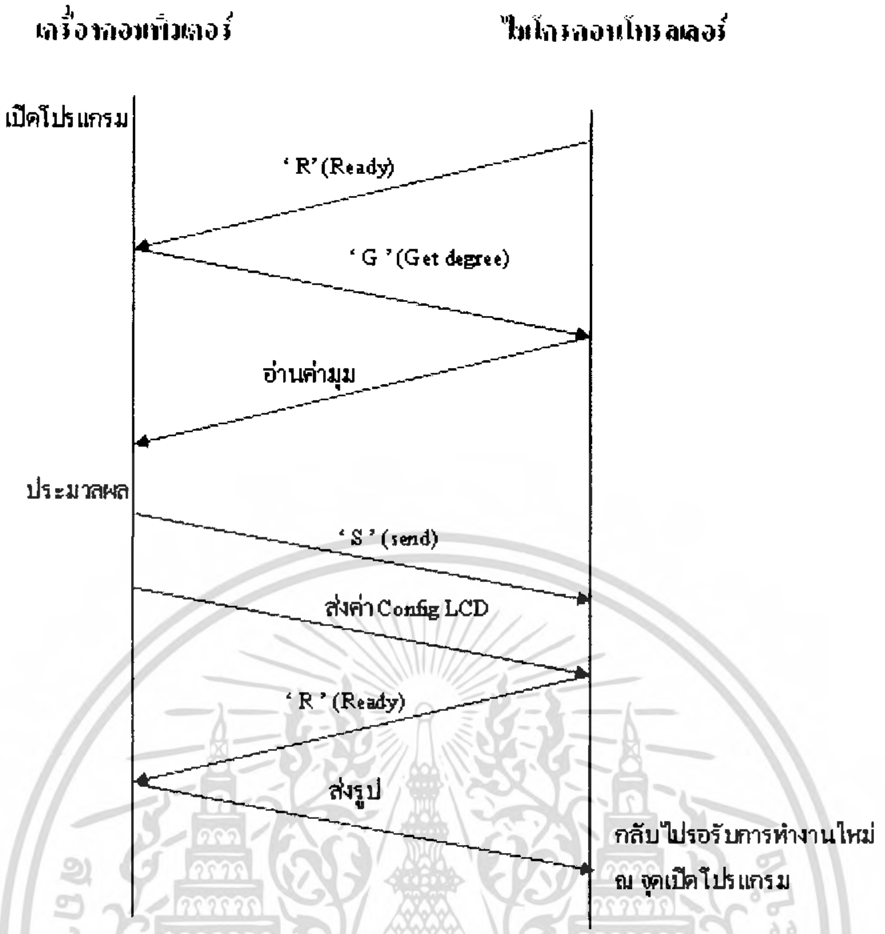
3.1.2.1 การออกแบบโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารข้อมูล

โปรโตคอลสำหรับการสื่อสารข้อมูลนั้นเป็นรูปแบบของข้อมูลที่สื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มต้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งคำสั่งพร้อมทำงานมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบอกให้ทราบถึงสถานะที่พร้อมทำงาน หลังจากนั้นจึงมีการส่งคำสั่งอ่านค่ามุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการรอรับค่ามุมตอบกลับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการประมวลค่ามุมที่ได้รับแล้วตัดสินใจว่าจะทำการส่งภาพหรือไม่ ถ้ามุมที่ได้รับนั้นเป็นมุมที่อยู่ในกลุ่มภาพเดียวกันกับมุมก่อนหน้านั้น เครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะไม่ส่งภาพไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ เพียงแต่จะส่งคำสั่งไม่ส่งภาพเท่านั้น แต่ในกรณีที่มุมที่รับใหม่นั้นอยู่คนละกลุ่มภาพของมุมที่ได้รับก่อนหน้า เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการส่งภาพโดยเริ่มจากการส่งคำสั่งเริ่มต้นส่งภาพ ตามด้วยค่าปรับตั้งจอแอลซีดี แล้วจึงรอคำสั่งพร้อมทำงานอีกครั้งจึงเริ่มส่งภาพ รูปที่ 3.6 แสดงลำดับการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ในกรณีที่ไม่มีการส่งภาพ และรูปที่ 3.7 แสดงลำดับการสื่อสาข้อมูลในกรณีที่มีการส่งภาพ



รูปที่ 3.6 แสดงลำดับการสื่อสารข้อมูลในกรณีที่ไม่มีการส่งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

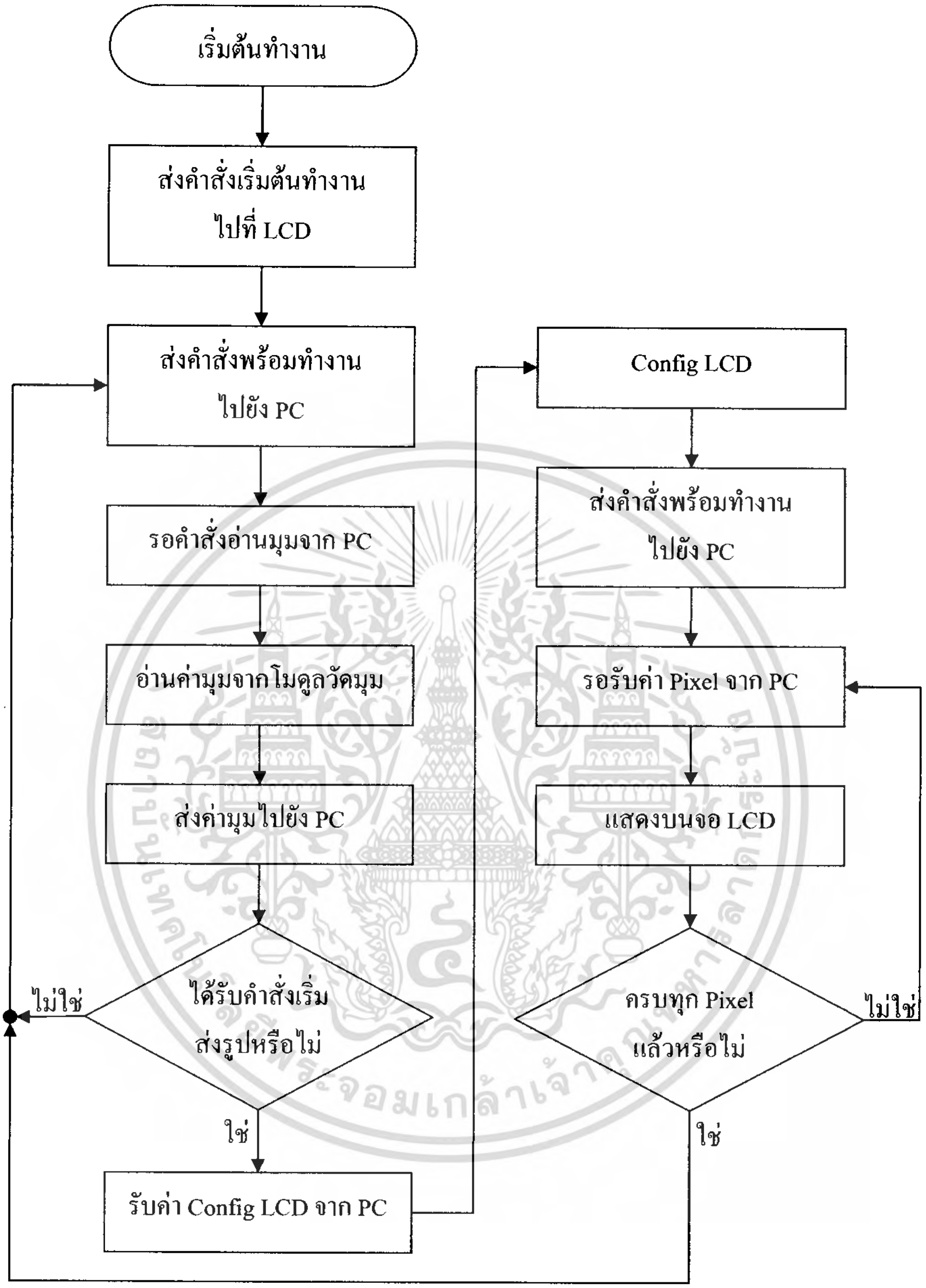


รูปที่ 3.7 แสดงลำดับการสื่อสารข้อมูลในกรณีที่มีการส่งภาพ

3.1.2.2 การพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ในการติดต่อและทำงานร่วมกับส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ จอแสดงผลแอลซีดีเพื่อแสดงผลภาพ โมดูลเข็มทิศดิจิตอลเพื่อทำการอ่านค่ามุมจากตัวโมดูล และการติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการส่งคำสั่งต่างๆ, การส่งค่ามุม และการรับภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นแสดงดังโฟลวชาร์ทดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

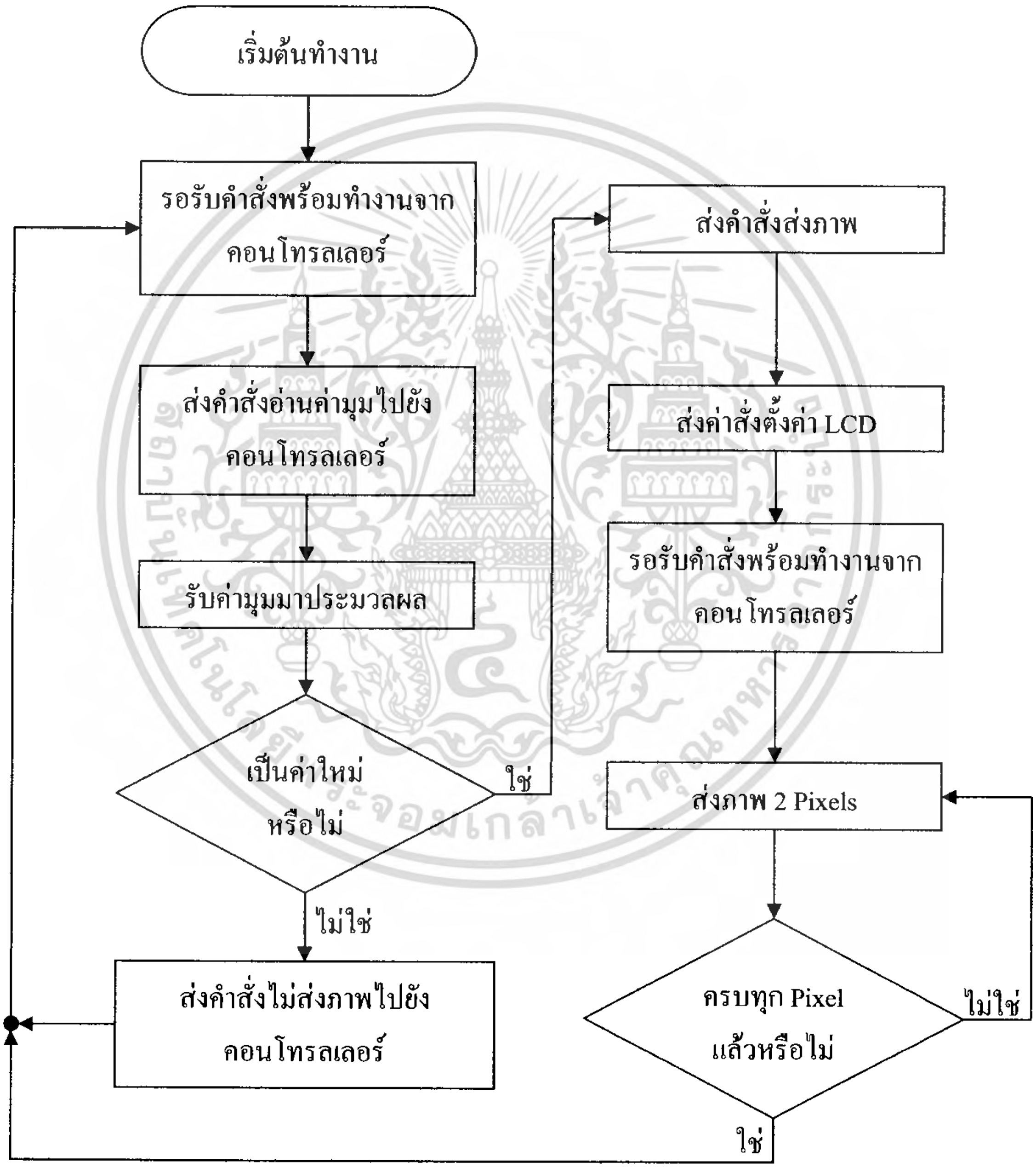


รูปที่ 3.8 แสดงโฟลวชาร์ทการทำงานของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 การพัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นประกอบด้วยการทำงานหลายส่วนได้แก่ ส่วนของการติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม การอ่านภาพทางไฟล์ภาพแบบบิตแมพ การคำนวณหาพื้นที่ภาพจากค่ามุมที่ได้รับเพื่อนำไปแสดงผล ลำดับขั้นตอนในการทำงานของเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 3.9 ซึ่งเป็นโฟลวชาร์ทแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.9 แสดงโฟลวชาร์ทการทำงานบนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

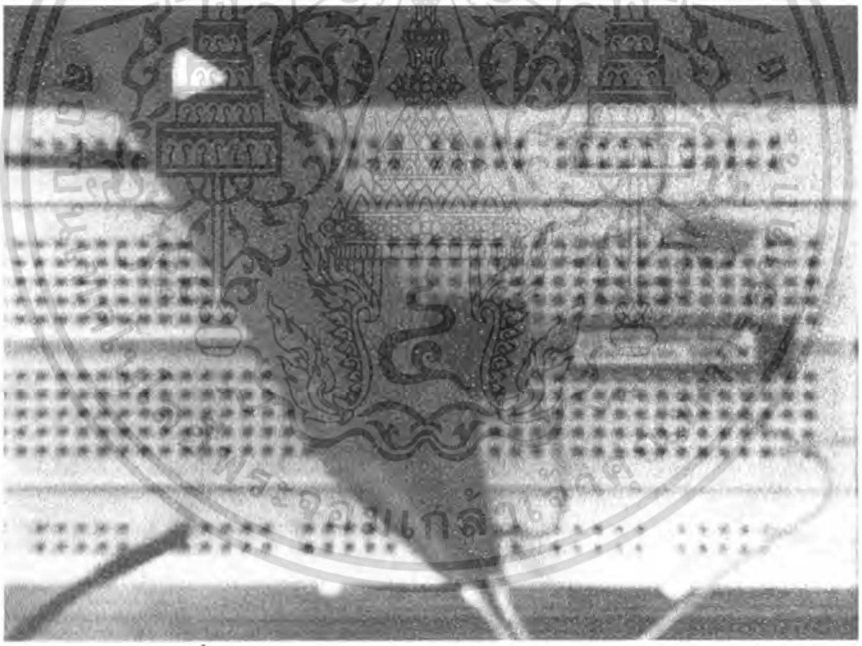
3.2 การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อทำการออกแบบวงจรของชิ้นงานแล้ว จะต้องมีการทดลองก่อนว่าวงจรที่ได้ออกแบบขึ้นมานั้น สามารถทำงานได้และมีการทำงานอย่างถูกต้อง จึงจะสามารถนำวงจรที่ออกแบบไว้มาสร้างอุปกรณ์ที่เป็นชิ้นงานจริงได้ และเมื่อทำการสร้างชิ้นงานสำเร็จแล้ว ยังจะต้องทำการทดลองชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อที่จะทดลองว่าได้สร้างชิ้นงานถูกต้องตามที่ออกแบบไว้และไม่มีข้อผิดพลาด โดยในการทดลองนั้น มีการทำอย่างเป็นลำดับดังต่อไปนี้

3.2.1 การทดลองวงจรที่ออกแบบ

3.2.1.1 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ไมโครคอนโทลเลอร์ทำได้โดยการต่อวงจรพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วกำหนดการทำงานให้มีการส่งสัญญาณ '1' และ '0' สลับกันไปเรื่อยๆ รูปที่ 3.10 แสดงการทดลองของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

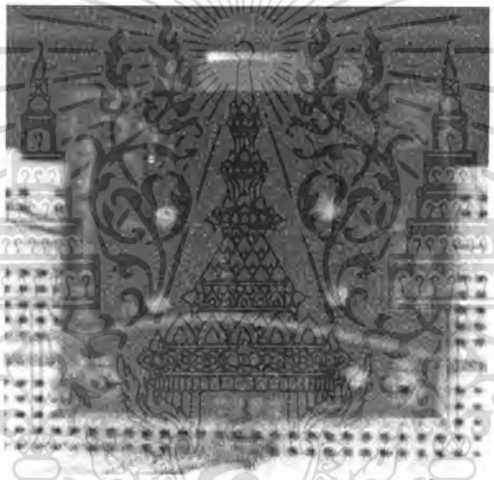


รูปที่ 3.10 การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

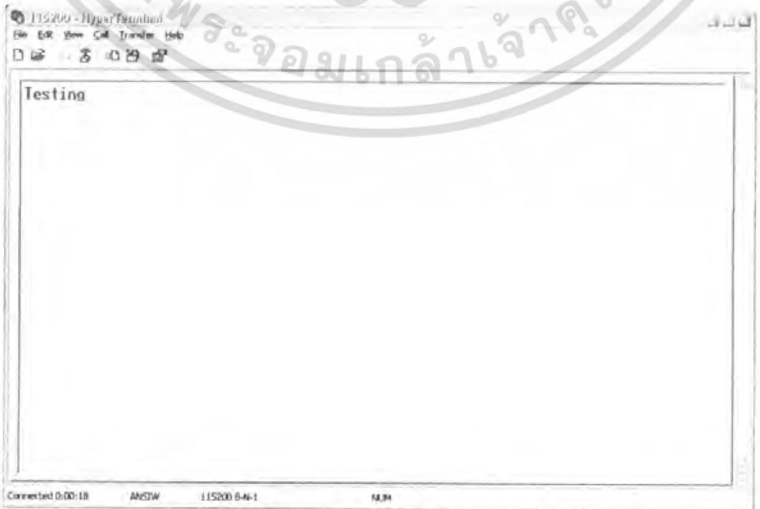
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 การทดลองวงจรการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์แบบอนุกรมนั้น ไม่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณกันได้โดยตรง เพราะเนื่องจากความแตกต่างของระดับแรงดันไฟฟ้าของข้อมูล '0' และ '1' ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรแปลงสัญญาณ เพื่อแปลงสัญญาณที่แตกต่างกันให้สามารถที่จะสื่อสารข้อมูลกันได้ ซึ่งในการออกแบบได้เลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณเบอร์ MAX232 เนื่องจากเป็นไอซีที่หาง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการทำงาน ในการทดลองนั้น ทำโดยการต่อวงจรให้มีการส่งข้อมูลวนกลับ (Echo) ด้วยข้อมูลที่ได้รับ รูปที่ 3.11 แสดงวงจรของไอซี MAX232 สำหรับการสื่อสารข้อมูล และรูปที่ 3.12 แสดงผลการทดลองของการวงจรสื่อสารข้อมูล



รูปที่ 3.11 แสดงวงจร MAX232 สำหรับการสื่อสารข้อมูล

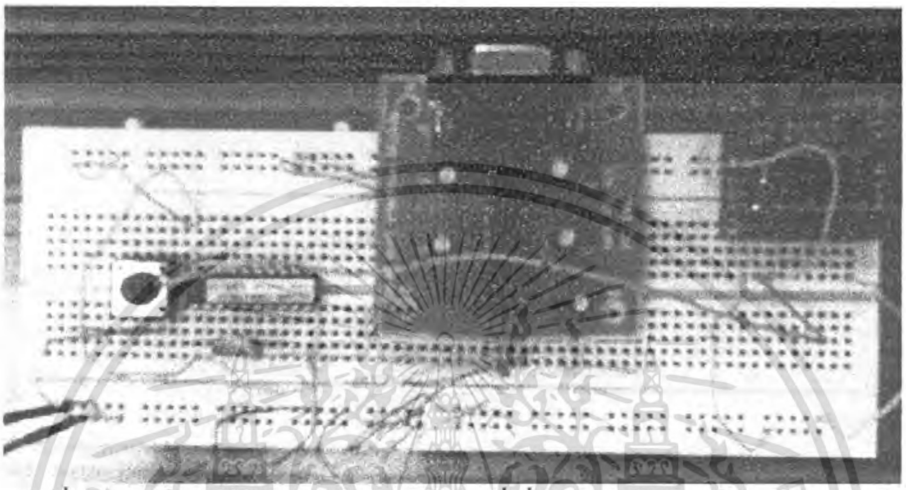


รูปที่ 3.12 แสดงผลการทดลองวงจรการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 การทดลองการทำงานวงจรโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

การทดลองการทำงานของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล ทำได้โดยการต่อตัวโมดูลเข็มทิศดิจิตอลเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับวงจรการสื่อสารข้อมูล ในการทดลองจะเป็นการอ่านค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ แล้วนำค่าที่อ่านได้ ส่งไปแสดงผลยังเครื่องคอมพิวเตอร์ วงจรที่ทำการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.13 และผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.14



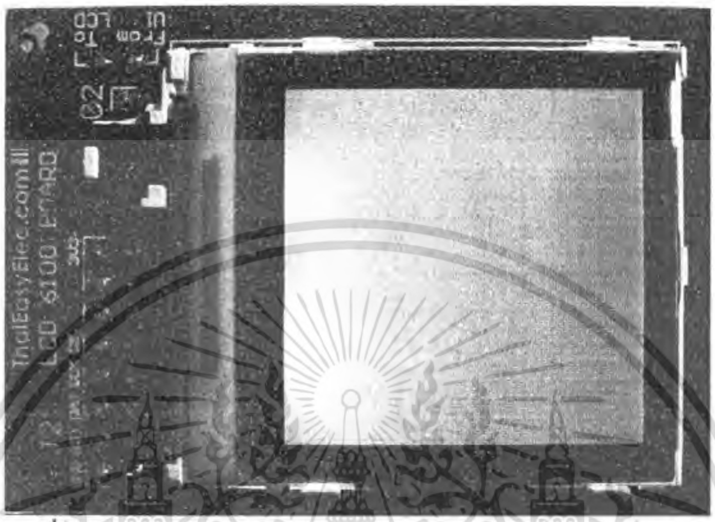
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรโมดูลเข็มทิศดิจิตอลที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 3.14 แสดงผลการทดลองการอ่านค่ามุมและส่งค่ามุมมายังเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.4 การทดลองวงจรจอแสดงผลแอลซีดี

ทำการทดลองโดยการนำวงจรจอภาพแอลซีดีมาต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วทำการส่งคำสั่งควบคุมการทำงานและข้อมูลแสดงจุดสีแดงมายังจอแอลซีดี ซึ่งผลการทดลองได้แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงผลการทดลองการทำงานของวงจรจอแอลซีดี

3.2.2 การทดลองการทำงานของวงจรรวม

3.2.2.1 การทดลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดลองการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมอยู่ในส่วนของการทดลองการทำงานของการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมซึ่งแสดงในหัวข้อถัดไป โดยเป็นการทดลองการทำงานที่ถูกต้องของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการเขียนโปรแกรม และทดลองการทำงานของโปรแกรมนั้น

3.2.2.2 การทดลองการทำงานของการสื่อสารผ่านข้อมูล

การทดลองการทำการของการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมทำได้โดยการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ส่งข้อความผ่านวงจรการสื่อสารข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ในการรับและแสดงข้อมูลที่ได้รับจากพอร์ตอนุกรม ซึ่งในการทำงานที่ถูกต้อง เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องได้รับข้อความ “Program Start” มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทดลองการทำงานของการสื่อสารข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 ผลการทดลองการทำงานของการสื่อสารข้อมูล

3.2.2.3 การทดลองการทำงานของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

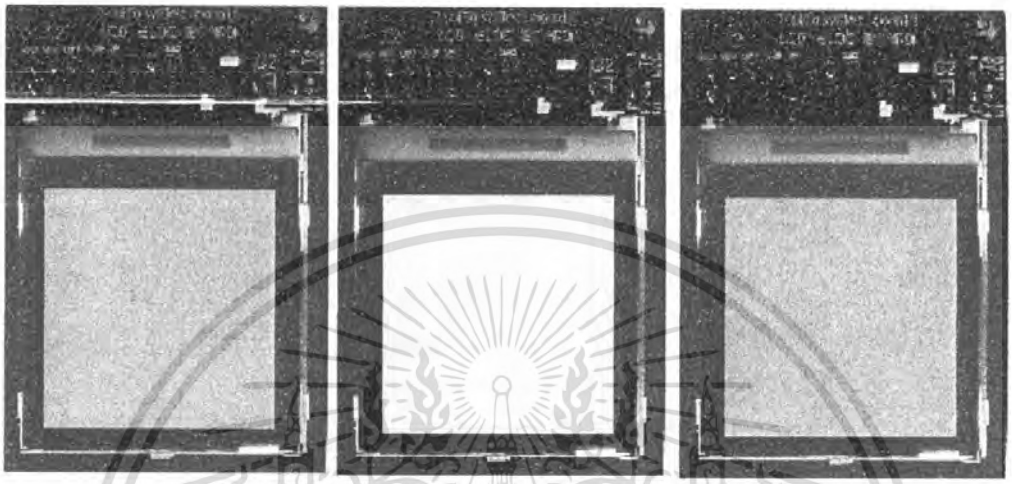
ในส่วนนี้จะทดลองโดยการเขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่ออ่านค่ามุมมาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยจะทำการแสดงผลค่ามุมที่อ่านได้จากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล โดยในการทดลองจะมีการปรับตำแหน่งของชิ้นงานแล้วจึงสั่งให้โปรแกรมทำงาน หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงานแล้วสั่งให้โปรแกรมทำงานอีก การทำงานที่ถูกต้องนั้นจะต้องอ่านได้ค่ามุมที่สอดคล้องกับตำแหน่งของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป รูปที่ 3.17 แสดงผลการทดลองวงจรโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

รูปที่ 3.17 ผลการทดลองการทำงานของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 การทดลองการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี

ในส่วนนี้จะเป็นการทดลองการทำงานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และจอแอลซีดี ทำการทดลองโดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งจุดสีต่างๆ ไปแสดงผลยังจอแอลซีดี ผลการทดลองการทำงานของจอแอลซีดีแสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ผลการทดลองการส่งจุดสีจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังจอแอลซีดี

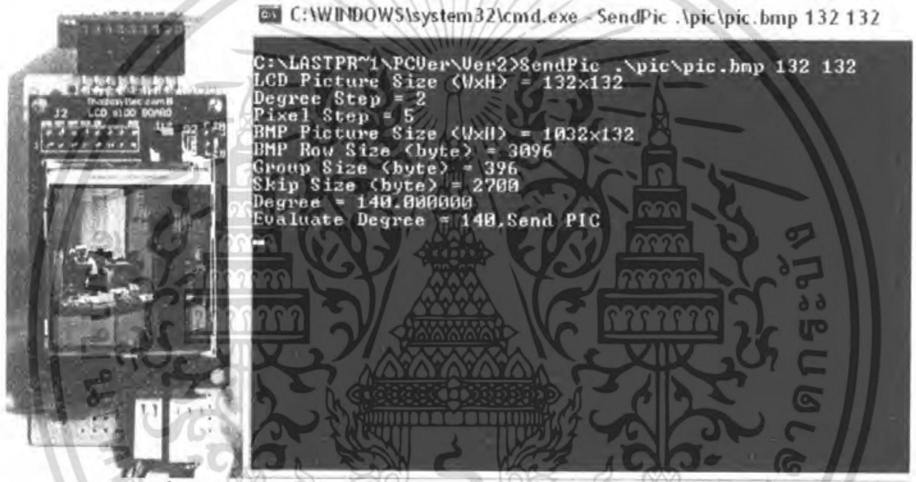
หลังจากที่ทำได้การทดลองการทำงานของจอแอลซีดีโดยใช้การแสดงผลเป็นจุดสีต่างๆ แล้ว จึงทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์อ่านภาพจากไฟล์รูปภาพบิตแมพ และส่งข้อมูลภาพไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ รูปที่ 3.19 แสดงผลการทดลองในการส่งภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ

รูปที่ 3.19 ผลการทดลองการส่งภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์

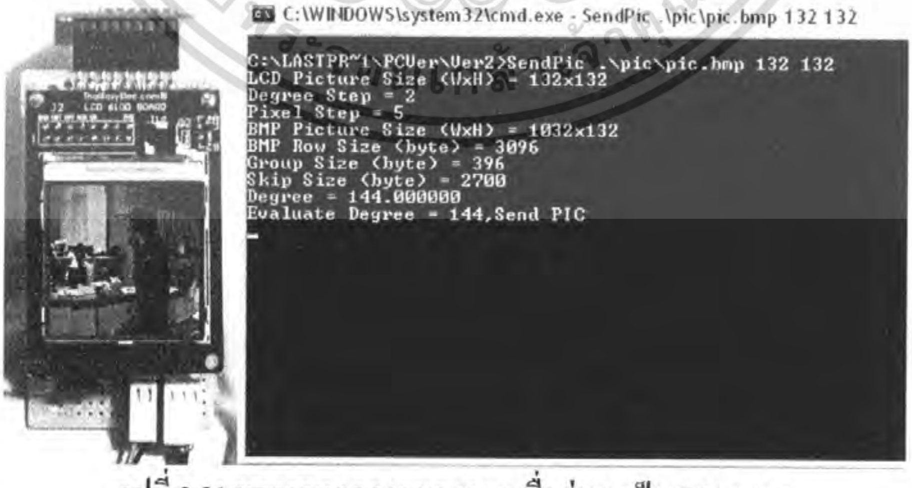
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทดลองและผลการทดลองการทำงานของชิ้นงาน

ในขั้นตอนต่อไปนี้ จะเป็นการทดลองการทำงานจริงของชิ้นงาน ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่อุปกรณ์แสดงภาพจะส่งตำแหน่งมุมที่อ่านได้จากโมดูลเข็มทิศดิจิตอลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วจึงรอรับภาพที่จะถูกส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปแสดงบนจอแอลซีดี ในการทดลอง จะต้องมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์แสดงภาพไปในยังทิศทางต่างๆ แล้วสังเกตภาพที่มีการแสดงบนจอแอลซีดีว่ามีความสอดคล้องกับตำแหน่งที่เปลี่ยนไปหรือไม่ อีกทั้งยังต้องทำการตรวจวัดหาค่าเวลาที่ต้องใช้ในการแสดงภาพในแต่ละภาพว่าต้องใช้เวลาเท่าใด ผลการทดลองการแสดงภาพที่มุมใกล้เคียงกันแสดงดังรูปที่ 3.20 และ 3.21 และผลการตรวจวัดค่าเวลาที่ใช้ในการแสดงภาพนั้นแสดงดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.20 ผลการทดลองแสดงภาพเมื่อค่ามุมเป็น 140 องศา



รูปที่ 3.21 ผลการทดลองแสดงภาพเมื่อค่ามุมเป็น 144 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดลองโดยการจับเวลาที่ใช้แสดงภาพจำนวน 1 ภาพ

การทดลองครั้งที่	เวลาที่ใช้แสดงภาพ (วินาที)
1	25.3
2	25.8
3	26.2
4	25
5	25.9
ค่าเฉลี่ย	25.24

จากผลการทดลองดังตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่า การแสดงภาพจำนวน 1 ภาพนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาเวลามาก ซึ่งส่งผลกระทบทางด้านของประสิทธิภาพด้านความเร็วเป็นอย่างมาก ชิ้นงานไม่สามารถแสดงภาพทันต่อการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์แสดงภาพได้ และจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของความล่าช้าที่เกิดขึ้นพบว่า เกิดจากความเร็วในสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์แสดงภาพนั้นไม่เพียงพอต่อปริมาณข้อมูลที่มีจำนวนมาก เพื่อแก้ไขปัญหาทางด้านการสื่อสารข้อมูล จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับส่งภาพ ซึ่งมีการทำงานในลักษณะของการจำลองการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่การสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แสดงภาพและอุปกรณ์ส่งภาพ สามารถที่จะสื่อสารได้ด้วยความเร็วที่สูงกว่าการสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์มาก ซึ่งในส่วนของการออกแบบอุปกรณ์ส่งภาพนั้นจะได้กล่าวถึงในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของชิ้นงาน

จากผลการทดลองในบทที่ 3 พบว่าการทำงานของชิ้นงานนั้นทีความล่าช้าในการแสดงภาพมาก ดังนั้น ในบทนี้จึงกล่าวถึงวิธีในการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานให้มีประสิทธิภาพที่มากขึ้นโดยทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เพื่อทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลภาพมายังอุปกรณ์แสดงภาพ ซึ่งมีการทำงานที่เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่แตกต่างที่ความเร็วในการสื่อสารข้อมูล

4.1 การออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับส่งภาพ

ในการออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม เพื่อทำหน้าที่ส่งภาพแทนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ได้ออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89LP4052 เช่นเดียวกับอุปกรณ์แสดงภาพ และมีหน่วยความจำเพิ่มเติมเพื่อเก็บข้อมูลภาพที่ต้องการส่งไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ส่งภาพนั้น จะกล่าวเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1.1 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นได้ออกแบบเช่นเดียวกันกับส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอุปกรณ์แสดงภาพ วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 3.1

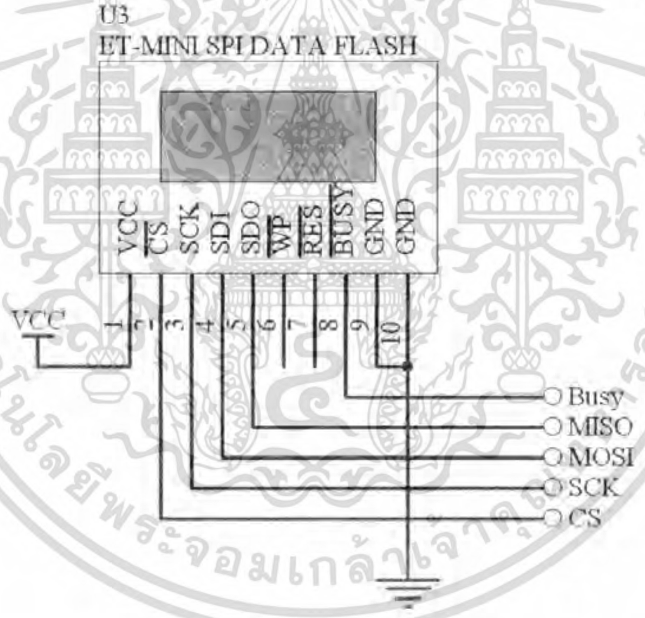
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การออกแบบวงจรในส่วนการสื่อสารข้อมูล

วงจรติดต่อสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์แสดงภาพ เป็นวงจรการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม และต้องมีการสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ ในการออกแบบวงจรเพื่อช่วยให้การสื่อสารข้อมูลสามารถที่จะสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ได้นั้น จึงสามารถใช้วงจรที่ออกแบบไว้แล้วในส่วนของการสื่อสารในอุปกรณ์แสดงภาพดังรูปที่ 3.4

4.1.3 การออกแบบวงจรหน่วยความจำ

ในการออกแบบวงจรหน่วยความจำได้นำโมดูลหน่วยความจำแบบแฟลชมาใช้งาน ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้ เนื่องจากโมดูลหน่วยความจำนี้มีขนาดความจุข้อมูลที่เพียงพอต่อการใช้งาน วงจรในส่วนของหน่วยความจำที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 4.1

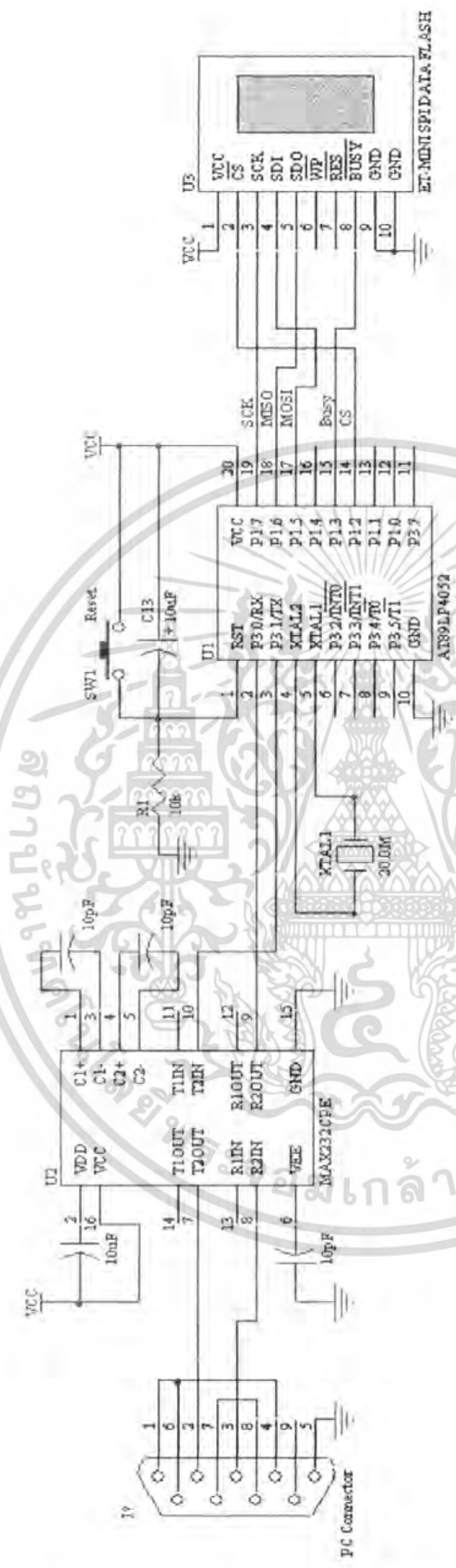


รูปที่ 4.1 วงจรหน่วยความจำที่ออกแบบ

4.1.4 วงจรรวมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการส่งภาพ

หลังจากที่ออกแบบวงจรของการทำงานในแต่ละส่วนแล้ว จึงนำวงจรแต่ละส่วนมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรรวมของอุปกรณ์ส่งภาพ โดยวงจรรวมได้แสดงดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรรวมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการส่งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การออกแบบและการพัฒนาการทำงานด้านซอร์ฟแวร์

เนื่องการการออกแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองการทำงานของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ลงมาเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หนึ่งชิ้น ดังนั้นการออกแบบในส่วนของซอร์ฟแวร์จึงเหมือนดังเดิม แต่แตกต่างกันที่การส่งรูปไปแสดงยังอุปกรณ์แสดงภาพ ซึ่งในการออกแบบเพิ่มเติมนั้นจะมีการโหลดรูปภาพไปเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน หลังจากนั้น ในการทำงานจึงทำการอ่านภาพจากหน่วยความจำแล้วส่งไปแสดงผลยังอุปกรณ์แสดงภาพ แทนที่จะเป็นการดึงรูปจากคอมพิวเตอร์

4.3 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ส่งภาพ

การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ส่งภาพ จะทำการทดลองการทำงานเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.3.1 การโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ

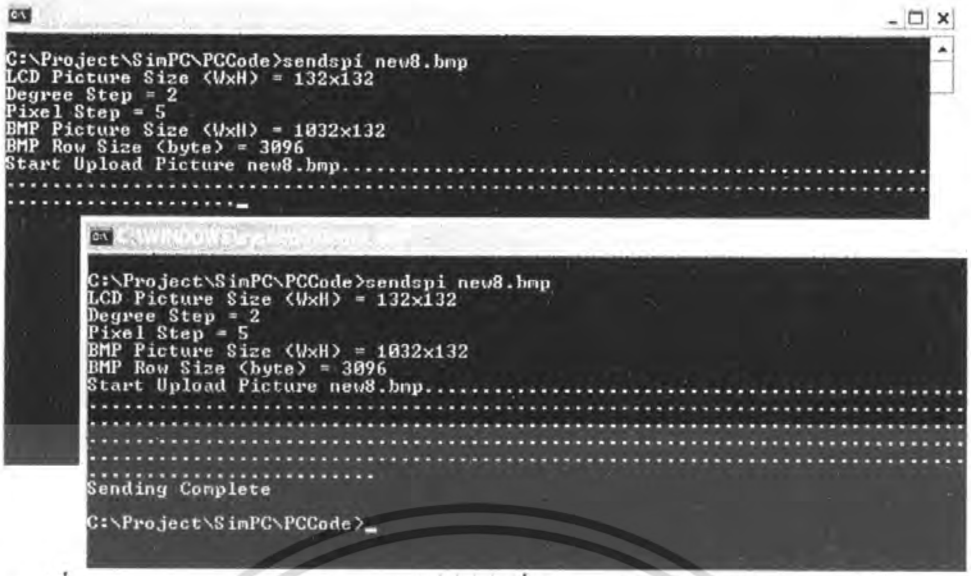
เป็นการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ส่งภาพโดยการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำแล้วทำการอ่านข้อมูลมาเปรียบเทียบความถูกต้อง ในการทดลองนี้ได้เลือกใช้การเขียนข้อมูลรูปภาพลงหน่วยความจำ โดยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ หลังจากนั้นทำการอ่านข้อมูลภาพมาจากหน่วยความจำ ผลการทดลองพบว่าสามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ส่งภาพได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 ข้อมูลภาพที่ทำการเขียนและอ่านจากโมดูลหน่วยความจำ

4.3.2 การโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ

ในการใช้อุปกรณ์ส่งภาพมาจำลองการทำงานแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อแก้ไขปัญหาด้านความเร็วของการสื่อสารข้อมูล มีความจำเป็นที่จะต้องทำการโหลดภาพที่ต้องการใช้ในการทำงานจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาเก็บลงในโมดูลหน่วยความจำเสียก่อน ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการทดลองการโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ รูปที่ 4.4 แสดงผลการทดลองการรันโปรแกรมสำหรับโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการโหลดภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ส่งภาพ

4.3.3 การทดลองส่งภาพจากอุปกรณ์ส่งภาพไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ

การทดลองนี้จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำการอ่านภาพจากโมดูลหน่วยความจำ และส่งข้อมูลภาพนั้นไปแสดงผลยังอุปกรณ์แสดงภาพ ซึ่งในการทำงานที่ถูกต้อง ภาพที่แสดงบนอุปกรณ์แสดงภาพนั้นจะต้องเป็นภาพเดียวกันกับภาพที่ได้ทำการโหลดจากเครื่องคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ผลการทดลองพบว่าสามารถแสดงภาพที่ทำการโหลดในขั้นตอนที่แล้วได้อย่างถูกต้อง โดยผลการทดลองนั้นแสดงดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 การทดลองการส่งภาพจากอุปกรณ์ส่งภาพไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองและผลการทดลองการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ส่งภาพ

การทดลองการทำงานจะทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ คือการทดลองจับเวลาที่ใช้แสดงภาพจำนวน 1 ภาพ ว่าต้องใช้เวลาเท่าไรในการแสดงภาพ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการทำงานสามารถที่จะแสดงผลภาพได้อย่างถูกต้อง และมีความสอดคล้องกับตำแหน่งมุมและทิศทางของอุปกรณ์แสดงภาพ ส่วนในด้านของความเร็วในการแสดงภาพนั้นพบว่าสามารถแสดงภาพด้วยความเร็วที่น่าพอใจ แต่ยังไม่ถือว่ามีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสามารถที่จะทำการพัฒนาในโอกาสต่อๆ ไป ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการแสดงภาพในการทดลองแต่ละครั้ง

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการแสดงภาพเมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ส่งภาพ

การทดลองครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการแสดงภาพ(วินาที)
1	0.52
2	0.41
3	0.58
4	0.45
5	0.42
ค่าเฉลี่ย	0.476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ และสรุปผล

5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์

5.1.1 ปริมาณข้อมูลของการสื่อสารข้อมูล

ตารางที่ 5.1 แสดงถึงปริมาณข้อมูลที่ต้องมีการสื่อสารจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ

ตารางที่ 5.1 ปริมาณข้อมูลของภาพที่ใช้ในการแสดงผล

ความกว้างของภาพในการแสดงผล	132	พิกเซล
ความสูงของภาพในการแสดงผล	132	พิกเซล
จำนวนพิกเซลของการแสดงภาพทั้งหมด (132 x 132)	17,424	พิกเซล
จำนวนบิตข้อมูลทั้งหมด (17,424 x 12)	209,088	บิต
จำนวนไบต์ของข้อมูล (209,088 / 8)	26,136	ไบต์

5.1.2 ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี

ตารางที่ 5.2 แสดงถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของจอแอลซีดี ซึ่งผลการคำนวณทางทฤษฎีสามารถที่จะสรุปได้ว่า จอแสดงผลแอลซีดีมีขีดความสามารถเพียงพอสำหรับการใช้งานในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ความสามารถในการทำงานสูงสุดของจอแสดงผลแอลซีดี

ความเร็วสูงสุดของจอแสดงผลแอลซีดี	7	เมกะบิตต่อวินาที
จำนวนพิกเซลที่สามารถแสดงได้ใน 1 วินาที (7,000,000 / 12)	583,333	พิกเซลต่อวินาที
จำนวนภาพที่สามารถแสดงได้ใน 1 วินาที (583,333 / 17,424)	33.48	ภาพต่อวินาที
เวลาที่ใช้สำหรับการแสดงภาพ 1 ภาพ (1 / 33.48)	29.87	มิลลิวินาที

5.1.3 ประสิทธิภาพการทำงานของสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 5.3 แสดงถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผลการคำนวณทางทฤษฎีสามารถที่จะสรุปได้ว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์มีขีดความสามารถเพียงพอสำหรับการใช้งานในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ความสามารถในการทำงานสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ความเร็วสูงสุดในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์	20	ล้านคำสั่งต่อวินาที
จำนวนคำสั่งที่ต้องใช้ในการส่งข้อมูลไปยังจอแสดงผลแอลซีดี จำนวน 1 บิต	5	คำสั่ง
ความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลไปยังจอแสดงผลแอลซีดี (20,000,000 / 5)	4	ล้านบิตต่อวินาที
จำนวนพิกเซลที่สามารถแสดงได้ใน 1 วินาที (4,000,000 / 12)	333,333	พิกเซลต่อวินาที
จำนวนภาพที่สามารถแสดงได้ใน 1 วินาที (333,333 / 17,424)	19.13	ภาพต่อวินาที
เวลาที่ใช้สำหรับการแสดงภาพ 1 ภาพ (1 / 19.13)	52.27	มิลลิวินาที

5.1.4 ประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 5.4 แสดงถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการคำนวณทางทฤษฎีสามารถที่จะสรุปได้ว่า การสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นสามารถที่จะนำมาทดลองใช้งานได้ แต่มีประสิทธิภาพที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งานในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ความสามารถในการทำงานสูงสุดในการติดต่อสื่อสารข้อมูล

ความเร็วสูงสุดของการสื่อสาร ผ่านพอร์ตอนุกรม	115,200	บิตต่อวินาที
จำนวนพิกเซลที่สามารถ แสดงได้ใน 1 วินาที (115,200 / 12)	9,600	พิกเซลต่อวินาที
จำนวนภาพที่สามารถ แสดงได้ใน 1 วินาที (9600 / 17,424)	0.55	ภาพต่อวินาที
เวลาที่ใช้สำหรับการ แสดงภาพ 1 ภาพ (1 / 0.55)	1.82	วินาที

5.1.5 การเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการทำงานของอุปกรณ์แสดงภาพร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าในการทำงานจริงนั้นได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากการทดลองเป็นอย่างมาก ตารางที่ 5.5 แสดงผลการเปรียบเทียบผลการทำงานระหว่างการทำงานทางทฤษฎี และผลจากการทดลอง ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานั้นน่าจะเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ในการคำนวณหาอัตราการแสดงภาพนั้นได้ใช้การคำนวณจากการนำอัตราเร็วของการสื่อสารเทียบกับปริมาณข้อมูลของภาพ แต่ในการทำงานจริงแล้ว ยังมีส่วนของข้อมูลเพิ่มเติมที่จะต้องถูกสื่อสารด้วย คือ ข้อมูลควบคุมต่างๆ ซึ่งถือว่าข้อมูลส่วนนี้เป็นข้อมูลส่วนเกินที่ไม่ได้ใช้งาน (Overhead) แต่ส่งผลให้การคำนวณประสิทธิภาพเกิดความคลาดเคลื่อน
2. ในฟังก์ชันของการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ส่วนหลักคือการเปิดอ่านข้อมูลภาพจากไฟล์ ซึ่งต้องติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์เก็บข้อมูล เช่น ฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีการทำงานช้ามากเมื่อเทียบกับการทำงานทั้งหมดของระบบ ดังนั้น ในการทำงานจึงเกิดเวลาในการรอข้อมูลที่จะต้องถูกอ่านมาจากดิสก์ ทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองและการคำนวณ

เวลาที่ใช้ในการแสดงภาพจากการคำนวณ	1.82	วินาที
เวลาที่ใช้ในการแสดงภาพจากการทดลอง	25.24	วินาที
ส่วนต่างของผลการเปรียบเทียบ	23.42	วินาที
ค่าความผิดพลาด	1,286	เปอร์เซ็นต์

5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ส่งภาพ

5.2.1 ปริมาณข้อมูลของการสื่อสารข้อมูล

ปริมาณข้อมูลที่มีการสื่อสารเพื่อแสดงภาพในการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ส่งภาพยังคงเท่ากันกับการทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ปริมาณข้อมูลที่ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลเพื่อแสดงภาพนั้นจึงเป็นไปตามตารางที่ 5.1

5.2.2 ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดี

ประสิทธิภาพของการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดีนั้นเป็นอุปกรณ์ชุดเดิม ค่าประสิทธิภาพต่างๆ จึงเป็นไปตามตารางที่ 5.2

5.2.3 ประสิทธิภาพการทำงานของสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์แสดงภาพนั้นยังคงเป็นอุปกรณ์ชุดเดิม ค่าประสิทธิภาพจึงเป็นไปตามตารางที่ 5.3

5.2.4 ประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ส่งภาพ

ประสิทธิภาพสูงสุดในการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างอุปกรณ์ส่งภาพ และอุปกรณ์รับภาพได้แสดงดังตารางที่ 5.6 ซึ่งพบว่าการสื่อสารข้อมูลมีประสิทธิภาพเพียงต่อการใช้งานสำหรับโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ความสามารถในการทำงานสูงสุดในการติดต่อสื่อสารข้อมูล

ความเร็วสูงสุดของการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	1,250,000	บิตต่อวินาที
จำนวนพิกเซลที่สามารถแสดงได้ใน 1 วินาที (1,250,000 / 12)	104,166.67	พิกเซลต่อวินาที
จำนวนภาพที่สามารถแสดงได้ใน 1 วินาที (104,166.67 / 17,424)	5.98	ภาพต่อวินาที
เวลาที่ใช้สำหรับการแสดงภาพ 1 ภาพ (1 / 0.55)	167.23	มิลลิวินาที

5.2.5 การเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

จากผลของการทดลองในการทำงานของอุปกรณ์แสดงภาพร่วมกับอุปกรณ์ส่งภาพพบว่า อุปกรณ์แสดงภาพสามารถแสดงภาพได้ค่อนข้างทันกับการเปลี่ยนแปลงทิศทางอย่างช้าๆ แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วแล้ว อุปกรณ์แสดงภาพยังไม่สามารถที่จะแสดงภาพให้ทันต่อความต้องการได้ และเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี ดังตารางที่ 5.7 แล้วจึงพบว่า การทำงานยังมีความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานั้นน่าจะเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ในการคำนวณหาอัตราการแสดงภาพนั้นได้ใช้การคำนวณจากการนำอัตราเร็วของการสื่อสารเทียบกับปริมาณข้อมูลของภาพ แต่ในการทำงานจริงแล้ว ยังมีส่วนของข้อมูลเพิ่มเติมที่จะต้องถูกสื่อสารด้วย คือ ข้อมูลควบคุมต่างๆ ซึ่งถือว่าข้อมูลส่วนนี้เป็นข้อมูลส่วนเกินที่ไม่ได้ใช้งาน (Overhead) แต่ส่งผลให้การคำนวณประสิทธิภาพเกิดความคาดเคลื่อน
2. ในฟังก์ชันของการทำงานของอุปกรณ์ส่งภาพนั้น จะต้องไปทำการอ่านค่าจากหน่วยความจำ ซึ่งต้องรอให้มีการอ่านข้อมูลจนครบ 1 ไบต์ (8 บิต) เสียก่อนจึงจะสามารถนำข้อมูลในส่วนนี้ส่งต่อมายังอุปกรณ์แสดงภาพได้และยังต้องมีการควบคุมสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของหน่วยความจำด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงเกิดความล่าช้าเนื่องจากการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองและการคำนวณ

เวลาที่ใช้ในการแสดงภาพจากการคำนวณ	0.167	วินาที
เวลาที่ใช้ในการแสดงภาพจากการทดลอง	0.476	วินาที
ส่วนต่างของผลการเปรียบเทียบ	0.309	วินาที
ค่าความผิดพลาด	185	เปอร์เซ็นต์

5.3 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางแก้ปัญหา

5.3.1 ปัญหาและอุปสรรค

จากการดำเนินโครงงานมา ได้พบปัญหาดังนี้

1. จากการคำนวณประสิทธิภาพในการทำงานของการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้น ไม่สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วที่ต้องการได้
2. เนื่องจากโครงงานได้เลือกใช้จอแสดงผลโนเกีย รุ่น6100 ซึ่งการติดต่อกับจอชนิดนี้เป็นไปได้ยากมากเนื่องจากขาสัญญาณที่ใช้ติดต่อมีขนาดเล็กเกินไป และนอกจากนี้ด้านการศึกษาการใช้งานจอแสดงผลนั้น เป็นไปได้ด้วยความยากลำบากทั้งนี้เนื่องจากการนำจอแสดงผลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้งานไม่แพร่หลายนัก จึงทำให้การค้นคว้าข้อมูลเป็นไปได้ยาก
3. เนื่องจากตัวโมดูลวัดมุมนั้นมีค่าความผิดพลาดของการวัดมุมของผลิตภัณฑ์ ถึง 3-4 องศา
4. รูปลักษณ์ของชิ้นงานนั้นไม่สามารถทำให้เล็กขนาดแว่นตาได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ และงบประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 แนวทางแก้ไขปัญหา

1. เนื่องจากปัญหาทางด้านความเร็วเป็นปัญหาหลักของโครงงานชิ้นนี้ เนื่องจากการใช้การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งมีความเร็วที่จำกัด และเมื่อใช้ความเร็วสูงสุดแล้วก็ยังไม่สามารถทำงานได้ทันตามเป้าหมาย จึงได้ทำการจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ลงมาเป็นฮาร์ดแวร์บล็อก เพื่อทำหน้าที่แทนเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความเร็วในการสื่อสารที่จำกัด ดังนั้นเมื่อแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้แล้วจึงสามารถพิสูจน์การทำงานของโครงงานนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เนื่องจากไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับจอแสดงผลดังกล่าวได้ เพราะเหตุผลทางด้านการอินเตอร์เฟสกับตัวจอ จึงได้ทำการพัฒนาโครงการต่อโดยการนำจอแสดงผลโนเกียรุ่น 5350 มาใช้งานก่อน และในภายหลังได้มีการทำบอร์ดที่ใช้ติดต่อกับจอแสดง โนเกีย รุ่น 6100 ออกมาวางขาย จึงได้ทำการเปลี่ยนกลับไปใช้ จอรุ่นที่กำหนดไว้
3. เนื่องจากปัญหาที่ประสบในข้อ 3 ข้างต้นนั้น เป็นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขโดยการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทางด้านฮาร์ดแวร์ได้ เพราะไม่ใช้ชิ้นงานที่ทำขึ้นเอง จึงแก้ไขปัญหา นี้โดยการใช้ค่าเฉลี่ยของมุมที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาหนึ่งแทน ก็ทำให้การทำงาน เป็นไปได้อย่างดี
4. ปัญหานี้เป็นปัญหาที่แก้ได้ยาก เพราะเป็นปัญหาจากอุปกรณ์ที่เราสามารถหาซื้อได้ ดังนั้นบางส่วนที่สามารถทำให้เล็กลงได้ก็พยายามทำ เช่น การเปลี่ยนจากถ่านไฟฉายมาเป็นถ่านที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือ และการทำบอร์ดใช้มีหลายชั้นเพื่อลดขนาดของเนื้อที่ ที่จะต้องใช้ในแนวกว้าง

5.4 วิจารณ์ผลการดำเนินงานโครงงาน

จากการดำเนินงานโครงงานชิ้นงานต้นแบบแว่นฉายภาพพาโนรามา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการออกแบบพัฒนาตลอดจนการทดลองต่างๆ การดำเนินงานโครงงานสามารถดำเนินมาจนสำเร็จลุล่วง แต่อย่างไรก็ดี การดำเนินงานโครงงานนี้ ยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดอย่างครบถ้วน ทั้งนี้ปัญหาหลักนั้นมาจากข้อจำกัดด้านความเร็วของการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์แสดงภาพ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถสื่อสารข้อมูลที่มีความเร็วที่เพียงพอต่อความต้องการของโครงงาน ส่วนปัญหาอื่นๆ เช่น ความผิดพลาดของค่าองศาที่อ่านได้จากโมดูลวัดมุม, การเชื่อมต่อกับจอแอลซีดีผ่านอินเตอร์เฟสที่มีขนาดเล็กมาก ตลอดจนปัญหาต่างๆ ระหว่างการดำเนินงาน นั้นได้รับการแก้ไขมาโดยตลอด จนสามารถดำเนินงานได้สำเร็จลุล่วงและสามารถสร้างชิ้นงานของโครงงานนี้ขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ชิ้นงานนี้สามารถนำมาพัฒนาในส่วนต่างๆได้ดังต่อไปนี้

1.การพัฒนาในด้านของรูปแบบของชิ้นงาน

2.การพัฒนาด้านความเร็วในการสื่อสารข้อมูล

3.การพัฒนาด้านการติดต่อสื่อสารข้อมูล

และเมื่อสามารถพัฒนาตามแนวทางดังกล่าวได้สำเร็จแล้ว ในอนาคตอาจสามารถที่จะนำไปพัฒนาต่อเป็นแว่นฉายภาพยนตร์แบบพาโนรามาได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. 2550. **ควบคุมจอ Nokia GLCD 6100 (Chip Phillips) ด้วย MCU 8 bits.** [Online].Available : http://www.thaieasyelec.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=526712&Ntype=2.

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. 2550. **LCD 6100 Board.** [Online].Available : http://www.thaieasyelec.com/index.php?lay=show&ac=cat_show_pro_detail&cid=1087&pid=20180.

บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. 2550. **CMPS03 Digital Compass Module โมดูลเข็มทิศดิจิตอล.** [Online].Available : http://61.19.247.105/~inex/store/manual/cmps03_sheet-thai.pdf.

บริษัท อีทีที จำกัด. 2549. **คู่มือ MODULE ET-MINI SPI DATA FLASH.** [Online].Available : http://www.ett.co.th/product/InterfaceBoard/P-ET-A-00306/ET-MINI%20SPI%20DATA%20FLASH.pdf.

วิกิพีเดีย. 2550. **อินเทล 8051**. [Online].Available : http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A5_8051.

ATMEL. 2007. **8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash AT89C51**. [Online].Available : http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc0265.pdf.

ATMEL. 2007. **8-bit Microcontroller with 2/4-Kbyte Flash AT89LP2052 AT89LP4052.** [Online].Available : http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc3547.pdf.

Ben Resner. 2001. **Protel 99: The Adventure Begins.** [Online].Available : http://www.media.mit.edu/physics/pedagogy/fab/pcb99/index.html.

James P. Lynch . 2007. **Nokia 6100 LCD Display Driver**. [Online].Available : http://www.sparkfun.com/tutorial/Nokia%206100%20LCD%20Display%20Driver.pdf.

Jörn Daub. 1998. **File Formats Collection: BMP.** [Online].Available : http://www.daubnet.com/formats/BMP.html.

Philips. 2003. **PCF8833 Datasheet.** [Online].Available : http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/PCF8833_1.pdf.

Robot Electronics. 2007. **CMPS03 – Compass Module.** [Online].Available : http://www.robot-electronics.co.uk/htm/cmps3tech.htm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Stefan Hetzl. 1998. **The .bmp file format.** [Online].Available :

http://www.fortunecity.com/skyscraper/windows/364/bmpffrmt.html.

Wikipedia. 2007. **I²C.** [Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/I2c.

Wikipedia. 2007. **Intel 8051.** [Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/8051.

Wikipedia. 2007. **Serial Peripheral Interface Bus.** [Online].Available :

http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้